

OCENA ZASOBÓW WÓD ODPLYWAJĄCYCH Z WYBRANYCH MAŁYCH ZLEWNI ROLNICZYCH POGÓRZA WADOWICKIEGO

Krzysztof OSTROWSKI, Andrzej BOGDAL

Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

Słowa kluczowe: zlewnia, odpływ, opad, warstwa odpływu, współczynnik odpływu

Streszczenie

Celem pracy jest poznanie zasobów wód odpływających z wybranych małych zlewni rolniczych Pogórza Wadowickiego. Badania prowadzono w latach hydrologicznych 1999–2001 na terenie trzech zlewni: Górka, Barczak i Wronowiec, o powierzchniach 0,87, 1,21, 1,60 km², położonych w zachodniej części województwa małopolskiego.

Najwyższą roczną warstwę odpływu, wynoszącą 524 mm, stwierdzono w zlewni Wronowiec. Przewyższała ona o 74 mm (16%) i 153 mm (41%) odpływy zaobserwowane w Barczaku i Górcie. Średnie roczne warstwy odpływu z badanych zlewni stanowiły od 41 do 54% opadu. Średnio w półroczu zimowym odpływało od 29 do 60 mm wody mniej niż latem, ale w niektórych latach badań relacje odpływu między półroczami były bardziej zróżnicowane. Współczynniki odpływu w okresach zimowych na wszystkich obiektach były większe niż w półroczach letnich.

WSTĘP

Małe zasoby wody oraz ich duża zmienność w czasie i znaczne zróżnicowanie obszarowe powodują, że Polska należy do krajów coraz bardziej odczuwających skutki niedoborów wody na cele gospodarcze. Taki stan wymaga podjęcia odpowiednich działań, zmierzających do poprawy bilansu wodnego kraju [MOSIEJ, SOMOROWSKI, 2001; BORECKI, PIERZGALSKI, ŻELAZO, 2003]. W tym celu niezbędne

Adres do korespondencji: dr hab. inż. K. Ostrowski, prof. AR, Akademia Rolnicza, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków; tel. +48 (12) 662-41-18, e-mail: rmostrow@ar.krakow.pl

są badania odpływów w określonych warunkach fizjograficznych zlewni. Rezultaty tych badań mogą być wykorzystane do ustalania wielkości zasobów wody.

Zasoby wodne to ilość wody określonej jakości, dostępnej lub takiej która może być dostępna do wykorzystania w określonym czasie. Zasoby wody powierzchniowej charakteryzuje się objętością jej masy (m^3), wysokością warstwy jej odpływu (mm), średnim odpływem jednostkowym ($dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$) lub przepływami charakterystycznymi [BYCZKOWSKI, 1996; CIEPIEŁOWSKI, 1999].

Zasoby wody bezużytecznie odpływającej z obszaru zlewni mogłyby być gromadzone w zbiornikach tzw. „małej retencji”, a następnie służyć do rozwiązywania niektórych problemów gospodarczych i ekologicznych [RAJDA i in., 1995; MIODUSZEWSKI, 1996; MOSIEJ, SOMOROWSKI, 2001; RAJDA, KOWALIK, OSTROWSKI, 2001; KOWALIK, 2002].

Określenie ilości wody odpływającej z obszaru małych zlewni ma znaczenie poznawcze i praktyczne, ponieważ obieg wody w tych zlewniach kształtuje sytuację w zlewniach większych, położonych niżej [FATYGA, WIATKOWSKI, 2003].

Celem niniejszej pracy jest określenie zasobów wód odpływających z obszaru małych zlewni rolniczych położonych na terenie Pogórza Wadowickiego. Cel ten starano się osiągnąć w wyniku trzyletnich badań terenowych i analizy miesięcznych, sezonowych i rocznych warstw i współczynników odpływu.

METODY BADAŃ.

Badania prowadzono w latach hydrologicznych 1999–2001, na terenie trzech małych zlewni rolniczych: Górka, Barnczak i Wronowiec, położonych w zachodniej części województwa małopolskiego, w powiecie wadowickim, na terenie gmin Wieprz i Andrychów. Geograficznie należą one do makroregionu Pogórza Zachodniobeskidzkiego, mezoregionu Pogórza Wielickiego i mikroregionu Pogórza Wadowickiego [KONDRACKI, 1998], są elementarnymi zlewniami rzeki Wieprzówka – lewobrzeżnego dopływu Skawy.

Zlewnie objęte badaniami są reprezentatywne dla mikroregionu Pogórza Wadowickiego, na terenie którego licznie występują silnie urzeźbione, małe zlewnie rolnicze pokryte głównie glebami pylastymi.

Zlewnia Wronowiec jest największą i najwyżej położoną spośród badanych obiektów. Charakteryzuje się większą od pozostałych zlewni lesistością i gęstością sieci rzecznej (tab. 1). Zlewnia Górka jest najmniejsza, o wyraźnie wykształconej dolinie, biegnącej pierwotnie w kierunku północno-wschodnim, a następnie skręcającej na północ. Zlewnia Barnczak ma dwie wyraźnie wykształcone doliny, które – biegnąc z południa oraz północnego wschodu – łączą się w środkowej części zlewni w jedną dolinę skierowaną na północny zachód. Średni spadek terenu w tej zlewni jest największy i jest ona położona średnio o 8,4 m wyżej niż zlewnia Górka i 9,0 m niżej niż zlewnia Wronowiec. Teren wszystkich zlewni jest użytkowany

Tabela 1. Ważniejsze cechy fizycznogeograficzne i użytkowanie zlewni badawczych**Table 1.** More important physiographic features and land use of studied catchments

Charakterystyka Characteristics	Zlewnia Catchment		
	Górka	Barczak	Wronowiec
Powierzchnia zlewni A , km ² Catchment area A , km ²	0,87	1,21	1,60
Długość zlewni L , km Length of catchment L , km	1,695	1,500	1,800
Średnia szerokość zlewni B_z , km Mean width of catchment B_z , km	0,514	0,805	0,888
Deniwelacja zlewni ΔH , m Catchment de-levelling ΔH , m	73,0	78,5	107,5
Średnia ważona wysokość zlewni H_s , m n.p.m. Weighted average altitude of catchment H_s , m a.s.l.	329,2	337,6	346,6
Średni ważony spadek terenu zlewni J_s , % Weighted average slope of catchment area J_s , %	8,7	10,0	7,4
Gęstość sieci rzecznej G_s , km·km ⁻² River network density G_s , km·km ⁻²	1,79	0,87	2,75
Użytkowanie, % Land use, %:			
– grunty orne arable land	73,33	83,88	52,40
– użytki zielone grasslands	14,29	10,50	27,06
– lasy i zadrzewienia forests and thickets	1,49	1,13	9,79

rolniczo. Przeważają grunty orne. W zlewniach Górka i Barczak nie ma lasów, występują jedynie niewielkie enklawy zadrzewień w pobliżu źródeł i na międzach śródpolnych (tab. 1).

Gleby obiektów badawczych zaliczają się do brunatnoziemnych. W zlewniach Górka i Wronowiec dominują gleby brunatne wylugowane, a w zlewni Barczak – brunatne typowe i wylugowane. Pod względem gatunkowym przeważają utwory pylaste, o uziarnieniu odpowiadającym pyłom oraz pyłom ilastym, ponadto miejscami, głównie w zlewni Wronowiec, zalegają ropy pylaste oraz gliny – od lekkich do ciężkich. Gleby te charakteryzują się bardzo słabą przepuszczalnością, małą porowatością i dużą gęstością objętościową.

W celu pomiaru ilości wody odpływającej z obszarów badanych zlewni, w dolnych biegach ich głównych cieków założono profile hydrometryczne z przelewami. Obok przelewów zainstalowano łaty wodowskazowe, na których odczytywano regularnie – raz na dobę, a w okresach nagłych przyborów trzy razy na dobę – stany wód. Na podstawie krzywych natężenia przepływów i stanów wód na łatach wodowskazowych określono średnie dobowe odpływy w dm³·s⁻¹, które przeliczono na wysokości warstw odpływu w mm. Posłużyły one do określenia miesięcznych, sezonowych i rocznych warstw oraz współczynników odpływu. Współczynniki

odpływu obliczono jako stosunek sumy odpływu do sumy opadu atmosferycznego w rozpatrywanym okresie.

Ze względu na bliskie położenie zlewni Górka i Barnczak, w miejscowości Wieprz, w odległości około 50 m od profili hydrometrycznych obu zlewni, założono jeden posterunek opadowy, drugi zlokalizowano w zlewni Wronowiec. Posterunki te wyposażono w deszczomierze Hellmana.

Dane opadowe uzyskane z posterunku Wieprz, usytuowanego na wysokości 298,0 m n.p.m., porównano z opadami średnimi z wielolecia 1961–1990, zanotowanymi w najbliższej, oddalonej o około 5 km, stacji IMGW w Gierałtowicach, położonej na wysokości 285,0 m n.p.m. Opady pomierzone na posterunku Wronowiec, usytuowanym na wysokości 320,0 m n.p.m., porównano ze średnimi z wielolecia 1961–1980, zanotowanymi w oddalonej o około 1,5 km stacji IMGW w Andrychowie (340 m n.p.m.). Miesięczne, okresowe i roczne opady sklasyfikowano na podstawie wskaźników opadów atmosferycznych, stosując siedmioklasowy system [KACZOROWSKA, 1962]. W klasyfikacji tej, na podstawie stosunku sumy opadów pomierzonych w danym okresie do sumy średniej z wielolecia w analogicznym okresie, każdy miesiąc, okres czy rok określa się lub zalicza jako przeciętny do jednego z trzech stopni suchości albo nadmiaru opadów.

Średnie miesięczne temperatury z okresu badań i wielolecia 1961–1990 przyjęto ze stacji meteorologicznej IMGW w Inwałdzie. Temperatury z tej stacji można uznać za reprezentatywne, ponieważ leży ona w sąsiedztwie obiektów (3–5 km), na podobnej wysokości (300 m n.p.m.). Warunki termiczne wszystkich miesięcy okresu badawczego scharakteryzowano, stosując siedmioklasową klasyfikację odchyłeń temperatur od normy wieloletniej [ZIERNICKA, 2001].

WYNIKI BADAŃ

Roczne sumy opadów atmosferycznych w poszczególnych latach badań były wyraźnie zróżnicowane. Najniższy opad zanotowano w 1999 r. w Wieprzu, a najwyższy – w 2001 r. we Wronowcu. Średnia roczna suma opadów z trzyletniego okresu obserwacji była wyższa od średniej wieloletniej o 45 mm w przypadku Wieprza oraz o 48 mm w przypadku Wronowca (tab. 2).

W pierwszym roku badań sumy opadów w Wieprzu i Wronowcu były o 164 i 144 mm niższe od średnich z wielolecia i stanowiły 81 i 84% opadu normalnego, kwalifikując ten rok jako suchy. Taki stan spowodowały przede wszystkim opady z marca, kwietnia, maja, lipca, sierpnia i września, które w sumie były o 230 mm niższe od sumy średnich wieloletnich z tych samych miesięcy (tab. 2). W drugim roku suma opadów w Wieprzu była o 5 mm niższa od średniej i stanowiła 99% normy, a we Wronowcu – o 20 mm wyższa (102% normy). W obu przypadkach rok ten zaklasyfikowano jako przeciętny pod względem opadów. Trzeci rok charakteryzował się najwyższymi opadami. W Wieprzu i Wronowcu stwierdzono

wówczas opady wyższe od średnich, odpowiednio o 305 i 267 mm (tab. 2). Sumy roczne osiągnęły 135 i 129% opadu normalnego i kwalifikowały ten rok jako bardzo wilgotny. Szczególnie wysokie opady wystąpiły w lipcu – były one od 201 do 250 mm wyższe od średniej wieloletniej dla tego miesiąca (tab. 2).

Sumy opadów półroczy zimowych (XI–IV) na obu posterunkach stanowiły od 31,2 do 40,0% sumy rocznej (tab.2). W Wieprzu zaliczono je do bardzo suchych, przeciętnych i wilgotnych, odpowiednio w pierwszym, drugim i trzecim roku badań, a we Wronowcu – do suchych w pierwszym roku, a w pozostałych dwóch latach do wilgotnych. Półrocza letnie (V–X) zaklasyfikowano tak samo jak poszczególne lata hydrologiczne – do suchych w 1999 r., przeciętnych w 2000 r. i bardzo wilgotnych w 2001 r.

Analizując sumy opadów atmosferycznych 36 miesięcy okresu badawczego, stwierdzono na obu posterunkach opadowych po 4 miesiące bardzo suche oraz po 8 suchych. Najwięcej było miesięcy przeciętnych (15 w przypadku Wieprza i 16 – Wronowca). Do wilgotnych zaliczono 2 miesiące i 1 miesiąc, do bardzo wilgotnych 6 i 5 miesięcy oraz 1 i 2 miesiące do skrajnie wilgotnych odpowiednio w przypadku Wieprza i Wronowca.

Średnia roczna temperatura powietrza z trzyletniego okresu badań była o 1,2°C wyższa od średniej z wielolecia. O taką samą wartość były również wyższe średnie temperatury półrocza zimowego i letniego. Natomiast temperatury średnie roczne poszczególnych lat hydrologicznych były wyższe o 0,7–1,5°C od normy wieloletniej (tab. 3). Spośród 36 miesięcy okresu obserwacji, 8 miesięcy zakwalifikowano do skrajnie ciepłych, 4 – do bardzo ciepłych, 7 – do ciepłych, 13 – do normalnych, 3 – do zimnych i 1 – do skrajnie zimnych.

W okresie badawczym średni roczny odpływ ze zlewni Górka wyniósł 371 mm, a współczynnik odpływu – 41% (tab. 4). W poszczególnych latach badań warstwy odpływu zwiększały się od 306 do 438 mm. Wyższe odpływy występowały przeważnie od stycznia do kwietnia, ale ekstremalnie wysokie wartości stwierdzono w czerwcu 1999 r. oraz lipcu 2000 i 2001 r. Najniższe odpływy notowano w maju oraz od sierpnia do listopada. W dwóch pierwszych latach odpływy półroczy zimowych były nieco wyższe niż letnich, ale średnio zimą odpływało o 29 mm mniej wody, o czym zdecydował bardzo wysoki odpływ w lipcu 2001 r. Średnio współczynnik odpływu w półroczu zimowym był o 70% większy niż w letnim, a w dwóch pierwszych latach badań ponad dwukrotnie wyższy (tab. 4).

W zlewni Barnczak średnia roczna warstwa odpływu była wyższa niż w zlewni Górka o 79 mm i stanowiła 49% opadu (tab. 4). W poszczególnych latach odpływy wynosiły od 356 do 573 mm. Miesięczne warstwy odpływu były bardziej wyrównane, wysokie wartości stwierdzono jedynie, podobnie jak w Górcie, w czerwcu 1999 r. i lipcu 2000 r., a ekstremalnie wysoką – w lipcu 2001 r. Najniższe odpływy wystąpiły w miesiącach jesiennych (wrzesień, październik i listopad), ale w porównaniu z odpływami z pozostałych zlewni były nieco wyższe. Przyczyną tego jest występowanie źródlisk na terenie tej zlewni, które przez dodatkowe zasilanie

zwiększały odpływ w okresach o niskich opadach. Średni odpływ w półroczu zimowym był o 60 mm niższy niż w letnim, a w poszczególnych latach relacja ta była podobna, jak w zlewni Górka. Średni współczynnik odpływu w półroczu zimowym był około 1,5, a w dwóch pierwszych latach badań nawet o 1,8 i blisko 2,7 razy większy niż w letnim (tab. 4).

Z najwyższej położonej zlewni Wronowiec odpływało najwięcej wody. Średni roczny odpływ wyniósł tam 524 mm (54% opadu) i był wyższy o 74 mm niż w Barczaku oraz o 153 mm niż w Górcie (tab. 4). W poszczególnych latach odpływy wynosiły od 394 do 661 mm. Rozkład miesięcznych warstw odpływu w tej zlewni był podobny, jak w zlewni Górka. Średni odpływ półrocza zimowego był niższy o 37 mm od letniego, przy czym, podobnie jak w pozostałych zlewniach, największą różnicę zanotowano w 2001 r., w którym latem odpłynęło o 117 mm wody więcej niż zimą. Średni w półroczu zimowym współczynnik odpływu był około 60% większy niż latem, utrzymując się na podobnym poziomie w poszczególnych latach badań (tab. 4).

PODSUMOWANIE

W okresie badawczym, na terenie zlewni położonych w rejonie oddziaływania klimatu podgórskiego, występowały miesiące od bardzo suchych do skrajnie wilgotnych oraz od skrajnie ciepłych do skrajnie zimnych, co świadczy o tym, że badania były realizowane w zróżnicowanych warunkach pluwiotermicznych. Opady w kolejnych latach badań były znacznie zróżnicowane – pierwszy rok był suchy, drugi przeciętny, a trzeci bardzo wilgotny. Średnia roczna suma opadów w zlewniach Górka i Barczak była o 52 mm niższa niż w najwyższej położonej zlewni Wronowiec, ale w obu przypadkach stanowiła 105% normy wieloletniej. Przeciętnie okres badań należy uznać za normalny pod względem opadów. Pod względem termicznym był on cieplejszy niż normalnie.

Największy średni roczny odpływ stwierdzono w zlewni Wronowiec. Przewyższał on o 16 i 41% odpływy zaobserwowane w Barczaku i Górcie. Należy zauważyć, że we Wronowcu opady atmosferyczne są większe niż w pozostałych zlewniach, większa jest też gęstość sieci rzecznej, co potęguje odpływ z tej zlewni. W zlewni Górka natomiast występują wydłużone stoki oraz łąki porastające stosunkowo płaskie tereny, bezpośrednio przylegające do cieków, co stwarza dogodne warunki do spowolnienia odpływu i intensywniejszej ewapotranspiracji. Średnie roczne odpływy ze zlewni Górka, Barczak i Wronowiec stanowiły odpowiednio 41, 49 i 54% opadu.

Z sześciolletnich badań KOWALIKA [2002], prowadzonych w miejscowości Rzyki na terenie wschodniej części Beskidu Małego, obejmujących zlewnie B (0,274 km²) i G (0,475 km²), położone 425 m n.p.m. w górnej części dorzecza Wieprzówki, wynika że w zlewni B średnia roczna warstwa odpływu, w warun-

kach opadu 870 mm, wyniosła 468 mm i była większa niż w Barczaku i Górcie odpowiednio o 4 i 26%, a o 12% mniejsza od odpływu z Wronowca. Średni roczny odpływ ze zlewni G, w warunkach opadu 820 mm, wyniósł 363 mm i był mniejszy o 2, 24 i 44% niż odpowiednio w zlewniach Górka, Barczak i Wronowiec. Współczynniki odpływu w zlewniach B i G wynosiły 54 i 44%, a więc były zbliżone do zanotowanych w Górcie, Barczaku i Wronowcu.

W badaniach innych autorów, prowadzonych w odmiennych warunkach topograficznych i klimatycznych niż przedstawione przez KOWALIK [2002] oraz w niniejszej pracy, zanotowano znacznie mniejsze odpływy wód z małych zlewni.

W zlewniach rolniczych A (0,364 km²) i D (0,546 km²), położonych na Pogórzu Wielickim, około 300 m n.p.m., w okresie zaliczanym do średnio suchego i cieplejszego niż przeciętny, roczne odpływy wynosiły 173 (A) i 227 mm (D) i stanowiły 26 i 34% opadu [RAJDA, KOWALIK, OSTROWSKI, 2001]. Były to więc odpływy o około 39–67% mniejsze od zanotowanych na obiektach Górka, Barczak i Wronowiec. Również współczynniki odpływu były tam od około 1,5 do 2 razy mniejsze.

Według badań KOSTURKIEWICZA i in. [2002] prowadzonych na Wysoczyźnie Wieruszowskiej w trzech elementarnych zlewniach potoku Pomianka: G (27 km²), G-8 (0,32 km²) i D (2,22 km²), o lesistości odpowiednio 65, 100 i 55% oraz gęstości sieci rzecznej: 5,69, 3,80 i 0,88 km·km⁻², roczne odpływy w warunkach opadu 738 mm, wynosiły 261, 108 i 93 mm, a więc były od około 27 do 82% mniejsze niż w trzech badanych zlewniach.

W wyniku własnych badań prowadzonych przez trzy lata hydrologiczne w zlewniach Młaskawa (37,2 km²) i Struga Dormowska (44,5 km²), o lesistości odpowiednio 28,4 i 23,6% oraz gęstości sieci rzecznej 1,31 i 0,72 km·km⁻², położonych na terenie Wielkopolski, charakteryzującej się największymi niedoborami wodnymi, zanotowano odpływy wynoszące 78 i 107 mm, które stanowiły 13 i 19% opadu [MILER, MURAT-BŁAŻEJEWSKA, 1996]. Zatem warstwy i współczynniki odpływu w tych warunkach były kilkakrotnie mniejsze od wartości stwierdzonych w małych zlewniach Pogórza Wadowickiego.

Z badań własnych oraz innych autorów [KOWALIK, 2002; RAJDA, KOWALIK, OSTROWSKI, 2001; KOSTURKIEWICZ i in., 2002; MILER, MURAT-BŁAŻEJEWSKA, 1996] wynika, że wpływ wysokości i rozkładu opadów oraz lokalnych warunków siedliskowych, takich jak: hipsometria, spadek terenu, przepuszczalność gleb, użytkowanie (w szczególności zalesienie), gęstość sieci rzecznej i występowanie źródeł, na ilość zasobów wodnych odpływających poza obszar zlewni cieków jest znaczący.

WNIOSKI

Zasoby wodne w warunkach badanych zlewni są zróżnicowane. Największą średnią roczną warstwę odpływu wynoszącą 524 mm zanotowano we Wronowcu, natomiast w Górcie i Barnczaku wartości odpływów były o 153 i 74 mm niższe.

Warstwy odpływu z wybranych zlewni Pogórza Wadowickiego były znacznie większe niż ze zlewni usytuowanych w odmiennych warunkach topograficznych i klimatycznych. Odpływy ze zlewni Górka, Barnczak i Wronowiec stanowiły odpowiednio 41, 49 i 54% opadu, podczas gdy w innych zlewniach współczynniki odpływu wynosiły od 13 do 35%.

Największe różnice rocznych zasobów wód odpływających w okresie badań wynosiły 132, 217 i 267 mm odpowiednio w zlewniach Górka, Barnczak i Wronowiec. Na takie zróżnicowanie odpływu wpływały głównie opady atmosferyczne (ich wielkość i rozkład) oraz temperatura, a także warunki siedliskowe.

Średnio zimą odpływało od 29 do 60 mm wody mniej niż latem, ale w poszczególnych latach badań rozkład ten był bardziej zróżnicowany. W zlewniach Górka i Barnczak w dwóch pierwszych latach, a w zlewni Wronowiec tylko w drugim roku odpływy zimą były wyższe. Natomiast współczynniki odpływu były średnio od 1,5 do 1,7 razy większe w półroczu zimowym, co wynikało z około dwukrotnie niższych opadów oraz mniejszego parowania w tym półroczu.

Z przeprowadzonych badań wynika, że z obszaru zlewni rolniczych Pogórza Wadowickiego odpływają znaczne zasoby wodne, które mogłyby być wykorzystane do zaspokajania lokalnych potrzeb gospodarczych lub pełnienia funkcji krajo-
brazowych i ekologicznych.

LITERATURA

- BORECKI T., PIERZGALSKI E., ŻELAZO J., 2003. Aktualny stan i niektóre zadania gospodarki wodnej w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem obszarów wiejskich. *Wiad. Melior.* nr 3 s. 103–108.
- BYCZKOWSKI A., 1996. *Hydrologia*. T. 2. Warszawa: Wydaw. SGGW.
- CIEPIEŁOWSKI A., 1999. *Podstawy gospodarowania wodą*. Warszawa: Wydaw. SGGW.
- FATYGA J., WIATKOWSKI M., 2003. Rola małych eksperymentalnych zlewni w badaniach hydrologicznych w Sudetach. *Wiad. Melior.* nr 3 s. 139–142.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr. IG PAN* 33 ss. 112.
- KONDRACKI J., 1998. *Geografia regionalna Polski*. Warszawa: PWN.
- KOSTURKIEWICZ A., CZOPOR S., KORYTOWSKI M., STASIK R., SZAFRAŃSKI Cz., 2002. Odpływy i retencja siedlisk leśnych w małych zlewniach. *Rocz. AR Pozn.* 242 Ser. Melior. Inż. Środ. z. 23 s. 217–227.
- KOWALIK T., 2002. Wskaźniki i współczynniki odpływu w dwu mikrozewniach rolniczych na terenie Beskidu Małego. *Acta Sci. Polonorum – Formatio Circumiectus* 1–2 (1–2) s. 85–94.
- MILER A., MURAT-BŁĄZEJEWSKA S., 1996. Zmiany ilości i jakości wód w typowych małych zlewniach Wielkopolski. W: *Problemy kształtowania środowiska obszarów wiejskich*. Ses. 2. Gospodarowanie wodą na obszarach wiejskich. *Prz. Nauk. Wydz. Melior. Inż. Środ.* SGGW z. 11 s. 71–81.

- MIODUSZEWSKI W., 1996. Mała retencja a ochrona zasobów wodnych. W: Mała retencja w kształtowaniu środowiska. Zesz. Nauk. AR Wroc. nr 289 Konf. 11 Melior. Inż. Środ. s. 127–134.
- MOSIEJ J., SOMOROWSKI Cz., 2001. Aktualne problemy gospodarowania wodą w rolnictwie dla zrównoważonego i wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich. Wiad. Melior. nr 1 s. 2–7.
- RAJDA W., KOWALIK T., OSTROWSKI K., 2001. Wskaźniki i współczynniki odpływu w dwu mikro-zlewniach rolniczych na Pogórzu Wielickim. Zesz. Nauk. AR Krak. nr 390 Ser. Inż. Środ. z. 22 s. 47–56.
- RAJDA W., OSTROWSKI K., KOWALIK T., MARZEC J., 1995. Reżim hydrologiczny mikro-zlewni rolnej w latach suszy atmosferycznej. Zesz. Nauk. AR Krak. nr 298 Ses. Nauk. z. 45 s. 35–43.
- ZIERNICKA A., 2001. Klasyfikacja odchyleń od normy temperatury powietrza w Polsce południowo-wschodniej. Zesz. Nauk. AR Krak. nr 390 Ser. Inż. Środ. z. 22 s. 7–18.

Krzysztof OSTROWSKI, Andrzej BOGDAŁ

**AN ASSESSMENT OF WATER RESOURCES FLOWING OUT
OF SELECTED SMALL AGRICULTURAL CATCHMENTS
OF WADOWICE PLATEAU**

Key words: catchment, outflow, outflow coefficient, precipitation

S u m m a r y

The work aimed at assessing water resources flowing out of small agricultural catchments of Wadowice Plateau. The studies were carried out in the hydrological years of 1999–2001 in the area of three micro catchments: Górka, Barnczak and Wronowice of surface areas of 0.87, 1.21 and 1.60 km² respectively, situated in western part of Małopolska province.

The highest annual outflow layer of 524 mm was recorded in Wronowice micro catchment. It exceeded by respectively 74 mm (16%) and 153 mm (41%) the outflows noted in Barnczak and Górka. Mean annual outflows from the studied micro catchments constituted between 41% and 54% of precipitation. From 29 to 60 mm less water flowed out in the winter half-year than in the summer but the outflow relationships between the half-years were differentiated. Outflow coefficients in the winter periods in all studied objects were higher than the values noted in the summer half-years.

Recenzenci:

prof. dr hab. Andrzej Ciepielowski

prof. dr hab. Laura Radczuk

Praca wpłynęła do Redakcji 26.07.2006 r.

Tabela 2. Miesięczne, okresowe i roczne sumy opadów atmosferycznych

Table 2. Monthly, periodical and annual sums of precipitation

Posterunek opadowy Precipitation station	Lata Years	Suma opadów atmosferycznych, mm Sum of precipitation, mm														
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-X
Wieprz (Górka, Barnczak)	1999	48	42	25	58	20	29	58	167	83	43	35	95	222	481	703
	2000	68	35	40	36	84	53	82	125	212	36	45	46	316	546	862
	2001	60	44	52	39	57	118	90	123	374	65	122	28	370	802	1 172
Średnio Mean 1999–2001		59	40	39	44	54	67	77	138	223	48	67	56	303	609	912
Średnio Mean 1961–1990 ¹⁾		59	55	48	44	44	61	99	109	123	105	67	53	311	556	867
Wronowiec	1999	61	36	29	60	20	35	58	193	97	49	43	91	241	531	772
	2000	72	45	45	42	102	68	76	127	225	38	49	47	374	562	936
	2001	62	43	58	40	56	126	76	135	341	93	127	26	385	798	1 183
Średnio Mean 1999–2001		65	41	44	47	59	76	70	152	221	60	73	55	333	631	964
Średnio Mean 1961–1980 ²⁾		58	47	45	48	47	65	101	126	140	113	66	60	310	606	916

¹⁾ Opady na stacji meteorologicznej IMGW w Gierałtowicach.

²⁾ Opady na stacji meteorologicznej IMGW w Andrychowie.

¹⁾ Precipitation recorded at the Gierałtowice meteorological station.

²⁾ Precipitation recorded at the Andrychów meteorological station.

Tabela 3. Temperatury powietrza odnotowane na stacji meteorologicznej IMGW Inwałd

Table 3. Air temperatures recorded at the Inwałd meteorological station

Lata Years	Temperatury powietrza, °C Temperature of air, °C														
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-X
1999	-0,7	-1,8	0,8	-1,0	4,8	9,9	13,0	15,9	19,5	17,1	15,9	8,5	2,0	15,0	8,5
2000	2,0	0,6	-1,7	2,7	3,6	11,6	15,0	16,8	16,4	18,6	12,4	13,0	3,1	15,4	9,3
2001	8,4	1,6	-1,4	0,5	3,6	7,6	14,3	14,4	19,0	19,0	11,8	11,9	3,4	15,1	9,2
Średnio 1999–2001 Mean 1999–2001	3,2	0,1	-0,8	0,7	4,0	9,7	14,1	15,7	18,3	18,2	13,4	11,1	2,8	15,2	9,0
Średnio 1961–1990 Mean 1961–1990	3,6	-0,6	-2,7	-1,3	2,9	7,9	12,5	15,6	17,1	16,7	13,3	8,8	1,6	14,0	7,8

Tabela 4. Odpływy H (mm) i współczynniki odpływu C (%) – zlewnie: Górka, Barczak i Wronowiec

Table 4. Outflows H (mm) and outflow coefficients C (%) – catchments: Górka, Barczak and Wronowiec

Zlewnia Catchment	Lata Years	Parametr Parameter	Miesiące i okresy Months and period														
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-X
Górka	1999	H	7	35	24	42	33	13	8	80	28	8	6	22	154	152	306
		C	15	83	96	72	165	45	14	48	34	19	17	23	69	32	44
	2000	H	15	42	29	28	53	32	18	21	92	21	8	9	199	169	368
		C	22	120	73	78	63	60	22	17	43	58	18	20	63	31	43
	2001	H	16	9	39	21	25	50	17	20	168	23	37	13	160	278	438
		C	27	21	75	54	44	42	19	16	45	35	30	46	43	35	37
	średnio mean 1999–2001	H	13	29	31	30	37	32	14	40	96	17	17	15	171	200	371
		C	22	73	80	68	69	48	18	29	43	35	25	27	56	33	41
Barczak	1999	H	10	34	33	51	46	23	15	55	36	21	12	20	197	159	356
		C	21	81	132	88	230	79	26	33	43	49	34	21	89	33	51
	2000	H	19	40	31	31	51	46	27	23	82	34	21	17	218	204	422
		C	28	114	78	86	61	87	33	18	39	94	47	37	69	37	49
	2001	H	17	12	30	28	31	53	50	32	165	74	46	35	171	402	573
		C	28	27	58	72	54	45	56	26	44	114	38	125	46	50	49
	średnio mean 1999–2001	H	15	29	31	37	43	41	31	37	94	43	26	24	195	255	450
		C	26	73	80	84	80	61	40	27	42	90	39	43	64	42	49
Wronowiec	1999	H	12	32	19	63	33	12	9	134	51	4	2	23	171	223	394
		C	20	89	66	105	165	34	16	69	53	8	5	25	71	42	51
	2000	H	17	59	36	41	88	47	6	32	156	23	4	9	288	230	518
		C	24	131	80	98	86	69	8	25	69	61	8	19	77	41	55
	2001	H	27	19	44	33	56	93	17	41	233	23	64	11	272	389	661
		C	44	44	76	83	100	74	22	30	68	25	50	42	71	49	56
	średnio mean 1999–2001	H	19	37	33	46	59	51	11	69	147	17	23	14	244	281	524
		C	29	90	75	98	100	67	16	45	67	28	32	26	73	45	54