

CHARAKTERYSTYKA NIŻÓWEK W POTOKACH GÓRSKICH W ZLEWNIACH O RÓŻNEJ LESISTOŚCI

Marek KOSTUCH

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

Słowa kluczowe: Dunajec, Grajcarek, Karpaty Zachodnie, niżówki

Streszczenie

Celem pracy jest wyodrębnienie na hydrogramie odpływu okresów niżówkowych i scharakteryzowanie niżówek płytkich i głębokich występujących w latach 1970/1971–2001/2002 w potokach Biała Woda i Czarna Woda, będących źródłowymi potokami Grajcarek, prawobrzeżnego dopływu Dunajca. Zlewnie omawianych potoków są użytkowane leśnie i pastwiskowo-łąkowo, jednakże zlewnia Czarnej Wody odznacza się większą lesistością niż zlewnia Białej Wody.

W pracy określono parametry ilościowe niżówek, tj.: czas trwania, liczbę wystąpień, objętość niedoboru wody i odpływ średni niżówki. Opracowano również rozkład niżówek w okresie objętym badaniami.

Stwierdzono, że w obydwu potokach niżówki występują zdecydowanie częściej w półroczach zimowych niż w letnich. Niżówki płytkie nie występują lub występują bardzo sporadycznie w: kwietniu, maju, czerwcu i lipcu. Liczba wystąpień niżówek płytkich w półroczu letnim jest większa w Białej Wodzie niż w Czarnej Wodzie, jest też tam większy niedobór wody. Przyczyną tego jest mniejsza zdolność retencyjna zlewni Białej Wody, wynikająca z mniejszej lesistości. Najdłuższe niżówki płytkie na Czarnej Wodzie i Białej Wodzie wystąpiły w latach hydrologicznych: 1986/1987, 1993/1994 i 2000/2001. W półroczach letnich niżówki głębokie nie wystąpiły, a w półroczach zimowych należały do rzadkości.

WSTĘP

Zmienne warunki atmosferyczne, do których należy zaliczyć między innymi nawalne deszcze oraz dzielące je długotrwałe okresy bezopadowe, oraz ekspansja

Adres do korespondencji: mgr inż. M. Kostuch, Małopolski Ośrodek Badawczy IMUZ w Krakowie, ul. Ułanów 21b, 31-450 Kraków; tel. +48 (12) 411-81-46, e-mail: imuzkrak@kki.pl

człowieka na obszary górskie, degradują środowisko, zwłaszcza wodno-glebowe. W konsekwencji obserwuje się zwiększenie częstości występowania niskich odpływów [KOSTUCH, 2003]. Może to doprowadzić do zmniejszenia zasobów wody, co spowoduje wydłużenie czasu trwania i pogłębienie niżówek. Może też przyczynić się do zmniejszenia gwarantowanych, dobrych jakościowo zasobów wody niezbędnej dla człowieka i do życia biologicznego.

Niżówki to okresy niskich stanów wody w korycie rzeki, spowodowane ograniczonym zasilaniem rzeki, wynikającym z wyczerpywania się zasobów wody w dorzeczu [BYCZKOWSKI, 1996]. Na hydrogramie odpływu są to okresy przepływów niskich, którym odpowiadają niskie stany wód. Niżówki dzieli się na płytkie i głębokie. Niżówki płytkie występują wówczas, gdy stany wody w rzece przez co najmniej kilkanaście dni zmieniają się między dolną granicą stanów średnich a średnim niskim stanem wody, niżówki głębokie zaś – gdy stany wody znajdują się poniżej średnich niskich [BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, MIKULSKI, 1999].

W celu rozpoznania charakterystyk ilościowych niżówek w potokach górskich mających zlewnie o różnej lesistości dokonano analizy danych hydrologicznych z lat 1970/1971–2001/2002 z dwóch potoków – Białej Wody i Czarnej Wody.

LOKALIZACJA BADAŃ

Badania realizowano w Karpatach Zachodnich, w źródłowej części zlewni Grajcarka – prawobrzeżnego dopływu Dunajca, w dwóch graniczących ze sobą zlewniach – Białej Wody i Czarnej Wody. Powierzchnie obu zlewni są zbliżone i wynoszą odpowiednio 10,91 i 11,66 km². Przeważająca część obu zlewni zajmuje południowe stoki Pasma Radziejowej (Beskid Sądecki). Jedyne południowy fragment zlewni Białej Wody leży na północnych stokach Małych Pienin i znajduje się w strefie Pienińskiego Pasa Skalicowego. Około 75% obszaru pokrywają gleby brunatne, gliniaste lekkie i średnie. Z pozostałych typów gleb na małej powierzchni występują gleby bielcowe, rędziny i gleby bagienne. Średnie nachylenie zboczy i średnie wzniesienia są zbliżone i wynoszą: 24% i 842 m n.p.m. – Biała Woda oraz 31% i 895 m n.p.m. – Czarna Woda [FIGUŁA, 1966]. Gęstość sieci rzecznej zlewni Białej Wody wynosi 3,15 km·km⁻², a spadek cieków – 4,43%, a Czarnej Wody odpowiednio – 2,38 km·km⁻² i 7,51% [TWARDY, SZYMCZAK, KOSTUCH, 1997].

Zlewnie Białej Wody i Czarnej Wody użytkuje się leśnie i pastwiskowo-łąkowo. Taka szata roślinna w każdej ze zlewni stanowi ponad 96% powierzchni całkowitej. Lesistość zlewni Czarnej Wody jest bardzo duża i wynosi 82,9% powierzchni, a zlewni Białej Wody – 56,2% [TWARDY, KOPACZ, JAGUŚ, 2002]. Pozostałą powierzchnię zajmują obszary zabudowane, drogi, nieużytki oraz grunty orne.

CEL I METODA BADAŃ

Celem badań jest rozpoznanie charakterystyk ilościowych niżówek w Białej Wodzie i Czarnej Wodzie, tj.: czasu trwania, liczby wystąpień, objętości niedoboru wody, odpływu średniego niżówek oraz rozkładu niżówek w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002.

Wyodrębnienie niżówek wymagało podania jednoznacznych kryteriów opisujących niżówki.

Wartość graniczną niżówki płytkiej przyjęto na poziomie górnej granicy niskich odpływów jednostkowych [BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, MIKULSKI, 1999]. Do odpływów niżówkowych zaliczono odpływ jednostkowy $\leq 5,17 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ze zlewni Białej Wody, oraz $\leq 8,35 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ z Czarnej Wody [KOSTUCH, 2003].

Hydrogramy odpływu poddano dwukrotnie analizie, przyjmując minimalny czas trwania niżówki równy 7 i 11 dni. Przyjęcie minimalnego czasu trwania niżówki poniżej kilkunastu dni wynika z dużej dynamiki odpływu i małej powierzchni tych zlewni [DYNOWSKA, 1971]. Do okresu niżówkowego zaliczono również okres między sąsiednimi niżówkami płytkimi z odpływem większym niż niżówkowy, ale mniejszym niż średni odpływ jednostkowy z wielolecia, jeżeli czas jego trwania nie przekracza 2 dni [OZGA-ZIELIŃSKA, 1990; OZGA-ZIELIŃSKA, BRZEZIŃSKI, 1997]. Ze zlewni Białej Wody średni odpływ jednostkowy z wielolecia wynosi $16,98 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, a Czarnej Wody – $19,50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Wartości graniczne niżówek głębokich zostały przyjęte na poziomie średniego niskiego odpływu jednostkowego, który ze zlewni Białej Wody wynosi $2,57 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, a Czarnej Wody – $4,85 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Przyjęto również, że minimalny czas trwania odpływu dla niżówki głębokiej wynosi 11 dni.

Przez pojęcie objętości niżówki V rozumie się objętość niedoboru wody, co można obliczyć na podstawie wzoru [OZGA-ZIELIŃSKA, BRZEZIŃSKI, 1997].

$$V = \int_{i=1}^{i=t} (Q_g - Q_i) dt$$

gdzie:

- Q_g – przepływ graniczny niżówki, $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- Q_i – przepływ niżówkowy w terminie i , $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- t – czas trwania niżówki, dni.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Dwukrotna analiza materiału badawczego spowodowana modyfikacją jednego z kryteriów, tj. minimalnego czasu trwania niżówki, uwzględniająca podział na

półrocze zimowe i letnie, umożliwiła wyodrębnienie niżówek płytkich na hydrogramie odpływu z lat 1970/1971–2001/2002, a następnie określenie liczby ich wystąpień, średniego czasu trwania i objętości niedoboru wody (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka niżówek płytkich w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002 w Czarnej i Białej Wodzie¹⁾

Table 1. Characteristics of low waters in the hydrological years 1970/1971–2001/2002 in Czarna and Biała Woda¹⁾

Potok Stream	Minimalny czas trwania niżówki, dni Minimal duration of low water, days	Liczba niżówek Number of low water		Średni czas trwania niżówki Average duration of low water	
		w półroczu zimowym, dni in winter half years, days	w półroczu letnim, dni in summer half years, days	w półroczu zimowym, dni in winter half years, days	w półroczu letnim, dni in summer half years, days
Czarna Woda	7	48	21	32,0	27,0
Biała Woda	11	38	15	38,1	34,7
Czarna Woda	7	43	32	27,1	23,1
Biała Woda	11	37	21	30,4	31,6

¹⁾ Graniczny odpływ niżówki w Czarnej Wodzie 8,35, w Białej Wodzie – 5,17 dm³·s⁻¹·km⁻².

¹⁾ Threshold value of specific low water discharge in Czarna Woda – 8.35 and in Biała Woda – 5.17 dm³·s⁻¹·km⁻².

Niżówki w obydwu potokach zdecydowanie częściej występują w półroczach zimowych niż w letnich, niezależnie od przyjętego minimalnego czasu trwania niżówki, tj. 7 i 11 dni. W półroczach letnich objętość niedoboru wody niżówek płytkich była zbliżona w obu potokach, a w półroczach zimowych dwukrotnie większa w Czarnej Wodzie niż w Białej Wodzie (tab. 2). Ze względu na różne graniczne odpływy niżówkowe ze zlewni omawianych potoków niezbędna była analiza udziału objętości niedoboru wody niżówek w objętości granicznej niżówek (tab. 2). Udział ten, wyrażony w %, w półroczach letnich jest zdecydowanie większy dla Białej Wody, co świadczy, że w półroczach letnich w zlewni o mniejszej lesistości zasoby wody wyczerpują się szybciej. W półroczach zimowych w nieznacznie korzystniejszej sytuacji była Biała Woda, zasilana w czasie roztopów.

Największe niedobory wody w obu zlewniach wystąpiły w latach 1983–1987, 1993–1994 i 1999–2001. Maksymalny niedobór wody zanotowano w roku hydrologicznym 1986/1987 – w Czarnej Wodzie wyniósł on 560 tys. m³, co stanowi 9,6% średniego odpływu rocznego, a w Białej Wodzie – 326 tys. m³, co stanowi 7,5% średniego odpływu rocznego (rys. 1, 2).

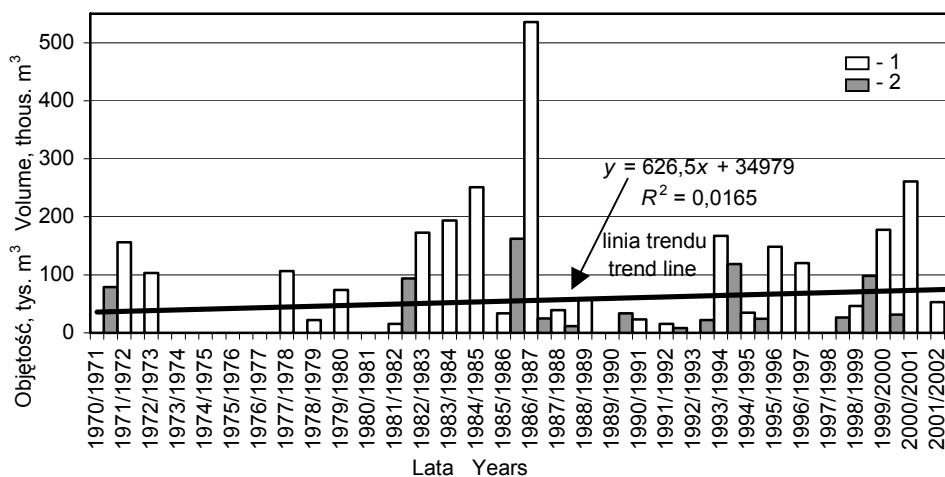
Wyznaczono linię trendu zmienności badanego zjawiska dla obydwu potoków (rys. 1, 2). Ma ona charakter wzrostowy, co świadczy o zwiększającym się niedoborze wody w kolejnych latach. Konsekwencją tych zmian jest zmniejszanie się zasobów wody w zlewni Czarnej Wody i Białej Wody.

Tabela 2. Niedobór wody niżówek płytkich w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002 w Czarnej i Białej Wodzie¹⁾**Table 2.** Deficit of low waters in hydrological years 1970/1971–2001/2002 in the Czarna and Biała Woda¹⁾

Potok Stream	Minimalny czas trwania niżówki, dni Minimal duration of low water, days	Niedobór wody niżówek Deficit of low water			
		w półroczu zimowym in winter half years		w półroczu letnim in summer half years	
		objętość tys. m ³ volume thous. m ³	udział w objętości granicznej, % percentage of the threshold volume	objętość tys. m ³ volume thous. m ³	udział w objętości granicznej, % percentage of the threshold volume
Czarna	7	2 862	2,91	776	0,79
Woda	11	2 808	2,86	733	0,75
Biała	7	1 503	2,64	774	1,36
Woda	11	1 473	2,59	729	1,28

Objaśnienia jak pod tabelą 1.

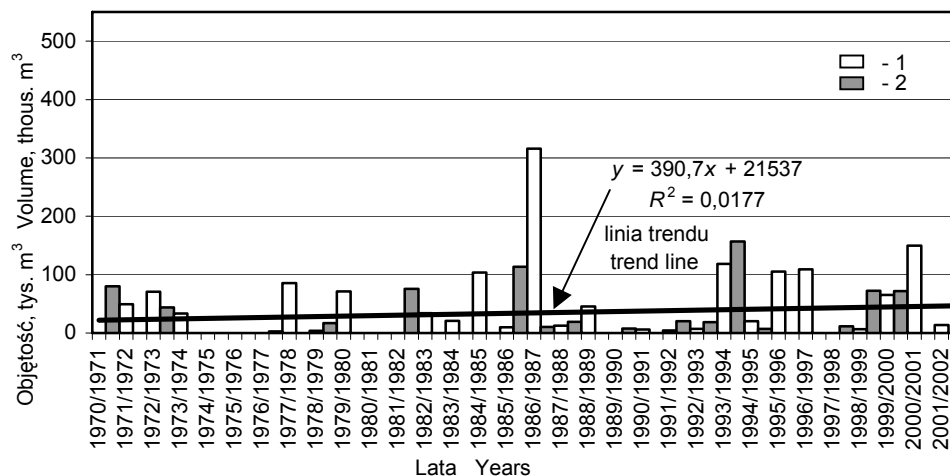
Explanations as in Tab. 1



Rys. 1. Objętość niżówek płytkich w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002 w Czarnej Wodzie; 1 – półrocze zimowe, 2 – półrocze letnie

Fig. 1. Volume of low waters in the hydrological years 1970/1971–2001/2002 in the Czarna Woda; 1 – winter half year, 2 – summer half year

Najdłuższa niżówka płytka w Czarnej Wodzie trwała 179 dni, podczas gdy w Białej Wodzie 145 dni (tab. 3). Obie te niżówki rozpoczęły się latem 1986 r., a zakończyły zimą 1987 r. Zmniejszenie zasobów wody nie było jedynie lokalne, w tym samym czasie w Dunajcu zanotowano niżówkę trwającą 190 dni [PUNZET,



Rys. 2. Objętości niszówek płytkich w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002 w Białej Wodzie; 1 – półrocze zimowe, 2 – półrocze letnie

Fig. 2. Volume of low waters in the hydrological years 1970/1971–2001/2002 in the Biała Woda; 1 – winter half year, 2 – summer half year

Tabela 3. Najdłuższe niszówki płytkie w Czarnej Wodzie i Białej Wodzie w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002

Table 3. The longest low waters in the Czarna Woda and Biała Woda in the hydrological years 1970/1971–2001/2002

Potok Stream	Data wystąpienia niszówki Date of low water	Czas trwania niszówki, dni Duration of low water, days
Czarna Woda	15.09.1971–04.12.1971	81
	02.09.1982–15.12.1982	105
	16.12.1984–13.03.1985	88
	19.08.1986–13.02.1987	179
	29.09.1993–06.01.1994	100
	01.08.1994–25.10.1994	86
	15.10.2000–07.02.2001	116
Biała Woda	14.09.1971–16.11.1971	64
	14.09.1982–14.11.1982	62
	23.12.1984–05.03.1985	73
	21.09.1986–12.02.1987	145
	09.10.1993–19.12.1993	72
	22.07.1994–25.10.1994	96
	25.09.2000–27.12.2000	94

1996]. Niekorzystna sytuacja wystąpiła również w roku hydrologicznym 1993/1994, kiedy w obydwu potokach niedobór wody wyniósł 300 tys. m³.

Niżówki płytkie w omawianych potokach nie występowały lub występowały bardzo rzadko w kwietniu, maju, czerwcu i lipcu (tab. 4). W kolejnych miesiącach półrocza letniego do października systematycznie zwiększa się średnia liczba dni z odpływem niżówkowym – aż do 7,8 dni dla Czarnej Wody i 9,3 dni dla Białej Wody. Największą średnią liczbę dni z odpływem niżówkowym zanotowano w styczniu i lutym. Średnia liczba dni z odpływem niżówkowym w półroczu letnim jest większa dla Białej Wody niż Czarnej Wody (tab. 4).

Tabela 4. Średnia liczba dni z odpływem niżówkowymi dla niżówek w latach hydrologicznych 1970/1971–2001/2002 w Czarnej i Białej Wodzie

Table 4. Average number of days with specific low water discharge in the hydrological years 1970/1971–2001/2002 in the Czarna and Biała Woda

Okres Period	Liczba dni Number of days			
	Czarna Woda		Biała Woda	
	7 ¹⁾	11 ¹⁾	7 ¹⁾	11 ¹⁾
XI	9,6	9,4	8,5	8,0
XII	9,8	8,7	6,5	6,3
I	11,4	10,9	10,2	9,7
II	11,3	11,0	7,8	7,7
III	5,4	4,9	3,9	3,5
IV	0,1	0,1	0,0	0,0
V	0,0	0,0	0,0	0,0
VI	0,0	0,0	0,6	0,3
VII	0,7	0,3	2,4	1,8
VIII	3,4	3,1	4,3	3,4
IX	6,1	5,2	5,8	5,6
X	7,8	7,8	9,5	9,3
Półrocze zimowe Winter half year	47,6	44,9	37,0	35,2
Półrocze letnie Summer half year	18,1	16,5	22,7	20,3
Rok Year	65,7	61,4	59,7	55,5

¹⁾ Minimalny czas trwania niżówki.

¹⁾ Minimal duration of low water.

Niżówki głębokie nie występowały w półroczach letnich, a w półroczach zimowych należały do rzadkości. W Czarnej Wodzie zanotowano 5 głębokich niżówek trwających łącznie 143 dni, a w Białej Wodzie – 3 głębokie niżówki o łącznym czasie trwania 88 dni. Najdotkliwsze niżówki głębokie wystąpiły w półroczu zimowym 1986/1987 w Czarnej Wodzie. Trwały one 95 dni – od 3 listopada 1986 r., z kilkudniową przerwą na przełomie roku do 12 lutego 1987 r. Oprócz tego

w Czarnej Wodzie wystąpiła 19-dniowa głęboka niżówka w marcu 1987 r., 18-dniowa w lutym 1985 r. oraz 11-dniowa w listopadzie 1982 r. W Białej Wodzie najdłuższe niżówki głębokie trwały od 21 listopada 1986 r. do 11 lutego 1987 r., z kilkudniową przerwą na przełomie roku. Oprócz tego w Białej Wodzie wystąpiła 13-dniowa niżówka w listopadzie 1982 r. Średni odpływ jednostkowy niżówek głębokich ze zlewni Czarnej Wody wyniósł $4,04 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, co stanowi 83,3% średniego niskiego odpływu jednostkowego, natomiast średni odpływ jednostkowy niżówek głębokich ze zlewni Białej Wody wyniósł $2,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, co stanowi 87,5% średniego niskiego odpływu jednostkowego.

WNIOSKI

1. W okresie badań (1970/1971–2001/2002) niżówki płytkie w Czarnej Wodzie i Białej Wodzie występowały zdecydowanie częściej w półroczach zimowych niż w letnich. Również średnia liczba dni z odpływami niżówkowymi była większa w półroczu zimowym niż w letnim.

2. Niżówki płytkie występujące w półroczach letnich spowodowały zdecydowanie większy niedobór wody, wyrażony w %, w Białej Wodzie niż w Czarnej Wodzie na skutek mniejszych zdolności retencyjnych zlewni Białej Wody niż Czarnej Wody (mniejsza lesistość).

3. Niedobór wody niżówek płytkich występujących w półroczach zimowych był większy w Czarnej Wodzie niż w Białej Wodzie. Wynika to głównie z mniejszej intensywności roztopów w zlewni Czarnej Wody z powodu dużego zacienienia terenu przez roślinność leśną.

4. Największą średnią liczbę dni z odpływami niżówkowymi zanotowano w styczniu i lutym, a najmniejszą w kwietniu, maju, czerwcu i lipcu.

5. W okresie objętym badaniami niżówki głębokie w półroczach letnich nie występowały, a w półroczach zimowych należały do rzadkości. Najdłuższe niżówki głębokie, trwające kilkadziesiąt dni, wystąpiły w obydwu potokach w półroczu zimowym 1986/1987.

LITERATURA

- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., MIKULSKI Z., 1999. Hydrologia ogólna. Warszawa: PWN ss. 313.
- BYCZKOWSKI A., 1996. Hydrologia. T. 2. Warszawa: SGGW s. 161–250.
- DYNOWSKA I., 1971. Typy reżimów rzecznych w Polsce. Kraków: Zesz. Nauk. UJ Pr. Geogr. z. 28 Pr. Inst. s. 67–81.
- FIGUŁA K., 1966. Kształtowanie się odpływów w zlewniach potoków Biała i Czarna Woda. Badania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i niezalesionych. Cz. 2. Roczn. Nauk Rol. Ser. D t. 118 s. 51–90.
- KOSTUCH M., 2003. Odpływy podziemne niskie w potokach górskich. Falenty: Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 3 z. 1 (7) s. 193–203.

- OZGA-ZIELIŃSKA M., 1990. Niżówki i wezbrania – ich definiowanie i modelowanie. *Prz. Geofiz.* r. 35 z. 1–2 s. 33–43.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., BRZEZIŃSKI J., 1997. *Hydrologia stosowana*. Warszawa: PWN ss. 324.
- PUNZET J., 1996. Niskie przepływy i czas ich trwania w górnych biegach rzek zachodniej części Karpat. Warszawa: *Gosp. Wod.* nr 11 s. 331–334.
- TWARDY S., KOPACZ M., JAGUŚ A., 2002. Charakterystyka przyrodnicza zlewni Grajcarek ze szczególnym uwzględnieniem środowiska wodnego i użytkowania terenu. Kraków-Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 88.
- TWARDY S., SZYMCZAK T., KOSTUCH M., 1997. Wpływ czynników klimatycznych na kształtowanie się odpływów w małych zlewniach górskich. W: *Zagrożenie powodziowe w zlewniach górskich*. Konf. nauk.-techn. Bielsko-Biała 14–16 kwietnia 1997. Katowice: RZGW s. 273–282.

Marek KOSTUCH

**LOW WATERS CHARACTERISTICS OF THE MOUNTAIN STREAMS
IN VARIOUSLY FORESTED CATCHMENTS**

Key words: Dunajec River, Grajcarek River, low waters, the West Carpathians

S u m m a r y

The paper contains the analysis of hydrological data from the period of 1970/1971–2001/2002 on low waters in the Czarna Woda and the Biała Woda streams – the sources of the Grajcarek river, a tributary to the Dunajec river. Land in both catchments is covered by forests and grasslands but the Czarna Woda catchment is more afforested than that of the Biała Woda stream.

The analyses allowed for the determination of the average duration, total numbers, deficits of low waters in winter and summer half years and their distribution for both streams. The study showed that in the winter half years low waters were more frequent than in the summer half years. The longest average duration of low water was recorded in January and February, the shortest – in April, May, June and July. Comparative analysis showed that in the Czarna Woda in the summer half years and winter half years low water was more frequent than in the Biała Woda. The longest low water in the Czarna Woda lasted 179 days and in the Biała Woda – 145 days in the hydrological year 1986/1987. The analysis confirmed that deep low waters did not occur in summer half years.

Recenzenci:

prof. dr hab. Andrzej Byczkowski
dr inż. Tomasz Szymczak

Praca wpłynęła do Redakcji 09.01.2004 r.

