

Wojciech Chelmiński
Tomasz Bieńkowski

PRZEPLYWY NIŻÓWKOWE W DORZECZU GÓRNEGO DUNAJCA W 2003 ROKU NA TLE WIELOLECIA 1951–2003

Określono cechy przepływów niżówkowych górnego Dunajca w latach 1951–2003 z uwzględnieniem rocznych i miesięcznych sum niedoboru wody, w odniesieniu do przekrojów wodowskazowych w Nowym Targu Kowańcu i Krościenku. Suma niedoborów wody w 2003 r. w profilu Nowy Targ Kowaniec wykazała, iż rok ten należał do grupy najbardziej niżówkowych od 1951 r. W profilu Krościenko, stwierdzono znaczną redukcję niedoborów przez Zespół Zbiorników Wodnych Czorsztyn–Niedzica i Sromowce Wyżne, znajdujący się między tymi posterunkami.

Słowa kluczowe: niżówki, Dunajec, zbiorniki retencyjne
Key words: low flows, the Dunajec River, reservoirs

WSTĘP

Niskie przepływy rzeczne, obok przepływów wezbraniowych, są obiektem szczególnego zainteresowania hydrologii. Koniec XX wieku oraz początek obecnego stulecia zaznaczyły się w południowej części Polski kilkoma okresami wysokich wezbrań (m.in. 1997, 1998, 2001 r.) oraz długotrwałym okresem niskich przepływów w 2003 r. Celem pracy jest charakterystyka niżówki 2003 r. w górnej części dorzecza Dunajca na tle innych okresów niskich przepływów w latach 1951–2003. W 2003 r. wystąpiły dokuczliwe niedobory wody w Małopolsce, stąd też rok ten został zaliczony do kategorii lat na pograniczu suchych i bardzo suchych (Dra b, Bukowiec 2004).

KRYTERIA WYDZIELANIA OKRESÓW NISKICH PRZEPLYWÓW

Jako niżówki uznawane są okresy niskich przepływów rzecznych. Przepływ niżówkowy występuje zwykle w okresie, w którym rzeka zasilana

jest wyłącznie przez wody podziemne. M. Ozga-Zielińska i J. Brzeziński (1994) zwracają jednak uwagę na bezcelowość prób genetycznego definiowania niżówek. Niejednokrotnie, krótkotrwałe zasilanie powierzchniowe wywołane nawalnymi opadami nie jest wystarczające do tego, by przepływy rzeczne istotnie wzrosły. Wzrost przepływów jest wtedy krótkotrwały i nie następuje uzupełnienie zasobów wód podziemnych. Przedłużający się okres obniżonych stanów wód podziemnych jest przyczyną utrzymywania się niskich przepływów, co określa się mianem suszy hydrologicznej.

Pomimo wielu wątpliwości co do samej definicji niżówki, z praktycznego punktu widzenia wygodne jest określenie granicznej wartości przepływu, poniżej której przepływ rzeki uznawany jest za niżówkowy. Według M. Ozgi-Zielińskiej i J. Brzezińskiego (1994), najbardziej uzasadnioną wielkością przyprływu granicznego niżówek jest największa wartość przepływu z minimów rocznych (WNQ), która może być traktowana jako górna (statystyczna) granica zasilania rzeki w okresach szczytowania zretencjonowanych w zlewni zasobów wody. Uznając jednak, iż wpływ pojedynczej, a zarazem wyjątkowo wysokiej w danym roku najniższej wartości przepływu, może znacznie zawyżyć wartość graniczną — proponowane jest przyjęcie wartości medialnej z minimalnych przepływów rocznych (ZNQ).

Za wartość graniczną przepływów niżówkowych uznawana jest także średnia z rocznych minimów przepływu — SNQ (np. Tłałka 1982; *Susze na obszarze Polski...*, 1995). Z kolei J. Punzet (1996) uznał za przepływy niskie wszystkie poniżej zwyczajnej wody (mediana przepływu — ZQ), a za przepływy niżówkowe 0,75 ZQ, która to wartość odpowiada w przybliżeniu wypośrodkowanemu przepływowi najniższemu i najwyższemu ze średnich rocznych: 0,5 (NSQ + WNQ). Zależnie od przyjętej wartości granicznej czas trwania przepływów niżówkowych jest dłuższy lub krótszy. Zmienia się także obliczona wielkość niedoboru wody (objętość niżówki $V_{\text{niż}}$) wyrażona wzorem:

$$V_{\text{niż}} = \int_{t_0}^{t_0+t_n} (Q_G - Q_t) dt$$

gdzie: Q_G — wartość przepływu granicznego,

Q_t — wartość przepływu chwilowego.

Różnice między średnimi rocznymi sumami niedoboru wody, wynikające z różnie zdefiniowanych przepływów granicznych, są bardzo duże. Na przykład, w przypadku profilu Dunajec–Nowy Targ–Kowaniec średnia roczna suma niedoborów wody ($V_{\text{niż}}$) w odniesieniu do SNQ, jest aż 60 razy mniejsza niż w odniesieniu do 0,75ZQ.

Kolejnym zagadnieniem łączącym się z problematyką niżówek jest czas ich trwania. Okres ten jest różnie definiowany. A. Tłałka (1982) uznała, że w odniesieniu do rzek dorzecza górnej Wisły, winien on wynosić nie mniej niż 10 dni, przy czym podwyższone przepływy rzeczne nie przekraczające swoją kulminacją wartości średniego rocznego przepływu rzeki z wielolecia, ani nie trwające dłużej niż 15 dni, nie przerywają niżówki. W przeciwnym razie wyróżnia się odrębne niżówki rozdzielone wezbraniem. Z kolei, w opracowaniu *Susze na obszarze Polski...*, 1995, za kryterium czasowe niżówek uznano nieprzerwany czas ich trwania wynoszący co najmniej 20 dni.

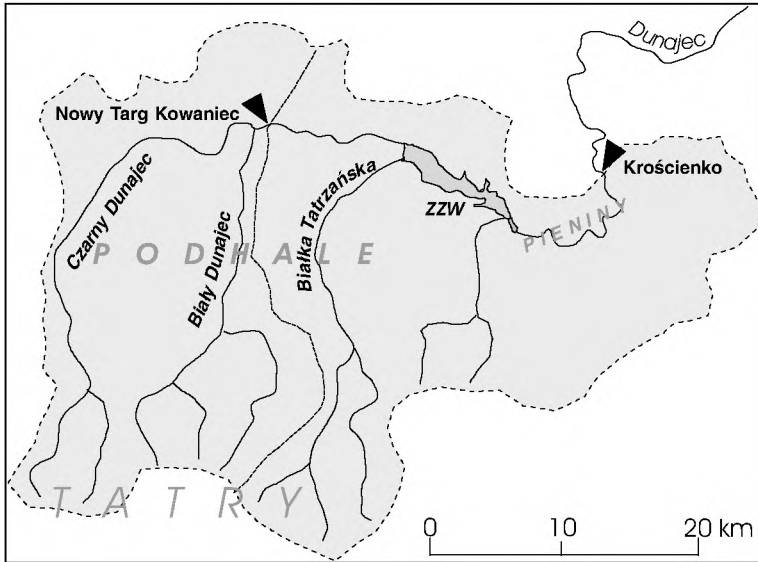
Wśród parametrów opisujących niżówki, poza głębokością (najniższym przepływem) i czasem trwania, wymienia się ich objętość, reprezentującą w rzeczywistości niedobór wody w całym okresie niżówkowym w stosunku do przyjętej wartości granicznej. Jest to bardzo ważny parametr, gdyż uwzględnia równocześnie czas trwania, jak i wielkość przepływów niżówkowych. Pomimo tego, parametr ten bardzo rzadko jest uwzględniany w analizie niżówek. Stąd też w niniejszym opracowaniu skupiono się na obliczeniu tego właśnie parametru, łączącego w sobie kryterium czasu trwania i wielkości przepływu.

Badania niskich przepływów rzek karpackich, w tym Dunajca po Nowy Targ Kowaniec, prowadził J. Punzet (1996). Podstawę analizy stanowiły ciągi minimalnych przepływów rocznych w wieloleciu 1951–1993. Zgodnie z ustaloną przez siebie klasyfikacją, autor za najgłębsze („wybitnie niskie”) niżówki w dorzeczu Dunajca uznał występujące w latach 1987 ($1,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) oraz 1978, 1964 i 1969 ($1,70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Przyjmując za kryterium graniczne przepływu niżówkowego $0,75ZQ$ stwierdził on, że w Dunajcu łączny czas przepływów niżówkowych w 1987 r. przekroczył 238 dni, przy czym najdłuższy nieprzerwany czas trwania takich przepływów miał miejsce na przełomie lat 1951 i 1952 i wynosił 200 dni, a kolejne dwa okresy długotrwałych niedoborów wody przypadły na lata 1986 i 1987.

CHARAKTERYSTYKI HYDROLOGICZNE DORZECZA DUNAJCA

Górny Dunajec zajmuje wyjątkową pozycję wśród systemów rzecznych Polski, gdyż wraz z dopływami, jako jedyna rzeka północnego skłonu Karpat, odwadnia wysokogórską część łańcucha karpackiego — Tatry, wznoszące się około 1000–1500 m wyżej od masywów górskich Beskidów (ryc. 1).

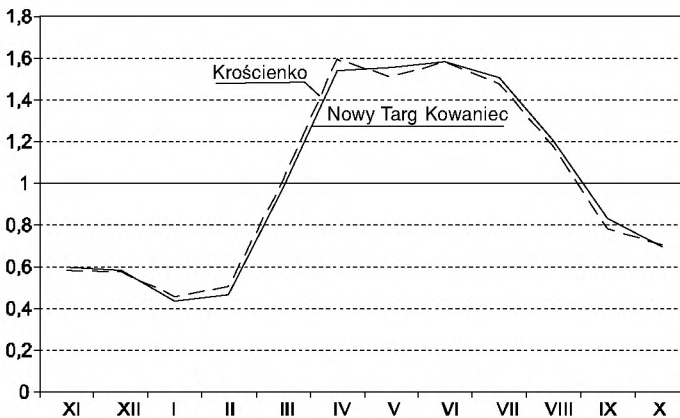
Konsekwencją wysokogórskiego charakteru górnej części dorzecza jest odmienny od pozostałych rzek karpackich reżim hydrologiczny,



Ryc. 1. Dorzecze górnego Dunajca

Fig. 1. The upper Danajec drainage basin

charakteryzujący się długotrwałym, opóźnionym wezbraniem roztopowym na wiosnę, przechodzącym w letnie wezbranie opadowe. Przebieg miesięcznych współczynników przepływu w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko jest niemal identyczny (ryc. 2).



Ryc. 2. Przebieg średnich z wielolecia miesięcznych współczynników przepływu Dunajca w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko (1951–1990)

Fig. 2. Annual course of mean monthly discharge coefficient of the Danajec River at Nowy Targ Kowaniec and Krościenko (1951–1990)

Kolejnym czynnikiem odróżniającym dorzecze Dunajca od innych dorzeczy karpackich są znacznie wyższe sumy opadów wynoszące 1000–1800 mm/rok, co wpływa na wydatnie większą zasobność wodną tego obszaru. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym tworzeniu się znacznych zasobów wodnych są wodonośne utwory węglanowe, występujące głównie w Tatrach Zachodnich oraz utwory fluwioglacjalne Podhala. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe charakterystyki hydrologiczne Dunajca obliczone za okres od 1951 do 1990 r., a więc uwzględniający dziesięciolecie, w których nie funkcjonował jeszcze Zespół Zbiorników Wodnych Czorsztyn–Niedzica i Sromowce Wyżne, znajdujący się między posterunkami Nowy Targ Kowaniec i Krościenko. Zbiorniki te były stopniowo napełniane wodą od połowy 1996 r. do czerwca 1997 r. Ich napełnianie zakończyło się miesiąc przed pamiętnym wezbraniem z lipca 1997 r., kiedy to spełniły swoją funkcję ochronną redukując znacznie falę wezbraniową Dunajca (Niedbala 1998).

Tabela 1 — Table 1

Charakterystyki hydrologiczne Dunajca (1951–1990)
Hydrological characteristics of the Dunajec River (1951–1990)

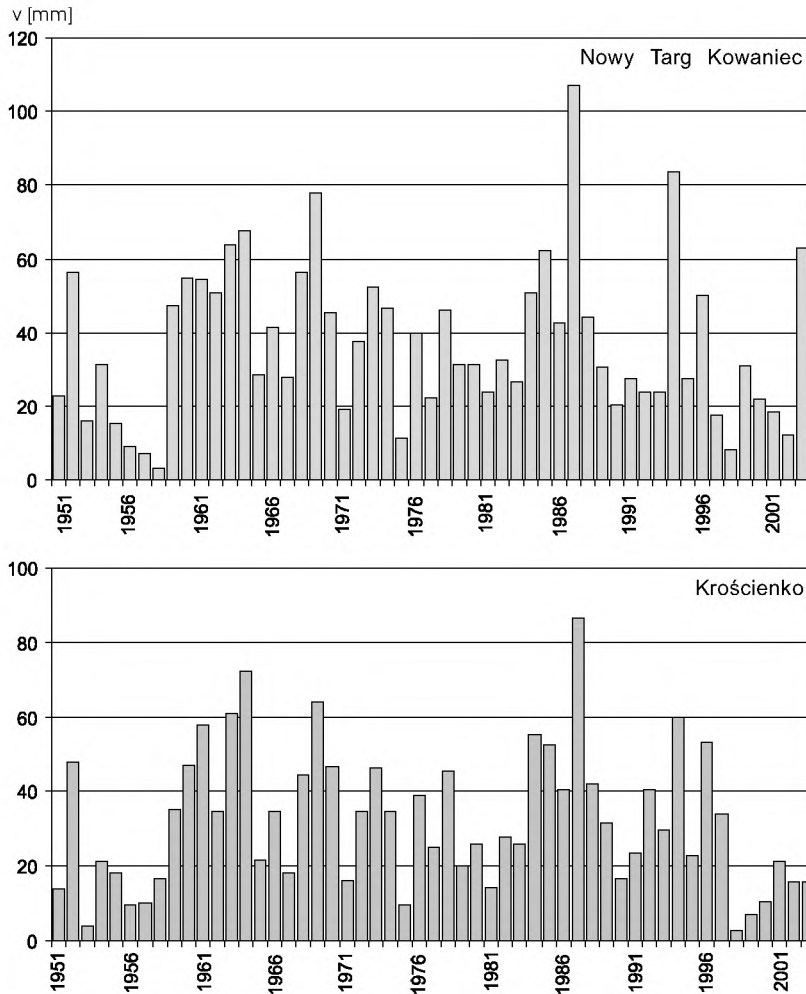
| Charakterystyka Characteristics | Symbol Symbol | Jednostka Unit | Nowy Targ Kowaniec | Krościenko |
|--|------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Obszar zlewni | A | [km ²] | 681 | 1580 |
| Przepływ średni | SQ | [m ³ /s] | 14,4 | 30,8 |
| Średni odpływ jednostkowy | Sq | [dm ³ /s km ²] | 21,1 | 19,5 |
| Najwyższy przepływ | WWQ | [m ³ /s] | 604 (1973 r.) | 1290 (1973 r.) |
| Najwyższy odpływ jednostkowy | WWq | [dm ³ /s km ²] | 887 | 816 |
| Najniższy przepływ | NNQ | [m ³ /s] | 1,6 | 3,0 |
| Najniższy odpływ jednostkowy | NNq | [dm ³ /s km ²] | 2,3 | 1,9 |
| Przepływ zwyczajny | ZQ | [m ³ /s] | 9,74 | 21,2 |
| Najwyższy przepływ z minimalnych rocznych | WNQ | [m ³ /s] | 5,72 | 11,1 |
| Średni przepływ z minimalnych rocznych | SNQ | [m ³ /s] | 3,01 | 6,41 |

PRZEPLYWY NIŻÓWKOWE W LATACH 1951–2003

Analizie poddano niżówki w latach hydrologicznych 1951–2003, przy uwzględnieniu terminowych (6.00 GMT) przepływów dobowych. Obliczono roczne i średnie miesięczne wielkości niedoboru wody w stosunku do

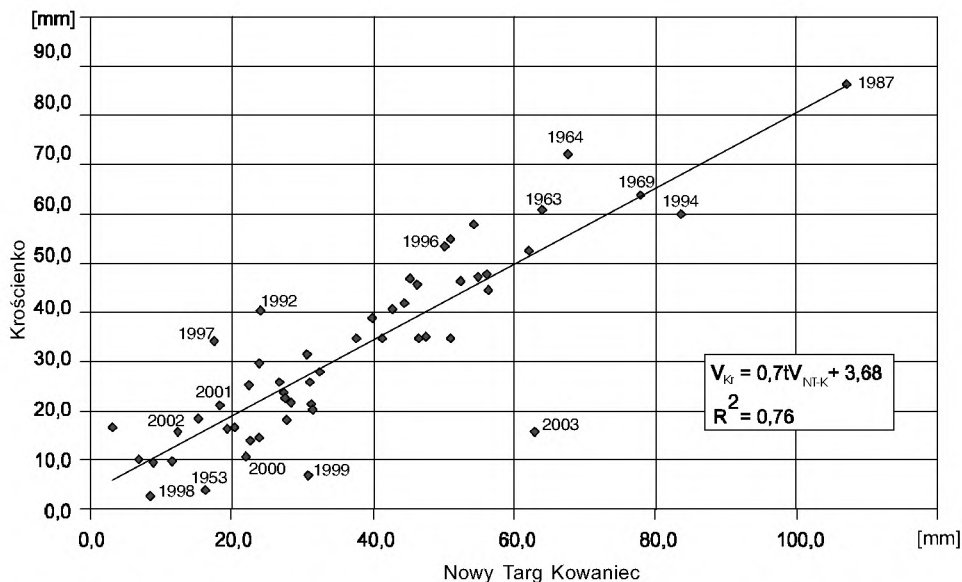
kryterium granicznego $0,75ZQ$ przyjętego przez J. Punzeta (1996), a zatem uwzględniono wszystkie przepływy Q_d spełniające kryterium $Q_d \leq 0,75ZQ$. Wartości objętości niedoborów wody przeliczono na warstwę wody (w mm), przez podzielenie tych wartości przez obszar zlewni.

Na rycinie 3 przedstawiono roczne wartości niedoboru odpływu w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko, a na rycinie 4 związek niedoborów między tymi profilami.



Ryc. 3. Roczne sumy niedoborów niżówkowych Dunajca w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko (1951–2003)

Fig. 3. Annual totals of low flow deficit of the Dunajec River at Nowy Targ Kowaniec and Krościenko (1951–2003)



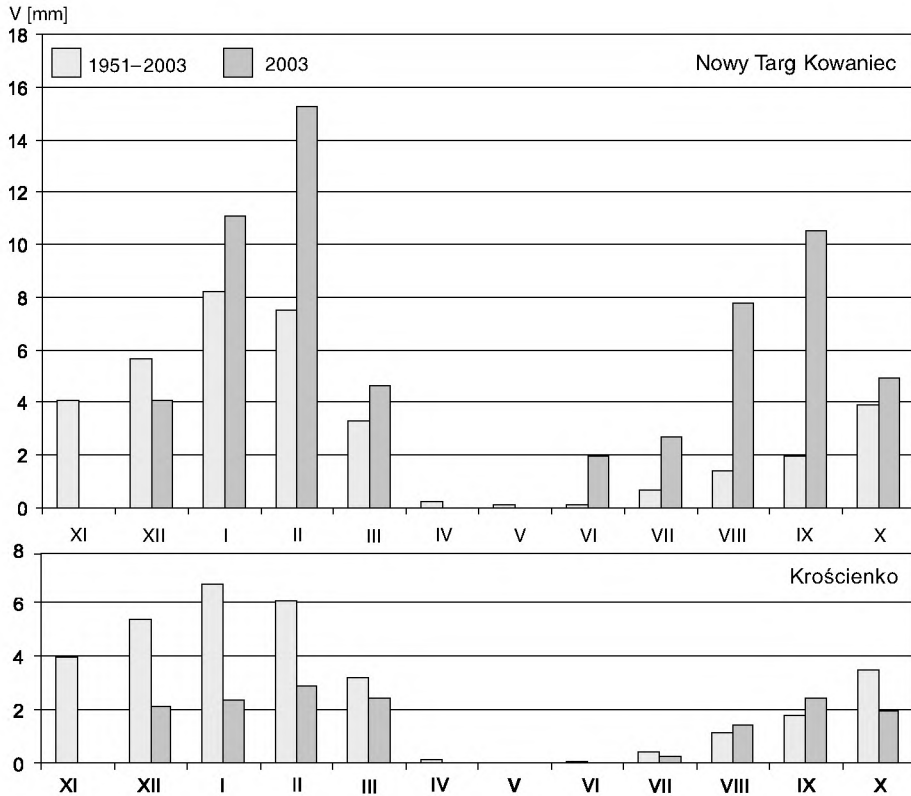
Ryc. 4. Związek niedoborów niżówkowych Dunajca w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko (1951–2003)

Fig. 4. Low flow deficit of the Dunajec River at Nowy Targ Kowaniec versus Krościenko (1951–2003)

Największym niedoborem odpływu (największą objętością niżówek) w obu profilach odznaczał się 1987 r., a następnie lata: 1994, 1969, 1964, 1963 i 2003 (ryc. 3). Rok 2003 zajmuje w tym „rankingu” 6. pozycję. W profilu Krościenko latami o największej objętości niżówek były: 1964, 1969, 1963, 1994 i 1961. Rok 2003 znajduje się dopiero na 44. (!) pozycji; należał zatem do lat z najmniejszym niedoborem w całym analizowanym okresie. W taki bardzo wyrazisty sposób zaznaczyła się w tymże roku wyrównująca funkcja ZZW Czorsztyn–Niedzica i Sromowce Wyżne.

Na rycinie 4 zwraca uwagę położenie punktu odpowiadającego 2003 r., który znajduje się znacznie poniżej linii regresji wyznaczającej relację między objętością niedoborów niżówkowych w obu profilach. W okresie funkcjonowania Zespołu Zbiorników Wodnych wyraźne obniżenie niedoborów niżówkowych miało miejsce także w latach 1998, 1999 i 2000, jednakże dotyczyło ono lat o stosunkowo niewielkiej wartości niedoborów.

Średni z wielolecia przebieg miesięcznych niedoborów niżówkowych w profilu Nowy Targ Kowaniec (ryc. 5) wykazuje ich stopniowy wzrost począwszy od lipca aż do stycznia. Brak jest wyraźnego rozgraniczenia niżówki letnio-jesiennej od zimowej, która stanowi kontynuację poprzedniej, natomiast niżówki w 2003 r. miały wyraźnie dwudzielny charakter.

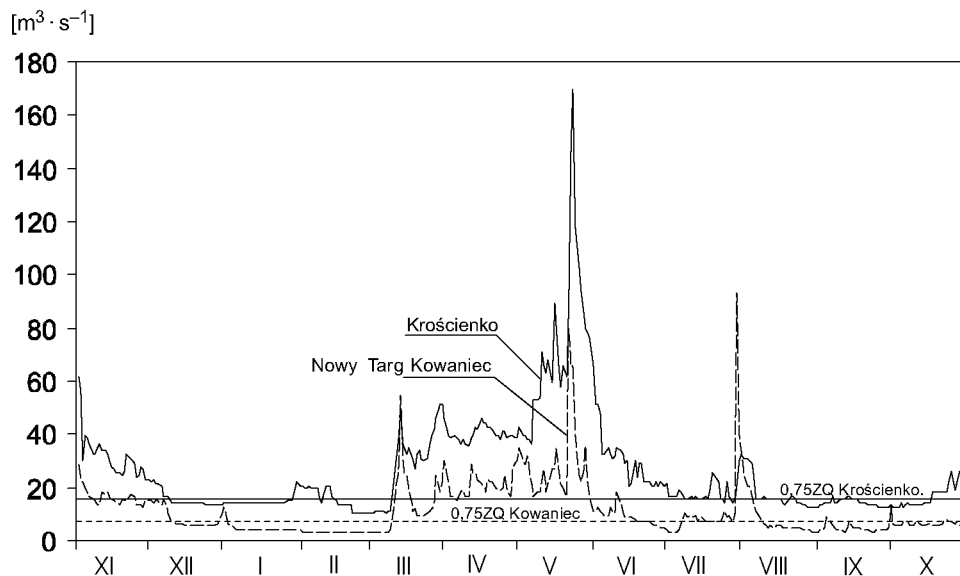


Ryc. 5. Przebieg miesięcznych niedoborów niżówkowych w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko w 2003 r. na tle wielolecia 1951–2003

Fig. 5. Annual course of monthly low flow deficit values od the Dunajec River at Nowy Targ Kowaniec and Krościenko in 2003 compared with the mean values for 1951–2003

Pierwszy okres (niżówka zimowa) trwał od grudnia do marca (ryc. 6), po czym nastąpiło przerwanie niskich przepływów przez wiosenne roztopy. Drugi okres (niżówka letnio-jesienna) rozpoczął się w czerwcu i trwał do listopada. W 2003 r. w dziewięciu spośród 12 miesięcy niedobory niżówkowe były znacznie wyższe niż przeciętnie w wieloleciu.

W profilach w Nowym Targu i Krościenku średni z wielolecia przebieg oraz wielkość miesięcznych niedoborów niżówkowych są bardzo podobne. W 2003 r. wielkość niedoborów w Krościenku była jednak znacznie mniejsza, co wskazuje na ich skuteczną redukcję przez Zespół Zbiorników Wodnych. O ile w Nowym Targu w 2003 r. w przypadku 9 miesięcy niedobory niżówkowe były zdecydowanie wyższe od wartości średnich z wielolecia, to w przypadku Krościenka do miesięcy, w któ-



Ryc. 6. Dobowe wartości przepływu Dunajca w profilach Nowy Targ Kowaniec i Krościenko w 2003 r.

Fig. 6. Daily discharges of the Dunajec River at Nowy Targ Kowaniec and Krościenko in 2003

rych niedobory były wyższe niż średnio w wieloleciu, należały tylko dwa (VIII i IX), przy czym różnica między tymi wartościami była niewielka. W innych miesiącach (XII–III oraz VII i X) niedobory były zredukowane, zwłaszcza w okresie zimowym.

WNIOSKI

W 2003 r. wystąpiły w dorzeczu górnego Dunajca dwa okresy niżówkowe: zimowy i jesienno-letni. Niedobory wody w obu tych okresach były w profilu Nowy Targ Kowaniec znacznie wyższe od przeciętnych niedoborów z wielolecia 1951–2003, lokując 2003 r. w grupie lat o największych niedoborach wody w całym ponad 50-letnim okresie. Zespół Zbiorników Wodnych Czorsztyń–Niedzica i Sromowce Wyżne w istotny sposób zmniejszył w 2003 r. sumę niedoborów niżówkowych, zarówno w półroczu zimowym jak i letnim, co wykazało porównanie wielkości niedoborów w obu profilach. Niedobory w profilu w Krościenku były znacznie niższe niż w profilu Nowy Targ Kowaniec. Wskazuje to na potencjał wyrównawczy Zespołu Zbiorników Wodnych. Ma to znaczenie zarówno

dla gospodarki komunalnej miejscowości znajdujących się poniżej zbiorników, jak i aktywności flisackiej w przełomie pienińskim w półroczu letnim.

Opracowanie wykonano w ramach projektu zamawianego PBZ-KBN-086/P04/2003.

Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Zakład Hydrologii
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: w.chelmicki@geo.uj.edu.pl

LITERATURA

- Drab E., Bukowiec T., 2004, *Zjawisko suszy w 2003 r. na obszarze działania RZGW w Krakowie*, Gosp. Wodna 10.
- Niedbała J., 1998, *Charakterystyka hydrologiczna wezbrania z lipca 1997 r.* [w:] *Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku*, red. L. Starkel, J. Grela, Konf. nauk., Kraków, 7–9 maja 1998 r., Wydawnictwo Oddziału PAN, Kraków.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1994, *Hydrologia stosowana*, PWN, Warszawa.
- Punzet J., 1996, *Niskie przepływy i czas ich trwania w górnych biegach rzek zachodniej części Karpat*, Gosp. Wodna 11.
- Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990*, 1995, Materiały Badawcze, seria: Gosp. Wodna i Ochrona Wód 16, IMGW.
- Tłałka A., 1982, *Przestrzenne zróżnicowanie niżówek letnich w dorzeczu górnej Wisły*, Rozprawy habilitacyjne UJ 63.

Wojciech Chelmiński, Tomasz Bieńkowski

LOW FLOWS IN THE UPPER PART OF THE DUNAJEC DRAINAGE BASIN IN 2003 COMPARED WITH THE PERIOD OF 1951–2003

Summary

For the upper part of the Dunajec River, draining the highest part of the Polish Carpathians (Fig. 1), the parameters of low flows in 2003 were calculated and compared with those for the period of 1951–2003. For two river profiles at Nowy Targ Kowaniec and Krościenko controlling the drainage areas of 681 and 1,580 km² respectively, the values of water deficit ($V_{\text{niż}}$) for 2003 was calculated using the formula:

$$V_{\text{niż}} = \int_{t_0}^{t_0+t_D} (Q_G - Q_t) dt$$

where: Q_G is threshold value of low flows (0,75ZQ i.e. the median discharge value),
 Q_t is daily river discharge.

It was found that low flows of the Dunajec River were grouped within two periods: winter and summer ones. In the two periods the water deficit for the two analysed profiles was much larger than the average for the whole period of 1951–2003, but for the lower profile in Krościenko, the deficit was substantially reduced by the artificial reservoirs in Czorsztyn–Niedzica and Sromowce Wyżne, located between the two profiles (Figs. 4 and 5).