

*Ewa Kaznowska*

## **CHARAKTERYSTYKA SUSZ HYDROLOGICZNYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH RZEK PÓLNOCNO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI POLSKI**

### **Streszczenie**

Susza hydrologiczna stanowi ostatni etap w rozwoju zjawiska suszy i utożsamiana jest z okresem występowania niżówek w korycie rzeczonym. Za niżówkę uznano okres, w którym przepływy są równe i mniejsze od przyjętego przepływu granicznego. Stosując kryterium hydrologiczne, za poziom odcięcia obrano wartość przepływu charakterystycznego  $Q_{90\%}$ , odczytaną z krzywej sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi. Przyjęcie tej wielkości pozwoliło na wyznaczenie niżówek głębokich, o znaczącym negatywnym wpływie na środowisko. Dodatkowo wprowadzono kryterium minimalnego czasu trwania wynoszące 10 dni, po przekroczeniu którego występuje niżówka. Praca zawiera także propozycję zastosowania kryterium hydrobiologicznego do wyznaczania przepływu granicznego niżówki, który byłby powiązany z przeżywalnością organizmów wodnych. Celem pracy jest charakterystyka niżówek wywołanych długotrwałym brakiem opadów lub ujemnymi temperaturami powietrza w zlewni rzeki Narewki po profil Narewka i Biebrzy po profil Burzyn. O wyborze zlewni zdecydowało ich położenie w regionie Polski charakteryzującym się częstym występowaniem susz oraz znaczne walory przyrodnicze (Biebrzański Park Narodowy, Białowieski Park Narodowy), których zachowanie zależy od stanu zasobów wodnych. Badania oparto na ciągach przepływów dobowych z wielolecia 1951–2002. Wyznaczone za pomocą programu *Niżówka 2003* niżówki z półroczia zimowego i letniego opisano parametrami ilościowymi. Analizą objęto także częstość zjawiska i jego surowość.

**Słowa kluczowe:** susza hydrologiczna, niżówka, Biebrza, Narewka

## WSTĘP

Naturalną cechą klimatu Polski jest okresowe występowanie susz, a niewielkie zasoby wodne kraju w stosunku do potrzeb podkreślają znaczenie zjawiska. W procesie rozwoju suszy ostatnią fazę stanowi susza hydrologiczna, która jest utożsamiana z okresem występowania niżówek w korycie rzecznym. Na obszarze kraju w XX wieku głębokie niżówki miały miejsce w latach 1904, 1913, 1920–1921, 1930–1931, 1943, 1950–1954, 1959, 1963–1964, 1983, 1992–1994 natomiast w obecnym stuleciu w 2003 i 2005 roku.

Negatywne konsekwencje występowania susz hydrologicznych dotyczą zarówno utrudnień w zaopatrzeniu w wodę, jak i szeroko rozumianej przyrody, dla której woda jest czynnikiem kształtującym siedlisko, a jej niedobór prowadzi do jej degradacji. W czasie suszy następuje długotrwałe obniżenie się stanów wód powierzchniowych, powodując tym samym obniżenie poziomu zwierciadła wód gruntowych. Zjawisko to zagraża zwłaszcza obszarom podmokłym w dolinach rzek, które z punktu widzenia ochrony przyrody stanowią obszary o wysokiej randze krajowej i międzynarodowej. Według „Strategii ochrony obszarów wodno-błotnych w Polsce” z 2004 roku najpoważniejszymi prognozowanymi zagrożeniami dla ekosystemów hydrogenicznych są globalne zmiany klimatu i postępujący deficyt wody oraz związany z nim proces obniżania się poziomu wód gruntowych. Obszary podmokłe należą do grupy środowisk szczególnie narażonych na pogłębiający się deficyt wody w Polsce. Przewidywane scenariusze klimatyczne projektu MICE (Modelling the Impact of Climate Extremes) zakładają dla Polski suchsze i cieplejsze lata w przyszłości, co prawdopodobnie będzie generować niekorzystny wpływ na mokradła [Kundzewicz 2003].

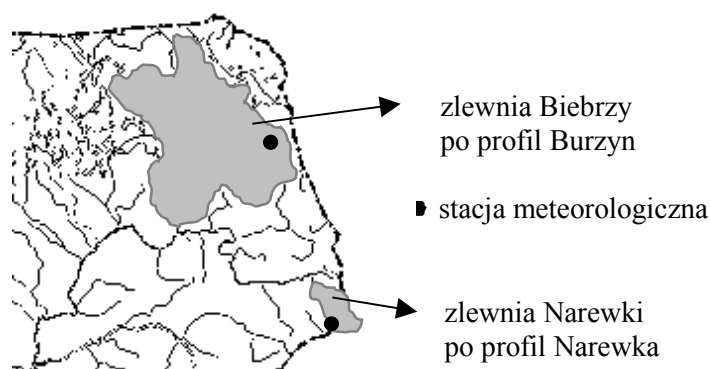
Badaniami objęto zlewnie Biebrzy i Narewki (dorzecze górnej Narwi) leżące w północno-wschodniej części Polski, charakteryzującej się znacznym zatorfieniem powierzchni terenu. Mokradła badanych zlewni stanowią odniesienie referencyjne dla wielu prac renaturyzacyjnych podejmowanych w Europie [Okruszko, Mioduszewski 2004]. Analizowane zlewnie położone są na Nizinie Podlaskiej, należącej do obszarów Polski charakteryzujących się najczęstszym pojawianiem się susz [Farat i in. 1995].

Zagrożenia związane z występowaniem susz hydrologicznych dotyczą również koryta rzeki, gdzie w trakcie trwania przepływów niżówkowych pogarszają się warunki życia organizmów wodnych.

W tym czasie, w wyniku zmniejszania się objętości wody, ta sama liczba organizmów ma do dyspozycji mniejszą ilość tlenu, rozpuszczonego w dopływającej wodzie. Występowanie niskich przepływów powoduje szybsze nagrzewanie się wody w lecie, co sprzyja obniżeniu górnej granicy nasycenia wody w tlen, a w zimie przemarzanie rzeki do dna. Nizówki zagrażają przede wszystkim organizmom nieposiadającym form przetrwalnikowych, takich jak ryby. W czasie suszy zmniejszeniu ulega przestrzeń bytowania ryb oraz liczba i rozmiar ich kryjówek. Nizówki utrudniają także lub przerywają tarłowe wędrówki ryb i zmniejszają szansę rozwoju ryb młodocianych.

### CEL I OBSZAR BADAŃ

Celem pracy jest charakterystyka występowania zjawiska nizówki w korycie rzeczonym, wywołanym długotrwałym brakiem opadów lub ujemnymi temperaturami powietrza. Badaniami objęto zlewnie rzeki Narewki po profil Narewka i Biebrzy po profil Burzyn, położone w północno-wschodniej części Polski w dorzeczu Narwi (rys. 1).



**Rysunek 1.** Lokalizacja zlewni  
**Figure 1.** Location of catchments

Na omawianym obszarze ponad 60% rocznego opadu przypada na półrocze letnie. Średnia roczna suma opadów wyznaczona z wielolecia 1951–2002, dla stacji meteorologicznej w Białowieży (zlewnia Narewki), wynosi 617 mm przy zmienności od wartości niewiele przekraczającej 400 mm w 1954 do powyżej 900 mm w 1970 roku.

Dla stacji Różanystok (zlewnia Biebrzy) średnia roczna suma opadów z lat hydrologicznych 1962–2002 wyniosła 541 mm. Najniższą roczną sumę – 375 mm zanotowano w 1971 roku, natomiast najwyższą – 703 mm w 1980 roku.

Rzeźba terenu zlewni Biebrzy użytkowanej rolniczo jest zróżnicowana, wyróżnia się górną, środkową i dolną kotlinę Biebrzy, zwane basenami. Powierzchnia zlewni po profil Burzyn zamykający dolny basen wynosi 6900,4 km<sup>2</sup> (tab. 1). W dolinie i na tarasach zalewowych zwierciadło przypowierzchniowego poziomu wodonośnego występuje tuż pod powierzchnią terenu. W dolinie 592,2 km<sup>2</sup> powierzchni zajmuje Biebrzański Park Narodowy, gdzie głównym zagrożeniem dla walorów przyrodniczych jest odwodnienie tego terenu, trwające od początku XIX w. i kontynuowane w XX w., prowadzące do przesuszenia torfowisk.

**Tabela 1.** Parametry fizycznogeo-graficzne zlewni  
(Czarnecka, Wąsek 1981–1982)

**Table 1.** Physical and geographical parameters of catchments

Rzeka	A	L	BPN	Hśr	Hźr	Ic	D	Bagna	Lasy
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[ha]	[m n.p.m.]		[%]	[l·km <sup>-1</sup> ]	[%]	
Biebrza	6900,4	146,9	59 223	175,5	154	0,37	0,59	16	23
Narewka	635,4	50,1	10 502	168,4	159	0,40	0,32	26	73

A – powierzchnia zlewni, L – długość cieków głównych, Hśr – średnie wzniesienie terenu, Hźr – wzniesienie źródła, Ic – spadek cieków, D – gęstość sieci rzecznej

Zlewnia Narewki jest na ogół płasko-falistą równiną o dobrze uformowanych terasach zalewowych, w większości przykrytych torfami. Powierzchnia zlewni po profil Narewki wynosi 635,4 km<sup>2</sup>, a w granicach kraju znajduje się 419,3 km<sup>2</sup>. Wody gruntowe występują zwykle płytko pod terenem i są związane hydrostatycznie z poziomem wód w Narewce i w jej dopływach. W zlewni obszary leśne (Puszcza Białowieska) stanowią 73% (tab.1). Siedliska wilgotne i bagienne stanowią 40% ogólnej powierzchni siedlisk leśnych Puszczy. W środkowej części zlewni Narewki na powierzchni 105,02 km<sup>2</sup> zlokalizowany jest Białowieski Park Narodowy.

## METODYKA

Charakterystyka susz hydrologicznych w wybranych profilach rzek opiera się na analizie zjawiska niżówki wód powierzchniowych. Niżówka jest pojęciem umownym, służącym do zinterpretowania sytuacji występującej w rzece, w odniesieniu do ilości wody przepływającej w korycie. Nie ma jednoznacznej, genetycznie uzasadnionej definicji zjawiska. Najczęściej do wyznaczenia niżówek stosuje się metodę TLM (*Threshold Level Method*), polegającą na odcinaniu niżówek na hydrogramach dobowych przepływów za pomocą założonego poziomu odcięcia. Niżówka traktowana jest jako okres, w którym przepływy są równe i mniejsze od przyjętego przepływu granicznego. Wybór poziomu odcięcia zależy od zastosowanych kryteriów: hydrologicznego bądź gospodarczego, których przyjęcie zależy od celu opracowania. W literaturze spotyka się wiele wartości przepływów charakterystycznych stosowanych do wyznaczania niżówek m.in. SNQ,  $WNQ_{let}$ ,  $0,75 ZQ$ ,  $Q_{70\%}$ ,  $Q_{80\%}$ ,  $Q_{90\%}$  [Głogowska 2005].

Dla potrzeb badań, stosując kryterium hydrologiczne, za poziom odcięcia niżówek obrano wartość przepływu charakterystycznego  $Q_{90\%}$ , odczytaną z krzywej sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi. Odcięcie niżówek przepływem  $Q_{90\%}$ , pozwoliło na wyznaczenie zjawiska wyjątkowego, niepojawiającego się w każdym roku w okresie występowania niskich przepływów, będących naturalnym elementem reżimu rzek. Na wartość  $Q_{90\%}$  nie wpływa w sposób znaczący występowanie lat suchych i mokrych, ponieważ jest on odczytywany z krzywej czasów trwania przepływów, której kształt dla wielolecia wynika z charakteru rzeki. Dodatkowo do wyznaczania niżówek wprowadzono kryterium minimalnego czasu trwania, wynoszące 10 dni, po przekroczeniu którego występuje niżówka. W celu uniknięcia zależności pomiędzy sąsiednimi niżówkami, jako jedno zjawisko potraktowano niżówki odległe od siebie o mniej niż 5 dni [Zelenhasić, Salvai 1987].

Do oceny zjawiska niżówki wybrano następujące parametry ilościowe opisujące jej rozmiar: przepływ minimalny ( $Q_{min,n}$ ), czasu trwania ( $T_n$ ) oraz objętość deficytu niżówki ( $V_n$ ) rozumianą jako pole zawarte pomiędzy liniami: hydrogramu i przepływu granicznego. Charakterystyki te określające surowość zjawiska wyznaczono za pomocą modelu Niżówka 2003 [Jakubowski, Radezuk 2004].

Ze względu na różne czynniki wywołujące niżówki w półroczu letnim i zimowym, analizowano oddzielnie niżówki typu letniego

i zimowego. Zbadano także częstość ich występowania jako średnią liczbę niżówek na rok oraz wyznaczono średni czas trwania i średni deficyt niżówki.

## WYNIKI

Analiza hydrogramów dobowych przepływów z wielolecia 1951–2002 pozwoliła na wyodrębnienie okresów niżówkowych. Dominującym typem na badanym obszarze są niżówki letnie. Rozpoczynają się zwykle w czerwcu i trwają często do końca października. Częstość ich występowania jest mniejsza niż jedna na rok. Niżówki letnie charakteryzują się długim czasem trwania, wynoszącym średnio ponad 60 dni dla Biebrzy i 44 dni dla Narewki (tab. 2). Niżówki Narewki trwają krócej, ale w przeciwieństwie do Biebrzy w półroczu letnim może się ich pojawić więcej niż jedna. Niżówki letnie na Biebrzy są głębokie i długotrwałe. Nie są przerywane okresami występowania opadów w porze letniej, co wynika z dużych strat na parowanie z obszarów bagiennych i dużych zdolnościach retencyjnych Pradoliny Biebrzy.

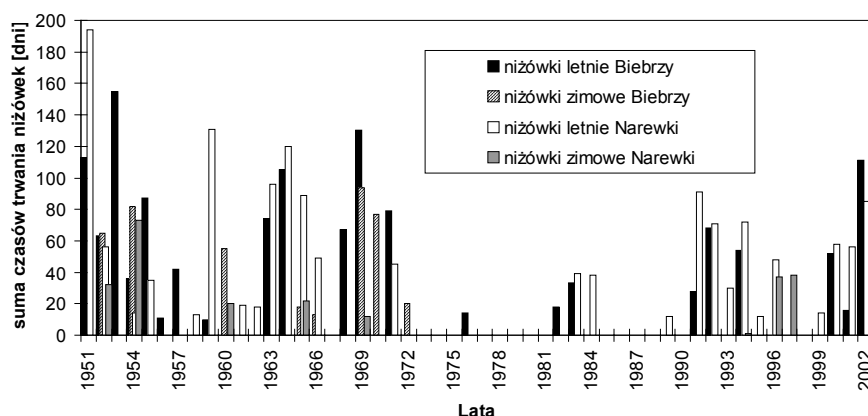
**Tabela 2.** Charakterystyki i częstość niżówek w okresie 1951–2002  
**Table 2.** Characteristics and frequency of low flows in the periods 1951–2002

Rzeka	Niżówki		$\Sigma_{ni}$	$L_n$	$\bar{T}_n$	$T_{max,n}$	$\bar{V}_n$	$V_{max,n}$	$Q_{min,n}$
	Typ	[%]	[l]		[dni]		[tys. m <sup>3</sup> ]		[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Biebrza	letnie	65	22	0,42	61	155	11342	41073,7	4,33
	zimowe	35	12	0,25	40	94	8831	37147,68	5,05
Narewka	letnie	79	34	0,65	44	194	682,66	5002,56	0,30
	zimowe	21	9	0,17	29	73	267,36	775,01	0,39

$\Sigma_{ni}$  – liczba niżówek,  $L_n$  – częstość niżówek,  $\bar{T}_n$  – średni czas trwania niżówki,  $T_{max,n}$  – maksymalny czas trwania,  $\bar{V}_n$  – średni deficyt niżówki,  $V_{max,n}$  – maksymalny deficyt niżówki

W rozpatrywanych zlewniach zaobserwowano również niżówki zimowe jako efekt akumulacji opadów w postaci pokrywy śnieżnej i przemarzania rzeki. Niżówki w tym okresie występują zdecydowanie rzadziej i trwają krócej od letnich. W zlewni Biebrzy w profilu Burzyn od 1973 nie zanotowano ani jednej niżówki zimowej, co może być spowodowane cieplejszymi zimami i mniejszą pokrywą śnieżną. Na stacji Różanystok w okresie 1983–2000 średnia temperatura powietrza w półroczu zimowym była dodatnia i wyniosła +0,54°C w porównaniu do średniej z okresu wcześniejszego 1966–1982 wynoszącej -0,26°C [Maksymiuk i in. 2004].

W wieloleciu 1951–2002 na badanym obszarze można zaobserwować 3 okresy różniące się nasileniem występowania susz hydrologicznych. Okres 1951–1972 i 1991–2002 charakteryzujący się częstym pojawianiem się niżówek, oraz 1973–1990, w którym zjawiska obserwowane były rzadko (rys. 2). Na Narewce najdłuższa niżówka trwała 194 dni i rozpoczęła się w lipcu 1951 roku i zakończyła w styczniu 1952 roku, natomiast na Biebrzy rozpoczęła się pod koniec czerwca 1953 roku i zakończyła w listopadzie tego roku, trwając przez 155 dni. W ostatnich latach 2000–2002 susze pojawiają się co roku, ale nie są tak surowe jak na początku drugiej połowy XX w.



**Rysunek 2.** Czas trwania niżówek w wieloleciu 1951–2002  
**Figure 2.** Duration of low flows in multiyear 1951–2002

W opracowaniu za wartość progową niżówki przyjęto przepływ  $Q_{90\%}$  stosowaną przez hydrologów badających zagadnienie niżówek w grupie „Low Flow” projektu FRIEND. Jednakże wyznaczony za pomocą kryterium hydrologicznego przepływ graniczny niżówki nie jest ściśle związany z warunkami życia organizmów wodnych. Nawet podczas głębokich niżówek naturalny układ bystrze-płoso zapewnia odpowiednią głębokość dla bytowania organizmów wodnych [Stochliński 2004]. Analizując niżówki dla potrzeb badań ich wpływu na warunki życia organizmów wodnych, można wprowadzić trzecie kryterium doboru granicznej wartości: kryterium hydrobiologiczne. Wielkość przepływu granicznego niżówki mogłaby przyjmować wielkości przepływu nienaruszalnego, zależącego od potrzeb życiowych danych organizmów żywych.

## PODSUMOWANIE

Zlewnie Narewki i Biebrzy położone są na Nizinie Podlaskiej, należącej do obszarów Polski charakteryzujących się najczęstszym występowaniem susz hydrologicznych. Przepływy niżówkowe w analizowanych zlewniach zagrażają szczególnie cennym torfowiskom Biebrzańskiego Parku Narodowego oraz biotopom olsu i boru bagiennego Białowieskiego Parku Narodowego.

Na badanym obszarze niżówka wyznaczona przepływem  $Q_{90\%}$  jest zjawiskiem długotrwałym i pojawia się zwykle pod koniec czerwca, a kończy jesienią. W półroczu zimowym niżówki występują rzadziej, trwają krócej i są płytsze. Przeciętna niżówka w zlewni Narewki trwa ponad miesiąc, a w zlewni Biebrzy ponad 60 dni. W ostatniej dekadzie zaobserwowano intensyfikację występowania niżówek letnich. Szczególnie katastrofalne susze hydrologiczne miały miejsce w lecie 1992 i 2002 roku, ale ich charakterystyki nie osiągnęły większych rozmiarów w stosunku do niżówek z początku drugiej połowy XX wieku.

Grant: PBZ-KBN-086/ P04/2003

## BIBLIOGRAFIA

- Czarnecka H., Wąsek A. *Określenie parametrów fizycznogeograficznych zlewni w dorzeczu Biebrzy, górnej Narwi do wodowskazu Wizna*. IMGW, 1981–1982
- Chojnacki T. *Gospodarka leśna na siedliskach wilgotnych i bagiennych w Puszczy Białowieskiej*. w: Mat. seminarium nauko-technicznego Białowieża 21 maja 2004
- Farat R., Kepińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Mager P. *Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990*, Mat. Bad. IMGW, Seria: Gosp. Wod. i Och. Wód, 1995, nr 16.
- Głogowska E. [Kaznowska E.] *Występowanie niżówek w zlewniach o odmiennych warunkach fizycznogeograficznych*. Rozprawa doktorska, SGGW, Warszawa 2005.
- Jakubowski W., Radczuk L. *Computer program Niżówka 2003*. 2004
- Kundzewicz Z. W. *Ecohydrology for sustainable wetlands under global change – data, models, management*. Measurement techniques and data assessment in wetland hydrology, Wethydro, Warsaw Agricultural University Press, 2003, s. 25–35.
- Maksymiuk A., Rozbicki T., Okruszko T., Ignar S. *Wieloletnie tendencje zmian pokrywy śnieżnej i odpływu w wybranych zlewniach północno-wschodniej części Polski*. Roczniki AR w Poznaniu, 2004, CCCLVII (25), s. 355–362.
- Okruszko T., Mioduszewski W. *Problemy gospodarki wodnej na obszarze Biebrzańskiego Parku Narodowego*. Zeszyty naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN, 2004, 38, s.215–223.
- Stochliński T. *Przepływy nienaruszalne – hydrobiologiczne przesłanki kształtowania wielkości* [w:] XXXII Szkoła Hydrologii, Mądralin, 17–21 maja 2004.
- Zelenhasić E., Salvai A. *A method of stream flow drought analysis*. Water Resources Research, 1987, 23 (1), s.156–168.



Dr inż. Ewa Kaznowska  
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Recenzent: *Dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik*

*Ewa Kaznowska*

## **THE CHARACTERISTICS OF HYDROLOGICAL DROUGHTS BASED ON THE EXAMPLE OF SELECTED RIVERS IN THE NORTH EASTERN PART OF POLAND**

### **SUMMARY**

The paper presents the analysis of hydrological drought of the Biebrza river to the Burzyn gauge and Narewka river to Narewka gauge in multiyear 1951–2002. Hydrological drought is usually expressions of deficiencies is surface water supplies. This phenomena is the last stage the drought process and is identify with low flows in river bed. The examined catchment area is part of the Podlaska Lowland where droughts occurred most often in Poland. The research described in this paper was concentrated on the Biebrza valley, which is a unique wetlands area in Central Europe and on the Narewka valley within the Białowieża Forest, the latter being a natural heritage in the global scale. The Biebrza Wetlands and Białowieża Forest hydrogenic sites conditions depends on ground and surface water levels and thus, a hydrological droughts is a danger to them. The methodology used in this paper describes the hydrological drought as the situation, where river discharges are below some arbitrarily chosen threshold level. The size of the threshold discharge was established in dependence on aim of study. Truncation level value of drought was applied as statistical value  $Q_{90\%}$  determined from flow duration curve with the upper discharges. This paper include the proposition the other truncation level which depends on water organism survival rate. The droughts were described with the following parameters: minimum discharge, duration and water deficit volume. Drought parameters were computed from daily flow date for using *Distributions of Low Flow Extremes (Nizowka2003)* computer program. Results of 52 years studies prove that most of droughts appears in summer half-year. The average duration time of summer droughts is 2 months in Biebrza river and over month in Narewka river. Since 1973 to 2002 year no observed any drought in winter half-year in Biebrza valley. The biggest droughts were note in the 50's and 60's and in last decade.

**Key words:** hydrological drought, low flow, Biebrza, Narewka