
Zakład Hydrologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, 20-718 Lublin, al. Kraśnicka 2cd
grzegorz.siwiek@poczta.umcs.lublin.pl

GRZEGORZ MARCIN SIWEK

Analiza wyboru wartości przepływu granicznego wezbrań w zlewni górnego Wieprza

An analysis of estimation of threshold level of floods in upper Wieprz catchment

Słowa kluczowe: wezbranie, parametry wezbrań, przepływ graniczny (TLM), krzywa czasu przewyższenia przepływu (KCPP), przepływy charakterystyczne, Lubelszczyzna

Keywords: flood, flood parameters, threshold level (TLM), flow duration curve (FDC), characteristic flows, Lublin region

WPROWADZENIE

Poznanie procesu i przyczyn tworzenia się wezbrań rzek ma duże znaczenie, zarówno naukowe, jak i praktyczne, szczególnie przy gospodarce wodnej, zagospodarowaniu terenu i jego ochronie przeciwpowodziowej. Najprostszą metodą wyznaczenia wezbrania jest analiza hydrogramu, z możliwością graficznego odcięcia początku i końca podwyższonych przepływów lub stanów wody. Ich pojawianie się zwykle związane jest ze zmianą sposobu zasilania rzeki, przede wszystkim spływu powierzchniowego. Zagadnienia analizy zmienności i dynamiki odpływu ze zlewni Wieprza były przedmiotem wielu wcześniejszych opracowań (m.in. Michalczyk, Paszczyk 1984, 2007), jednak problematyka doboru wartości granicznego przepływu wezbrań jest badana po raz pierwszy.

W literaturze naukowej i praktycznych opracowaniach hydrologicznych pojawia się wiele różnych definicji i kryteriów wyznaczania wezbrań. Wynika to przede wszystkim z różnych celów opracowań hydrologicznych dotyczących wezbrań, a także z odmiennych warunków środowiska przyrodniczego badanych zlewni i reżimu hydrologicznego rzek. Podstawowym sposobem wydzie-

lania wezbrań i ich dalszej analizy jest przyjęcie wartości przepływu granicznego (Q_{gr}). Jej wyznaczenie może być oparte na kryteriach hydrologicznych, statystycznych lub gospodarczych (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997; Jokić 2007). W każdym podejściu badawczym przyjmowane są odpowiednio zdefiniowane wartości poziomów granicznych przepływu. Doskonale możemy to zauważyć na przykładzie grupy kryteriów hydrologicznych, wśród których funkcjonują przepływy graniczne przyjmujące wartości NWQ, WSQ (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997; Byczkowski 1999; Kaznowska i in. 2015), ZWQ, SWQ (Kaznowska, Chudy 2006; Nowicka 2009), czy też wartości na poziomie granicy przepływów średnich i wysokich $\frac{1}{2}(NWQ+WSQ)$ (Kijowska 2011). Stosowane są również wartości sezonowych przepływów charakterystycznych II stopnia, np. SWQ_{lato} , SWQ_{zima} (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997; Bartczak 2007). W grupie kryteriów statystycznych wykorzystywane są wartości przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia odczytanymi z krzywej czasu przewyższenia przepływu (KCPP). Stosowane są również kryteria mieszane – według Punzeta (1991) wezbranie występuje wtedy, gdy przepływ maksymalny jest większy od średniej arytmetycznej przepływu średniego rocznego oraz przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia 50% [$Q_{max} < \frac{1}{2}(SSQ+Q_{50\%})$].

W związku ze stosowaniem wielu kryteriów wyboru przepływu granicznego otrzymujemy różne wartości charakterystyk opisujących wezbrania (m.in. częstość występowania, czas trwania, objętość). Stosowanie różnych wartości przepływów granicznych utrudnia, a w zasadzie uniemożliwia, bezpośrednie zestawianie i porównanie wyników badań. Celem niniejszej pracy jest porównanie różnych metod wyznaczania wezbrań, analiza otrzymanych wyników oraz określenie optymalnego dla zlewni górnego Wieprza podejścia badawczego, wraz ze wskazaniem jego zalet i wad. W artykule zostały przedstawione i porównane najczęściej stosowane w badaniach metody wyznaczania wezbrań.

OBSZAR BADAŃ

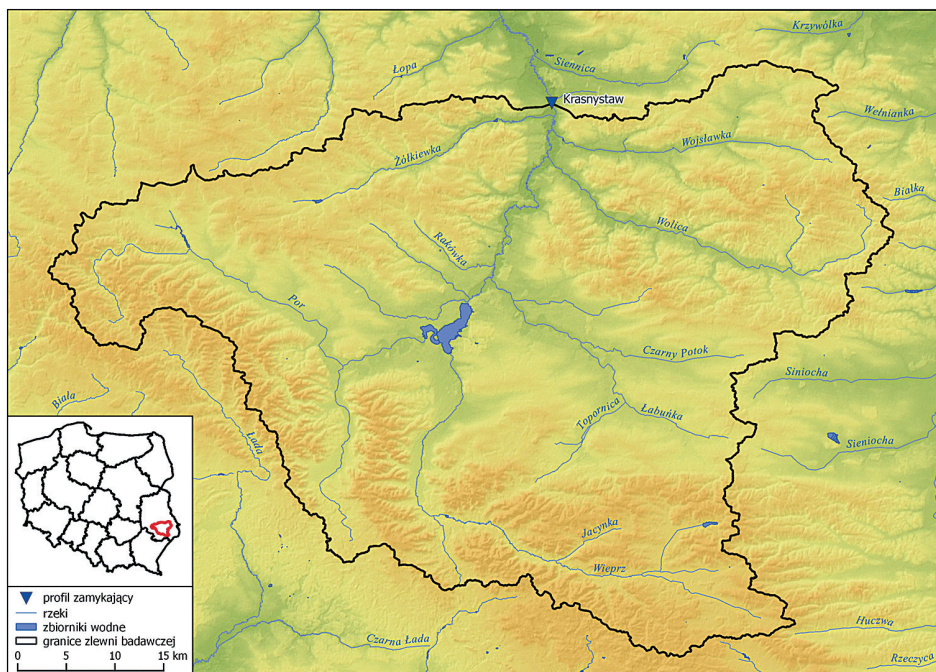
Obszar badań stanowi, położona w południowej części województwa lubelskiego, zlewnia górnego Wieprza (3010 km²), którą zamyka profil wodowskazowy w Krasnymstawie (MPHP10). Według podziału fizjograficznego woj. lubelskiego Chałubińskiej i Wilgata (1954) obszar ten położony jest w części Rostocza Zachodniego i Środkowego, Padołu Zamojskiego, Działów Grabowieckich oraz Wyniosłości Giełczewskiej. Sieć rzeczna obszaru badań stanowi rzeka Wieprz z dopływami: Por, Wolica, Wojsławka, Łabuńka i Żółkiewka. Sieć rzeczna na tym terenie jest stosunkowo rzadka, co jest wynikiem dobrej przepuszczalności utworów powierzchniowych.

Zlewnia górnego Wieprza jest dość zróżnicowana pod względem ukształtowania powierzchni hipsometrii. Najwyższe wysokości względne występują w po-

łudniowej, roztoczańskiej, część zlewni i osiągają wartości do 386 m n.p.m. Najniżej dolina Wieprza położona jest w Krasnymstawie, na wysokości 174 m n.p.m. Na podstawie analiz numerycznego modelu terenu można stwierdzić, iż wysokość średnia badanej zlewni wynosi 244 m n.p.m., natomiast jej średnie nachylenie równe jest 4,5%. Rzeźba terenu zlewni poszczególnych dopływów znacznie się od siebie różni. Świadczą o tym m.in. deniwelacje terenu, które w zlewniach poszczególnych dopływów zmieniają się od 172 m w zlewni Wieprza powyżej Zwierzyńca do 129 m w zlewni Wolicy. Spadki terenu w poszczególnych zlewniach cząstkowych przyjmują wartości od 5,7% w zlewni Wieprza powyżej Zwierzyńca, 5,5% w zlewni Poru do 2,8% w zlewni Łabuńki, gdzie występują obszary o najmniejszych nachyleniach terenu (ryc. 1).

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy niniejszej pracy stanowiły dobowe wartości natężenia przepływu wody Wieprza w profilu wodowskazowym IMGW w Krasnymstawie w latach 1951–2014 (ryc. 1). Przed wykonaniem analiz, zgodnie z metodyką



Ryc. 1. Położenie obszaru badań w Polsce oraz na tle rzeźby terenu (NMT) i sieci hydrograficznej (opracowanie własne)

Fig. 1. Location of the study area in Poland and on the background of the digital terrain model (DTM) and the hydrographic network (own elaboration)

zaproponowaną przez Ozgę-Zielińską i in. (1999), przeprowadzono weryfikację ciągu pomiarowego pod względem występowania niejednorodności za pomocą metod genetycznych oraz statystycznych.

Według najprostszej (genetycznej) definicji, wezbranie to znaczny wzrost przepływu wody wywołany wzmożonym zasilaniem opadowym, roztopowym lub mieszanym (Mikulski 1963; Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997) lub również, jak podaje Byczkowski (1999), wzrost poziomu wody na skutek zatoru lodowego, sztormu albo zarastania koryta oraz silnych wiatrów wiejących od morza (Dębski 1970). Definicje te nie dają jednak możliwości porównania różnych wezbrań w związku z brakiem ściśle określonego początku oraz końca wezbrania – koniec jednego wezbrania może być uważany za początek kolejnego. Według Ozgi-Zielińskiej (1990) próby ustalenia genetycznej definicji wezbrania są przez to bezcelowe. Jednak istnieje wiele badań dotyczących pochodzenia wód w ciekach i momentu zmiany zasilania (Słupik 1970; Szymczak, Szelenbaum 2003). W związku z tym jedną z bardziej popularnych i szeroko stosowanych metod analiz wezbrań jest metoda przepływu granicznego (ang. *threshold level method* – TLM lub *peak over threshold* – POT). Metoda ta określa wezbranie jako okres, kiedy przepływy są równe lub przekraczają wartość przepływu granicznego (Q_{gr}) (Shaw 1983; Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997). Takie podejście w badaniu wezbrań jest jednoznaczne (przy danym Q_{gr}) i umożliwia przeprowadzenie porównywalnych ze sobą analiz statystycznych, jednak uniemożliwia rozpoznanie warunków tworzenia się wezbrań i momentu zmiany zasilania rzeki (Kaznowska, Chudy 2006).

Ustalając wartość przepływu granicznego za pomocą kryteriów hydrologicznych, możemy wykorzystać, za Ozgą-Zielińską i Brzezińskim (1997), wartość najniższego maksymalnego przepływu z danego wielolecia (NWQ). W takim przypadku zakładamy, że wezbrania występują każdego roku przynajmniej jednokrotnie, ponieważ przepływy maksymalne roczne przyjmowały każdego roku wartości równe lub wyższe NWQ. Przyjęcie takiego kryterium pozwala na analizę czasowej zmienności występowania wezbrań oraz stwierdzenie dużej liczby takich zdarzeń, w związku z czym nie jest ona zbyt często wykorzystywana w badaniach wezbrań (Kaznowska, Chudy 2006). Największą wadą przepływu granicznego na poziomie NWQ jest duża czułość na występowanie lat suchych, w których maksymalne roczne przepływy przyjmują niskie wartości, często zbliżone do wartości przepływów średnich wieloletnich. W związku z tym brane są pod uwagę inne kryteria hydrologiczne, przepływy średnie maksymalne (SWQ) lub mediana przepływów maksymalnych ($ZWQ = Q_{max,50\%}$) (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997). Dzięki mniejszej podatności na zmianę otrzymywanych wyników związanych z występowaniem pojedynczych, wybitnie suchych lat, kryteria te są znacznie częściej stosowane niż NWQ, co umożliwia porównanie wyników z wynikami zestawianymi w innych publikacjach (Kaznowska, Chudy 2006; Bartczak 2007; Nowicka 2009; Kijowska 2011). Niektórzy przyjmują również analizę

będącą wynikiem różnych łączonych kryteriów, np. Kijowska (2011) podaje poziom graniczny obliczany ze wzoru: $\frac{1}{2}(NWQ+WSQ)$, natomiast Byczkowski i in. (2008) jako $2SSQ$.

Wśród kryteriów hydrologicznych stosowane są jako poziomy graniczne wezbrań wartości kwantyla przepływu (Q_p) o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia ($p\%$), który odczytywany jest z krzywej czasów przewyższenia przepływów (KCPP, ang. *FDC – flow duration curve*). Krzywe te mogą być wyznaczone dwiema metodami. Według metody tradycyjnej tworzy się jedną krzywą dla całego okresu, natomiast druga metoda polega na tworzeniu oddzielnych krzywych dla każdego roku, a następnie uśrednieniu ich do krzywej średniej (Węglarczyk 2014a). W niniejszej pracy do stworzenia krzywej czasów przewyższenia przepływów wykorzystano metodę tradycyjną, czyli wyznaczono jedną krzywą dla całego okresu 1951–2014.

W krajowych publikacjach dotyczących wezbrań raczej rzadko stosowane są kryteria graniczne przyjmowane na podstawie przepływów o określonym prawdopodobieństwie. Są one częściej stosowane przy analizie przepływów niżówkowych (Tokarczyk 2008; Kaznowska 2012; Węglarczyk 2014b). Znacznie częściej KCPP wykorzystywane są w pracach zagranicznych (np.: Vogel, Fennessey 1995; Mandal 2012; Alfieri i in. 2013) dotyczących analizy wezbrań. W niniejszym opracowaniu podjęto analizę kryteriów wyznaczania przepływów granicznych na poziomie ich wartości o prawdopodobieństwie przewyższenia zawierającym się w granicach 1–25%.

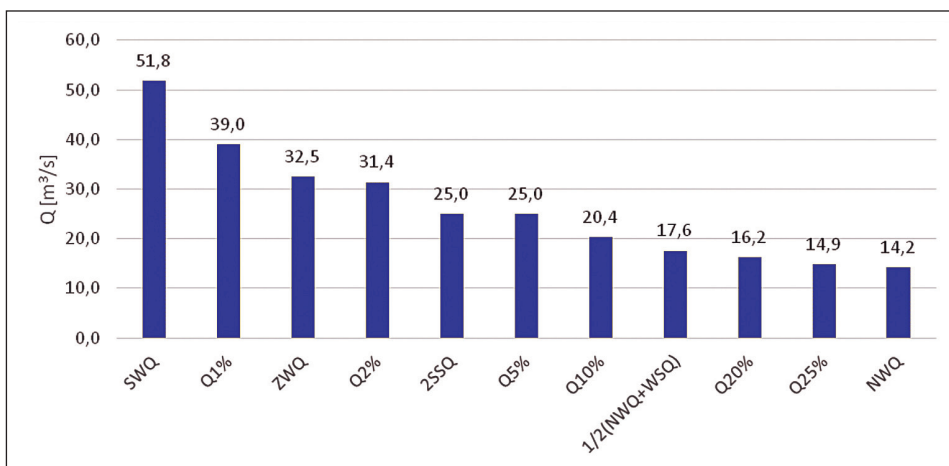
W opracowaniu obliczono wartości opisanych powyżej kryteriów hydrologicznych i statystycznych przepływów granicznych wezbrań dla serii pomiarowej z lat 1951–2014 w Krasnymstawie. Na podstawie krzywej czasu przewyższenia przepływu obliczono przepływy o prawdopodobieństwie przekroczenia 25%, 20%, 10%, 5%, 2%, 1%. Natomiast dla wyznaczonych wartości przepływów charakterystycznych II stopnia określono prawdopodobieństwo przewyższenia na podstawie krzywej KCPP.

Przy definiowaniu wezbrania, oprócz wartości Q_{gr} , należy również podać minimalny czas trwania zjawiska (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997; Bartczak 2007; Kaznowska i in. 2015). W niniejszej pracy za minimalny czas trwania wezbrania przyjęto 1 dzień, co pozwoliło na wyodrębnienie wszystkich dni z przepływem wyższym od wartości granicznej.

ANALIZA WYNIKÓW

Najwyższe i najniższe wartości przepływów granicznych otrzymano, wyznaczając Q_{gr} na podstawie przepływów charakterystycznych II stopnia, a dokładnie przyjmując wartości NWQ oraz SWQ. Najniższą wartość przyjęło kryterium najniższego przepływu maksymalnego z analizowanego wielolecia – NWQ

(14,2 m³/s). Najwyższą wartość poziomu odcięcia otrzymano, stosując kryterium SWQ – przepływ średni maksymalny z wielolecia (51,8 m³/s). Wartości zbliżone do NWQ otrzymano, obliczając $Q_{gr} = Q_{25\%}$ odczytane z KCPP, natomiast kryterium proponowane przez Byczkowskiego i in. (2008) (2SSQ) było równe przepływowi o prawdopodobieństwie przewyższenia 5%.

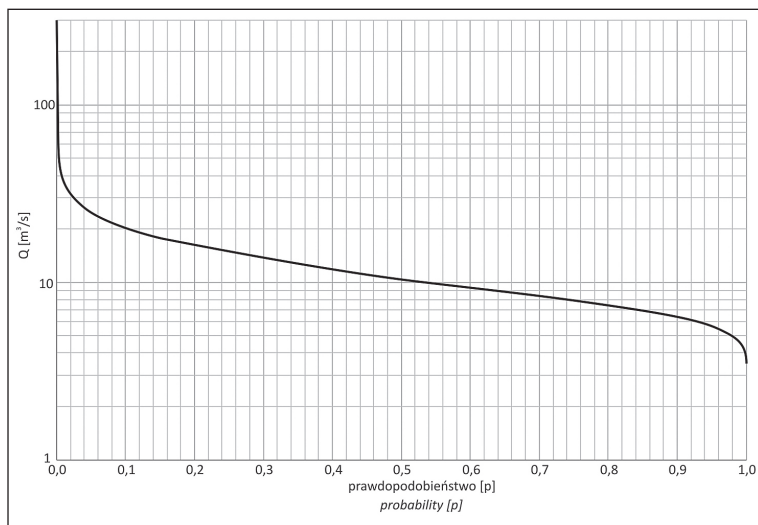


Ryc. 2. Wartości przepływów granicznych wezbrań (Q_{gr}) w profilu Krasnystaw obliczone różnymi metodami dla lat 1951–2014 (opracowanie własne)

Fig. 2. The values of threshold levels (Q_{gr}) in cross-section Krasnystaw calculated by different methods for the years 1951–2014 (own elaboration)

Aby porównać wartości przepływów granicznych obliczonych za pomocą kryteriów hydrologicznych oraz statystycznych (ryc. 2), odczytano, z krzywej KCPP, kwantyle prawdopodobieństwa dla poszczególnych przepływów charakterystycznych II stopnia (ryc. 3). Przedstawiono na niej krzywą czasu przewyższenia przepływu opracowaną na podstawie 64-letniej serii wartości przepływów na Wieprzu w Krasnymstawie w latach 1951–2014. Wyniki analizy prawdopodobieństwa przewyższenia wybranych obliczonych Q_{gr} zestawiono w tabeli 1.

Na podstawie przedstawionych poziomów granicznych oraz hydrogramu przepływów wyznaczono wezbrania Wieprza w Krasnymstawie w latach 1951–2014. Obliczono łączną liczbę wezbrań, sumę czasów trwania, średni czas trwania oraz częstość występowania wezbrań w badanym profilu (tab. 2). Największą liczbę wezbrań (406) otrzymano przy zastosowaniu kryterium NWQ, które zakłada występowanie minimum 1 wezbrania w ciągu roku. Przy tym kryterium wezbrania zajmują średnio blisko 29% roku hydrologicznego. Tak długi czas trwania wynika z bardzo niskiej wartości poziomu granicznego, który wykazuje największą, wśród analizowanych wartości, czułość na występowanie, nawet pojedynczych, lat suchych. W przypadku profilu Krasnystaw był to rok 1991 ($WQ = 14,2$ m³/s).



Ryc. 3. 64-letnia krzywa czasu przewyższenia przepływu (1951–2014) w profilu Krasnystaw (Wieprz) w podziałce półlogarytmicznej (opracowanie własne)

Fig. 3. 64-year time flow duration curve (1951–2014) of the cross-section Krasnystaw (Wieprz river) in the semi-log scale (own elaboration)

Tab. 1. Kwantyl prawdopodobieństwa przepływów charakterystycznych w profilu Krasnystaw odczytany z krzywej czasu przewyższenia przepływu (KCPP)

Tab. 1. Probability quantile of flow characteristic flows in cross-section Krasnystaw determined from flow duration curve (FDC)

Kryterium	SWQ	$Q_{1\%}$	ZWQ	$Q_{2\%}$	2SSQ	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	$\frac{1}{2}(NWQ+WSQ)$	$Q_{20\%}$	$Q_{25\%}$	NWQ
Kwantyl prawdopodobieństwa	0,004	0,010	0,017	0,020	0,050	0,050	0,100	0,160	0,200	0,250	0,285
Wartość przepływu (m^3/s)	51,8	39,0	32,5	31,4	25,1	25,0	20,4	17,6	16,2	14,9	14,2

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own elaboration

Stosowanie tego kryterium prowadzi do wydłużenia czasu trwania i zwiększenia liczby wezbrań. Przeprowadzone badania potwierdzają sugestię Kaznowskiej i Chudego (2006) dotyczącą dużych wad oraz silnej wrażliwości kryterium NWQ na występowanie pojedynczych skrajnie niskich wartości przepływów maksymal-

nych rocznych. Najmniej wezbrań wystąpiło w badanym 64-letnim okresie przy przyjęciu $Q_{gr} = SWQ$ i było ich zaledwie 26.

Relatywnie w odniesieniu do metody zmieniała się długość wezbrań, przyjmując wartości średnie od 3,5 dnia przy kryterium SWQ do 39,2 dnia (NWQ). Zbliżone wartości przepływów granicznych otrzymano dla 2SSQ oraz $Q_{5\%}$ (25,1 m³/s i 25 m³/s). Średni czas trwania wezbrań dla tych wartości Q_{gr} wyniósł odpowiednio 13,8 dnia oraz 11,3 dnia. Różnica o 2,5 dnia wskazuje na to, jak duże rozbieżności można uzyskać, stosując 2 zbliżone do siebie wartości poziomu odcięcia. Jednak najdłuższe wezbrania wyznaczone przepływami granicznymi 2SSQ oraz $Q_{5\%}$ trwały odpowiednio 100 dni i 99 dni. Najkrótszy maksymalny czas trwania wezbrania otrzymano przy $Q_{gr} = SWQ$ i wyniósł on 11 dni, co wynika z bardzo wysokiego poziomu „odcięcia”. W miarę zmniejszania wartości przepływu granicznego wydłużał się czas trwania najdłuższego wezbrania, osiągając największą wartość dla kryterium NWQ. Dla tego kryterium najdłuższe wezbranie trwało 310 dni, czyli ponad 10 miesięcy. Wartości maksymalnego czasu trwania równe 3–4 miesiące (100–125 dni) otrzymano dla Q_{gr} równych 2SSQ, $Q_{5\%}$ oraz $Q_{10\%}$ przy średnich czasach trwania odpowiednio 13,8 dnia, 11,3 dnia oraz 13 dni. Częstość występowania wezbrań zmieniała się znacznie w zależności od przyjętego poziomu odcięcia od 0,4 (SWQ) do 6,4 (NWQ) wezbrania w ciągu roku. Dla kryteriów SWQ, $Q_{1\%}$, ZWQ oraz $Q_{2\%}$ wezbrania występowały średnio rzadziej niż raz w roku. Przyjmując wartość $Q_{gr} = Q_{10\%}$ otrzymano średnio 2,8 wezbrania w ciągu roku. Otrzymana wartość może nawiązywać do rzeczywistego występowania zauważalnych dla ludności wezbrań: 1 wiosennego (roztopowego) oraz 1 mniejszego wezbrania w okresie letnim związanego z intensywnymi opadami (Michalczyk, Paszczyk 1984).

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że ze stosowanych różnych metod optymalne wartości przepływów granicznych wezbrań w zlewni górnego Wieprza uzyskano dla ich wartości o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$. Charakterystyki ilościowe obliczone dla tego kryterium odpowiadają wartościom otrzymanym z subiektywnej analizy wezbrań wyznaczonych na podstawie przebiegu hydrogramów przepływów. Otrzymane czasy trwania oraz częstości występowania wezbrań osiągają wartości zbliżone do wyznaczonych w sposób subiektywny, metodą przeglądu hydrogramu. Wartości $Q_{10\%}$ zbliżone są zazwyczaj do przepływu związanego z tzw. poziomem wody brzegowej, powyżej którego rzeka występuje z koryta. Przyjęcie takiej wartości Q_{gr} jest również uzasadnione tym, że wezbrania są zdarzeniami wyjątkowymi, w związku z czym występują ciągi lat lub lata, w których będą one występowały nawet kilkukrotnie oraz lata lub ich ciągi, w których będzie brak wezbrań.

Tab. 2. Wybrane charakterystyki wezbrań Wieprza w Krasnymstawie przy różnych poziomach granicznych, w latach 1951–2014

Tab. 2. Selected characteristics of floods of Wieprz river in Krasnystaw at different threshold levels, in years 1951–2014

Kryterium	SWQ	$Q_{1\%}$	ZWQ	$Q_{2\%}$	2SSQ	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	$\frac{1}{2}(NWQ+WSQ)$	$Q_{20\%}$	$Q_{25\%}$	NWQ
Liczba wezbrań	26	44	54	59	100	102	178	256	326	388	406
Suma czasów trwania [dni]	98	229	397	465	1194	1157	2313	3724	4622	5833	6606
Najdłuższe wezbranie [dni]	11	19	25	35	100	99	125	231	300	308	310
Średni czas trwania [dni]	3,5	5,2	5,7	7,9	13,8	11,3	13,0	30,4	14,2	15,0	39,2
Częstość	0,41	0,70	0,86	0,94	1,59	1,62	2,83	4,06	5,17	6,16	6,44

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IMGW

Source: Own elaboration on the basis of IMGW data

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W niniejszej pracy porównano różne kryteria i metody wyznaczania granicznych przepływów wezbrań dla zlewni górnego Wieprza. Podstawę opracowania stanowiła seria dobowych przepływów w Krasnymstawie za lata 1951–2014. Wśród zestawionych wartości znalazły się te najczęściej stosowane, jak np. NWQ, SWQ, ZWQ oraz rzadziej wykorzystywane – przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia odczytane z krzywej KCPP.

Największą liczbę wezbrań oraz najdłuższe czasy trwania, zarówno średnie, jak i maksymalne, otrzymano, odcinając wezbrania na poziomie najniższego z maksymalnych wieloletnich przepływów rocznych.

Najkrótsze czasy trwania wezbrań oraz ich najmniejszą liczbę otrzymano, stosując poziom odcięcia równy średniemu maksymalnemu przepływowi rocznemu (SWQ). Wezbrania wyznaczone tym kryterium trwały w Krasnymstawie średnio 3,5 dnia, a pojawiały się raz na 2,5 roku.

Najdłużej trwały wezbrania wyznaczone przy $Q_{gr} = NWQ$. Ich średni czas wyniósł 39,2 dnia, a w ciągu roku występowało średnio 6,5 wezbrań. Również duże wartości czasu trwania wezbrania otrzymano przy przepływie granicznym na poziomie $\frac{1}{2}(NWQ+WSQ)$ – 30,4 dnia, jednak częstość występowania wezbrań była mniejsza, gdyż w ciągu roku pojawiały się 4 wezbrania. Zbliżone wartości

czasów trwania, zmieniające się od 11,3 dnia do 15 dni uzyskano, stosując przepływy graniczne równe $2SSQ$, $Q_{5\%}$, $Q_{20\%}$ oraz $Q_{25\%}$.

Najbardziej zadowalające wyniki pod względem częstości i długości występowania wezbrań otrzymano, stosując przepływy graniczne na poziomie przepływów o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia, szczególnie $Q_{5\%}$ oraz $Q_{10\%}$. Wartości wyznaczone na podstawie krzywej czasu przewyższenia przepływu charakteryzują się najmniejszą podatnością na wystąpienie pojedynczych wartości ekstremalnych, dzięki czemu możliwe jest uniknięcie zniekształcenia otrzymanych wyników przez występowanie wybitnie suchych lat. Przyjęcie wartości przepływu granicznego na poziomie $Q_{10\%}$ ma swoje uzasadnienie w założeniu o wyjątkowości zdarzeń, jakimi są wezbrania. W związku z tym są lata lub ich ciągi, w których obserwujemy nawet kilka wezbrań, oraz lata lub ciągi lat, kiedy wezbrań nie ma w ogóle. Ponadto, wartość $Q_{10\%}$ jest zbliżona do naturalnej granicy wezbrania, jaką jest poziom wody brzegowej.

Przedstawione analizy dotyczące przyjęcia kryterium wyznaczania wezbrania wskazują, że wartość poziomu odcięcia jest bardzo istotna dla uzyskiwanych wyników analiz statystycznych. Wybór metody wyznaczania przepływu granicznego wezbrania jest stosunkowo subiektywny i ma zdecydowany wpływ na otrzymane wyniki (liczbę wezbrań, czasy trwania czy częstość występowania). Przy wyborze określonego Q_{gr} należy zwracać uwagę na wszystkie związane z tym konsekwencje, aby otrzymane wyniki dokumentowały rzeczywistą dynamikę wezbrania. Wartość Q_{gr} powinna być dobierana z uwzględnieniem charakteru zlewni, typu genetycznego i dynamiki wezbrania.

SUMMARY

Understanding of the causes and process of flooding formation in rivers has a great importance, both scientific and practical, especially considering use management and flood protection. We can find many different definitions and criteria that can be used in determining floods. A great number of different criteria is caused by different purposes of hydrological studies on floods, as well as different environmental conditions of investigated catchments and hydrological regimes of rivers. The primary method of floods definition and identification is threshold level method (TLM). This method defines flood as time when the flow is higher than established threshold flow level. Its determination can be based on hydrological, statistical or economic criteria (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997; Jokiel 2007). For specified research approach there are different values of threshold level adopted. It can be observed for example on hydrological criteria, among which values can reach LAMF, HAAF (Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997; Byczkowski 1999; Kaznowska et al. 2015), median of AMF, MAMF (Kaznowska, Chudy 2006; Nowicka 2009) or $\frac{1}{2}(LAMF+HAAF)$. Among statistical criteria we can meet values of flows of specific exceedance probability obtained from flow duration curve (FDC).

In connection with the use of a variety of criteria the selection border get different flow characteristic values describing the flood (including the incidence, duration, volume). The use of different flow limits is difficult and essentially impossible to direct the collation and comparison of docu-

mented research. The aim of the study was to compare different methods of determining the floods, analyze the results and determine the optimum for the upper catchment Comprehensive research approach, together with an indication of its advantages and disadvantages the article presented and compared was the most commonly used in clinical methods of determining floods.

LITERATURA

- Alfieri L., Salamon P., Bianchi A., Neal J., Bates P., Feyen L., 2013: *Advances in pan-European flood hazard mapping*, Hydrological Processes, DOI: 10.1002/hyp.9947.
- Bartczak A., 2007: *Wieloletnia zmienność odpływu rzecznego z dorzecza Zgłowiączki*, Prace Geograficzne, 209, IGI PZ PAN, ss. 164.
- Byczkowski A., 1999: *Hydrologia*, t. II, wyd. II, Wyd. SGGW, Warszawa, ss. 356.
- Byczkowski A., Banasik K., Hejduk L., 2008: *Obliczanie przepływów powodziowych o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, Polska Akademia Nauk, Kraków, 199–208.
- Chałubińska A., Wilgat T., 1954: *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*, Przewod. V Ogólnopol. Zj. PTGeogr., Lublin, 3–44.
- Dębski K., 1970: *Hydrologia*, Arkady, Warszawa, ss. 368.
- Jokiel P., 2007: *Przepływy ekstremalne wybranych rzek środkowej Polski w latach 1951–2000*, Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica 8, Łódź, 99–129.
- Kaznowska E., Chudy Ł., 2006: *Niżówki i wezbrania górnej Wilgi*, Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 6, 2 (18), Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Falenty, 175–190.
- Kaznowska E., 2012: *Wieloletnie tendencje w kształtowaniu się wybranych charakterystyk niżówek w zlewni rzeki Zagożdżonki*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3/IV, Polska Akademia Nauk, Kraków, 215–227.
- Kaznowska E., Hejduk A., Hejduk L., 2015: *Charakterystyka występowania wezbrań i niżówek w małej zlewni niziny mazowieckiej*, Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 15, 3 (51), 45–59.
- Kijowska M., 2011: *Geneza i przebieg wezbrań we fliszowej zlewni Bystrzanki w latach 1995–2009*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, 12, 59–68.
- Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1 : 10 000.
- Mandal U. K., 2012: *Studies in Low and Flood Flow Estimation for Irish River Catchments*, praca doktorska, National University of Ireland, Galway, 282.
- Michalczyk Z., Paszczyk J., 1984: *Wieloletnie i sezonowe wahania przepływu rzek Lubelszczyzny*, Przew. Ogólnop. Zjazdu PTG, Lublin, I, 147–150.
- Michalczyk Z., Paszczyk J., 2007: *Założenia metodyczne analizy wezbrań i niżówek rzek południowo-wschodniej Polski (próba metodyczna na przykładzie lat 1976–1980)*, [w:] Z. Michalczyk (red.), *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym*, Wyd. UMCS, Lublin, 385–393.
- Mikulski Z., 1963: *Zarys hydrografii Polski*, PWN, Warszawa, ss. 286.
- Nowicka B., 2009: *Ocena zróżnicowania ekstremalnie wysokich przepływów wybranych rzek polskich*, Prace i Studia Geograficzne, 43, 11–24.
- Ozga-Zielińska M., 1990: *Niżówki i wezbrania – ich definiowanie i modelowanie*, Przegląd Geofizyczny, XXXV, 1–2, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 33–44.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1997: *Hydrologia stosowana*, wyd. II, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 324.

- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., Ozga-Zieliński B., 1999: *Zasady obliczania największych przepływów rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przy projektowaniu obiektów budownictwa hydrotechnicznego: długie ciągi pomiarowe przepływów*, Materiały Badawcze IMGW. Hydrologia i Oceanologia, Wyd. IMGW, Warszawa, ss. 45.
- Punzet J., 1991: *Przegląd stanu badań w zakresie ocen przebiegu wezbrań w dorzeczu górnej Wisły*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Physica, 22, 123–133.
- Shaw E. M., 1983: *Hydrology in Practice*, Van Nostrand Rheinhold (UK) Co. Ltd., Wokingham, 613.
- Słupik S., 1970: *Methods of investigation of the water cycle within a slope*, St. Geomorph. Carpatho. Balc., 4, 127–136.
- Szymczak T., Szelenbaum C., 2003: *Badania odpływu powierzchniowego w zlewni górnej Mławki*, Wiad. Melior., 2, 89–93.
- Tokarczyk T., 2008: *Wskaźniki oceny suszy stosowane w Polsce i na świecie*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 7, Polska Akademia Nauk, Kraków, 167–182.
- Vogel R. M., Fennessey N. M., 1995: *Flow duration curves II: a review of applications in water resources planning*, Water Resources Bulletin, 31, 6, 1029–1039.
- Węglarczyk S., 2014a: *Krzywe czasu przewyższenia przepływu w zlewni Małej Wisły*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, II/1/, Polska Akademia Nauk, Kraków, 145–157.
- Węglarczyk S., 2014b: *Kryteria definicyjne niżówki i ich wpływ na własności charakterystyk niżówki. 1. Stacjonarność niżówek*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, II/1, Polska Akademia Nauk, Kraków, 251–263.