

mgr inż. Jacek Lisowski, mgr inż. Maciej Siuta

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział we Wrocławiu

ul. Parkowa 30, 51-616 Wrocław

Institute of Meteorology and Water Management, Wrocław Branch

**PRZEPŁYW NIENARUSZALNY
DLA ELEKTROWNI WODNYCH
NA RZECIE KAMIENNEJ**
INVIOABLE FLOW FOR WATER POWER STATIONS
ON THE KAMIENNA RIVER

Streszczenie:

Kamienna jest lewostronnym dopływem Bobru, odwadnia wschodnią część Gór Izerskich i zachodnią część Karkonoszy oraz południowo-zachodnią część Kotliny Jeleniogórskiej. Jest typową rzeką górską o dużych spadkach, przekraczających lokalnie 70%. Średni spadek rzeki wynosi ok. 24%. Charakteryzuje się skalistym, kamienistym i kamienisto – żwirowym dnem, wypełnionym licznymi dużymi kamieniami i głazami, powodującymi silnie turbulencyjny ruch wody. Wzdłuż biegu Kamiennej zlokalizowanych jest sześć elektrowni wodnych, korzystających z jej zasobów.

Wybrano cztery metody wyznaczania przepływów nienaruszalnych. Pod względem hydrologicznym trzy z nich bazują na wielkościach obserwowanych w przekrojach wodowskazowych, biorąc pod uwagę przepływy średnie niskie roczne z wielolecia. Czwarta metoda łączy wielkości hydrologiczne (objętość przepływu) z obliczeniami hydraulicznymi (rzędna zwierciadła wody, prędkość przepływu) i geometrią koryta rzeki (głębokość przekroju). Dwie z zastosowanych metod obliczania przepływu nienaruszalnego wiążą ze sobą kryteria biologiczne z kryteriami hydrologicznymi. Przy wyznaczaniu przepływów brano pod uwagę wymagania ichtiologiczne dla wybranych gatunków ryb. Przepływ nienaruszalny ekologicznie uzasadniony został wskazany jako zalecany dla rzek i potoków górskich. Wyniki uzyskane różnymi metodami porównano z wielkościami określonymi dla elektrowni wodnych w pozwoleniach wodnoprawnych. Przedstawiono sugestie zmian w pozwoleniach wodnoprawnych w zakresie wielkości przepływów nienaruszalnych.

Summary

The Kamienna River is the left side tributary of the Bóbr River. It drains the eastern part of the Izerskie Mountains, the western part of the Karkonosze Mountains and south-eastern part of Jelenia Góra Basin, as well. The Kamienna River is a typical mountain river with huge slopes which locally exceed 70%. An average river's slope amounts to approximately 24%. It has a rocky, stony and rocky-gravel bottom which is covered in numerous large stones and boulders causing severe turbulent water movements. Six water power stations are located along the river course. Consequently, they exploit its resources.

Four methods of determining inviolable flows were chosen. In terms of hydrology, three of them are based on values observed in water gauge cross-sections, taking into consideration average, annual

low flows from the multiyear. The fourth method combines hydrological values (flow volume) with hydraulic calculations (water table ordinates, flow velocity) and river-bed geometry (the depth of the cross-section). Two of the applied methods concerning calculating the inviolable flow combine biological criteria with hydrological ones. While determining flows, ichthyologic requirements for chosen fish species were taken into consideration. Ecologically justified inviolable flow was classified as recommended for rivers and mountain rivers. The outcomes received using various methods were compared with values described for water power stations based on water-legal permits. Some proposals of amendments to water-legal permits with reference to the inviolable volume were described.

1. WSTĘP

Celem badań było wykonanie dokumentacji zawierającej przegląd wybranych metod wyznaczania przepływu nienaruszalnego, ich obliczenia, analizę uzyskanych wyników oraz wybór wariantu przepływu nienaruszalnego dla rzeki Kamiennej. Zaproponowano cztery metody wyznaczania przepływów nienaruszalnych. Trzy z nich opierają się na obliczonych w przekrojach wodowskazowych wielkościach przepływów średnich niskich rocznych z wielolecia. Czwarta metoda łączy wielkości hydrologiczne (objętość przepływu) z danymi hydraulicznymi (rzędna zwierciadła wody, prędkość przepływu) i geometrią koryta rzeki (głębokość przekroju). Ponadto dwie z zastosowanych metodyk obliczania przepływu nienaruszalnego łączą ze sobą kryteria biologiczne z kryteriami hydrologicznymi.

Na rzece Kamiennej zlokalizowanych jest sześć elektrowni wodnych. Wyniki uzyskane różnymi metodami porównano z wielkościami określonymi dla elektrowni w pozwoleniach wodnoprawnych. Bardzo istotne jest utrzymywanie odpowiedniego przepływu na odcinkach rzeki między poborem wody a jej zrzutem. Prawidłowy rozdział wód powinien w tym przypadku zapewniać zarówno wydajną pracę turbin, jak i odpowiednią wielkość przepływu nienaruszalnego.

2. HYDROGRAFIA KAMIENNEJ

Rzeka Kamienna jest lewostronnym dopływem Bobru, odwadnia wschodnią część Gór Izerskich i zachodnią część Karkonoszy oraz południowo-zachodnią część Kotliny Jeleniogórskiej. Charakteryzuje się gęstą siecią rzeczną i licznymi wodospadami. Ok. 70% zlewni górskiej porastają lasy. W Jeleniej Górze do Kamiennej uchodzi jej największy dopływ – Wrzosówka. Kamienna uchodzi do Bobru na terenie Jeleniej Góry, w km 209,88. Powierzchnia zlewni Kamiennej wynosi 273,32 km², a długość rzeki 34,75 km. Kamienna jest typową rzeką górską o dużych spadkach, przekraczających lokalnie 70‰. Średni spadek rzeki wynosi ok. 24‰. Charakteryzuje się skalistym, kamienistym i kamienisto – żwirowym

dnem, wypełnionym licznymi dużymi kamieniami i głazami, powodującymi silnie turbulentny ruch wody. Brzegi na długich odcinkach wzmocnione są narzutem kamiennym i obudowane kamieniami.

3. HYDROLOGIA KAMIENNEJ

Do obliczeń hydrologicznych wykorzystano dane z obserwacji wodowskazowych prowadzonych na Kamiennej i jej bezpośrednim dopływie Wrzosówce. Aktualnie ciągle obserwacje prowadzone są na wodowskazach Kamiennej, wodowskaz Cieplice Śląskie został zlikwidowany w 1991 roku.

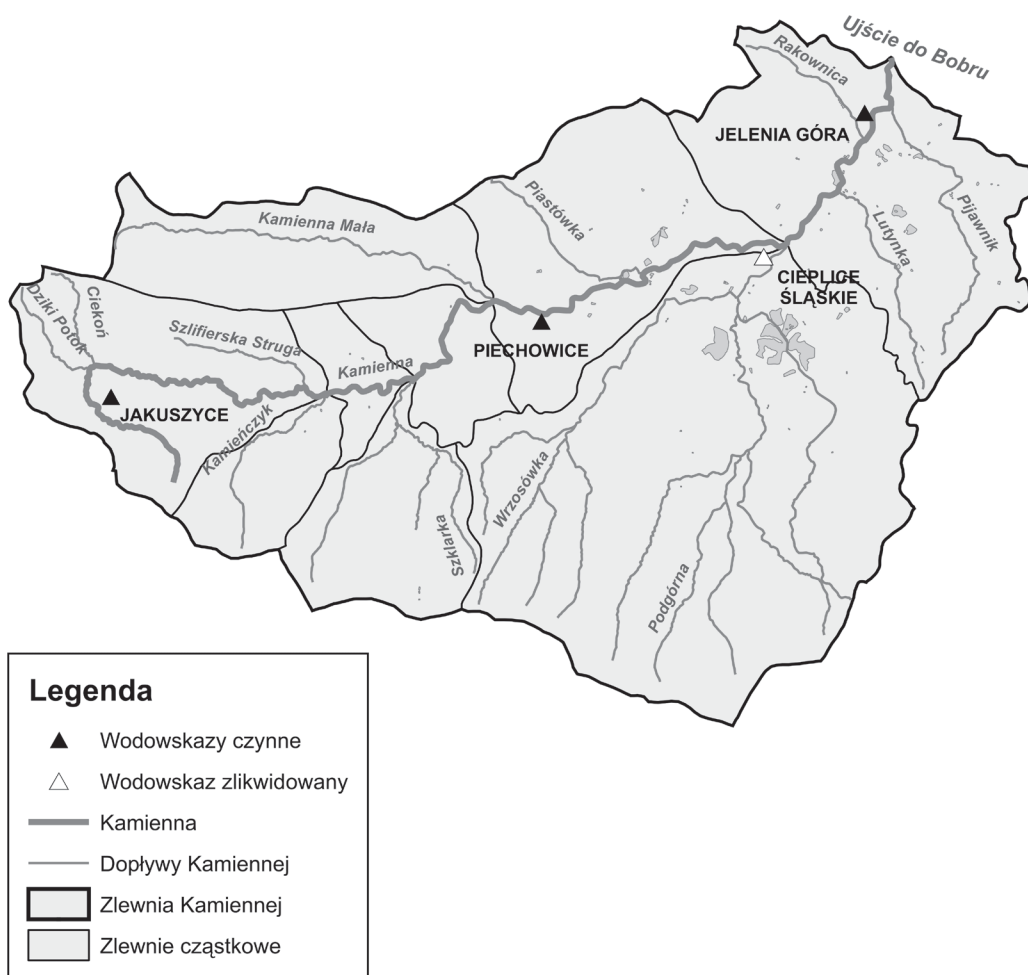
Tab. 1. Przepływy charakterystyczne w m³/s z wielolecia 1966-2007

Rzeka	Wodowskaz	NNQ	SNQ	SSQ	SWQ	WWQ
Kamienna	Jakuszcze Dolne	0,030	0,071	0,267	9,02	56,3
Kamienna	Piechowice	0,200	0,506	3,10	44,9	169
Kamienna	Jelenia Góra	0,310	0,961	4,83	54,6	144
Wrzosówka	Cieplice Śląskie	0,040	0,386	1,95	26,3	48,6

Zmienność przepływów Kamiennej kształtuje przede wszystkim przychód wody z opadów deszczu w ciepłych porach roku oraz z topnienia śniegu w okresach zim. Istotną rolę w procesach zasilania odpływu odgrywa stopień zalesienia zlewni. Las modyfikuje wielkość retencji i parowania, wyrównuje odpływ ze zlewni i przyczynia się do opóźniania spływu pochodzącego z wiosennych roztopów. Zalesienie w górnym biegu Kamiennej wynosi ok. 80%, w jej środkowym odcinku ok. 70%. Po masowej degradacji drzewostanów świerkowych w Karkonoszach (na początku lat 80-tych), odnotowano zmiany ilościowych charakterystyk odpływu, jego intensywności i przebiegu w czasie. Proces ten w znaczącym stopniu został zahamowany, co ma stabilizujący wpływ na stosunki wodne w zlewni Kamiennej.

4. ELEKTROWNIE WODNE NA KAMIENNEJ

Na rzece Kamiennej zlokalizowanych jest sześć przepływowych elektrowni wodnych. Cztery z nich znajdują się w Szklarskiej Porębie, dwie w Piechowicach. Pobór wody odbywa się za pomocą ujęć zlokalizowanych przy jazach piętrzących, woda doprowadzana jest na turbiny elektrowni kanałami otwartymi lub rurocią-



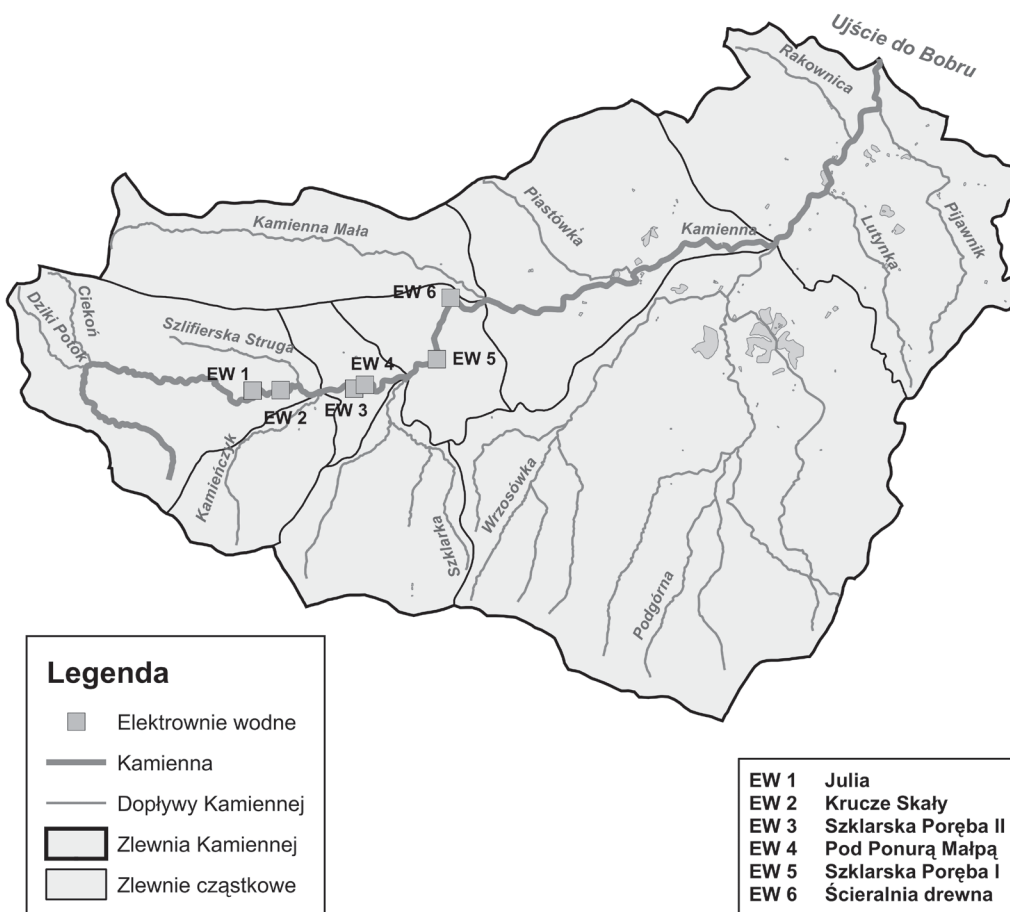
Rys. 1. Posterunki wodowskazowe w zlewni rzeki Kamiennej

gami ciśnieniowymi, a następnie zrzucana do Kamiennej. Szczególnie ważne jest utrzymywanie odpowiedniego przepływu na odcinkach rzeki między poborem wody a jej zrzutem. Prawidłowy rozdział wód powinien w tym przypadku zapewniać – z jednej strony wydajną pracę turbin, z drugiej zaś – odpowiednią wielkość przepływu nienaruszalnego. Długości tych – szczególnie narażonych na niezachowanie przepływu nienaruszalnego – odcinków wynoszą od ok. 150 m (dla EW 1) do ok. 1 700 m (dla EW 5). Dla każdej elektrowni wodnej, na odcinkach między poborem wody a jej zrzutem, wykonane zostały szczegółowe obliczenia przepływów nienaruszalnych.

Tab. 2. Elektrownie wodne na rzece Kamiennej

Nr EW	Miejscowość	Nazwa	Właściciel	km wg IMGW	km wg PWP ¹⁾
EW 1	Szklarska Poręba	Julia	własność prywatna	p 24+500 z 24+350	p 23+195 z 23+041
EW 2	Szklarska Poręba	Krucze Skały	własność prywatna	p 26+675 z 23+100	p 23+800 z 23+300
EW 3	Szklarska Poręba	Szklarska Poręba II	Zakład Energetyczny Jelenia Góra S.A.	p 21+335 z 21+100	p 20+123 z 19+870
EW 4	Szklarska Poręba	Pod Ponurą Małą	Turbojazz S.C. Jelenia Góra	p 21+050 z 20+550	p 21+297 z 20+744
EW 5	Piechowice	Szklarska Poręba I	Zakład Energetyczny Jelenia Góra S.A.	p 18+490 z 16+785	p 18+840 z 17+098
EW 6	Piechowice	Ścieralnia drewna	własność prywatna	p 16+710 z 16+180	p 15+300 z b.d.

¹⁾ PWP – pozwolenie wodnoprawne; p – pobór wody, z – zrzut wody



Rys. 2. Lokalizacja elektrowni wodnych na Kamiennej

5. PRZEPŁYW NIENARUSZALNY

Zastosowano następujące metody obliczania przepływu nienaruszalnego:

- według kryterium hydrologicznego (SNQ),
- według kryterium hydrobiologicznego (Q_{nh}),
- przepływ ekologicznie uzasadniony – przepływ biologiczny (Q_{biol}),
- przepływ ekologicznie uzasadniony – przepływ ekohydrologiczny (Q_{ekoh}).

5.1. Przepływ nienaruszalny według kryterium hydrologicznego (SNQ)

Większość dotychczas stosowanych metod wyznaczania przepływu nienaruszalnego bazuje na przepływie SNQ, korygując go (zmniejszając lub zwiększając) różnymi współczynnikami. Przepływ ten jest to wielkość z wielolecia obliczana jako średnia arytmetyczna z najniższych rocznych przepływów chwilowych (NNQ):

$$SNQ = \frac{\sum_{i=1}^n NNQ_i}{n}$$

gdzie:

NNQ – najniższy roczny przepływ w i–tym roku,

N – liczebność serii chronologicznej NNQ (liczba lat).

Tab. 3. Przepływ nienaruszalny według kryterium hydrologicznego (SNQ)

Przekrój	km wg IMGW	A km ²	SNQ m ³ /s
wod. Jakuszyce Dolne	31,00	5,80	0,071
EW 1 „Julia”	24,50	21,36	0,142
EW 2 „Krucze Skały”	23,68	22,63	0,148
EW 3 „Szklarska Poręba II”	21,34	42,16	0,237
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,05	42,78	0,240
EW 5 „Szklarska Poręba I”	18,49	67,75	0,354
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,71	72,63	0,376
wod. Piechowice	15,46	101,01	0,506
wod. Jelenia Góra	2,02	255,43	0,961

5.2. Przepływ nienaruszalny według kryterium hydrobiologicznego (Q_{nh})

Za podstawowe kryterium przyjęto przesłanki hydrobiologiczne, warunkujące zachowanie podstawowych form flory i fauny, charakterystycznych dla środowiska wodnego rzeki. Potwierdzona jest zależność między przepływem nienaruszalnym, a przepływem średnim niskim rocznym z wielolecia (SNQ) wyrażająca się w korelacji między typem hydrologicznym rzeki (nizinny, przejściowy, podgórski, górski) i powierzchnią jej zlewni, a wielkością SNQ. W przyjętej metodzie, tzw. metodzie parametrycznej, przepływ nienaruszalny dla kryterium hydrobiologicznego Q_{nh} opisano wzorem:

$$Q_{nh} = k \times SNQ, \text{ przy czym } Q_{nh} \geq NNO$$

gdzie:

SNQ – przepływ średni niski roczny z wielolecia,

NNQ – przepływ najniższy zaobserwowany z wielolecia.

Parametr k waha się (zależnie od wielkości zlewni) w granicach: 0,50 – 1,00 dla rzek nizinnych, 0,50 – 1,27 dla rzek przejściowych i podgórskich, 0,50 – 1,52 dla rzek górskich.

Rzeka Kamienna jest ciekim typowo górskim, a powierzchnia jej zlewni wynosi 273,32 km². Dla rzek górskich o powierzchni zlewni mniejszej od 300 km² przyjmuje się współczynnik $k = 1,52$.

Tab. 4. Przepływ nienaruszalny według kryterium hydrobiologicznego Kostrzewy (Q_{nh})

Przekrój	km wg IMGW	A km ²	Q_{nh} m ³ /s
wod. Jakuszyce Dolne	31,00	5,80	0,108
EW 1 „Julia”	24,50	21,36	0,216
EW 2 „Krucze Skały”	23,68	22,63	0,225
EW 3 „Szklarska Poręba II”	21,34	42,16	0,360
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,05	42,78	0,365
EW 5 „Szklarska Poręba I”	18,49	67,75	0,538
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,71	72,63	0,572
wod. Piechowice	15,46	101,01	0,769
wod. Jelenia Góra	2,02	255,43	1,461

5.3. Przepływ nienaruszalny ekologicznie uzasadniony (Q_n)

W ostatnich latach za najbardziej miarodajne metody uznaje się tzw. metody preferowanych miejsc (habitat preference methods), które analizując środowisko przyrodnicze, wyznaczają takie wartości przepływu, które są najkorzystniejsze dla fauny rzecznej, głównie dla ryb. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod preferowanych miejsc występowania jest metoda IFIM (Instream Flow Incremental Methodology). Łączy ona wielkość siedlisk wykorzystywanych przez ryby z wielkością przepływu. Polega na rozpoznaniu preferencji ryb w stosunku do środowiska i powiązaniu wielkości przestrzeni dostępnej dla ryb z wielkością przepływu. Na podobnych założeniach opiera się niemiecka metoda LAWA 2005 (Landerarbeitsgemeinschaft), upraszczająca dotychczas stosowane metody i obniżająca koszty ich stosowania. Badań nie prowadzi się na wielu przekrojach wyznaczonych na najbardziej charakterystycznym dla danego typu odcinku rzeki, tylko w jednym przekroju, wyznaczonym na zasadzie najgorszego (najbardziej wrażliwego na zmniejszenie przepływu) mikrosiedliska. Ogólne założenia tej metodyki zastosowano przy obliczaniu przepływu nienaruszalnego na Kamiennej. Przy wyznaczaniu przepływu nienaruszalnego ekologicznie uzasadnionego najlepszą i najwygodniejszą składową systemu są ryby (kryterium ichtiologiczne). Ryby stawiają najwyższe wymagania pod względem ilości i jakości wody oraz jej struktury morfometrycznej (szerokość i głębokość koryta, szybkość nurtu, charakter podłoża, itp.). Wyznaczenie przepływu ekologicznie uzasadnionego odbywa się w dwóch etapach: etap I – obliczenie przepływu biologicznego Q_{biol} , etap II – wyznaczanie przepływu ekohydrologicznego Q_{ekoh} . Po wyznaczeniu wielkości przepływu nienaruszalnego obiema metodami (etap I i etap II), dokonuje się jego weryfikacji. Jeśli przepływ biologiczny jest w przybliżeniu równy lub mniejszy od SNQ – zostaje on przyjęty jako przepływ nienaruszalny: $Q_n = Q_{\text{biol}}$. W przeciwnym wypadku jako przepływ nienaruszalny przyjmuje się przepływ ekohydrologiczny: $Q_n = Q_{\text{ekoh}}$. Na podstawie analizy aktualnego stanu ichtiofauny, potencjalnych możliwości restytucji zespołów ryb oraz składu makrozoobentosu przyjęto, że na Kamiennej występują krainy pstrąga oraz lipienia. Jako granicę między obiema krainami przyjęto ujście rzeki Wrzosówki.

5.4. Przepływ biologiczny (Q_{biol})

Dla poszczególnych krain określono podstawowe wartości progowe, które powinien zagwarantować przepływ biologiczny, aby zachować niezbędne dla ryb warunki środowiska (odpowiednią głębokość i prędkość wody). Dla krainy pstrąga głębokość maksymalna w pionie hydrometrycznym nie może być mniejsza niż 0,18 m, a średnia prędkość przepływu w przekroju poprzecznym nie mniejsza niż 0,4 m/s. Dla krainy lipienia analogicznie 0,20 m i 0,3 m/s. Założono, że jeśli w przekroju poprzecznym zachowane są jednocześnie oba warunki progowe,

przepływ nienaruszalny spełnia kryterium biologiczne. Do ustalania wielkości przepływu biologicznego wybrano 9 odcinków rzeki, zlokalizowanych w okolicy przekrojów wodowskazowych: Jakuszcze Dolne, Piechowice i Jelenia Góra oraz na odcinkach rzeki między poborami wody i zrzutami wody dla elektrowni wodnych. Przepływ biologiczny – ściśle powiązany z geometrią koryta rzeki – nie powinien być transponowany na przekroje niekontrolowane w profilu podłużnym rzeki. Dlatego określa się go dla konkretnych przekrojów obliczeniowych (odcinków rzeki) o znanych parametrach koryta. Obliczenia przepływu nienaruszalnego dla odcinków rzeki przy elektrowniach wodnych wykonano na podstawie obliczeń hydraulicznych koryta rzeki w przekrojach geodezyjnych. Zgodnie z metodyką, jeśli przepływ zabezpiecza wartości progowe przynajmniej w jednym przekroju obliczeniowym i w jednym pionie tego przekroju, zakłada się, że spełnia kryterium przepływu biologicznego. Tłustym drukiem zaznaczono najniższe przepływy spełniające kryterium wartości progowej napełnienia oraz kryterium wartości progowej prędkości przepływu.

Tab. 5. Parametry hydrauliczne koryta rzeki w przekrojach obliczeniowych dla elektrowni wodnych

Elektrownia	Nr przekroju	km wg IMGW	Q m ³ /s	Rz.zw.wody m nad. Kr.	F m ²	V m/s	B m	T _m m	T _{max} m
EW 1	P 1.1	24,479	0,350	711,27	0,47	0,75	3,77	0,12	0,18
	P 1.2	24,414	0,196	708,49	0,34	0,58	4,71	0,07	0,18
EW 2	P 2.1	23,629	0,500	676,14	0,46	1,09	3,32	0,14	0,18
	P 2.2	23,363	0,604	657,18	0,63	0,96	5,45	0,12	0,18
	P 2.3	23,202	0,331	647,06	0,36	0,92	2,73	0,13	0,18
EW 3	P 3.1	21,287	0,221	566,70	0,28	0,80	2,47	0,11	0,18
EW 4	P 4.1	20,993	0,319	553,27	0,35	0,90	3,16	0,11	0,18
	P 4.2	20,968	0,464	552,21	0,56	0,83	5,51	0,10	0,18
	P 4.3	20,955	0,386	550,84	0,41	0,94	3,52	0,12	0,18
	P 4.4	20,933	0,287	549,62	0,35	0,83	3,54	0,10	0,18
	P 4.5	20,762	0,210	544,85	0,37	0,57	3,93	0,09	0,18
EW 5	P 5.1	18,437	0,267	460,11	0,34	0,78	2,60	0,09	0,18
	P 5.2	17,755	0,265	438,48	0,34	0,77	2,56	0,13	0,18
	P 5.3	17,751	0,279	438,31	0,30	0,93	2,81	0,11	0,18
	P 5.4	17,721	0,283	437,89	0,46	0,62	3,68	0,12	0,18
	P 5.5	16,792	0,308	415,99	0,62	0,50	5,78	0,11	0,18
EW 6	P 6.1	16,465	0,267	405,30	0,39	0,68	3,26	0,12	0,18

Tab. 6. Przepływ nienaruszalny jako przepływ biologiczny (Q_{biol})

Przekrój	km wg IMGW	A km ²	Q_{biol} m ³ /s
wod. Jakuszyce Dolne	31,00	5,80	0,150
EW 1 „Julia”	24,50	21,36	0,196
EW 2 „Krucze Skały”	23,68	22,63	0,331
EW 3 „Szklarska Poręba II”	21,34	42,16	0,221
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,05	42,78	0,210
EW 5 „Szklarska Poręba I”	18,49	67,75	0,284
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,71	72,63	0,267
wod. Piechowice	15,46	101,01	0,500
wod. Jelenia Góra	2,02	255,43	0,800

5.5. Przepływ ekohydrologiczny (Q_{ekoh})

Dla poszczególnych krain określono okresy przepływu SNQ zabezpieczające podstawowe wymagania biocenoz wodnych ze względu na migrację ryb, tarło i okres rozwoju narybku. Wymagane charakterystyki hydrologiczne w okresach krytycznych dla przepływu ekohydrologicznego: kraina pstrąga – przepływ SNQ_{ZIMA} , okres krytyczny październik – styczeń; kraina lipienia – przepływ SNQ_{LATO} , okres krytyczny marzec – maj. Przepływy $SNQ_{(X-I)}$ oraz $SNQ_{(III-V)}$ obliczono dla przekrojów wodowskazowych w zlewni Kamiennej i policzono w profilu podłużnym rzeki. Na odcinku od źródeł do ujścia Wrzosówki (z Wrzosówką włącznie), a więc dla krainy pstrąga, przepływ ekohydrologiczny wyznacza $SNQ_{(X-I)}$. W dolnym odcinku Kamiennej (od Wrzosówki do ujścia do Bobru), a więc dla krainy lipienia, przepływ ekohydrologiczny stanowi $SNQ_{(III-V)}$.

Tab. 7. Przepływ nienaruszalny jako przepływ ekohydrologiczny

Przekrój	km wg RZGW	km wg IMGW	A km ²	$Q_{\text{ekoh}} SNQ_{(X-I)}$ m ³ /s	$Q_{\text{ekoh}} SNQ_{(III-V)}$ m ³ /s
początek rzeki		34,75	0,00		
wod. Jakuszyce Dolne		31,00	5,80	0,083	
EW 1 „Julia”	24,75	24,50	21,36	0,167	
EW 2 „Krucze Skały”	23,93	23,68	22,63	0,174	
EW 3 „Szklarska Poręba II”	21,59	21,34	42,16	0,279	
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,30	21,05	42,78	0,282	
EW 5 „Szklarska Poręba I”	18,67	18,49	67,75	0,417	
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,85	16,71	72,63	0,443	
wod. Piechowice	15,61	15,46	101,01	0,596	
wod. Jelenia Góra	1,83	2,02	255,43		1,877

5.6. Wybór wariantu przepływu nienaruszalnego

Porównano uzyskane wyniki przepływu nienaruszalnego dla zastosowanych metod obliczeniowych. Zestawiono przepływy policzone według kryterium hydrologicznego (SNQ), według kryterium hydrologicznego (Q_{nh}), według kryterium ichtiologicznego – przepływ biologiczny (Q_{biol}) i przepływ ekohydrologiczny (Q_{ekoh}) oraz przepływ nienaruszalny z pozwolenia wodnoprawnego.

Tab. 8. Zbiorcze zestawienie uzyskanych wyników obliczeń przepływu nienaruszalnego

Przekrój	km wg IMGW	A km ²	SNQ m ³ /s	Q_{nh} m ³ /s	Q_{ekoh} SNQ _(X-I) m ³ /s	Q_{ekoh} SNQ _(III-V) m ³ /s	Q_{biol} m ³ /s	Q_n w pozwoleniu
wod. Jakuszyce Dolne	31,00	5,80	0,071	0,108	0,083		0,150	
EW 1 „Julia”	24,50	21,36	0,142	0,216	0,167		0,196	0,084
EW 2 „Krucze Skały”	23,68	22,63	0,148	0,225	0,174		0,331	0,170
EW 3 „Szklarska Poręba II”	21,34	42,16	0,237	0,360	0,279		0,221	0,220
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,05	42,78	0,240	0,365	0,282		0,210	0,220
EW 5 „Szklarska Poręba I”	18,49	67,75	0,354	0,538	0,417		0,265	0,260
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,71	72,63	0,376	0,572	0,443		0,267	0,075
wod. Piechowice	15,46	101,01	0,506	0,769	0,596		0,500	
wod. Jelenia Góra	2,02	255,43	0,961	1,461		1,877	0,800	

Przepływ ekologicznie uzasadniony jest najbardziej korzystny dla zachowania życia biologicznego w rzece i jest zalecany do stosowania w obliczeniach przepływu nienaruszalnego. Jako przepływ ekologicznie uzasadniony przyjmuje się albo przepływ biologiczny Q_{biol} albo przepływ ekohydrologiczny Q_{ekoh} . Jeśli przepływ biologiczny jest w przybliżeniu równy lub mniejszy od SNQ – zostaje on przyjęty jako przepływ nienaruszalny. W przeciwnym wypadku jako przepływ nienaruszalny przyjmuje się przepływ ekohydrologiczny.

W górnym biegu Kamiennej w przekrojach obliczeniowych obejmujących wodowskaz Jakuszyce Dolne oraz EW 1 i EW 2 proponuje się przyjąć jako przepływ nienaruszalny ekologicznie uzasadniony – przepływ ekohydrologiczny.

Na pozostałym odcinku Kamiennej w przekrojach obliczeniowych obejmujących EW 2, EW 3, EW 4, EW 5, EW 6, wodowskaz Piechowice i wodowskaz Jelenia Góra proponuje się przyjąć jako przepływ nienaruszalny ekologicznie uzasadniony – przepływ biologiczny.

Tab. 9. Przepływ nienaruszalny ekologicznie uzasadniony Q_n określony na podstawie Q_{ekoh} i Q_{biol}

Przekrój	km wg IMGW	A km ²	Q_{ekoh} m ³ /s	Q_{biol} m ³ /s	Przyjęty Q_n m ³ /s
wod. Jakuszyce Dolne	31,00	5,80	0,083	0,150	0,083
EW 1 „Julia”	24,50	21,36	0,167	0,196	0,167
EW 2 „Krucze Skały”	23,68	22,63	0,174	0,331	0,174
EW 3 „Szkłarska Poręba II”	21,34	42,16	0,279	0,221	0,221
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,05	42,78	0,282	0,210	0,210
EW 5 „Szkłarska Poręba I”	18,49	67,75	0,417	0,265	0,265
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,71	72,63	0,443	0,267	0,267
wod. Piechowice	15,46	101,01	0,596	0,500	0,500
wod. Jelenia Góra	2,02	255,43	1,877	0,800	0,800

Tab. 10. Przepływ nienaruszalny Q_n dla elektrowni wodnych w porównaniu z zapisami w pozwoleniach wodnoprawnych

Przekrój	km wg IMGW	A km ²	Q_n obliczony	Q_n w pozwoleniu	Propozycja
EW 1 „Julia”	24,50	21,36	0,167	0,084	weryfikacja
EW 2 „Krucze Skały”	23,68	22,63	0,174	0,170	bz
EW 3 „Szkłarska Poręba II”	21,34	42,16	0,221	0,220	bz
EW 4 „Pod Ponurą Małą”	21,05	42,78	0,210	0,220	bz
EW 5 „Szkłarska Poręba I”	18,49	67,75	0,265	0,260	bz
EW 6 „Ścieralnia drewna”	16,71	72,63	0,267	0,075	weryfikacja

6. WNIOSKI

1. Należy podkreślić trudności w obliczeniach przepływów nienaruszalnych ekologicznie uzasadnionych na rzekach i potokach górskich ze względu na dużą turbulencyjność ruchu wody, liczne przeszkody w postaci kamieni i głazów, częste zmiany geometrii koryta rzeki, częste zmiany dolnych gałęzi krzywych objętości przepływów (w zakresie niskich stanów wody).
2. Dla czterech elektrowni wodnych przepływ nienaruszalny jest zgodny z pozwoleniami wodnoprawnymi. Dotyczy to EW 2 „Krucze Skały”, EW 3 „Szkłarska Poręba II”, EW 4 „Pod Ponurą Małą” i EW 5 „Szkłarska Poręba I”.

3. Dla dwóch elektrowni wodnych przepływ nienaruszalny zapisany w pozwoleniach wodnoprawnych jest zdecydowanie za niski i nie zachowuje wartości progowych koryta rzeki dla ryb. Dotyczy to EW 1 „Julia” i EW 6 „Ścieralnia drewna”.
4. Przepływ nienaruszalny dla EW 1 „Julia” i EW 6 „Ścieralnia drewna” wymaga weryfikacji.
5. Stwierdzono nieprawidłowy rozdział wód na kanałach EW 1, EW 2, EW 3, EW 4. Poniżej ujęcia wody przepływ nienaruszalny z pozwoleń wodnoprawnych nie był zachowany. Koryto Kamiennej na odcinku od ujęcia do zrzutu było praktycznie pozbawione wody. Nieprawidłowości te stwierdzono przy jednorazowym pomiarze objętości przepływu (13-14.11.2008 r.). Prawdopodobnie problem ten występuje częściej, co potwierdzają rozmowy z okolicznymi mieszkańcami.
6. Konieczna jest okresowa kontrola przestrzegania przez elektrownie zapisów z pozwoleń wodnoprawnych w zakresie zachowania w rzece wymaganego przepływu nienaruszalnego.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Błachuta J., Jelonek L., Młostek E., Tokarczyk T.: Metoda wyznaczania przepływów nienaruszalnych uwzględniających kryteria ekologiczne. Problemy Ochrony Zasobów Wodnych w Dorzeczu Odry – 2001. Wydawnictwo RZGW, Wrocław 2001.
- [2] Grela J., Stochliński J.: Doświadczenia w zastosowaniu metody IFIM do obliczenia wielkości przepływu hydrobiologicznego na obszarze Karpat. Gospodarka Wodna, nr 2/2005.
- [3] Grela J., Stochliński J.: O metodach wyznaczania przepływu nienaruszalnego. Aura. Ochrona Środowiska, nr 6/2005, 7/2005, 8/2005.
- [4] Kostrzewa H.: Weryfikacja kryteriów i wielkości wyznaczania przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. Materiały badawcze. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód. IMGW, Warszawa 1977.
- [5] Lisowski J., Siuta M., Wojczakowska Z.: Wskazanie metodyki wyznaczania przepływu nienaruszalnego dla rzek i potoków górskich na podstawie obliczeń dla rzeki Kamiennej. IMGW, Wrocław 2008.
- [6] Mordalska H., Lisowski J., Mańczyńska A.: Bilans wodnogospodarczy rzeki Kamiennej. IMGW, Wrocław 1994.
- [7] Witkowski K., Filipkowski A., Gromiec M.J.: Obliczanie przepływu nienaruszalnego. Poradnik. IMGW, Warszawa 2001.