

*Beata Malczewska*

**ZMIENNOŚĆ ZASOBÓW ENERGETYCZNYCH WÓD  
NA PRZYKŁADZIE RZEKI BÓBR**

***VARIABILITY OF WATER ENERGY RESOURCES  
ON EXAMPLE OF BÓBR RIVER***

**Streszczenie**

Obecnie coraz więcej uwagi poświęca się konieczności wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE). Wzrost zainteresowania OZE, wiąże się z większą świadomością społeczeństwa o kurczących się zasobach konwencjonalnych źródeł energii oraz z sukcesywnym wzrostem cen za energię. Pojawia się, również coraz więcej inwestorów, którzy planują inwestycje związane z wykorzystaniem OZE. Mogą oni liczyć na przychody związane ze sprzedażą energii (obowiązek zakupu). Dodatkowo producent energii z OZE uzyskuje świadectwa pochodzenia, tzw. zielone certyfikaty, których obrót jest przeprowadzany na towarowej giełdzie energii.

Wzrost zainteresowanie OZE skłania do analizy efektywności pozyskiwania energii z tych źródeł. W pracy przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem energii pozyskiwanej z naturalnych przepływów w rzekach. Scharakteryzowano potencjał energetyczny rzeki Bóbr, bazując na krzywych sumowych czasów trwania przepływów ustalonych dla wielolecia. Przedstawiono analizę warunków mających wpływ na rozwój energetyki wodnej. Podsumowano podstawowe uwarunkowania środowiskowe istotne przy projektowaniu, budowie i eksploatacji elektrowni wodnych.

**Słowa kluczowe:** energia wody, energia odnawialna, potencjał hydroenergetyczny

***Summary***

*Currently, there is more attention paid to the need of using renewable energy sources (RES). The increased interest in renewable energy sources is associated with greater public awareness of limited conventional energy sources and with gradual increase in energy prices. There's noticeably more investors who*

*plan the investments associated with the use of RES. They can count on the revenue associated with supplying the energy (purchase obligation). In addition, the energy producer from RES receives certificates of origin "green certificates" which can be traded on the commodity exchange market.*

*The increasing interest in RES development is the main reason for looking at new possibilities to generate energy from these sources. The paper presents issues related to the use of energy from natural flows in rivers. Characterizes the energy potential based on the sum discharge curve of the Bobr River and duration established for long-term flows. The analysis of conditions affecting the development of hydropower has been presented. The basic environment conditions essential for the design, construction and operation of hydroelectric power has been summarized.*

**Key words:** *hydropower, renewable energy, the hydro-electric potential*

## WSTĘP

Nieuchronna perspektywa wyczerpania się nieodnawialnych paliw organicznych, z jednoczesnym wzrostem zapotrzebowania na energię, powodują wzrost zainteresowania źródłami energii odnawialnej. Problemy energetyczne można rozwiązać poprzez racjonalne gospodarowanie energią oraz pozyskiwanie jej ze źródeł odnawialnych. Zgodnie z założeniami polityki energetycznej w 2017 roku przewiduje się wzrost udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii (OZE) do 12,9% w ogólnym bilansie energetycznym. W UE w 2005 roku 46% energii elektrycznej powstało przy użyciu technologii nieemitujących CO<sub>2</sub> (energia atomowa, OZE), natomiast w Polsce tylko 3,6% energii pochodziło z OZE [CIRE 2010]. Komisja Europejska zdecydowanie popiera ograniczenie unijnych emisji CO<sub>2</sub> o 30% do 2020 r. Obowiązek udziału energii odnawialnej w produkcji całkowitej energii, nałożony przez Unię Europejską, znacząco stymuluje rynek. Ratyfikowane przez Polskę zobowiązania oraz przyjęte do realizacji programy środowiskowe istotnie wpłyną na rozwój wykorzystania energii pochodzącej z OZE.

Do niekonwencjonalnych (odnawialnych) źródeł energii zalicza się głównie: wiatr, słońce, energię geotermalną, energię wód oraz energię otrzymywaną z biomasy. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym świata przyczynia się do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów surowców energetycznych, poprawy stanu środowiska poprzez redukcję zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz redukcję ilości wytwarzanych odpadów [Korczak, Raduch 2009]. Struktura wykorzystywanych źródeł energii i ich udziałów w produkcji danego kraju zależą w głównej mierze od jego warunków naturalnych.

Energetyka wodna osiągnęła pozycję dominującą wśród odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej. Pomimo iż potencjał tzw. dużej energetyki wodnej jest praktycznie już wykorzystany, jednak nadal można

w całej Europie rozwijać budowę małych elektrowni wodnych (MEW) wykorzystujących energię wody przepływającej. Podział elektrowni wodnych w zależności od zainstalowanej mocy jest inny w poszczególnych krajach EU. Przyjmuje się, iż MEW to te elektrownie w których zainstalowana moc znajduje się w granicach od 1 MW do 15 MW. Występujące różnice w podziale zależą od stopnia rozwoju poszczególnych krajów. Najwięcej mocy zainstalowanych w MEW mają Włochy, Francja, Hiszpania, a dynamiczny rozwój tych obiektów następuje w Austrii i Grecji. Liczba MEW systematycznie wzrasta [Kowalewski 2005; Kucowski i in 1997; Łoś 1996].

Według unijnych prognoz, w okresie do 2010 r. najszybciej będzie rozwijać się energetyka wiatrowa, ale nadal najwięcej energii elektrycznej z OZE będzie produkowane w elektrowniach wodnych [CIRE 2010].

Energetyka wodna w Polsce ma najdłuższe tradycje ze wszystkich OZE. Energetyczne zasoby wodne Polski są niewielkie ze względu na rozkład opadów oraz dużą przepuszczalność gruntów i niewielkie spadki terenów [OZE Szczecin 2010]. Według Polskiej Izby Gospodarczej energii odnawialnej szacowana moc zainstalowana w 2009 roku wynosi 944,130 MW, co wiąże się z wytworzoną energią elektryczną 1 616 039,309 MWh [CIRE 2010].

Moc wody płynącej w cieku jest wprost proporcjonalna do natężenia przepływu i spadku (różnicy poziomów wody w przekroju lokalizacji elektrowni). W przypadku wykorzystywanie energii wód płynących istotne znaczenie w analizie potencjału energetycznego ma charakterystyka rzeki, oraz dobranie odpowiedniego spadku projektowanej elektrowni wodnej. Im większy spadek tych większy potencjał hydroenergetyczny, jednakże im wyższe są zapory piętrzące rzekę, umożliwiające uzyskanie wysokiego spadku, tym większe stanowią zagrożenia dla środowiska naturalnego.

Drugim koniecznym parametrem do określenia mocy cieku jest natężenie przepływu, które cechuje zmienność w okresach rocznych. Podstawowymi czynnikami wpływającymi na natężenie przepływu w korycie rzeki są: źródło zasilania rzeki, charakterystyka terenu (równinny, górzisty), typ gruntów, roślinność oraz ilość opadów.

Przy doborze turbin, przewidzianych do zainstalowania w elektrowni wodnej, należy dokładnie rozważyć, jaki przepływ należy przyjąć do obliczeń. Przyjęcie zbyt małego przepływu spowoduje, że turbiny nie będą zasilane odpowiednio długo wodą, a co za tym idzie konieczne będą przestoje w pracy turbin. Natomiast przyjęcie zbyt dużego przepływu, skutkuje koniecznością usuwania nadmiernej ilości wody bez wykorzystania. W obu przypadkach złego oszacowania przepływów, powstają straty ekonomiczne dla właścicieli MEW.

Wykorzystanie elektrowni wodnych do produkcji energii elektrycznej przynosi korzyści społeczno-gospodarcze, jak również pozwala na regulację stosunków wodnych, oraz ogranicza skutki występujących powodzi, jak również zwiększa zasoby retencji wodnej [Bojarski, Gadomski 2008; Lewandowski 2007; Kowalewski 2005].

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W pracy scharakteryzowano potencjał energetyczny rzeki Bóbr oraz przedstawiono analizę warunków mających wpływ na rozwój energetyki wodnej. Podsumowano podstawowe uwarunkowania środowiskowe istotne przy projektowaniu, budowie i eksploatacji elektrowni wodnych.

Do prawidłowej oceny zasobów energetycznych niezbędne są dane hydrologiczne takie jak:

- roczne hydrogramy stanów i przepływów,
- krzywe przepustowości dolnego stanowiska,
- parametry piętrzenia takie jak rzędna wody górnej, powierzchnia i pojemność zalewu.

Do dokładnego oszacowania zjawiska hydrologicznego wymagana jest analiza danych z okresu kilku, a najkorzystniej z kilkunastu lat [Bajkowski 2010]. Podstawa do obliczeń mocy elektrowni to krzywa sumowa czasów trwania przepływów (krzywa uporządkowanych przepływów) oraz krzywa spadów obliczonych dla danych przepływów [Bojarski 2008].

Rzeka Bóbr jest ciekim II rzędu, największym lewobrzeżnym dopływem Odry, długość całkowita rzeki wynosi 280,0 km, z czego w Polsce przypada 278,550 km. Rzeka na całym swym odcinku ma charakter zmienny we wszystkich elementach mających wpływ na potencjał energetyczny. Na całej długości rzeki znajduje się liczna zabudowa hydrotechniczna (jazy, progi, mosty).

Dla dorzecza rzeki Bóbr sumy roczne opadów cechuje duża zmienność od 686 do 1380 mm. Istotne znaczenie dla bilansu wodnego zlewni ma wielkość sum dobowych opadów, nie tylko do oceny zagrożenia powodziowego i właściwej gospodarki wodnej na zbiornikach, ale także dla dokładnych obliczeń hydrologicznych niezbędnych do właściwej oceny podstaw hydrologicznych budowy MEW oraz określenia produkcji energii i zainstalowanej mocy elektrowni. W przypadku rzeki Bóbr wielkości te wynoszą od 72,2 do 165,6 mm/d.

Przepływ SSQ jest to przepływ średni z wielolecia zwany również zwyżającą wodą lub modułem przepływu. Natomiast przepływ SNQ jest średnim niskim przepływem dobowym dla okresu wieloletniego i oblicza się go jako średnią arytmetyczną minimalnych przepływów dobowych NQ, jakie zdarzyły się w poszczególnych latach rozpatrywanego okresu. Przepływ ten stanowi istotną informację dotyczącą niedoborów wody. W tabeli 1 podano charakterystykę hydrologiczną analizowanej rzeki w układzie hydrologicznym.

Prawdopodobieństwo przewyższenia przepływów miarodajnego i kontrolnego dla wykonania sprawdzających obliczeń zdolności przepustowej doliny rzeki Bóbr, w sytuacji aktualnego stanu jej zagospodarowania, przyjęto na podstawie tabeli nr 5 Rozporządzenia [Rozporządzenie MOŚZNiL 1996]. I tak dla budowli klasy II ważności, nie ulegających zniszczeniu przy przelaniu się przez nie wody, prawdopodobieństwo przewyższenia przepływów obliczeniowych

powinno być przyjmowane jako równe: przepływ miarodajny  $\bar{Q}$   $p = 1\%$ , a przepływ kontrolny  $p = 0,3\%$ .

**Tabela 1.** Charakterystyka hydrologiczna rzeki Bóbr  
**Table 1.** The Bobr river hydrological characteristics

Lp.	Wodowskaz	km	A (km <sup>2</sup> )	SSW (cm)	SSQ (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	SNQ (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )
1	Bukówka	263,1	58,5	98	1,01	0,43
2	Błażkowa	255,7	104	82	–	–
3	Kamienna Góra	248,0	190	82	3,31	1,23
4	Sędziszów	243,1	426	56	–	–
5	Wojanów	218,0	535	151	7,10	3,02
6	Jelenia Góra	205,1	1049	106	16,6	8,68
7	Pilchowice	191,9	1209	42	18,3	5,90
8	Dąbrowa Bolesławiecka	132,5	1910	141	19,9	5,79
9	Szprotawa	97,0	2878	124	32,1	16,78
10	Żagań	74,5	4254	310	39,3	13,9
11	Dobroszów Wielki	52,1	5365	119	–	–

Przedstawione analizy wykonano wykorzystując historyczne dane dla profilu Dąbrowa Bolesławiecka na rzece Bóbr [Roczniki Hydrologiczne 1972–1986]. Do analizy przyjęto 15-letni okres obserwacji od 1972 do 1986 roku. Zmienność przepływów charakterystycznych dla analizowanego przekroju w wieloletnim zestawieniu w tabeli 2.

**Tabela 2.** Zmienność przepływów charakterystycznych dla przekroju Dąbrowa Bolesławiecka w okresie od 1972–1986 [Roczniki Hydrologiczne]  
**Table 2.** The Dąbrowa Bolesławiecka characteristic flow discharge variability in period from 1972–1986 [Roczniki Hydrologiczne]

Rok	SQ [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	WQ [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	Data WQ	NQ [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	Data NQ
1972	17,1	112	21 V	7,00	19 X
1973	11,8	55,6	28 VII	2,63	20 IX, 5X
1974	15,6	65,8	21 VI	4,50	17 IX
1975	25,2	55,8	21 V	6,30	25 IX
1976	15,5	33,0	13 V	6,30	14,27VI
1977	31,3	346	3-4 VIII	4,60	23 X
1978	20,6	75,7	10 V	7,70	31 VIII
1979	20,5	60,0	19 VI	5,00	18 IX
1980	26,1	108	12 VII	9,50	13 X
1981	25,3	404		6,35	
1982	20,3	66,2		5,5	
1983	14,3	95,2	5 V	1,10	12VI
1984	13,2	56,7		3,05	
1985	16,5	57,1		3,85	
1986	20,5	46,7		5,25	

W analizach hydroenergetycznych należy przewidzieć okresowe zróżnicowanie przepływów i związanych z nimi zmianami spadów. W ocenie zasobów energetycznych cieków przyjmuje się okres roku kalendarzowego [Bajkowski 2010].

Z tabeli 2 wynika, że rok 1981 charakteryzował się zdecydowanie najwyższym przepływem wynoszącym  $404 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , a rok 1973 charakteryzował się najniższym przepływem wynoszącym  $2,63 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

W ustaleniu zasobów energetycznych cieków istotne znaczenie ma okres utrzymania mocy, dla określenia którego służą krzywe sumowe czasów trwania przepływów. Krzywe te opracowuje się, sumując częstość występowania przepływów wraz z przepływami wyższymi i niższymi [Bajkowski 2010, Bojarski i inni 2008, Hoffman 1992].

Zainstalowany przelyk turbiny determinują pracę elektrowni wodnej, a parametry turbin powinny być tak dobrane, aby obiekt wykorzystywał w najwyższym stopniu swoje moce w zmieniających się warunkach eksploatacyjnych, zależnych od aktualnych przepływów.

Analizę bilansu energetycznego rzeki Bóbr przeprowadzono na podstawie możliwych do uzyskania mocy turbin w MEW (przepływ dyspozycyjny MEW) oraz uzyskanej energii (przepływ dyspozycyjny energetyczny). Zasoby energetyczne szacuje się, wykorzystując moc teoretyczną rozpatrywanego cieków wodnego  $N_{sr}$  wyrażaną wzorem:

$$N_{sr} = 9,81Q_{sr}H_{sr} \text{ [kW]}$$

gdzie:

$Q_{sr}$  – wieloletni przepływ średni [ $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ]

$H_{sr}$  – spód odcinka rzeki [m]

Natomiast teoretyczna energia  $E_{sr}$  uzyskana dla rozpatrywanego odcinka rzeki obliczana jest według poniższej zależności [Laudyn i inni 2000]:

$$E_{sr} = 8760P_{sr} \text{ [kWh]}$$

W celu określenia podstawowych parametrów przepływowej MEW należy:

- obliczyć przepływ  $Q$  w rzece dla danego przekroju piętrzenia i wykreślić krzywą sum czasów trwania przepływów w roku  $T$ ,
- określić poziom górnej wody  $h_g$ ,
- wyznaczyć poziom dolnej wody  $h_d$  w funkcji wartości przepływu  $Q$  (krzywa natężenia przepływu – krzywa konsumcyjna),
- wyznaczyć spady  $H$  i wykreślić krzywą sum czasów ich trwania w funkcji wartości przepływu  $Q$ ,
- obliczyć moc elektrowni  $N_{Et}$  dla poszczególnych przepływów  $Q_{Et}$  ze wzoru:

$$N = 9,81 \Sigma \eta H_i Q_{Et} \text{ [kW]}$$

gdzie:

$\Sigma \eta$  – iloczyn sprawności poszczególnych urządzeń tj. turbiny  $\eta_t$ , przekładni  $\eta_g$ , prądnicy i transformatora blokowego  $\eta_{tr}$ . Wartości poszczególnych sprawności wynoszą:  $\eta_t = 0,88-0,93$ ;  $\eta_g = 0,95-0,98$  i  $\eta_{tr} = 0,97-0,995$ . W efekcie iloczyn ww. sprawności wynosi  $0,84-0,90$ .

– obliczyć wielkość przełyku instalowanego  $Q_i$  elektrowni, a w przypadku gdy w elektrowni będzie zainstalowany tylko jeden turbozespół – także wielkość przełyku instalowanego turbiny,

– obliczyć wartość produkcji rocznej  $A_E$  [kWh],

– na podstawie wartości produkcji rocznej i mocy zainstalowanej obliczyć tzw. czas wykorzystania mocy zainstalowanej elektrowni  $T_E$  wg wzoru:

$$T_E = A_E / N_i \text{ [h]}$$

Przy projektowaniu elektrowni przepływowej jako podstawę do określenia przełyku instalowanego  $Q_i$ , tj. znamionowej wartości natężenia przepływu wody przez wszystkie turbiny wodne, zainstalowane w projektowanej elektrowni, bierze się zwykle przepływ  $Q_{50\%}$  lub SSQ [Hoffman 1992; Kasperek i in. 2008].

W celu oszacowania mocy i produkcji rocznej elektrowni przepływowej za wartość przepływu przyjmuje się przepływ średni roczny z wielolecia SSQ oraz zakłada się trzy warianty obliczenia przełyku instalowanego:

- I.  $Q_i = (0,80-0,95)SSQ$ , wówczas  $T_E \cong 6000$  h,
- II.  $Q_i = SSQ$ , wówczas  $T_E \cong 5500$  h,
- III.  $Q_i = (1,1-1,3)SSQ$ , wówczas  $T_E \cong 5000$  h,

Wówczas przybliżoną wartość produkcji rocznej określamy ze wzoru:

$$A_E = T_E N_i \text{ [kWh/rok]}$$

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Identyfikacja lat o najwyższych i najniższych dyspozycyjnych zasobach wodnych została przeprowadzona na podstawie przebiegu charakterystyk hydrologicznych opracowanych dla rzeki Bóbr w przekroju wodowskazowym Dąbrowa Bolesławiecka. Na przestrzeni wielolecia wyróżnia się lata o małych zasobach wodnych oraz o dużej zasobności. Rok który cechuje niedobór wody określa się „rokiem suchym”, natomiast gdy zasoby wody są duże mówi się o „roku mokrym” [Bajkowski 2010]. Optymalny dobór turbin powinien opierać się na krzywej sum czasów trwania przepływów z pominięciem lat mokrych i suchych. Do przeprowadzenia prognoz hydrologicznych do określenia prze-

przepływów o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia zastosowano metodę analizy danych historycznych i wnioskowania statystycznego [Byczkowski i in. 2008]. Przepływy charakterystyczne główne w przekroju wodowskazowym wyznaczono metodami bezpośrednimi wykorzystując wieloletnie ciągi obserwacji IMGW zgodnie z przyjętą metodyką Ozga-Zielińska i inni [1997, 2007]. Przy określaniu podstaw hydrologicznych dla oceny wielkich wód wykorzystano dane zamieszczone w opracowaniu [Mokwa i in. 2005]. Parametry funkcji rozkładu prawdopodobieństwa estymowano metodą największej wiarygodności (tab. 3).

**Tabela 3.** Przepływy maksymalne o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia  
**Table 3.** The max flow discharge for given probability

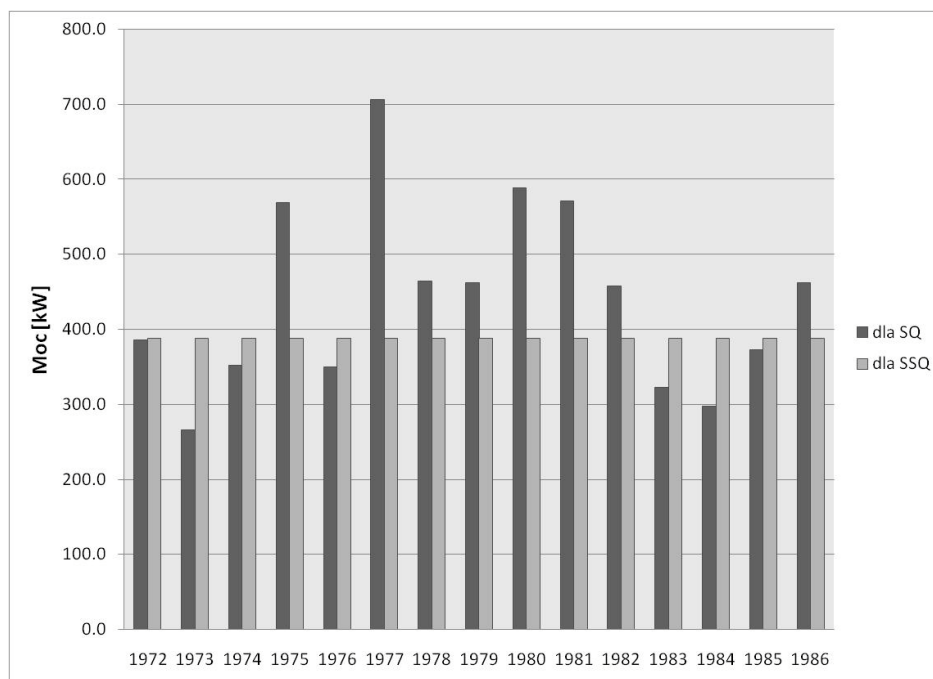
Przekrój	Km	Prawdopodobieństwo							
		50 %	10 %	5 %	3 %	2 %	1 %	0,5 %	0,3 %
Bukówka	271+520	10,2	25,0	30,9	35,1	38,5	44,1	49,7	53,8
Błażkowa	262+956	18,3	41,0	49,9	56,3	61,3	69,8	78,2	84,3
Kamienna Góra	254+850	37,2	78,9	95,1	107,0	116,0	131,0	146,0	157,0
Wojanów	223+360	69,8	148,0	178,0	200,0	217,0	247,0	276,0	297,0
Jelenia Góra	209+820	126,0	274,0	335,0	380,0	415,0	476,0	536,0	580,0

Na rysunku 1 przedstawiono zależność przepływów i obliczonej dla nich mocy dla analizowanego profilu w latach 1972–1986 w miesiącach półrocza letniego. Wahania przepływów wywołują odczuwane w całym analizowanym okresie zmiany w ilości pozyskiwanej energii. Najniższe przepływy związane z wahaniami sezonowymi występowały od czerwca do października z minimum osiąganym we wrześniu, pomimo występowania w tym okresie sezonowo najwyższych wartości sum opadów atmosferycznych.

Analiza okresowej zmienności zasobów energetycznych wód przedstawiona przez Bajkowskiego [2010] potwierdza, iż krzywe sum czasów trwania przepływów z wielolecia są podstawą do prawidłowego określenia warunków hydroenergetycznych.

Drugim równie istotnym aspektem brany pod uwagę w przypadku lokalizacji nowych obiektów MEW jest ich wpływ na środowisko. Budowa nowych obiektów piętrzących wodę musi zawierać analizy efektywności pozyskiwania energii z naturalnych przepływów w rzekach oraz wpływ inwestycji na środowisko. Chudy [2004], Kowalewski [2005], Kucowski i inni [1997] oraz Łoś [1996] analizowali uwarunkowania środowiskowe i przyrodnicze przy projektowaniu i eksploatacji elektrowni wodnych. Wpływ MEW na środowisko nie jest jednokierunkowy. Stwierdzono zarówno korzyści jak również negatywne skutki piętrzenia.





**Rysunek 1.** Oszacowane zasoby energetyczne dla analizowanego profilu w latach 1972–1986

**Figure 1.** Estimated energy resources for the analyzed profile in the years 1972–1986

Istotne znaczenie ma również wpływ elektrowni wodnej na hydrologię rzeki. Jest on uzależniony od sposobu pracy elektrowni. Eksploatacja MEW wpływa na dobową zmienność przepływów notowanych poniżej elektrowni. W pracy Bartczaka [2007] określono wielkości oraz zasięgu wahań stanów wody spowodowanych pracą MEW.

Dostarczenie danych niezbędnych do analizy ekonomicznej efektywności inwestycji oraz dobór optymalnych parametrów projektowych MEW stanowi istotny element projektowania. Zakres dokładności obliczeń zwykle zależy od wielkości i rodzaju elektrowni [Bojarski 2008].

## PODSUMOWANIE

Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych w Polsce stale rośnie i przewiduje się, że tendencja ta zostanie zachowana. Potencjalni inwestorzy budujący MEW mogą liczyć na przychody związane ze sprzedażą energii, ponieważ zakłady energetyczne muszą odkupić prąd wytworzony przez MEW po średniej cenie rynkowej. Obliczony roczny przychód jest podstawą do oceny

opłacalności. Wysokie koszty inwestycji mogą zostać w znaczącym stopniu obniżone, gdy przeprowadzone zostaną analizy składników kosztów inwestycyjnych.

Rzeka Bóbr pomimo licznej zabudowy hydrotechnicznej (gęsta zabudowa progami, zaporami, jazami) ma jeszcze potencjał hydroenergetyczny możliwy do wykorzystania. Jednakże budowa nowych obiektów każdorazowo powinna być poprzedzona szczegółową analizą zwłaszcza danych hydrometeorologicznych (krzywej sum czasów trwania, przepływów charakterystycznych wpływających na efektywny czas pracy MEW). Prawidłowe funkcjonowanie elektrowni wodnej zależy od prawidłowego rozpoznania reżimu hydrologicznego. Szacunek potencjału energetycznego powinien być oparty na analizie przepływów o określonym czasie trwania, na podstawie wieloletnich dziennych pomiarów, a dokumentacja hydrotechniczna piętrzenia jest integralną częścią dokumentacji elektrowni wodnej.

#### BIBLIOGRAFIA

- Bajkowski S. *Okresowa zmienność zasobów energetycznych wód*. Konwersja odnawialnych źródeł energii red. A. Lisowski, 2010, s. 59–67.
- Bartczaka A. *Wahania stanów wody (przepływów) rzeki Zgłogowiańskiej wywołane pracą malej elektrowni wodnej w nowym młynie*. Nauka Przyroda i Technologie, tom 1, z. 2, 2007, s. 1–9.
- Bojarski A., Gadomski T. *Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii*. Poradnik, Tarbonus, 2008, s. 259–328.
- Byczkowski A., Banasik K., Hejduk L. *Obliczanie przepływów powodziowych o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Nr 5, 2008, s. 199–208.
- Chudy Ł. *Małe elektrownie wodne w środowisku i gospodarce*. Gospodarka Wodna 7, 2004, s. 272–277.
- CIRE Centrum informacji o rynku energii <http://www.cire.pl/> 2010 (maj 2010).
- Hoffman M. *Poradnik MEW*. Wydanie II, Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Gdańsk 1992. ([www.mew.pl](http://www.mew.pl)).
- Kasparek R., Czaban S., Głowski R., Malczewska B., Sołtys J., Schauer I., Wiatkowski M. *Analiza rzek województwa dolnośląskiego i opolskiego pod kątem lokalizacji pod budowę stopni wodnych dla celów hydroenergetycznych na istniejących jazach*. Maszynopis UP we Wrocławiu 2008.
- Korczak A., Raduch J. *Energetyka wodna w Polsce. Stan aktualny i perspektywy rozwoju*. Monografie PAN Komitetu Inżynieria Środowiska 2009, s. 33–61.
- Kowalewski Z. *Wykorzystanie energii wodnej jako element rozwoju energetyki odnawialnej*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 2, 2005, s. 87–91.
- Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M. *Energetyka a ochrona środowiska*. WNT, Warszawa 1997.
- Laudyn D., Pawlik M., Strzelczyk F. *Elektrownie*. WNT, Warszawa, 2000.
- Lewandowski W.M. *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wydawnictwo naukowo – Techniczne, 2007.
- Łoś M. J. *Małe elektrownie wodne a środowisko w Polsce i Unii Europejskiej Mała hydroenergetyka, mikroretencja – środowisko*. Symposium. Bielsko-Biała 13–14 września 1996. Tow. Rozw. Małych Elektr. Wodn., Bielsko-Biała, 1996, s. 39–47.

- Michałowski S., Plutecki J. *Energetyka wodna*. WNT. Warszawa. Towarzystwo Elektrowni Wodnych. 1975
- Mokwa M., Radczuk L., Kasperek R., Markowska J., Olearczyk D., Gromada O., Malczewska B., Pikul K., *Studium ochrony przed powodzią zlewni rzeki Górny Bóbr*. Maszynopis UP we Wrocławiu 2005
- OZE Szczecin <http://www.oze.szczecin.pl/energia-wodna.html> (maj 2010).
- Ozga-Zielińska, M., & Brzeziński, J. *Hydrologia stosowana*. Warszawa, PWN, 1997.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., Ozga-Zieliński B. *Określenie prawdopodobieństwa przepływów ekstremalnych rocznych genetycznie niejednorodnych – metoda alternatywy zdarzeń*. *Gospodarka Wodna*, 5, 2007, s. 191–196.
- Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 20 grudnia 1996 roku, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie* – Dz.U. Nr 21/1997, póź. 111.
- Roczniki Hydrologiczne 1972–1986*, Wydawnictwo IMGW.

Dr inż. Beata Malczewska  
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Instytut Inżynierii Środowiska  
Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
e-mail: beata.malczewska@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Tadeusz Bednarczyk*