

## PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA ENERGII WODNEJ NA TERENIE POLSKI PÓŁNOCNEJ

Piotr Sołowiej, Maciej Neugebauer

*Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

**Streszczenie.** Badaniami prowadzonymi w latach 2001-2006 objęto zespół dziewięciu elektrowni wodnych o łącznej mocy 14,58 MW, usytuowanych na rzece Raduni w regionie pomorskim. Badany zespół elektrowni produkuje rocznie blisko  $30 \cdot 10^3$  MWh, przy czym najwięcej energii wyprodukowano w 2002 roku a najmniej w 2006. Dokonano identyfikacji czynników mających największy wpływ na produkcję energii elektrycznej w badanym obiekcie.

**Słowa kluczowe:** energia elektryczna, małe elektrownie wodne

### Wprowadzenie

Unia Europejska stawia wymagania wobec krajów członkowskich zwiększania udziału energii ze źródeł odnawialnym w ogólnym bilansie energetycznym. Kraje te poszukując różnych rozwiązań, w szczególności stawiają na wykorzystanie energii biomasy, energii wiatru, słońca oraz energii geotermalnej. Na marginesie pozostaje wykorzystanie energii cieków wodnych z zastosowaniem małych elektrowni wodnych. Na przeszkodzie stoją tu zapewne bariery prawne (własność gruntów), ekologiczne (niejednokrotnie potrzeba zalania, czy też osuszenia pewnych obszarów), oraz ekonomiczne. Nakłady inwestycyjne na 1 kW mocy zainstalowanej w elektrowni wodnej, ze względu na koszt urządzeń hydroenergetycznych są przeciętnie dwu- do trzykrotnie wyższe od nakładów ponoszonych na 1 kW mocy zainstalowanej w elektrowni cieplnej [Przekwas, Sowiński 2001]. Jednakże małe elektrownie wodne spełniają ważne cele energetyczne, zmierzające do wykorzystania naturalnych źródeł energii i do zasilania obszarów nie podłączonych do państwowej sieci elektroenergetycznej, a także do stworzenia odbiorcom wrażliwym na przerwy w dostawie prądu (gospodarstwa rolne, ферmy hodowlane, szklarnie, chłodnie, przetwórnice warzywno-owocowe itd.) specjalnego zabezpieczenia na wypadek awarii [Mikielewicz, Cieśliński. 1999]. Poza tym ze względu na nasilające się problemy z dostateczną ilością wody dla potrzeb produkcji rolnej, ważność budowy urządzeń piętrzących ze zbiornikami retencyjnymi zaczyna być istotniejsza od znaczenia energetycznego, pod warunkiem polepszenia stosunków wodnych, poprawy mikroklimatu i dodatniego wpływu na walory środowiskowe z zachowaniem biocenozy [Dreszer, Michałek, Roszkowski 2003].

Energetyka wodna ma w Polsce duże tradycje pomimo słabych warunków do rozwoju. Zasoby energii wody zależą od dwu czynników, spadku koryta rzeki oraz przepływów wody. Polska jest krajem nizinnym, o stosunkowo małych opadach i dużej przepuszczalności gruntów, co znacznie ogranicza zasoby tego źródła.

W kraju działa aktualnie ponad 400 hydroelektrowni, w tym zaledwie kilkanaście o mocy większej, niż 5 MW. Duże elektrownie wodne pełnią w Polsce z reguły także funkcje elektrowni szczytowo - pompowych. Obecnie obserwuje się wzrost liczby elektrowni wodnych, zwłaszcza małych. Globalna moc zainstalowana elektrowni wodnych, bez szczytowo - pompowych, podwoiła się w Polsce w stosunku do roku 1970 i obecnie wynosi ok. 700 MW, a w budowie jest dalszych 98 MW [Szramka, Różycki 2008].

W regionie pomorskim mała energetyka wodna rozwija się wzdłuż rzeki Radunia i Wierzyca. Cztery elektrownie na rzece Wierzyca miały łączną moc 0,996 MW, kaskada dziewięciu elektrowni na rzece Radunia wynosi 14,58 MW łącznej mocy i zasilala przed II Wojną Światową w energię elektryczną port morski w Gdyni, Kartuzy oraz Gdańsk z okolicami.

## Obiekt badań

Obiektem badań jest zespół dziewięciu elektrowni wodnych usytuowanych na rzece Raduni w regionie pomorskim. Wybrane dane techniczne elektrowni zawarte są w tabeli 1.

Rzeka Radunia ma swój początek w niewielkim obniżeniu jeziora Stężyckiego i przepływa przez kompleks jezior zwanych Kółkiem Raduńskim. Radunia jest lewym dopływem rzeki Motławy, ma długość 103,2 km, powierzchnia zlewni wynosi 837 km<sup>2</sup>, a całkowity spadek wynosi 162 m.

Tabela 1. Dane techniczne elektrowni wodnych  
Table 1. Technical specifications of water power plants

Nazwa elektrowni	Spad [m]	Średni przepływ w przekroju jazu [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	Moc zainstalowana [MW]	Produkcja średnia w roku [MW]
Rutki	12,2	3,33	0,54	2146,2
Łapino	13,8	5,18	2,229	4347,4
Bielkowo	44,8	5,28	7,2	16184,2
Straszyn	13,9	5,63	2,45	5430
Prędziszyn	4,5	5,66	0,872	1668,2
Kuźnice	4,21	5,66	0,781	1326,2
Juszkowo	4,25	5,65	0,25	1326,2
Pruszcz I	4,21	5,72	0,1	371,4
Pruszcz II	5,6	5,72	0,25	3,48 (uruchomiona 2006)

*Źródło: dokumentacja zakładu.*

Ze względu na to, że elektrownie powstawały w różnym czasie (począwszy od siłowni w Straszynie uruchomionej w październiku 1910 roku), ich modernizacje doprowadziły do powstania obiektów wykorzystujących na jednym spadku różne turbiny. Było to związane między innymi z dostosowaniem przeloty do innych obiektów zespołu, a także na lepsze wykorzystanie energii przepływającej wody.

## Przykład wykorzystania energii...

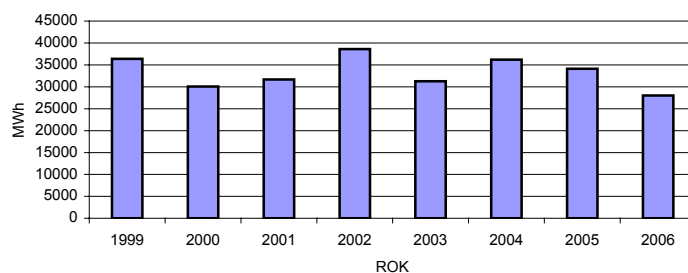
Rodzaje zainstalowanych turbin w poszczególnych elektrowniach:

- Rutki – dwie turbiny Francisa,
- Łapino – dwie turbiny Francisa,
- Bielkowo – dwie turbiny Francisa, jedna turbina Peltona,
- Straszyn – dwie turbiny Francisa, jedna turbina Kaplana,
- Prędzieszyn – dwie turbiny Kaplana,
- Kuźnice – jedna turbina Francisa, jedna turbina Kaplana,
- Juskowo – jedna turbina Kaplana,
- Pruszcz I – jedna turbina Francisa,
- Pruszcz II – jedna turbina Kaplana,

W sumie w badanym obiekcie występuje dziesięć turbin Francisa, sześć turbin Kaplana i jedna turbina Peltona.

## Wyniki badań

Badany zespół elektrowni produkuje rocznie blisko 30 tys. MWh, przy czym najwięcej wyprodukowano energii w 2002 roku a najmniej w 2006 roku (wykres 1.). Można zauważyć, że od 2004 roku produkcja energii na rzece Raduni systematycznie spada: w 2005 roku o 5,7% w stosunku do roku poprzedniego, a w 2006 roku o prawie 18%.



Źródło: dokumentacja zakładu.

Rys. 1. Roczna produkcja energii elektrycznej (brutto) w badanym obiekcie

Fig. 1. Annual electric energy production (gross) in the examined facility

Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych latach w badanych elektrowniach (tab 2.) uzależniona była w największej mierze od dwóch czynników: rocznych opadów atmosferycznych w obszarze zlewni rzeki Raduni, a także od awaryjności układów wchodzących w skład poszczególnych elektrowni. W pierwszym przypadku nie mamy w zasadzie żadnego wpływu na warunki atmosferyczne i nadmierny brak opadów może spowodować znaczne zmniejszenie ilości wody w rzece, a co za tym idzie znaczne obniżenie produkcji energii elektrycznej. W drugim przypadku, dzięki znacznej ilości układów we wszystkich obiektach awaryjność utrzymuje się na w miarę stałym poziomie, pomijając oczywiście katastrofy takie jak powódź, mogące wyłączyć elektrownię z użytku na dłuższy czas.

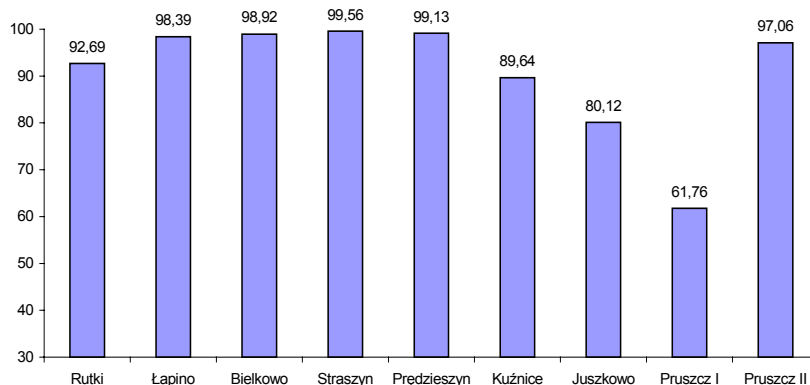
Tabela 2. Produkcja energii elektrycznej (w [MWh] brutto) w elektrowniach wodnych na rzece Raduni  
 Table 2. Electric energy production (in [MWh], gross) in water power plants at the Radunia River

Nazwa elektrowni \ Rok	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Bielkowo	17338	14288	15170	19876	16189	17734	16687	13369
Juszkowo	1658	1112	1618	1375	1354	1291	1294	1044
Łapino	4901	4670	4039	5476	3662	4815	4732	3654
Prędziszyn	1862	1466	1617	1432	2008	1834	1737	1344
Straszyn	5898	4809	5339	6553	4671	5899	5639	4432
Rutki	2512	1966	2283	2261	2018	2454	2099	1853
Kuźnice	1575	1289	1262	1653	1059	1421	1299	1104
Pruszcz I	654	459	352	0	322	753	547	256
Pruszcz II	0	0	0	0	0	0	101	985
Ogółem	36398	30059	31680	38626	31283	36201	34135	28042

Źródło: dokumentacja zakładu

Jednym ze wskaźników pozwalających na oszacowanie stopnia wykorzystania energii wody w rzece jest stosunek ilości wody przepływającej przez turbiny w danym miejscu do przepływu całkowitego wody.

Wykorzystanie energii wody na rzece Raduni, mierzonej przepływem przez turbiny do przepływu całkowitego wody kształtowało się różnorodnie (rys. 2) i często nie wynosiło 100%. Dotyczy to szczególnie elektrowni zlokalizowanych w Pruszczu, z których jedna zaczęła dopiero pracować w 2005 roku, a druga ma najniższą produkcję (lata 2001-2002), ponieważ w 2001 roku, na przełomie września-października wystąpiła powódź na rzece Raduni, czego skutkiem był spadek produkcji energii w IV kwartale 2001 roku oraz zaniechanie produkcji w 2002.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 2. Średnie wykorzystanie energii wody poszczególnych elektrowni wodnych na rzece Raduni w latach 1999-2006 [%]

Fig. 2. Average water energy use in individual water power plants at the Radunia River in years 1999-2006 [%]

## Przykład wykorzystania energii...

---

W kolejnym roku elektrownia ta uzyskiwała nieco ponad 2/3 mocy, a dopiero w 2004 roku uzyskała wysoką produkcję energii. W roku 2005 wystąpiło z kolei kilka awarii, co wpłynęło na wykorzystanie zaledwie na poziomie 52%.

## Podsumowanie

Mała energetyka wodna w mniejszym stopniu niż słoneczna, czy wiatrowa jest uzależniona od zmiennych warunków pogodowych. Jednak zbyt duża (powodzie, podtopienia) lub mała (obniżenie poziomu wody w rzekach) ilość opadów może w znacznym stopniu ograniczyć produkcję energii elektrycznej w tego rodzaju obiektach.

W wyniku powodzi 2001 roku elektrownia Pruszcz była przez pewien czas wyłączona z użytkowania (co widać w tabeli 2 i znalazło odbicie na rys. 2). Z przeprowadzonych badań wynika, że spadek produkcji energii elektrycznej w latach 2005 i 2006 wynika głównie ze zwiększenia się godzin przestojów wynikających z remontów i awarii. Teoretycznie rzeka Radunia posiada niewykorzystane jeszcze 37 m swego spadku. Praktycznie zbudowanie kolejnego obiektu na rzece jest niemożliwe, ze względu na niesprzyjające temu warunki techniczne oraz wyłączony z wszystkich inwestycji budowlanych teren objęty rezerwatem przyrody „Jar Raduni”. Średnie wykorzystanie energii wody dla poszczególnych elektrowni (rys. 2) w większości przypadków przekracza 91% co świadczy o dobrze dobranych instalacjach. Dla całego obiektu w badanym okresie średnia ta wynosi 90,8%. Oznacza to że, ponad 90% energii jaka jest technicznie możliwa do odzyskania z rzeki Raduni została (po uwzględnieniu oczywiście wszystkich sprawności instalacji) przetworzona na „czystą” energię elektryczną.

## Bibliografia

- Dreszer K.A., Michałek R., Roszkowski A.** 2003. Energia odnawialna – możliwości jej pozyskania i wykorzystania w rolnictwie. ISBN 83-917053-0-7.
- Mikielewicz J., Cieśliński J.T.** 1999. Niekonwencjonalne urządzenia i systemy konwersji energii. Maszyny Przepływowe Tom 24. s. 94.
- Przekwas M., Sowiński A.** 2001. Wykorzystanie odnawialnej energii w elektrowniach wodnych – problemy i uwarunkowania. Mater. Konf. „Odnawialne Źródła energii u progu XXI; 10-11 grudnia 2001. Wyd. Europejskie Centrum Energii Odnawialnej EC. BREC/IBMER Warszawa.
- Szramka R., Różycki A.W.** Perspektywy dla małych elektrowni wodnych. [online] Urząd Regulacji Energetyki [dostęp 02-02-2008]. Dostępny w internecie: [http://www.ure.gov.pl/portal/pl/67/71/Perspektywy\\_dla\\_małych\\_elektrowni\\_wodnych.html](http://www.ure.gov.pl/portal/pl/67/71/Perspektywy_dla_małych_elektrowni_wodnych.html)

## **EXAMPLE OF WATER ENERGY USE IN THE TERRITORY OF NORTHERN POLAND**

**Abstract.** The research carried out in years 2001-2006 covered a system of nine water power plants with total rating of 4.58 MW, located at the Radunia River in Pomorze region. The examined complex of power plants produces almost  $30 \cdot 10^3$  MWh of energy every year. However, highest amount of energy was produced in 2002, and lowest in 2006. The research allowed to identify factors with highest impact on electric energy production in the examined facility.

**Key words:** electric energy, small water power plants

**Adres do korespondencji:**

Piotr Sołowiej; e-mail: [pit@uwm.edu.pl](mailto:pit@uwm.edu.pl)  
Katedra Elektrotechniki i Energetyki  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
ul. Oczapowskiego 11  
10-736 Olsztyn