

Wykorzystanie danych hydrometrycznych pochodzących z monitoringu pracy małej elektrowni wodnej

dr inż. Paweł Zawadzki, dr hab. inż. Natalia Walczak, dr inż. Jakub Nieć, mgr inż. Stanisław Zaborowski, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

1. Wprowadzenie

We współczesnych czasach w gospodarowaniu wodą i zarządzaniu zasobami wodnymi wykorzystuje się różnego typu prognozy oparte na modelowaniu matematycznym rzeczywistych procesów. Modele przepływu wody w rzekach są tworzone na podstawie pomiarów geometrii koryta, a do ich uruchomienia konieczne są dane hydrologiczne: pomiary stanu i objętościowego natężenia przepływu wody. Do statutowych zadań Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW – PIB) należy m.in. prowadzenie systematycznych obserwacji i pomiarów na sieci stacji hydrologicznych. Na wielu mniejszych ciekach zlokalizowane są niewielkie elektrownie wodne (mini EW, mikro EW), w których praca turbin, generatorów kontrolowana jest automatycznie. Równocześnie monitorowane są również stany i przepływy wody. Pomiar te mogłyby uzupełnić dane IMGW.

2. Pomiary hydrometryczne

2.1 Profil wodowskazowy

Do podstawowych pomiarów hydrometrycznych możemy zaliczyć pomiary [1, 2]: stanu wody, prędkość przepływu i geometrii koryta (przekrój poprzeczny).

Przez pojęcie stan wody w rzece H rozumiemy wzniesienie zwierciadła wody w danym profilu rzeki ponad przyjęty umownie poziom (zero wodowskazu). Obserwacji wodowskazu dokonuje się codziennie o godzinie 7 rano, a w okresach większych wahań stanów wody co 6 lub nawet co 2 godziny.

W korytach naturalnych w każdym punkcie przekroju poprzecznego mamy inną prędkość przepływu. Prędkości pomierzone na różnych głębokościach w jednym przekroju pionowym przedstawia się w postaci tachoid, a prędkości charakterystyczne dla całego przekroju poprzecznego w postaci izotach. Na ich podstawie wyznacza się objętościowe natężenie przepływu wody w korycie cieku oraz określa się związek między stanem a natężeniem przepływu – krzywą wydatku (krzywą konsumpcyjną) [3].

Obserwacji hydrologicznych i pomiarów hydrometrycznych dokonuje się w tzw. profilu wodowskazowym. Profile wodowskazowe zakłada się zazwyczaj w miejscach, gdzie

przekrój poprzeczny cieku spełnia następujące warunki [4]:

- koryto jest zwarte, woda płynie jednym korytem;
- zwierciadło wody jest swobodne, niezakłócone budowlami (mosty, jazy) lub dopływem;
- dno rzeki jest stabilne, niepodlegające erozji lub akumulacji, nie ma roślinności wodnej;
- jest łatwy i bezpieczny dostęp do wodowskazu.

2.2. Małe elektrownie wodne

Aby było możliwe energetyczne wykorzystanie płynącej wody, wymagane jest przegrodzenie rzeki i wytworzenie spadku, czyli różnicy poziomów wody w górnym i dolnym stanowisku. Elektrownia wodna jest zazwyczaj elementem stopnia wodnego, w skład którego wchodzi: urządzenia przelewowo-upustowe (jaz), zaporą, przepławka dla ryb. Dla rzek żeglownych elementem wymaganym jest śluza wraz z portami górnym i dolnym. Częstym elementem stopnia są również ujęcia wody.

Podziału elektrowni wodnych można dokonać ze względu na [5]: spadek, zainstalowaną moc, sposób współpracy z systemem energetycznym, sposób wytworzenia spadku, możliwości retencjonowania wody, charakter przepływu wody. Z uwagi na cele przedstawione we wstępie do artykułu dotyczy to głównie elektrowni wodnych (EW) przepływowych, podstawowych, przyjazowych, niskospadowych, a zainstalowana moc pozwala je zaliczyć do mini EW (moc < 2 MW) lub mikro EW (moc < 100 kW). Według prognoz Towarzystwa Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych (TRMEW) tego typu elektrowni do roku 2050 może być w Polsce kilka tysięcy [10], a powstały lub powstają na niewielkich ciekach, na których nie są prowadzone systematyczne obserwacje hydrologiczne.

2.3. Pomiary przepływu w przekroju elektrowni wodnej

Urządzeniem pozwalającym przekształcić energię potencjalną i kinetyczną płynącej wody na energię mechaniczną jest turbina wodna. Doboru turbiny do projektowanej elektrowni wodnej dokonuje się m.in. na podstawie charakterystyk modelowych turbiny, a ocenę efektywności jej pracy na podstawie charakterystyki eksploatacyjnej [6]. Przez pojęcie charakterystyki turbiny wodnej rozumie się wykresy przedstawiające współzależność jej parametrów

(przepływ, spad) przy zmiennych stanach ruchu (prędkość obrotowa, nastawy kierownic). Ogólne charakterystyki można podzielić na:

- charakterystyki modelowe, opracowane przez producenta turbiny na podstawie badań laboratoryjnych;
- charakterystyki eksploatacyjne, związane z pracą turbiny w rzeczywistych warunkach jej pracy.

Jednym z elementów opracowania charakterystyk eksploatacyjnych są pomiary prędkości i objętościowego natężenia wody w dolnym stanowisku EW [7, 8]. Pomiarom takim sprzyja regularny i trwały przekrój poprzeczny poniżej turbiny lub budowli upustowej. Wykonane pomiary prędkości, znajomość geometrii koryta pozwalają wyznaczyć objętościowe natężenia przepływu i powiązanie ich ze stanami wody w dolnym stanowisku. W publikacji [9] podkreślono konieczność ciągłego monitorowania i rejestrowania parametrów turbiny i elektrowni wodnej. We współczesnych EW proces ten jest zazwyczaj automatyczny, a dane dostępne są do przejrzania na monitorze komputera z dowolnego miejsca.

3. Badania

3.1. EW Oborniki Wielkopolskie na rzece Wełnie

Wybór miejsca badań związany był z podstawowym warunkiem – systematyczne pomiary na stacji wodowskazowej i małej elektrowni na jednej rzece w stosunkowo niewielkiej odległości. Do badań wybrano elektrownię wodną w Obornikach Wlkp. zlokalizowaną na Wełnie w km 1+050 oraz posterunek wodowskazowy Kowanówko w km 6+400. Powierzchnie zlewni w obu przypadkach wynoszą odpowiednio 2618,4 km² i 2596,4 km², a więc przyrost zlewni o 22 km² (< 1%) nie powoduje istotnego wzrostu przepływu.

Elektrownia wodna Oborniki jest nowoczesnym obiektem wybudowanym w latach 2009–2011, oddanym do użytku w lipcu 2011 roku. Jest to elektrownia przepływowa, niskospadowa (spad projektowany 4,17 m) o mocy 330 kW, eksploatowana w warunkach stałego poziomu wody górnej. Do regulacji wysokości piętrzenia oraz przepuszczania wód wielkich wykorzystywany jest czteroprzęsłowy jaz ze stalowymi zasuwami płaskimi. Między elektrownią a jazem położona jest przepławka dla ryb. Na MEW Oborniki są prowadzone następujące obserwacje i pomiary

Rys. 1. Hydrogramy codziennych przepływów wody przez urządzenie MEW Oborniki

stanu i przepływu wody: rzędne zwierciadła wody w stanowisku górnym, rzędne zwierciadła wody w stanowisku dolnym, spad brutto, objętościowego natężenia przepływu wody przez hydrozespoły, objętościowe natężenia przepływu przez jaz i przepławkę. Elektrownią zarządzają Elektrownie Wodne grupy energetycznej ENEA [11].

Po uzyskaniu odpowiednich pozwoleń oraz danych z pomiarów i obserwacji MEW badania prowadzone były w dwóch okresach: od 01.11 2011 do 31.03 2013 r. [12] i do 31.12 2014 r. [13], co odpowiadało obserwacjom IMGW w trzech latach hydrologicznych 2012–2014. Metodyka badań polegała głównie na porównaniu objętościowych natężeń przepływu wody w dwóch przekrojach poprzecznych: MEW Oborniki i wodowskaz Kowanówko.

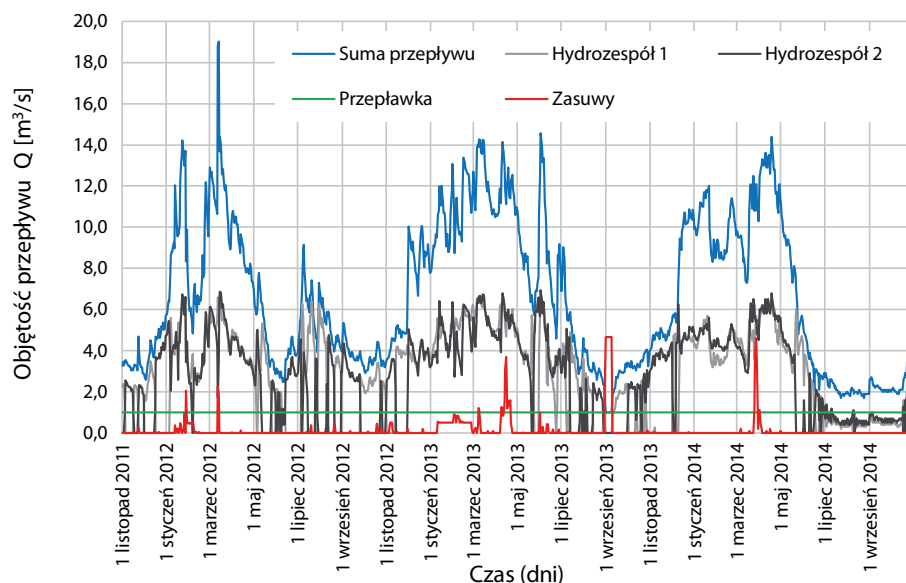
3.2. Objętościowe natężenia przepływu wody

Jak wspomniano powyżej, na MEW Oborniki mierzone i rejestrowane są przepływy wody przez obie turbiny rurowe Kaplana, przez 4 przęsła jazu. Przepływ przez przepławkę dla ryb utrzymywany był ze stałym wydatkiem 1 m³/s (rys. 1).

4. Wyniki

Porównanie przepływów w obu przekrojach pokazuje, że zazwyczaj większe przepływy obserwowane są na posterunku wodowskazowym. Uśredniona różnica dla okresu badań wynosiła 1,75 m³/s, a największe w poszczególnych latach hydrologicznych zaobserwowano: 13 marca 2012 r. – 6,0 m³/s, 8 lutego 2013 r. – 17,6 m³/s 29 marca 2014 r. – 9,3 m³/s. Większe przepływy przez MEW niż przez profil wodowskazowy zanotowano jedynie na początku stycznia 2012 r. (5,0 m³/s) w połowie marca 2012 r. (6,0 m³/s).

Korelacje między pomiarami objętościowego przepływu wody w obu przekrojach przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Porównanie codziennych przepływów wody w przekrojach Kowanówko i MEW Oborniki

Między analizowanymi pomiarami można stwierdzić silną korelację, ok. 77% ($R^2 = 0,77$) zmian przepływu w przekroju MEW można wytłumaczyć zmianami przepływu w profilu wodowskazowym. Dla pozostałych 23% zmian należy poszukać innych przyczyn, np. związanych z opadami i spływem terenowym z powierzchni utwardzonych, ulic i placów Obornik Wlkp. W dużym stopniu rozbieżności przepływów można wytłumaczyć poborem wody przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Obornikach, które z ujęcia wody na Wełnie pobiera od 0,006 do 1,0 m³/s. Kolejnym czynnikiem jest sposób pomiaru natężenia przepływu. W obydwu przypadkach są one uśredniane na koniec dnia, różnica jest tylko w częstotliwości pomiaru. W MEW Oborniki odczyty rejestrowane są co minutę, natomiast na wodowskazie co 10 minut, co może wpływać na mniejszą dokładność pomiarów.

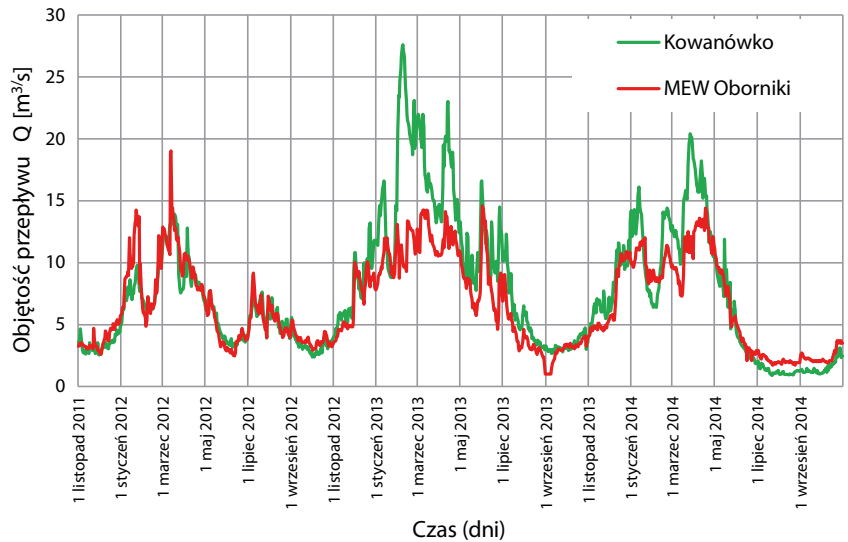
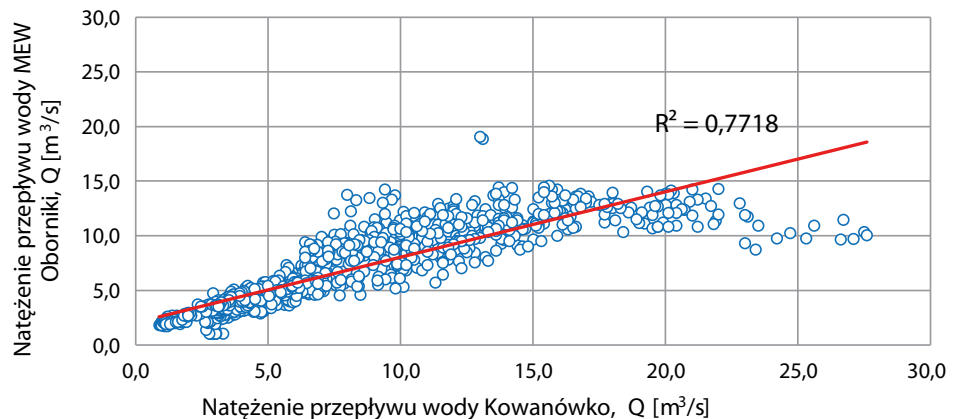
5. Podsumowanie

Dane pochodzące z monitoringu przepływu wody przez urządzenia elektrowni są rejestrowane przez właściciela EW i powinny uzupełniać dane hydrologiczne z państwowej sieci posterunków i stacji pomiarowych. Dane te mogą być wykorzystywane m.in. przez władze samorządowe przy prognozowaniu tzw. powodzi miejskich spowodowanych gwałtownymi opadami w zlewniach niewielkich cieków. Dane te mogą być obarczone niewielkim, stałym błędem, ale przy doskonaleniu systemu monitoringu na nowo powstających mikro- i minielekrowniach wodnych ich wiarygodność powinna być coraz wyższa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lambor J., hydrologia inżynierska, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1971
- [2] Chow V. T., Maidment D. R., Mays L. W., Applied Hydrology. McGraw Hill Education, International Edition, 1988
- [3] Mdee O. J., Kimambo C. Z., Nielsen T. K., Kihedu J., Measurement methods for hydropower resources: a review. Water Utility Journal 18: 21-38, EWRA, E.W. Publications, 2018

Rys. 3. Korelacja między pomierzonymi natężeniami przepływu w dwóch przekrojach



- [4] Byczkowski A., Hydrologia, tom, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2009
- [5] Kałuża T., Hämmerling M., Zawadzki P., Czeakała W., Kasperek R., Sojka M., Mokwa M., Ptak M., Szkudlarek A., Czechlowski M., Dach J., The hydropower sector in Poland: Historical development and current status. Renewable and Sustainable Energy Reviews 158 (2022) 112150, doi.org/10.1016/j.rser.2022.112150
- [6] Michałowski S., Plutecki J., Energetyka wodna, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1975
- [7] Adamkowski A., Discharge Measurement Techniques in Hydropower Systems with Emphasis on the Pressure-Time Method, Hydropower – Practice and Application, Dr. Hossein Samadi-Boroujeni (Ed.), ISBN: 978-953-51-0164-2, InTech 2012
- [8] Steller J., Adamowski A., Henke A., Janicki W., Kaniecki M., Krzemianowski Z., Discharge measurement and performance tests of hydraulic units in low-head small hydropower installations, Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery nr 130, 2015
- [9] Jarry-Bolduc D., Côté E., Hydro Energy Generation and Instrumentation & Measurement: Hydropower Plant Efficiency Testing. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2014
- [10] Materiały z seminarium dotyczącego małych elektrowni wodnych, HPS Poznań, Poznań 17 marca 2011
- [11] Elektrownie wodne grupy ENEA: <https://media.enea.pl/wideo/category/21469/elektrownie-wodne-2018-05-25>, dostęp on line: maj 2022
- [12] Marek M., Możliwości wykorzystywania danych hydrometrycznych z małych elektrowni wodnych, praca dyplomowa – maszynopis, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2013
- [13] Rogowska-Klemens J., Możliwości wykorzystania danych hydrometrycznych pochodzących z monitoringu pracy elektrowni wodnej w Obornikach Wielkopolskich na Wełnie, praca dyplomowa – maszynopis, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2015