

Krzysztof BUDNIK\*, Kamil MICHAŁKIEWICZ\*  
Jan SZYMENDERSKI\*

## WADY I ZALETY UŻYTKOWANIA ELEKTROWNI WODNYCH

Artykuł o charakterze przeglądowym. Tematyka dotyczy tradycyjnej energetyki wodnej. W pierwszej części omówiono potencjał hydroenergetyczny świata i Polski. Następnie dokonano podstawowych podziałów hydroelektrowni wodnych. Opisano wady i zalety dużych i małych elektrowni wodnych. Na zakończenie umieszczono uwagi końcowe.

SŁOWA KLUCZOWE: energetyka wodna, hydroelektrownia, duża elektrownia wodna, mała elektrownia wodna, odnawialne źródła energii.

### 1. WSTĘP

Współcześnie wytwarzanie, przetwarzanie i wykorzystywanie energii elektrycznej do różnych celów jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania gospodarki i życia codziennego ludzi. Podstawowymi surowcami niezbędnymi do wytwarzania energii są paliwa kopalne: węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny. Jednak zasoby tych surowców są nieodnawialne. Ponadto spalanie paliw kopalnych ma niekorzystny wpływ na środowisko naturalne. Między innymi z tych powodów, zaczęto skłaniać się do coraz większego wykorzystywania tzw. źródeł energii odnawialnej. Należą do niej energia słońca, wiatru i wody.

Energetyka wodna jest najstarszym ale też jednym z najważniejszych sektorów energii odnawialnej. Wynalezienie elektryczności spowodowało, że to właśnie elektrownie wodne zostały najstarszymi zakładami produkującymi energię elektryczną.

Hydrosfera Ziemi zawiera ok.  $1,37 \cdot 10^9$  km<sup>3</sup> wody. Woda stanowi niemal 71% powierzchni globu, z czego aż 97,25% przypada na morza i oceany. Woda w stanie stałym jak lodowce i lądolody stanowią ok. 2,14% hydrosfery, woda gruntowa obejmuje 0,61%, jeziora 0,61%, chmury i deszcz 0,005%, a rzeki tylko 0,0001% [1, 2]. Najczęściej do produkcji energii wodnej wykorzystuje się wody śródlądowe, głównie rzeki i stałe zbiorniki wodne. Potencjał hydroenergetyczny

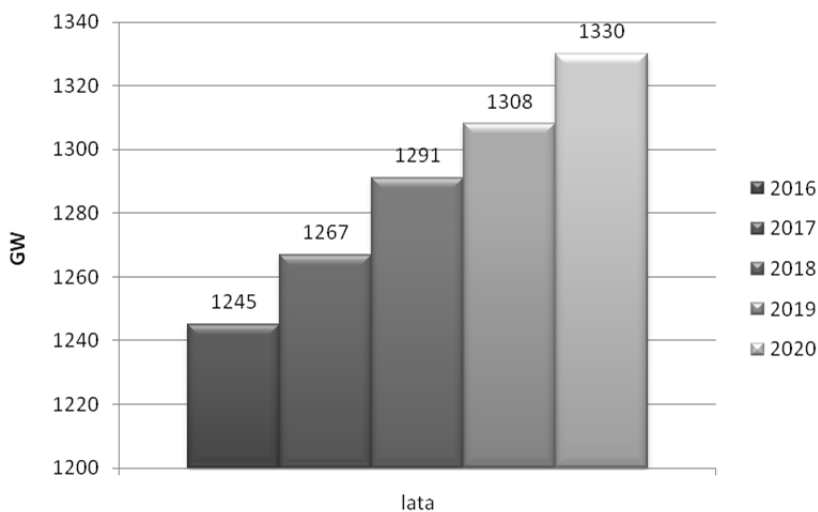
---

\* Politechnika Poznańska

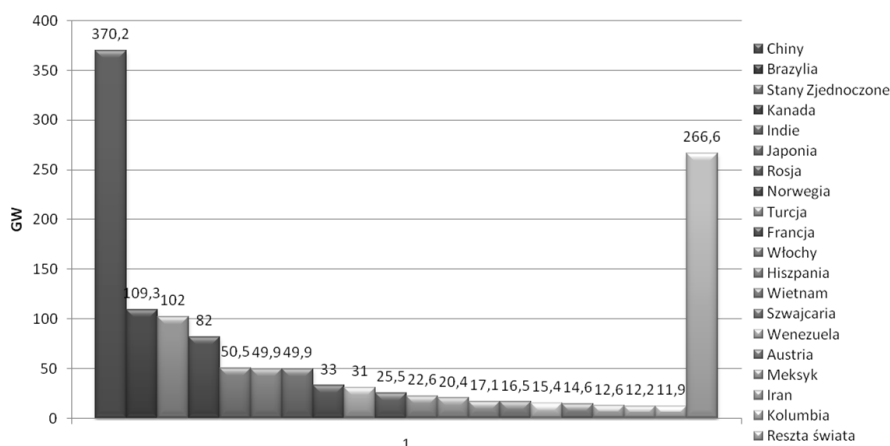
świata szacuje się na 2,9-21 TW [2, 3]. Praktyczny technologicznie możliwy potencjał hydroenergetyczny szacuje się sporo niżej, bo maksymalnie na ok. 5,5 TW [4].

W Polsce wody powierzchniowe zajmują 8313 km<sup>2</sup> co stanowi 2,7% powierzchni kraju. Ich zasobność wynosiła ok. 61 km<sup>3</sup>. Potencjał hydroenergetyczny polskich rzek wynosi ok. 23 TWh na rok. Technicznie można uzyskać ok. 12,5 TWh na rok, a ekonomicznie wynik możliwy to 8,5 TWh na rok [2, 5].

Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wodnych od lat charakteryzuje się stałym wzrostem (rys. 1). Udział energetyki wodnej w światowym zapotrzebowaniu na energię elektryczną również stale wzrasta. Hydroenergetyka pokrywa dziś, wg różnych źródeł, od 17 do 22% zapotrzebowania na energię elektryczną [5, 6, 7]. Energetyka wodna jest wykorzystywana w ponad 150 krajach świata, a w niektórych z nich zaspokajają większość lub całość zapotrzebowania na energię elektryczną. Kraje o największej mocy zainstalowanej w elektrowniach wodnych przedstawiono na rysunku 2. W 2020 r. pod względem zainstalowanej mocy w hydroelektrowniach, dominują kraje azjatyckie (Chiny, Indie, Japonia) oraz kraje obu Ameryk (Brazylia, USA, Kanada). Europa plasuje się znacznie niżej, a najniżej Afryka i Australia [8].



Rys. 1. Wzrost mocy zainstalowanej w hydroenergetyce w latach 2016-2020 [8]



Rys. 2. Kraje o największej mocy zainstalowanej w hydroelektrowniach [8]

## 2. GŁÓWNE TYPY TRADYCYJNYCH ELEKTROWNI WODNYCH

Budowa hydroelektrowni wymaga stworzenia warunków do jej budowy. Wykorzystuje się niekiedy warunki naturalne, istniejące w miejscu zaplanowanej elektrowni, ale często trzeba sztucznie zbudować niektóre elementy elektrowni. Przykładowo sztucznie podnosi się górne źródło wody lub obniża dolne źródło wody, ponieważ niewiele jest miejsc na świecie, gdzie naturalny spadek wody jest wystarczający. W zależności od typu elektrowni są pewne różnice, ale ogólnie hydroelektrownie powstają w większości przez zbudowanie betonowych zapór, które zatrzymują i spiętrzają wodę. Również zależnie od typu, elektrownie mają posiadać zbiorniki lub nie. W każdej hydroelektrowni woda napędza łopatki turbin, które napędzają generator wytwarzający energię elektryczną, która jest następnie wprowadzana do sieci elektroenergetycznej [10, 11].

Dla prawidłowego funkcjonowania danego rodzaju elektrowni, należy dobrać odpowiednią turbinę i generator, które współpracując tworzą urządzenie odpowiedzialne za przemianę energii hydraulicznej wody w energię elektryczną. Urządzenie to nazywa się turbozespołem wodnym. Najpowszechniej stosowanymi typami turbin są turbiny Peltona (akcyjna), Francisca (reakcyjna) i Kaplana (reakcyjna). W tabeli 1. zamieszczono wybrane typy turbin wraz zakresami pracy [9].

Tabela 1. Typy turbin wodnych i zakresy ich zastosowań [9].

Typ	Spad	Przełyk	Moc na wale
	m	m <sup>3</sup> /s	MW
Turbina Peltona	50÷1200	0,1÷50	do 300
Turbina Kaplana z wałem pionowym	8÷80	5÷1000	do 200
Turbina rurowa z wirnikiem Kaplana	1,5÷25	5÷1200	do 50
Turbina śmigłowa w komorze otwartej	1,5÷25	1,5÷100	do 10
Turbina rurowa z wirnikiem śmigłowym	1,5÷25	1,5÷100	do 10
Turbina Francisa	10÷600	0,5÷1000	do 850

W różnych opracowaniach można spotkać wiele różnorodnych podziałów elektrowni wodnych według rozmaitych kryteriów. Przyjęte podziały i kryteria obejmują także wiele różnych podtypów i przyjętych umownie warunków, co dodatkowo zaciemnia ten obraz. Zwykle przyjmuje się podział na 3 podstawowe typy elektrowni wodnych [10, 11]:

- a) z punktu widzenia sposobu gospodarowania przepływem wody:
  - elektrownie przepływowe,
  - elektrownie zbiornikowe,
  - elektrownie pompowe (lub szczytowo-pompowe);
- b) ze względu na wielkość wykorzystanego spadku:
  - niskospadowe,
  - średnispadowe,
  - wysokospadowe;
- c) ze względu na zainstalowaną moc:
  - duże,
  - średnie
  - małe (małe elektrownie wodne (MEW) stanowią wręcz odrębną kategorię i dzielą się według osobnych kryteriów).

Podział elektrowni ze względu na zainstalowaną moc stwarza liczne problemy. Praktycznie podział ze względu na moc zainstalowaną jest określany dla każdego kraju z osobna. Podstawowy, obowiązujący na świecie, to podział elektrowni na duże, średnie i małe. Do dużych elektrowni najczęściej zalicza się te powyżej 5 MW, ale w niektórych krajach np.: w Norwegii, Szwajcarii, Szwecji, Wenezueli i we Włoszech, za duże uznaje się już elektrownie o mocy 1-2 MW. W innych krajach jak Portugalia, Hiszpania, Grecja, Belgia czy Irlandia, za duże uznaje się elektrownie powyżej 10 MW. W niektórych krajach jak USA, te kry-

teria ulegały zmianie. Wcześniej za dużą, uznawano elektrownie o mocy powyżej 5 MW, a obecnie tym progiem jest moc 30 MW [12, 13].

Odrębnie ze względu na moc stosuje się podział w MEW. Zasadniczo za małą energetykę uznaje się inwestycje do mocy 5 MW, za makroenergetykę te o mocy >100 kW, a za mikroenergetykę o mocy powyżej 70 kW. Źródło [14] dokonuje dalszego podziału MEW na:

- mini – 100 kW - 1 MW,
- mikro – 5 kW - 100 kW,
- piko – od kilkuset W - 5 kW.

W Polsce żaden oficjalny dokument państwowy nie dzieli formalnie małych elektrowni wodnych. Jednak Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych działające w Polsce z siedzibą w Grudziądzu zaproponowało następujący podział:

- 0 W < piko elektrownie wodne < 10 kW;
- 10 kW < nano elektrownie wodne < 40-60 kW;
- 40-60 kW < mikro elektrownie wodne < 300 kW;
- 300 kW < mini elektrownie wodne < 1MW.

Stowarzyszenie to za małe elektrownie wodne uznaje wszystkie poniżej 5 MW, a za małe elektrownie wodne w Unii Europejskiej uznaje wszystkie o mocy poniżej 10 MW [15, 16].

### **3. ZALETY I WADY HYDROENERGETYKI**

W zależności od punktu widzenia i przyjętych kryteriów oraz ich interpretacji, każda forma energetyki ma zalety i wady. Nie inaczej jest z energetyką wodną. W tej dziedzinie energetyki widoczne jest zróżnicowane podejście do wielkich i do małych elektrowni wodnych.

#### **3.1. Zalety dużych elektrowni wodnych**

Pierwszą zaletą elektrowni wodnych, tak jak i innych źródeł energii odnawialnej jest zmniejszenie zużycia surowców naturalnych takich jak węgiel i ropa naftowa, przez co redukuje się także emisję szkodliwych substancji do atmosfery. Właściwie energetyka wodna pomaga również poprawić bilans hydrologiczny oraz stwarza lepsze warunki do żeglugi. Budowa elektrowni wodnych przez zastosowanie zapór, pomaga także regulować rzeki i wyrównywać przepływy przez co wyraźnie zmniejsza się ryzyko powodzi. Oprócz tego nie można zapominać o tym, że hydroelektrownie zapewniają miejsca pracy dzięki czemu korzystnie wpływają na lokalną gospodarkę. Trzeba także pamiętać, że koszt produkcji energii z wody jest bardzo niski. Energia kinetyczna wytworzona przez wodę, która naturalnie płynie w korytach rzek jest wręcz darmowa, a po wybudowaniu obiektu hydrotechnicznego, koszt produkcji prądu jest niski; taka ener-

gia odnawialna jest tania w pozyskiwaniu. Budowa niektórych elektrowni wodnych umożliwia także magazynowanie energii, a nie tylko produkowanie prądu na aktualne potrzeby. Mówiąc o możliwości magazynowania energii w elektrowniach wodnych, przede wszystkim bierze się pod uwagę elektrownie szczytowo-pompowe. Takie hydroelektrownie stanowią bardzo cenne źródło mocy rezerwowej i interwencyjnej w całym systemie elektroenergetycznym. Rola takiej rezerwy energii do natychmiastowego wykorzystania w razie jakiejś awarii jest możliwa ponieważ wspomniane hydroelektrownie charakteryzują się szybkim rozruchem i umożliwiają niemal natychmiastowe uzyskanie pełnego obciążenia [17]. Duże elektrownie wodne są tańsze w eksploatacji niż elektrownie konwencjonalne. Wytwarzanie w nich energii jest nawet 8-10 razy tańsze [2]. Duże hydroelektrownie mają także większą sprawność od elektrowni konwencjonalnych, a do tego jeszcze są modułowe – mają największą sprawność ze wszystkich znanych rodzajów elektrowni, która może dochodzić do 90%. Sprawność elektrowni wodnej jest więc ponad dwukrotnie większa od sprawności elektrowni ciepłej [17]. Budowa zbiorników wodnych wpływa korzystnie na rozwój turystyki w danym regionie. Woda jako paliwo w hydroelektrowni jest dość stabilnym źródłem energii. Nawet w porównaniu z innymi źródłami odnawialnymi takimi jak słońce czy wiatr, wypada lepiej. W przypadku bowiem wody znacznie łatwiej jest przewidzieć, czy oszacować możliwą do wygenerowania moc, niż w elektrowniach słonecznych i wiatrowych. Elektrownie wodne charakteryzują się także bardzo małym zużyciem energii elektrycznej na potrzeby własne. Zużycie to wynosi ok. 1% wyprodukowanej energii, a w elektrowniach ciepłych na potrzeby własne zużywa się 6-8% wyprodukowanej energii. Także utrzymanie elektrowni wodnej pod względem ekonomicznym jest niższe niż elektrowni konwencjonalnych. W hydroelektrowniach personel obsługi jest bardzo nieliczny, a są również elektrownie wodne pracujące bez stałej obsługi, a tylko nadzorowane z zewnątrz. Analizując zaś szczegóły techniczne poszczególnych typów elektrowni wodnych, warto jeszcze zwrócić uwagę na zalety budowania na rzekach nizinnych systemu elektrowni kaskadowych, zamiast elektrowni pojedynczych. W tym systemie możliwe jest uzyskanie na rzece nizinnej energii szczytowej, zamiast przepływowej i uzyskuje się największą mocą ponieważ moc sumaryczna kaskad jest większa od mocy pojedynczych elektrowni. Przez kaskadową zabudowę możliwe jest także największe wykorzystanie spadku rzeki [13]. Duże elektrownie wodne charakteryzują się także większą niezawodnością pracy i mniejszą awaryjnością niż elektrownie konwencjonalne, gdyż stosowany w nich proces technologiczny jest prostszy więc mniej narażony na awarie.

### 3.2. Wady dużych elektrowni wodnych

Do najważniejszych wad dużych elektrowni wodnych należą bezsprzecznie duże koszty ich budowy. Inwestycje związane z budową dużej hydroelektrowni są znacząco większe niż inwestycje w inne odnawialne źródła energii. Koszty budowy dużej elektrowni wodnej są 2-3 krotnie większe od kosztów budowy elektrowni konwencjonalnej [2]. Budowa dużej elektrowni wodnej oprócz wysokich kosztów, pochłania także dużo czasu. Zbudowanie skomplikowanej konstrukcji często w trudno dostępnym terenie dodatkowo zwiększa czas wykonania i przez to cenę inwestycji. Budowie dużych elektrowni wodnych towarzyszą również skomplikowane i długie procedury urzędnicze, co też zwiększa koszt inwestycji. Szczególnie kosztowne jest wykonanie budowli piętrzących. Im większe elektrownie wodne tym większe nakłady, ale szczególnie słabo wypada stosunek poniesionych kosztów na budowę hydroelektrowni do mocy w niej zainstalowanej. Ten stosunek w przypadku konwencjonalnych elektrowni ciepłych jest kilkakrotnie korzystniejszy [17].

Najważniejszą wadą budowania dużej elektrowni wodnej jest na pewno ingerencja w środowisko naturalne. Następuje ono już w trakcie budowy, bo zaporę i związane z nią budynki buduje się bezpośrednio na rzece lub w jej pobliżu. Najczęstszymi negatywnymi skutkami ingerencji w środowisko w czasie budowy hydroelektrowni są zamulenia rzek i zbiorników oraz zanieczyszczenie wód podziemnych i gruntowych. Zamulenie zbiorników wodnych powoduje akumulację rumowiska i przez to zmniejszenie ich przepustowości, co może doprowadzić do odtlenienia wody i zamierania w niej życia. Oprócz zamulenia zbiorników dochodzi także do erozji brzegów czyli tzw. abracji, co powoduje pogorszenie się warunków samooczyszczania wód płynących i w konsekwencji prowadzi do wspomnianego już odtlenienia wody. W całym zbiorniku występuje także sedymentacja zawiesin, a zawiesiny organiczne opadają na dno i ulegają fermentacji.

Duże elektrownie wodne przyczyniają się także do zmian w budowie hydrologicznej. Następuje bowiem podniesienie poziomu wód gruntowych przez zaporę i obniżeniem ich poziomu za zaporą. Erozja podłoża przy zaporze może powodować także skutki wtórne w postaci pękania zapory, czy stopni wodnych, a to niesie ryzyko katastrof wodnych. Ingerencja dużych elektrowni wodnych, zwłaszcza tych o mocy powyżej 1 MW, w środowisko naturalne objawia się także tym, że utrudniają wędrówki ryb na tarło oraz rozwój narybku. Dzieje się tak nawet mimo budowania specjalnych przepławek dla ryb. Budowa hydroelektrowni może także ujemnie wpłynąć na żyzność gleb w terenie nadrzecznym. Powoduje także likwidację miejsc lęgowych ptaków, co skutkuje zmniejszeniem ich liczebności. Także lokalne warunki klimatyczne mogą zostać zaburzone przez budowę dużych hydroelektrowni. Lokalnie mogą powstawać mgły i zapory lodowe na stopniach wodnych.

Konieczność spiętrzenia wody w zbiornikach w trakcie ich budowy może doprowadzić do konieczności zatopienia osiedli oraz obszarów rolniczych, a tym samym ludność może zostać zmuszona do przesiedlenia, co może skutkować niepokojami społecznymi w regionie. Innym zagrożeniem związanym z budową dużych hydroelektrowni jest możliwość emisji szkodliwego metanu pochodzącego ze zbiorników zaporowych zlokalizowanych przy elektrowniach. Potwierdziły to ostatnio przeprowadzone badania, choć jest to uzależnione od licznych warunków takich jak skład materii organicznej, temperatura, czy obecność substancji hamujących metanogenezę. Badania potwierdziły, że emisją metanu jest szczególnie znacząca w nowych zbiornikach [1, 13]. Innym czynnikiem szkodliwym dla otoczenia dużej hydroelektrowni jest hałas emitowany przez pracujące turbiny. Jest to szkodliwe zarówno dla zwierząt, jak i ludzi mieszkających w pobliżu elektrowni [6, 13, 18].

Okazało się także, że aktywne działania człowieka związane z energetyką wodną mogą mieć także skutki globalne, choć nie do końca jeszcze poznane czy udowodnione. Część badaczy uważa, że budowa wielkich elektrowni wodnych może powodować zakłócenia sejsmiczne, w wyniku których może dojść do trzęsień ziemi i do milionów ofiar [13, 19]. Stwierdzono także że budowa największej na świecie zapory w Chinach, tzw. Tamy Trzech Przełomów spowodowała zmianę osi obrotu Ziemi i przesunięcie bieguna geograficznego o 2 cm. Także ruch obrotowy Ziemi uległ spowolnieniu. Stało się tak w wyniku nagromadzenia i zatrzymania dużych mas wody przy zaporze. Takie globalne i nieodwracalne zmiany mogą być groźne, ale ocenić ich skutki będzie można dopiero po upływie jakiegoś czasu [1, 6].

Powstała grupa badaczy która uważa, że energia wodna w ogóle nie jest zieloną energią, a jej ingerencja w środowisko powoduje takie szkody, że dalsze rozwijanie energetyki wodnej jest nieopłacalne [20].

### 3.3. Zalety małych elektrowni wodnych

W małych elektrowniach wodnych produkowany jest w głównej mierze prąd elektryczny skierowany na potrzeby lokalne. Istnieje jednak możliwość, aby wykorzystać także energię mechaniczną wody do napędu kuźni, czy do napędu małych młynów mielących zboże. Niektóre mają zasilać tylko jedno konkretne gospodarstwo, dlatego liczba tych elektrowni wzrasta i mogą one mieć znaczenie dla poprawy zdewastowanego środowiska naturalnego, aby poprzez budowę śluz i stawów zatrzymać wodę i polepszyć bilans hydrologiczny i hydrobiologiczny, np. poprzez udział w zarybieniu.

Najczęściej podawaną zaletą małych elektrowni wodnych jest to, że nie zanieczyszczają środowiska. Umożliwiają bieżące monitorowanie jakości wody i jej stanu. Małe elektrownie wodne zabezpieczają punkty czerpania wody i wiodące do nich drogi dojazdowe. Umożliwiają także hodowlę ryb, posiadają



przepławki. Dzięki zamontowaniu specjalnych krat oczyszczają wodę ze stałych śmieci do niej wrzucanych. Jednocześnie praca turbin przyspiesza oczyszczanie wody. MEW sprzyjają rekultywacji zbiorników oraz zabezpieczeniu brzegów rzek, szczególnie w dolinach tzw. cofki, w jazach i w tzw. dolnej wodzie elektrowni.

Ważną zaletą małej elektrowni jest możliwość jej umiejscowienia nawet na małych ciekach wodnych w wielu lokalizacjach. Dzięki swej specyficznej budowie można je zlokalizować blisko bezpośrednich odbiorców, przez co zmniejsza się odległość przesyłu energii elektrycznej, a to potania jej koszt. MEW można bardzo szybko zaprojektować i zbudować nawet w okresie 1-2 lat. Można je więc budować blisko miejsca lokalizacji przy użyciu miejscowych materiałów i lokalnej siły roboczej [13, 21, 22, 23, 24].

Prostota urządzeń zamontowanych w MEW nie tylko skraca czas jej wykonania, ale także zapewnia wysoką niezawodność i długą żywotność. Małe elektrownie wodne nie wymagają licznego personelu, a mogą nawet być kierowane zdalnie, co znacząco obniża ich koszty eksploatacyjne. MEW redukują znacząco emisję gazów cieplarnianych i produkują praktycznie czystą energię elektryczną. MEW dbają także o rozwój gospodarki wodnej, tworząc miejsca wypoczynku i rekreacji oraz prowadzą działalność edukacyjną dla okolicznych mieszkańców prowadzona jest także odbudowa i konserwacja budowli hydrotechnicznych poprzez zakładanie muzeów i skansenów uświadamiających lokalnej społeczności jakie korzyści niosą ze sobą małe elektrownie wodne.

### **3.4. Wady małych elektrowni wodnych**

Pomimo tego, że w fachowej literaturze dominuje pozytywne spojrzenie na małe elektrownie wodne, to padają także głosy, że nawet małe elektrownie wodne źle wpływają na środowisko. Dzieje się to przez zamulanie i zarastanie zbiorników i kanałów dopływowych i odpływowych, co wynika często ze złego stanu technicznego wielu obiektów hydrotechnicznych. MEW uszkadzają też zapory i powodują podmywanie budynków [24].

Innym zarzutem dotyczącym wielu małych elektrowni wodnych jest umieszczenie ich na obszarach chronionych, co często świadczy o lekceważeniu europejskiego prawa ochrony przyrody. W ten sposób ostatnie dzikie i naturalne rzeki np. Na Bałkanach są zagrożone przez rozwój hydroenergetyki, a dokładnie przez małe elektrownie wodne [20].

## **4. PODSUMOWANIE**

Wskazane wyżej zalety i wady zarówno dużych jak i małych elektrowni wodnych mogą służyć pomocą w określeniu ich opłacalności i wydajności. Jeśli chodzi o potencjał tradycyjnej energetyki wodnej to można stwierdzić, że jest on

w większej mierze niewykorzystany. Zwiększając produkcję energii w hydroelektrowniach, ogranicza się emisję CO<sub>2</sub> i tym samym można wpłynąć na ograniczenie ocieplania się klimatu na planecie. Podsumowując, w najbliższych latach prognozuje się stały przyrost mocy zainstalowanej w elektrowniach wodnych.

Choć energetyka wodna ma naprawdę duży potencjał, by choć w pewnym stopniu zastąpić paliwa kopalne, to jednak należy wspomnieć o rysujących się także pewnych zagrożeniach. Przewidywanie przepływów rzek w najbliższych dziesięcioleciach jest co najmniej trudne i może stanowić wyzwanie dla specjalistów. Z powodu zmian klimatycznych na świecie, nowe metody prognozowania strumienia przepływu za pomocą analizy przeszłych przepływów i projektowanie zapór na podstawie tych wyników staje się coraz bardziej ryzykowne. Wysychające rzeki spowodowały wyłączenie lub zmniejszenie wytwarzania energii, gdy woda w zbiornikach spadła poniżej poziomu krytycznego. Naukowcy z Norweskiego Uniwersytetu Nauki i Techniki, przy użyciu 12 modeli klimatycznych zbadali jakim zmianom ulegną prawdopodobnie rzeki do 2050 r. Otrzymano wyniki skazujące, że na obszarach umiarkowanych szerokości geograficznych, przepływy rzek ulegną najprawdopodobniej zmniejszeniu, a na terenie północnej Europy, wschodniej Afryki i południowo-wschodniej Azji może nastąpić wzrost przepływów [25].

## LITERATURA

- [1] Esoleo, Wady i zalety energii wodnej, <https://www.esoleo.pl/baza-wiedzy/poradnik-fotowoltaika-esoleo/oze-i-ekologia/jakie-wady-i-zalety-ma-energia-wodna/>, [16.05.2022].
- [2] Lewandowski W. M., Klugmann-Radziemska E., Proekologiczne Odnawialne Źródła Energii Kompendium, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2017.
- [3] Szrama R., Różycki A. J., Perspektywy dla małych elektrowni wodnych, Biuletyn URE, nr. 4, 1999.
- [4] Tefera W. M., Kasiviswanathan K. S. A global-scale hydropower potential assessment and feasibility evaluations, *Water Resources and Economics*, 38, 2022.
- [5] Gumuła S. i inni, Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Poradnik, Tauronus, 2008.
- [6] E.ON, Energia wodna – jak powstaje i jak jest wykorzystywana, <https://eon.pl/dla-domu/portal-o-odnawialnych-zrodlach-energii/zielona-energia/energia-wodna-jak-powstaje-jak-jest-wykorzystywana>, [15.05.2022].
- [7] Stowarzyszenie Energii Odnawialnej, Energetyka wodna, <http://seo.org.pl/energetyka-wodna/>, [15.05.2022].
- [8] International Hydropower Association, Hydropower Status Report. Sector trends and insights, 2021.
- [9] Anuszczyk J., Maszyny elektryczne w energetyce, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.

- [10] Jackowski K., Elektrownie wodne, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1971.
- [11] Laudyn D. i inni, Elektrownie, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
- [12] Bogdanienko J., Odnawialne Źródła Energii, Biblioteka Problemów, PWN, Warszawa, 1989.
- [13] Jastrzębska G., Energia ze źródeł odnawialnych i jej wykorzystanie, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2017.
- [14] Michalski M., Systemy energii odnawialnej b. 22 Energetyka wodna, [https://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/T7\\_SEO-](https://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/T7_SEO-), [29.06.2022].
- [15] ESHA European Small Hydropower Association, Jak zbudować małą elektrownię wodną? Przewodnik inwestora, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, 2010.
- [16] Hoffman M., Małe elektrownie wodne poradnik, Nabba Sp. Z o. o., Warszawa 1992.
- [17] Paska J., Rozproszone źródła energii, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2017.
- [18] Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M., Energetyka a ochrona środowiska, WNT, Warszawa, 2009.
- [19] Tokarz J., Szanse rozwoju energetyki odnawialnej, Czysta Energia, 10, str. 16-18, 2002.
- [20] World Wide Fund For Nature, Hydroelektrownie szkodzą środowisku i naszym finansom, <https://www.wwf.pl/aktualnosci/hydroelektrownie-szkodza-srodowisku-i-naszym-finansom>, [26.05.2022].
- [21] Henke A., Zalety i wady MEW – środowiskowe aspekty małych elektrowni wodnych, ioze.pl.
- [22] Igliński B. i inni, Technologie Hydroenergetyczne Monografia, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2017.
- [23] Jastrzębska G., Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne, WNT, Warszawa, 2009.
- [24] Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Energia wody, <http://www.uwm.edu.pl/kolektory/energia-wody/elekwodne.html>, [18.05.2022].
- [25] Elektroonline, Przyszłość energetyki wodnej na świecie, <http://elektroonline.pl/a/2355,Przyszlosc-energetyki-wodnej-na-swiecie,,Energetyka>, [28.05.2022].

## ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING HYDROPOWER PLANTS

Review article. The topic concerns traditional hydropower. The first part discusses the hydropower potential of the world and Poland. Then, the basic divisions of hydroelectric power plants were made. The advantages and disadvantages of large and small hydropower plants are described. Concluding remarks are included at the end.

*(Received: 31.10.2022, revised: 17.11.2022)*