

Energia płynąca z rzecznyim prądem

„Wytwarzanie i zużycie energii tkwi u podstaw wszelkich procesów życia na Ziemi. Obok żywności i powietrza energia stanowi jedną z najpoważniejszych materialnych potrzeb życiowych człowieka. Bez pomocy energii człowiek byłby zdany na łaskę środowiska i nie osiągnąłby nawet niewielkiej części swojego obecnego rozwoju.” (Kazimierz Kopecki) [1].

1. Zbiorniki zaporowe na świecie i w Polsce

Hydroenergia to energia powstająca z płynącej wody, w wyniku zamiany energii spadku wody na elektryczną. Pozyskiwanie energii tą drogą uchodzi, obok korzystania z siły wiatru i słońca, za najbardziej „ekologiczny” sposób uzyskiwania prądu elektrycznego. Zdaniem hydrotechników, podczas wytwarzania energii przez elektrownię wodną do atmosfery nie dostają się żadne zanieczyszczenia, a poziom emitowanego hałasu jest niski [2].

Rzeki w historii człowieka odgrywają kulturotwórczą rolę; wzdłuż ich biegu stopniowo powstawały osady czy odbywał się handel. Dla stopniowo powiększających się aglomeracji konieczna była coraz większa ilość wody (konsumpcja i nawadnianie pól), stąd też podejmowano próby jej retencjonowania poprzez piętrzenie [3]; nazwa tego rodzaju sztucznych zbiorników pochodzi od łacińskiego słowa „rento” oznaczającego „zatrzymuję” [4].

Próby przegradzania rzek podejmowane były już w dorzeczach Nilu, Eufratu-Tygrysu czy Indusu, a pierwsze dane o budowie zapór sięgają 4000 lat p.n.e. i dotyczą kamiennej zapory wykonanej w Egipcie [5]. Gwałtowny rozwój budownictwa wodnego nastąpił jednak dopiero w XIX w. gdy opracowano metodę generowania energii elektrycznej. Zapory kamienne wyparte zostały przez betonowe, a następnie przez najpopularniejsze do dziś, tami ziemne [5].

Najwięcej zapór powstało w ubiegłym stuleciu. Tylko w latach 1950-1986 liczba takich obiektów wzrosła prawie siedmiokrotnie. Szacuje się, że obecnie na świecie, w eksploatacji znajduje się około 800 000 tam, z czego 50 000 o wysokości większej niż 15 m. Najwięcej budowli tego typu znajduje się w Chinach (22 000), USA (6 575), Indiach (4 291), Japonii (2 675) oraz Hiszpanii (1 196). Połowa tych konstrukcji powstała w celu gromadzenia wody pitnej, do nawodnień oraz produkcji energii elektrycznej. Ponadto zbiorniki jeszcze inne funkcje: chronią przed powodzią oraz stymulują rozwój turystyki i rekreacji [2][6]. Stwierdzono, że zasoby wody zgromadzonej w zbiornikach zaporowych nawadniają 30-40% gruntów uprawnych świata, a hydroelektrownie umieszczone na tamach dostarczają w przybliżeniu 19% energii elektrycznej produkowanej na świecie [7].

W Polsce wybudowano 99 zbiorników zaporowych, o łącznej objętości ponad 2 mln m³. Gromadzą one około 60 m³ wody w przeliczeniu na mieszkańca kraju, czyli 20 razy mniej niż wynosi średnia w skali światowej; zbiorniki te wykorzystywane są do generowania energii elektrycznej [7].

2. Hydroelektrownie w Polsce

Siłownie wodne zaczęły pojawiać się w Polsce już w XIX w, głównie na potrzeby przemysłu. Inicjatorem ich powstawania był Stanisław Staszic; lokalizowano je głównie na obszarze Podhala (na dopływach Wisły) oraz w Staropolskim Okręgu Przemysłowym (najstarszy okręg przemysłowy w Polsce, położony na obszarze województw: świętokrzyskiego, mazowieckiego i łódzkiego). Po I wojnie światowej powstały dwie elektrownie wodne na Pomorzu (Gródek i Żur), a w 1936 r. rozpoczęto realizację projektu budowy największej w owym czasie europejskiej zapory w Rożnowie, na Dunajcu. Zaporze towarzyszyć miała elektrownia o mocy 50MW. Duże elektrownie, Solina, Włocławek i Żydowo powstały na przełomie lat 60. i 70. XX wieku. Największa w Polsce

elektrownia wodna szczytowo-pompowa, a więc działająca zgodnie z dobowym rytmem zapotrzebowania na energię, o mocy 680W, została uruchomiona w Żarnowcu, w 1983 r., a druga co do wielkości, Porąbka-Żar (500 MW) zaczęła generować energię w 1979 roku. Kolejne duże, szczytowo-pompowe obiekty w historii polskiej hydroenergetyki to Czorsztyn-Niedzica (92 MW) oraz zmodernizowany zespół dwóch elektrowni wodnych Solina-Myczkowice, piętrzących wody Sanu [8].

Mimo tego, że energetyka wodna ma w Polsce długą tradycję, to warunki dla rozwoju tej dziedziny gospodarki nie są sprzyjające. Hydroenergetyczny potencjał Polski w porównaniu z powierzchnią całego kraju jest niski. Ponieważ w Polsce zdecydowanie przeważają tereny nizinne, to spadki koryta rzek są niewielkie. Nierównomiernie rozmieszczone, i niezbyt obfite opady a także duża przepuszczalność gruntów utrudniają retencjonowanie wody [9]. Zasoby energii wodnej wyraża się w ilości energii elektrycznej, jaką można pozyskać z cieków wodnych w ciągu roku. Teoretyczny potencjał hydroenergetyczny Polski szacuje się na 13,65 TWh/rok, natomiast zasoby techniczne możliwe do eksploatacji to 11,95 TWh/rok [10].

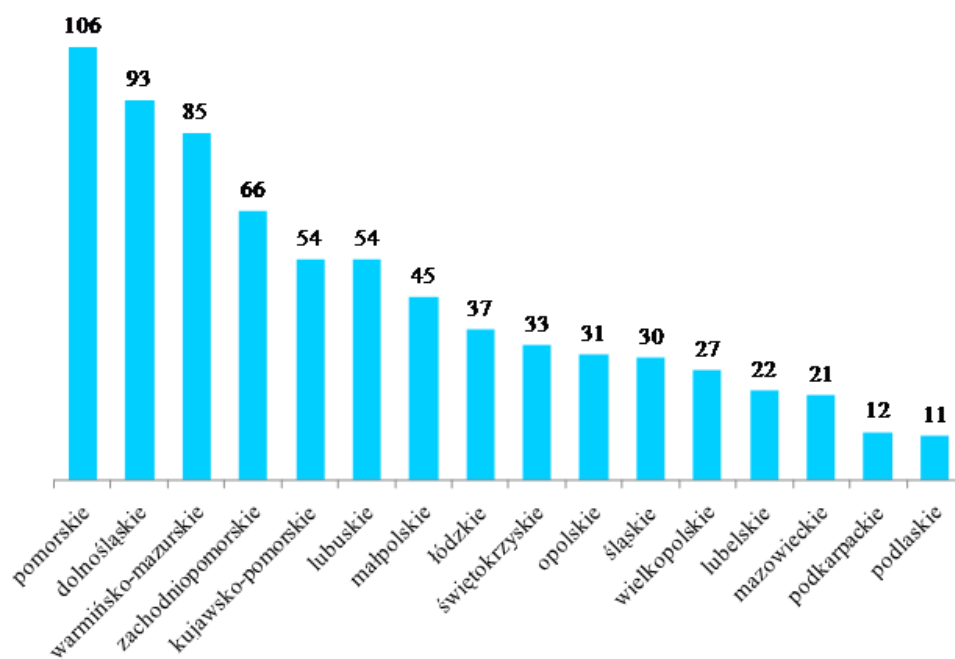
Najbardziej korzystne warunki do rozwoju hydroenergetyki mają dwa rejony: Wisła wraz z dopływami stanowi 77,6% potencjału hydroenergetycznego (9,27 TWh/rok) oraz Odra wraz z dopływami (odpowiednio 20,1 % i 2,4 TWh/rok). Pozostałe 2,3% stanowią pozostałe rzeki, głównie Pomorza i Pojezierza Mazurskiego [10].

Obecnie na terytorium Polski istnieje 727 elektrowni wodnych o łącznej mocy 937,044 MW.

Przeważają instalacje do 0,3 MW, dużych elektrowni (powyżej 10 MW) jest jedynie 6 (Tab. 1., Rys. 1).

Tabela 1. Elektrownie wodne Polski (na podstawie danych Urzędu Regulacji Energetyki (URE), 2010) [11].

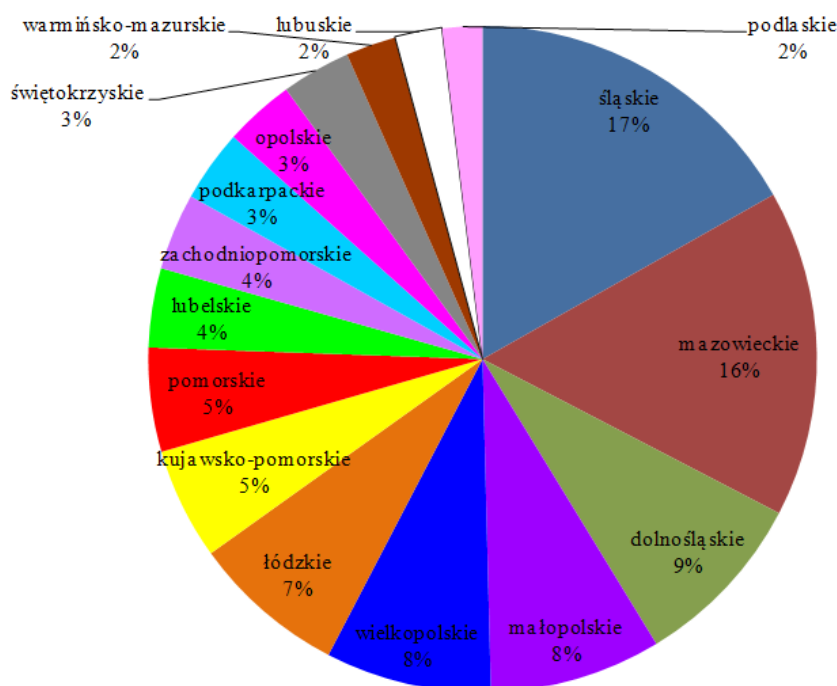
województwo	moc do 0,3 MW	do 1 MW	do 5 MW	do 10 MW	powyżej10MW	Szczytowo -pompowe lub przepływowe z członem pompowym
Pomorskie	87	14	4	1		
Dolnośląskie	60	21	10	2		
warmińsko-mazurskie	75	7	3			
zachodnio-pomorskie	59	4	3			
kujawsko-pomorskie	43	5	3	1	2	
Lubuskie	31	13	9			1
Małopolskie	30	5	7	1	1	1
Łódzkie	36		1			
świętokrzyskie	33					
Opolskie	17	3	11			
Śląskie	27	1			2	
Wielkopolskie	21	1	5			
Lubelskie	21	1				
Mazowieckie	18	2			1	
podkarpackie	9	1		1		1
Podlaskie	11					
SUMA	578	78	56	6	6	3



Rys. 1. Liczba elektrowni wodnych w poszczególnych województwach (na podstawie danych URE,

3. Zasoby Polski na tle innych krajów europejskich

Wraz z rozwojem cywilizacyjnym rośnie zapotrzebowanie na energię. Także w gospodarstwach domowych zwiększa się liczba urządzeń zasilanych energią elektryczną; wielu z nas nie wyobraża już sobie życia bez telewizora czy komputera. Również polski przemysł, chcąc sprostać potrzebom rozwijającej się gospodarki, wytwarza coraz więcej dóbr, ale i zużywa dużo energii. W roku 2009 w Polsce zużyto 134 473 KWh energii elektrycznej, najwięcej w województwach śląskim, mazowieckim i dolnośląskim (Rys. 2).



Rys. 2. Udział procentowy zużycia energii elektrycznej w poszczególnych regionach Polski w roku 2009 [12].

Udziały paliw, z których w Polsce jest wytwarzana energia elektryczna, różnią się od udziałów w innych krajach, zwłaszcza zachodnioeuropejskich. W naszym kraju 95% energii elektrycznej jest wytwarzane z węgla (61% z kamiennego i 34% z brunatnego) [13].

Wyczerpywanie się zasobów paliw kopalnych, przy spalaniu których generowane są duże ilości różnego rodzaju zanieczyszczeń obciążających środowisko naturalne, sprawia, że konieczne staje się wykorzystywanie energii ze źródeł uznawanych za odnawialne. Taką „zieloną” energię definiujemy jako „pochodzącą z naturalnych powtarzających się procesów przyrodniczych, uzyskiwaną z odnawialnych niekopalnych źródeł energii” [14]. Do jej produkcji możemy wykorzystywać energię: wody, wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, oraz wytwarzaną z biomasy stałej, biogazu i biopaliw ciekłych [14].

Wspieranie rozwoju odnawialnych źródeł energii stało się ważnym celem polityki Unii Europejskiej, a zatem gdy Polska stała się państwem członkowskim konieczne stało się pełne dostosowanie krajowych norm dotyczących Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) do zasad unijnych, a w szczególności do postanowień dyrektywy 2001/77/WE.

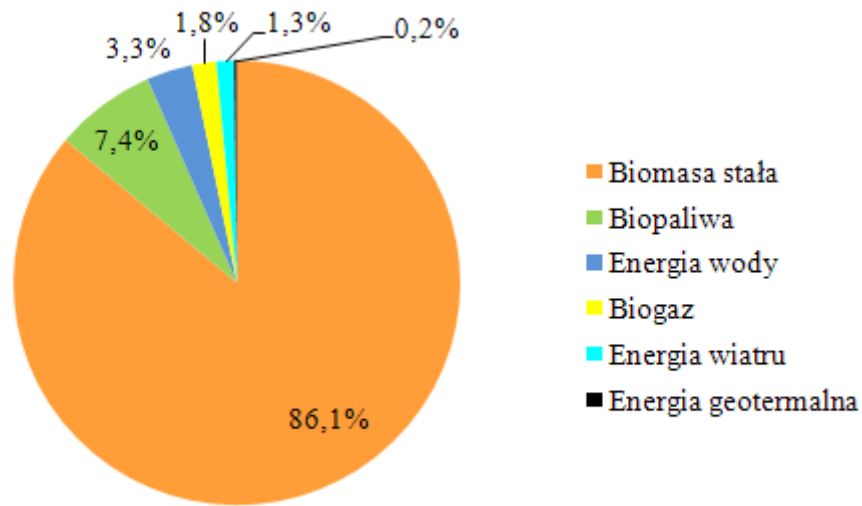
W dniu 2 kwietnia 2004 r. uchwalono ustawę o zmianie ustawy „Prawo energetyczne” oraz ustawy „Prawo ochrony środowiska”, które doprowadziły do istotnych zmian, korzystnych dla podsektora

odnawialnych źródeł energii elektrycznej. Najbardziej ważącą zmianą było umożliwienie sprzedaży praw majątkowych do świadectw pochodzenia, będących dokumentami potwierdzającymi wytworzenie określonej ilości energii elektrycznej w źródle odnawialnym, niezależnie od sprzedaży energii elektrycznej. Następnie ustawą z dnia 4 marca 2005 r. o zmianie ustawy „Prawo energetyczne” oraz ustawy „Prawo ochrony środowiska” nałożono na przedsiębiorstwa energetyczne, sprzedające energię elektryczną odbiorcom końcowym, obowiązek uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia lub uiszczenia tzw. opłaty zastępczej. Przyjęcie nowelizacji ustawy „Prawo energetyczne” zbiegło się w czasie z uchwaleniem „Polityki Energetycznej do 2025 roku” (przyjętej przez Radę Ministrów w dniu 4 stycznia 2005 r). Dokument ten przewidywał monitorowanie i doskonalenie przyjętych mechanizmów wsparcia rozwoju OZE, w celu zwiększenia urynkowania energetyki krajowej i zapoczątkowania zmian zgodnych z tendencjami światowymi [15]. W rezultacie wprowadzonych zmian, w naszym kraju doszło do przyspieszenia rozwoju sektora Odnawialnych Źródeł Energii (Rys. 3).

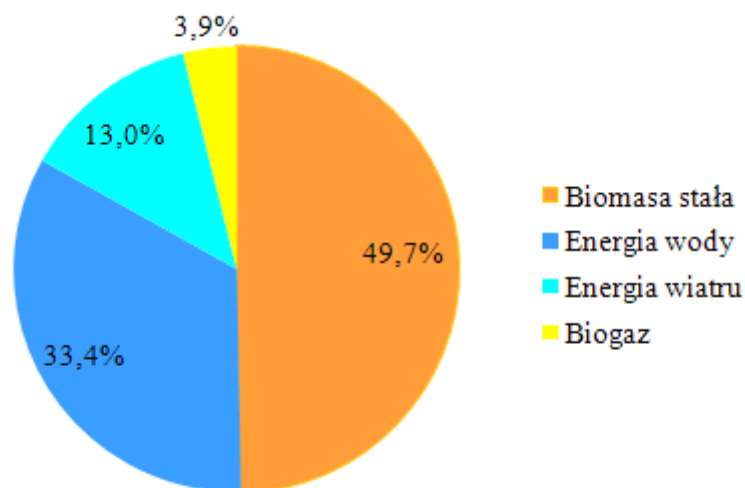


Rys. 3. Pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych w Polsce (na podstawie danych GUS) [14].

Udział energii odnawialnej w bilansie energetycznym kraju wzrasta z roku na rok. W 2009 r. z OZE pozyskaliśmy już 9% energii. W strukturze pozyskania „zielonej” energii największy udział ma biomasa (86,1%) (Rys 4.). Strukturę produkcji energii elektrycznej z OZE przedstawiono na Rys. 5.

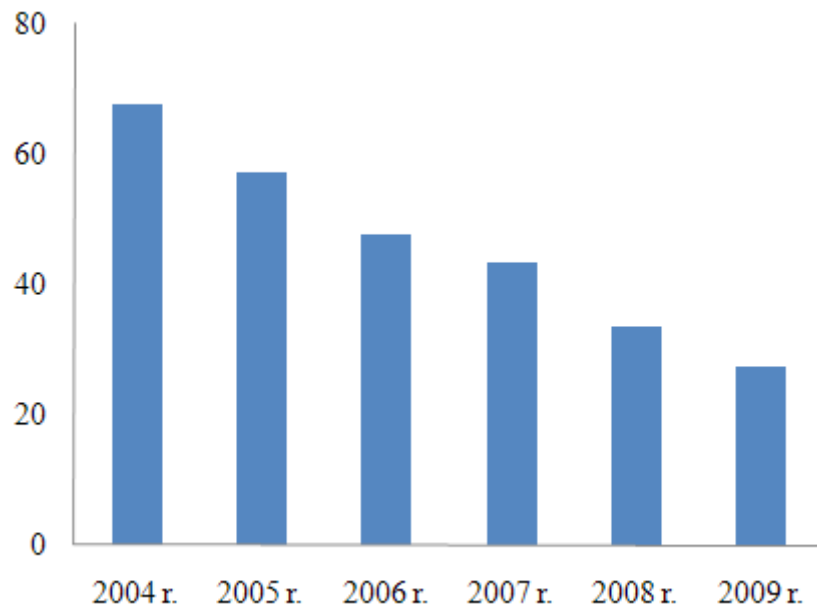


Rys. 4. Struktura pozyskania energii z odnawialnych źródeł w Polsce, w roku 2008 (na podstawie danych GUS) [14].



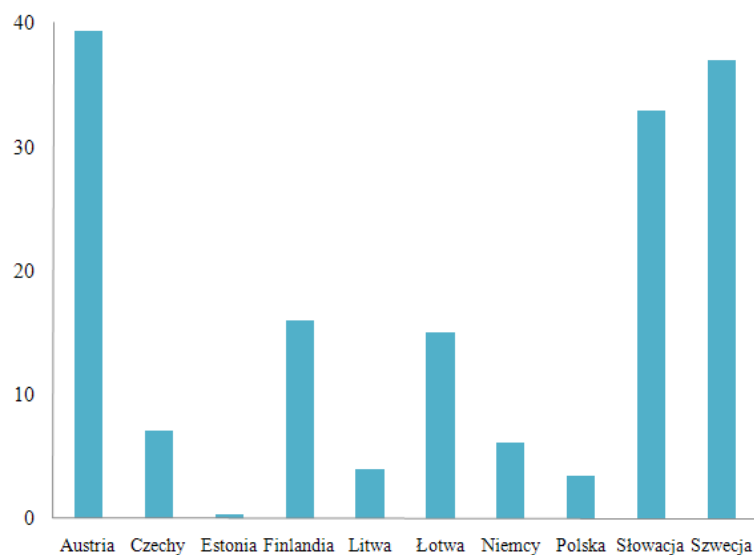
Rys. 5. Struktura produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł w Polsce, w roku 2008 (na podstawie danych GUS) [14].

Kolejnym, bardzo ważnym źródłem energii odnawialnej jest woda. Udział procentowy energii wody w strukturze pozyskania energii z OZE w 2008 r. to 3,3% (Rys. 4). Hydroelektrownie w 2004 r. wyprodukowały 67,7% energii elektrycznej. Niestety, w kolejnych latach zanotowano stopniowy spadek udziału energii wody w ogólnym bilansie pozyskania energii elektrycznej odnawialnej, w roku 2009 było to już tylko 27% (Rys. 6).



Rys. 6. Udział hydroenergii w strukturze produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł w Polsce (na podstawie danych GUS) [14].

Całkowity teoretyczny potencjał energetyczny rzek płynących w państwach członkowskich Unii Europejskiej szacowany jest na 1 603 TWh/rok, a realny potencjał techniczny unijnych zasobów hydroenergetycznych możliwy do wykorzystania to ok. 650 TWh/rok, natomiast szacowany potencjał ekonomiczny wynosi ok. 470 TWh/rok [10]. Należy pamiętać, że w dużej mierze to lokalne warunki geograficzne i klimatyczne wpływają na potencjał hydroenergetyczny. W najlepszej sytuacji znajdują się więc kraje górzyste, w których można zaobserwować duże spadki koryt rzecznych, przykładem takiego kraju jest Austria (Rys. 7).



Rys. 7. Udział energii wodnej w bilansie energetycznym wybranych krajów europejskich w roku 2008 (na podstawie danych GUS) [14].

Z uwagi na to, że celem strategicznym polityki energetycznej Polski jest zwiększanie

wykorzystania zasobów energii odnawialnej, tak aby udział tej energii w końcowym zużyciu energii brutto osiągnął 15% w 2020 roku, konieczne jest dalsze zwiększanie udziału OZE. Wiąże się to także z rozwojem hydroenergetyki.

4. Konsekwencje piętrzenia rzek

Niestety piętrzenie rzeki to nie tylko generowanie energii, ale także ogromny, najczęściej negatywny wpływ na ekosystem rzeki i całego dorzecza. Biocenozy rzeczne stanowią pewien ciągły system na tle gradientów geomorfologicznych i fizyczno-chemicznych (River Continuum Koncept) [16]. Wiele odcinków rzek funkcjonuje zgodnie z założeniami tej teorii (ciągłości rzeki), ale ogromna większość cieków podlega modyfikacjom takim jak punktowe zanieczyszczenia organiczne, zmiana spadku i przepływu (spowodowane regulacją), przebudowa koryta rzecznoego itp. Jednak to zbiorniki zaporowe, przerywając ciągłość rzek, najsilniej modyfikują funkcjonowanie ekosystemu rzecznoego [17][18].

Najważniejszym elementem kształtującym procesy zachodzące zarówno w zbiorniku, jak i odcinku rzeki poniżej tamy, jest jakość dopływającej wody. W zbiornikach piętrzących rzeki górskie następuje dopływ wielkocząsteczkowej materii organicznej i gruboziarnistego rumoszu skalnego. Wody są przejrzyste, zimne i bogatsze w tlen. Natomiast w zbiornikach nizinnych jakość wody dopływającej różni się zwiększoną zawartością rozpuszczonych substancji organicznych. Wody są bardziej mętne, zmniejsza się również ilość tlenu [5]. Kolejnym elementem ulegającym zmianie jest termika rzeki poniżej tamy. Największe wahania temperatury wód rzecznych spowodowane piętrzeniem występują w ciekach strefy klimatu umiarkowanego. Przy dostatecznie dużej głębokości zbiornika w ciepłych porach roku temperatura jego wód ulega wyraźnej stratyfikacji. Powierzchniowe warstwy wody, czyli epilimnion, są wtedy znacznie cieplejsze od wód głębszych czyli hypolimnionu. Woda uwalniana do rzeki poniżej tamy latem jest zimniejsza, a zimą cieplejsza w porównaniu z naturalnym ekosystemem lotycznym [5][19][20].

W wyniku zmiany warunków abiotycznych, biocenozy rzeki stają się bardziej homogeniczne i mniej zróżnicowane. To zjawisko ogranicza dostępną dla wielu grup bentosowych przestrzeń do kolonizacji. Całkowita obfitość makrobezkręgowców może spadać bądź wzrastać, jednakże różnorodność gatunkowa jest z reguły obniżona [17][19][20][21][22]. Również notuje się negatywny wpływ zbiorników na zespoły ryb w odcinkach rzek poniżej tamy [23]. Brak okresowych wezbrań w rzece uniemożliwia odbycie tarła wielu gatunkom ryb, a zapory blokują migrację w górę rzeki anadromicznym i katadromicznym gatunkom [5].

Kolejnymi negatywnymi skutkami piętrzenia rzek są konieczne zatopienia dolin rzecznych prowadzące do wyłączenia ich z użytkowania rolniczego. Niesie to za sobą poważne konsekwencje, między innymi przesiedlenia ludności czy zalanie zabytków architektonicznych i historycznych [2][24].

Znaczne, właściwie katastrofalne konsekwencje dla biocenozy rzecznej poniżej tamy niosą elektrownie wodne, pracujące w okresach szczytowego zapotrzebowania na energię. W tym przypadku dochodzi do bardzo dużych, codziennych wahań poziomu wody; prowadzi to zwykle do bardzo silnego ograniczenia zarówno składu, jak i obfitości organizmów bentosowych w rzece poniżej [25][26]. Te fluktuacje dotyczą też zbiornika [27] i w efekcie powodują odsłanianie brzegów, sprzyjają rozwojowi roślinności lądowej, która po wtórnym podwyższeniu poziomu wody ulega rozkładowi. W połączeniu z dopływającą do zbiornika wodą z zawiesinami organicznymi, może to w znacznym stopniu decydować o trofii zbiornika [28].

5. Województwo łódzkie; teraźniejszość i przyszłość

Instalacje wykorzystujące odnawialne źródła energii, w tym małe elektrownie wodne, mają zazwyczaj charakter lokalny, w efekcie nie wymagają tworzenia scentralizowanej infrastruktury technicznej. Jako małe i rozproszone technologie naturalnie wpisują się w politykę, strategię i plany rozwoju regionalnego oraz lokalnego. Zważywszy na rozproszony charakter oraz ogólną

dostępność zasobów OZE, energetyka odnawialna może stać się czynnikiem pobudzającym rozwój gospodarczy na poziomie regionalnym.

Bardzo istotnym elementem procesu planowania energetycznego jest szacowanie oraz wskazywanie możliwości wykorzystania istniejących na danym terenie zasobów energetycznych, co w przyszłości zaowocuje powstaniem korzyści zarówno o charakterze ekonomicznym, jak i społecznym.

O potencjale hydroenergetycznym województwa łódzkiego wiadomo niewiele. Liczba elektrowni wodnych w tym regionie nie jest duża – 36 obiektów o mocy do 0,3 MW i jeden o mocy nie przekraczającej 5 MW; jest to Elektrownia Smardzewice na Zalewie Sulejowskim.

Hydroelektrownia ta piętrząc wody Pilicy spełnia swą ważną rolę w dostawie „ekologicznej” energii dla miejscowości i obiektów zlokalizowanych nad Zalewem Sulejowskim oraz dla Tomaszowa Mazowieckiego. Dzięki regularnym modernizacjom, podejmowaniu działań profilaktycznych i remontowych, eksploatowana jest od 1973 r. [29].

Największy zbiornik zaporowy na Warcie, a jednocześnie największy akwen i zbiornik retencyjny w regionie łódzkim to Jeziorsko. Wybudowany w 1986 roku w celu regulacji przepływów rzeki (przeciwpowodziowy) i nawadniania użytków rolnych, spełnia również funkcję rekreacyjną.

Zbiornik został wykorzystany do generowania energii o mocy 4,89 MW dopiero w 1994 roku, a więc kilka lat po jego uruchomieniu. Elektrownia wodna (Fot. 1) położona jest na prawym brzegu rzeki Warty, w bezpośrednim sąsiedztwie jazu (Fot. 2) i zapory czołowej. Wyposażona jest w dwie turbiny Kaplana o wale pionowym (Fot. 3) [30]. Niestety, pomimo tego, że 90% powierzchni zalewu znajduje się w województwie łódzkim, a tylko 10% w wielkopolskim, elektrownia podlega pod Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Poznaniu, a więc pod województwo wielkopolskie [31].





Szansą dla rozwoju hydroenergetyki w województwie łódzkim, może być wynalezienie elektrowni wodnej, która pracuje bez piętrzenia rzeki, wykorzystując tylko siłę jej nurtu. Elektrownia Melody to podobne do kół młyńskich koła z łopatkami, częściowo zanurzone w wodzie i poruszane siłą nurtu. Korzyści płynące z budowy tego typu obiektu to między innymi niższe, w porównaniu z klasyczną elektrownią wodną koszty budowy oraz, co jest bardzo istotne, zminimalizowana ingerencja w ekosystem rzeczny (napowietrzanie wody). Pierwsza taka instalacja ma powstać właśnie w Łódzkiem, na rzece Krasowa, we współpracy z Kopalnią Węgla Brunatnego Bełchatów. Będzie się składać z sześciu modułów, każdy o mocy 10 kilowatów. Ich koszt to 10 tys. zł w przeliczeniu na 1 kW zainstalowanej mocy [32].

Warto byłoby przeprowadzić mapowanie obszaru województwa łódzkiego pod kątem rozmieszczenia małych hydroelektrowni, a także określić ich wpływ na środowisko naturalne, aby uzyskać odpowiedzi na następujące pytania:

- Jak dużym potencjałem w zakresie hydroenergetyki dysponuje województwo łódzkie?
- Czy w obrębie naszego województwa mają szansę powstać i/lub powstają nowe elektrownie wodne?
- Jak hydroenergetyka województwa łódzkiego prezentuje się na tle innych regionów?
- Czy Małe Elektrownie Wodne faktycznie są ekologicznymi, przyjaznymi dla środowiska naturalnego źródłami energii?
- Jak wspomóc budowę MEW, zwiększając tym samym udział energii ze źródeł odnawialnych w wytwarzanej w regionie energii?
- Dlaczego energia wodna nie wzbudza szczególnego zainteresowania polskich inwestorów, a ten segment rynku odnawialnych źródeł energii rozwija się w wolnym tempie?
- Jaki wpływ na rozwój hydroenergetyki mogą mieć nowe rozwiązania techniczne, np. niedawno zaprojektowane turbiny niskospadowe lub elektrownie Melody?

Literatura:

- [1] Soliński J. 2007. Energetyka świata i Polski. Ewolucja, stan obecny, perspektywy do 2030 r. Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej, Warszawa, pp. 93.
- [2] Szczerkowska-Majchrzak E., Grzybkowska M. 2008. Piętrzenia rzek i energia wodna; za i przeciw. Kosmos, 57: 295-303.
- [3] Kurzawski M. 2011. Wpływ piętrzenia nizinnych rzek na biologię wybranych grup owadów. Praca doktorska. Biblioteka Katedry Ekologii i Zoologii Kęragowców UL.
- [4] Wiśniewolski W. 2008. Uwarunkowania i prowadzenie gospodarki rybacko-wędkarskiej w zbiornikach zaporowych. Gospodarka rybacko-wędkarska w zbiornikach zaporowych. PZW, 22: 141-161.
- [5] Allan J.D. 1998. Ekologia wód płynących, PWN, pp. 451.
- [6] Warań K., Wójcik R., Kołacki M. 2010. Elektrownie wodne. Ich funkcjonowanie i oddziaływanie na najbliższe środowisko. <http://elektrowniewodne.freehost.pl/>
- [7] Kornijów R. 2009. Controversies around dam reservoirs: benefits, costs and future. Ecohydrology and Hydrobiology, 9: 141-148.
- [8] Mikulski Z. 2004. Rozwój wykorzystania energii wodnej na ziemiach polskich. Gospodarka Wodna, 12: 503-509.
- [9] Zysk A. 2010. Energia z wody. Środowisko, 23: 21-22.
- [10] Leszczyński T.Z. 2009. Hydroenergetyka w Unii Europejskiej. Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki, 6: 1-13.
- [11] Urząd Regulacji Energetyki, www.ure.gov.pl
- [12] Zużycie paliw i nośników energii w 2009 r. Wydawnictwo Głównego Urzędu Statystycznego, www.stat.gov.pl
- [13] Soliński J. 2004. Sektor energii – świat i Polska. Rozwój 1971-2000, perspektywy do 2030 r. Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej, Warszawa, pp. 52.
- [14] Energia ze źródeł odnawialnych w 2009 r. [Wydawnictwo Głównego Urzędu Statystycznego](http://www.stat.gov.pl)
- [15] Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, projekt, Warszawa 2010.
- [16] Vannoté R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E. 1980. The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37: 130-137.
- [17] Ward J. S., Stanford J. A. 1980. Tailwater biota: ecological response to environmental alternations. Proceedings of the symposium on surface water impoundments ASCE, Minneapolis, Minnesota, pp. 1516-1525.
- [18] Petts G.E. 1984. Impounded river. Perspectives for ecological management. Chichester. John Wiley & Sons, Chichester, England, pp. 326.
- [19] Grzybkowska M., Hejduk J., Zieliński P. 1990. Seasonal dynamics and production of Chironomidae in a large lowland river upstream and downstream from a new reservoir in Central Poland. Archiv für Hydrobiologie, 119: 439-455.
- [20] Grzybkowska M., Dukowska M., 2002. Communities of Chironomidae (Diptera) above and below a reservoir on a lowland river: long-term study. Annales Zoologici, 52: 235-247.
- [21] Armitage P.D. 1987. The classification of tailwater sites receiving residual flows from upland reservoirs in Great Britain, using macroinvertebrate data (In:) J. F. Craig, J.B. Kemper (Eds.) Regulated Streams, Plenum Publ. Co, pp.131-144.
- [22] Penczak T., Kruk A., Grzybkowska M., Dukowska M. 2006. Patterning of impoundment impact on chironomid assemblages and their environment with use of the self-organizing map (SOM). Acta Oecologica, 30: 312-321.
- [23] Penczak T., Głowacki L., Galicka W., Koszaliński H. 1998. A long-term study (1985-1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland. Hydrobiologia, 168: 157-173.
- [24] Bednarek A.T. 2001. Undamming rivers: a reviews of the ecological impacts of dam removal. Environmental Management, 27: 803-814.
- [25] Moog O. 1993. Quantification of daily peak hydropower effects on aquatic effects on aquatic fauna and management to minimise environmental impacts. Regulated Rivers: Research and Management, 8: 5-14.
- [26] Nyman C. 1995. Macrozoobenthos in some rapids in a lowland river in Finland before and after the construction of a hydroelectric power plant. Regulated Rivers: Research and Management, 10: 199-205.
- [27] Jankowski W. 2000. Negatywny wpływ zabudowy hydrotechnicznej rzek na przyrodę. Instytut Ochrony Środowiska, Wrocław. http://tnz.most.org.pl/dokumenty/publ/psopp/ios_1.htm
- [28] Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1976. Hydrobiologia. PWN, Warszawa pp. 661.
- [29] Gajek K. 2004. 30 lat pracy Elektrowni Wodnej Smardzewice. Gospodarka wodna, 1: 32-33.
- [30] Zbiornik wodny Jeziorsko. Wydawnictwo Regionalnego Zarządu Gospodarki wodnej w Poznaniu, 1-21.
- [31] Orłowski W. 1999. Techniczna charakterystyka zbiornika retencyjnego Jeziorsko na Warcie. (w:) Eksploatacja i oddziaływanie dużych zbiorników nizinnych (na przykładzie zbiornika wodnego Jeziorsko). Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań, 7-17.
- [32] Krzemiński J. 2010. Pierwsza na świecie ekologiczna elektrownia wodna powstanie w Polsce. Dziennik Gazeta Prawna. http://forsal.pl/artykuly/463704.pierwsza_na_swiecie_ekologiczna_elektrownia_wodna_powstanie_w_polsce.html



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



*Publikacja powstała w ramach projektu "Bioenergia dla Regionu - Zintegrowany Program Rozwoju Doktorantów",
współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego*