

**Monika Noviello** (monika.lompart87@gmail.com)  
*Instytut Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego im. KEN w Krakowie*  
*ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Polska*

**Adriano Noviello** (adrianonoviello82@gmail.com)  
*Facoltà di Architettura, Università Federico II*  
*Palazzo Gravina, via Monteoliveto 3, 80134 Napoli*

## **Wpływ budowy małych elektrowni wodnych na środowisko przyrodnicze: inwestycje i prognozy na przyszłość na przykładzie Włoch.**

### **The impact of the construction of small hydropower plants on the environment: investments and forecasts for the future - Italy case study**

#### **STRESZCZENIE**

Od kilkudziesięciu lat w Europie wzrasta ilość inwestycji w odnawialne źródła energii. Spośród nich dużą popularnością cieszą się małe elektrownie wodne (MEW). Prowadzone od kilkunastu lat na całym świecie badania i obserwacje skutków oddziaływania budowy i funkcjonowania elektrowni na środowisko pozwalają stwierdzić, iż produkowana energia elektryczna nie powinna być zaliczana do grupy odnawialnych źródeł energii. Badania stanu rzek prowadzone przez Włoskie Centrum Rewitalizacji Rzek (CIRF) wykazały, że największe problemy odnotowano analizując MEW (o mocy do 1 MW), gdyż zyski okazały się niewystarczające w porównaniu do strat środowiskowych odnotowanych w dolinach rzek i w ich korytach. Polegają one na: (1) wydłużeniu okresu niskich stanów wody, (2) bardzo dużych, codziennych wahaniach jej poziomu, (3) przerwaniu ciągłości rzeki z punktu widzenia zmian w jej profilu podłużnym i (4) przerwaniu szlaków wędrówek ryb.

Posługując się narzędziami GIS takimi jak Spatial Analyst, dokonano analizy przekształceń rzek górskich w prowincjach Belluno, Bolzano oraz w dorzeczu rzeki Dora Riparia we Włoszech. Wyniki badań wykazały, że pomimo negatywnych skutków dla środowiska związanych funkcjonowaniem po uruchomieniu MEW o mocy do 1 MW, ilość inwestycji wzrosła. W latach 2009 – 2013 na obszarze tego kraju powstały 673 małe elektrownie wodne, które w nieznacznym stopniu przyczyniły się do wzrostu produkcji energii elektrycznej – 0,8% całkowitej produkcji energii w latach 2009 – 2013.

#### **ABSTRACT**

In recent years in Europe an increasing amount of investments in renewable energy sources has been observed. Among them there are small hydroelectric power plants which gained great popularity (SHPP). Research and observations carried out for several years of the effects of the construction and operation of power plants allow to conclude that produced electricity should not be in the group of renewable energy sources. Research of the state of the rivers carried out by Italian Centre for River Restoration (CIRF) has shown that the biggest problems have appeared when analysing SHPP (up to 1 MW) since profits have turned out to

be insufficient in relation to environmental loss recorded in the valleys of the rivers and water courses. They consist in: (1) extension of the periods of low water levels, (2) large, daily fluctuations in its level, (3) interruption of the continuity of the river as far as the changes in its longitudinal profile are concerned and (4) the discontinuation of the fish migration routes.

Using GIS tools (Spatial Analyst), an analysis was made of the mountain rivers in provinces: Belluno, Bolzano and in the drainage basin of the Dora Riparia river in Italy. Test results have indicated that despite the problems related to functioning of the environment after running the SHPP of the power up to 1 MW, the amount of investments have increased. In years 2009 – 2013 in the area of the country 673 small hydroelectric power plants were built, which have slightly contributed to the increase of electricity production – 0,8% of the total energy production in years 2009 – 2013.

**Słowa kluczowe:** mała elektrownia wodna, zmiany antropogeniczne, przepływ wody, stowarzyszenie CIRF, Systemy Informacji Geograficznej

**Key words:** small hydropower plant, anthropogenic changes, water flow, CIRF association, Geographic Information System

## WSTĘP

Problematyka inwestycji w odnawialne źródła energii jest obecnie często poruszana z uwagi na bezpieczeństwo energetyczne i ochronę środowiska. W wielu publikacjach znajdujemy często różne opinie w tej kwestii. Inwestycja w odnawialne źródła energii musi obejmować analizę możliwości osiągnięcia zysków ekonomicznych i wysokości szkód przyrodniczych spowodowanych w omawianym przypadku budową i funkcjonowaniem hydroelektrowni. Należy podkreślić, że energia wody może być traktowana jako źródło odnawialne jedynie wówczas, gdy funkcjonująca infrastruktura (hydroelektrownia) nie naruszy równowagi ekologicznej cieków. W ciągu ostatnich lat prowadzone są intensywne dyskusje na temat konieczności inwestycji w Odnawialne Źródła Energii (OZE). Nie należy zapominać, że pojęcie „odnawialne” nie jest równoznaczne z „ekologiczne” (Dąbrowski 2013). Problemem jest niekiedy pomijanie w projektach inwestycji istotnych uwarunkowań środowiskowych (np. rzeźba terenu, zagospodarowanie terenu w pobliżu inwestycji i terenów przyległych, lokalne uwarunkowania klimatyczne). Duże wątpliwości co do bezpieczeństwa dla środowiska budzi produkcja energii elektrycznej przy wykorzystaniu elektrowni wodnych. Problem ten nasila się, gdy nawet mniejsze cieków wodne zostają wskazane jako potencjalne miejsca pod tego typu inwestycje. Ma to ogromne znaczenie, gdyż stosowane od wieków „ujarzmianie” rzek i zdobywanie tym sposobem przestrzeni życiowej dla człowieka spowodowało duże, a niekiedy wręcz nieodwracalne straty w ekosystemach rzek i ich dolin (Jankowski 2014). Zaznacza się to szczególnie tam, gdzie chronione są walory przyrodnicze, istotne dla gospodarki, turystyki i rekreacji. Problem ten zauważa się głównie na obszarach, gdzie ilość elektrowni wodnych jest bardzo duża, a ich liczba nadal rośnie. Przykładem są Włochy, gdzie w ostatnich latach liczba zgłoszonych do realizacji inwestycji w hydroenergetykę gwałtownie wzrosła. Analiza lokalizacji elektrowni wodnych jakie zostały wykonane w 2014 roku przez C.I.R.F. (*wł. Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale, ang. Italy Centre for River Restoration*) wykazują, iż największy wzrost inwestycji przypada na małe elektrownie wodne.

Celem artykułu jest przedstawienie lokalizacji i dynamiki wzrostu liczby elektrowni wodnych, ze szczególnym uwzględnieniem MEW. Teren badań obejmuje następujące obszary: Prowincje Bolzano i Belluno oraz dorzecze rzeki Dora Riparia w Prowincji Piemont. Wskazano odcinki rzek, gdzie dokonywane są pobory wody do celów hydroenergetycznych oraz te odcinki cieków, które w najbliższym czasie mogą zostać wykorzystane do tych celów. Jest to o tyle istotne, iż jak wykazały analizy, interwencji dokonuje się w początkowych (górnym) odcinkach rzek, gdzie bardzo trudno jest utrzymać stały, nienaruszalny przepływ potoków.

## **AKTUALNA SYTUACJA HYDROENERGETYCZNA WŁOCH**

Problemy energetyczne stanowią istotny aspekt poruszany w kontekście zmian klimatycznych (Konferencja w Rio de Janeiro w 1992 roku, Konferencja w Kioto w 1997 roku, Konferencje Klimatyczne ONZ COP). Również Unia Europejska uznała pilną potrzebę podjęcia kwestii zmian klimatycznych. Cele wspólnotowe sformułowała jasno „Dyrektywa 2001/77/EC Parlamentu i Rady Europejskiej z 27 września 2001 roku o promocji produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na rynku wewnętrznym” (Dyrektywa 2001/77/WE). Ustanowiono w niej jako globalny cel wskaźnikowy 12% udziału OZE w konsumpcji energii brutto do roku 2010. Aby osiągnąć ten cel, od wszystkich Państw Członkowskich zażądano ustanowienia narodowych celów wskaźnikowych dla konsumpcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Na rok 2020 wytyczono 20% udziału wszystkich rodzajów energii odnawialnej w globalnej konsumpcji energii brutto (Dyrektywa Parlamentu... 2009). Dyrektywa z 2009 roku zmienia i w następstwie uchyla dyrektywę 2001/77/WE. Zgodnie z jej postanowieniami, na wszystkie kraje członkowskie nałożono nowe cele wskaźnikowe. Zostały one zobowiązane także do przedstawienia szczegółowych planów dochodzenia do celu wskaźnikowego. Plany ten obejmą wszystkie sektory OZE, w tym także energetykę wodną.

Włochy jeszcze w 2005 roku plasowały się na stosunkowo niskim poziomie w produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł (5,2%). Cel, jaki został postawiony to 17% udziału w produkcji energii z odnawialnych źródeł w 2020 roku. Obecnie udział energii z odnawialnych źródeł jest na wysokim poziomie w stosunku do pozostałych krajów Unii Europejskiej (Jak zbudować... 2010). Państwo to posiada najwyższy potencjał techniczny w wysokości 69,0 TWh, co stawia go w czołówce spośród krajów członkowskich UE pod tym względem. Włochy są na trzecim miejscu po Norwegii i Francji, gdzie zainstalowana moc jest odpowiednio na poziomie 29,4 GW, 25,2 GW i dla Włoch 17,5 GW. Roczna produkcja plasuje się na wysokości 38,5 TWh, co stanowi 55,8% wykorzystanego potencjału technicznego.

Dokonując analizy danych PAN (Piano di Azione Nazionale, 2010) bazującej się na wspomnianej już Dyrektywie, wskazano tendencję jaka ma miejsce po wejściu w życie tego dokumentu. We Włoszech odnotowano gwałtowny wzrost udziału produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł. Wskazuje na to fakt, iż w 2012 roku przekroczono o 1,322 GWh postawiony na 2020 rok cel produkcji na poziomie 42 000 GWh (Tab. 1). Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku energii pozyskanej z paneli fotowoltaicznych.

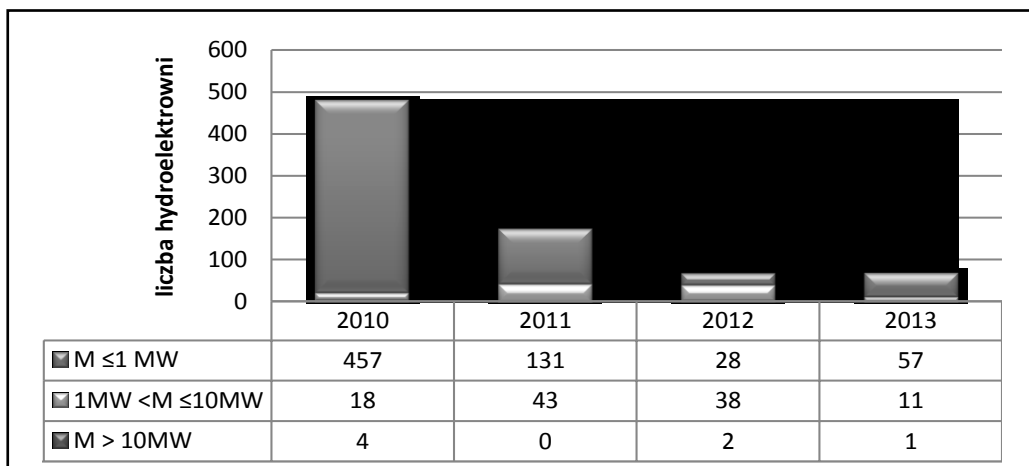
**Tab.1. Założenia na 2020 rok dla odnawialnych źródeł energii we Włoszech i wysokość produkcji na 2012 rok. (źródło: Piano di Azione Nazionale)**

**Tab.1. Objectives for 2020 renewable energy sources in Italy and the height of production in 2012. (source: Piano di Azione Nazionale)**

Odnawialne Źródło Energii	Cele produkcyjne założone na 2020r. (GWh)	Produkcja energii w 2012r. (GWh)	Różnica w produkcji energii na 2020r. (GWh)
Hydroenergetyka	42 000	43 322	1,322
Energia wiatru	20 000	12 373	-7,627
Energia pozyskana z biomasy	18 780	14 236	-4554
Fotowoltaika	11 350	18 323	6 973
Geotermia	6 750	5 854	-896
Ogółem	98 880	94 108	-4772

Analizując dane dotyczące liczby elektrowni wodnych na terenie Włoch, doliczono się 2 970 obiektów, spośród których ponad 1 880 to małe elektrownie wodne (MEW) o mocy poniżej 1 MW. Prognozuje się (na podstawie wniosków składanych do lokalnych urzędów administracji publicznej), że liczba elektrowni wodnych w najbliższych latach może wzrosnąć do 4 829 obiektów, z czego aż 3 541 to MEW (C.I.R.F. 2014). Zaobserwowano również niewielki wzrost propozycji budowy elektrowni o mocy powyżej 1 MW, a jeszcze mniejszy dla obiektów o mocy powyżej 10 MW. Największy wzrost udziału MEW odnotowano w 2010 roku, kiedy na terenie Włoch powstało 457 nowych hydroelektrowni, a w przedziale czasowym 2010 – 2013 ich liczba osiągnęła 673 obiektów (Ryc. 1). Wzrosła również liczba elektrowni wodnych o mocy powyżej 1 MW, a nieprzekraczających 10 MW. Dynamika nie jest jednak tak duża, jak w przypadku MEW. Odnotowano bowiem 110 nowych obiektów powstałych w analizowanym okresie czasowym (2010 – 2013). Tendencję malejącą odnotowano w przypadku dużych elektrowni wodnych – powyżej 10 MW, gdyż z roku na rok liczba nowych obiektów spada (Ryc. 1).

Ze szczegółowej analizy liczby powstałych elektrowni wodnych w latach 2010 – 2013 wynika, że największy wzrost przypada na elektrownie o mocy poniżej 1 MW. W 2010 roku powstało 457 nowych obiektów tego typu, znacznie mniej elektrowni o mocy do 10 MW (18 hydroelektrowni) i jeszcze mniej (tylko 4 hydroelektrownie) o mocy powyżej 10 MW. Tak duży napływ nowych inwestycji w MEW nie ma jednak odzwierciedlenia w ilości produkowanej energii elektrycznej. Analiza procentowego udziału produkcji energii w latach 2009 – 2013 wykazała, że zaledwie 0,8% całości produkowanej przez Włochy energii elektrycznej przypada na małą hydroenergetykę (Tab. 2). Jest to wartość, zdaniem C.I.R.F., niewystarczająca i nieusprawiedliwiająca tak dużych nakładów na tego typu obiekty w stosunku do szkód, jakie ponosi środowisko przyrodnicze. Jest to wstępna analiza jakościowa, która może być podstawą do dokładniejszej analizy ilościowej stanu środowiska. Rozumie się przez to między innymi konieczność dokonania inwentaryzacji ilości i rodzaju gatunków roślin i zwierząt, które występują na omawianym terenie. Potrzebna jest ocena zmian różnorodności biologicznej w ekosystemie lokalnym na skutek budowy i funkcjonowania hydroelektrowni.



Ryc.1. Liczba nowych hydroelektrowni we Włoszech od 2010 do 2013 roku. (źródło: Gestore Servizi Elettrici)

Fig.1. The number of new hydroelectric plants in Italy from 2010 to 2013. (source: Electrical Sectors Manager)

Tab.2. Liczba hydroelektrowni w latach 2009 – 2013 i moc produkowana w tym okresie w stosunku do mocy pozyskanej ze wszystkich źródeł produkujących energię elektryczną we Włoszech. (źródło: Gestore Servizi Elettrici)

Tab.2. The number of hydroelectric plants in 2009 – 2013 and the power produced in this period in relation to the power gained from all sources of energy production in Italy. (source: Electrical Sectors Manager)

2009 - 2013	M ≤ 1 MW	1 MW < M ≤ 10 MW	M > 10 MW
Hydroelektrownie	673	110	7
Moc %	0,8	1,4	1

## PROBLEMY ŚRODOWISKOWE ZWIĄZANE Z BUDOWĄ ELEKTROWNI WODNYCH

Aspekty związane z wpływem elektrowni wodnych na środowisko poruszane były przez wielu autorów prac naukowych (Witek 2012; Dąbrowski 2013; Jaguś, Rzętała 2013). Niestety, pomimo dużego doświadczenia i zróżnicowania budowanych hydroelektrowni nie do końca wiadomo, jaka będzie reakcja przyrody na wprowadzenie do krajobrazu nowego elementu, jakim jest zbiornik wodny. Jego asymilacja w środowisku skutkuje działalnością procesów niewystępujących wcześniej w dolinie (Jaguś, Rzętała 2013). W warunkach dużych przekształceń koryta spowodowanych zabudową hydrotechniczną poniżej zbiorników zaporowych i stopni wodnych dochodzi niejednokrotnie do erozji dennej. Prowadzi to również do spadku poziomu wód w rzece i w rezultacie do obniżenia poziomu wód gruntowych w dolinie. Inne problemy, które dotyczą zmiany koryt i dolin rzecznych to zmiany parametrów ich geometrii poprzez prostowanie biegu koryt, tworzenia jednolitego przekroju poprzecznego oraz ujednolicanie spadków i kształtu – likwidacja bystrzy i plos (Witek 2012; Jankowski 2014). Niekontrolowany pobór wody z cieków (np. w celu zasilania nią turbiny) może doprowadzić do prawie całkowitego wysuszenia odcinków rzeki, z silnym oddziaływaniem na biocenozę wodną nawet wtedy, gdy woda powraca do

cieku niedaleko ujęcia. Jest to spowodowane nie tylko samym niedostatkim wody, ale również wyższą temperaturą wody przepływającej przez turbiny.

Przerwanie ciągłości rzeki uniemożliwia transport rumowiska wleczonego, co jest istotne z punktu widzenia przebiegu procesów erozyjnych w korycie rzek poniżej zapory, a w konsekwencji wpływa na zmiany warunków siedliskowych ichtiofauny (Wyźga i in. 2002, 2003; Wyźga 2007). Istnieje również zagrożenie występowania okresów niskich stanów wody, co prowadzi do wyginięcia wielu gatunków ryb i bezkręgowców. Kolejnym aspektem są bardzo duże, codzienne wahania poziomu wody. Zapewnienie stałego, wysokiego poziomu wody na górnym stanowisku prowadzi do podwyższonego poziomu wód gruntowych, a w konsekwencji zamierania drzew oraz wymierania wielu gatunków roślin i zwierząt. Dużym problemem okazują się osuwiska, do których bardzo często dochodzi powyżej samej zapory. Przyczyn ich występowania należy doszukiwać się między innymi we wzroście poziomu wód gruntowych. Na powstawanie osuwisk ma także wpływ budowa geologiczna terenu (zaleganie i rodzaj warstw, tektonika).

Aby zminimalizować poziom interwencji w korycie rzeczonym należy dobrze zbadać warunki przyrodnicze terenu - topografię i rzeźbę terenu, klimat, ocenić zasoby wodne i potencjał hydroenergetyczny (np. w ramach Opracowania Ekofizjograficznego), wybrać najkorzystniejszą lokalizację i opracować koncepcję wstępną. Metody wyszukiwania optymalnych lokalizacji pod budowę MEW były już poruszane w literaturze polskiej (Dąbrowski 2013) i światowej (Bøckman i in. 2008; Choong-Sung Yi i in. 2010; Mishra i in. 2011). Należy też dokonać oceny oddziaływania hydroelektrowni na środowisko (bezpośrednie, pośrednie, wtórne, skumulowane, krótkoterminowe, średnioterminowe i długoterminowe, stałe i chwilowe oraz pozytywne i negatywne) oraz dokonać doboru odpowiednich, skutecznych środków zaradczych zapobiegających potencjalnym, negatywnym skutkom obejmujących: różnorodność biologiczną, ludzi, zwierzęta, rośliny, wodę, powietrze, powierzchnię ziemi, krajobraz, klimat, zasoby naturalne, zabytki i dobra materialne uwzględniając zależności między tymi elementami środowiska i między oddziaływaniami na te elementy (Ustawa o udostępnieniu informacji... 2008). Ważne są również aspekty techniczne, jak dobór turbin, generatorów i ich układów regulacji oraz ocena ekonomiczna projektu wraz z określeniem możliwości finansowania. W końcowym etapie należy zapoznać się z ramami instytucjonalnymi oraz procedurami administracyjnymi niezbędnymi dla uzyskania pozwoleń na realizację inwestycji (Jak zbudować... 2010; Jak pozyskać Decyzję... 2014).

## **ZALETY BUDOWY MEW**

Do podstawowych zalet inwestowania w MEW należą między innymi: pokrycie deficytu w chwili nagłego zapotrzebowania na energię elektryczną i zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery. Postawienie zapory na rzece skutkuje powstaniem zbiornika retencyjnego, który w sposób znaczący oddziałuje na środowisko, szczególnie na przekształcenie krajobrazu, jednocześnie jednak zwiększa produkcję energii elektrycznej, zabezpiecza przed gwałtownymi zmianami w dostawie przez elektrownię

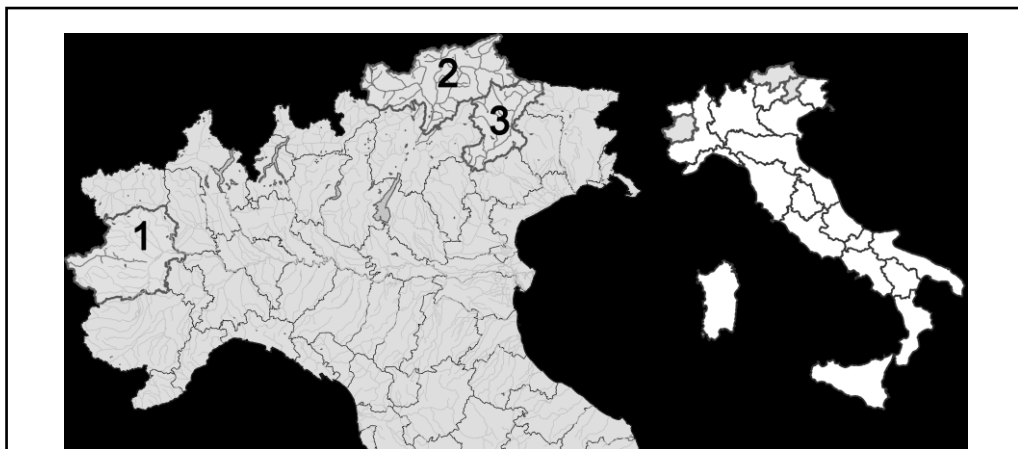
energii do sieci energetycznej oraz zabezpiecza leżące poniżej piętrzenia miejscowości przed powodzią (Dąbrowski 2013). Ważnym aspektem jest wykorzystanie zbiornika retencyjnego do celów turystyki i rekreacji, co pobudza rozwój lokalny gmin, w obrębie których zlokalizowana jest inwestycja.

## WYNIKI

### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Teren badań obejmuje Prowincje Bolzano Trydent – Górna Adyga, Belluno – Wenecja Euganejska oraz zlewnię rzeki Dora Riparia – Piemont (Ryc. 2).

Do głównych rzek Prowincji Autonomicznej Bolzano należą Adyga oraz Isarce i Rienza, które są lewymi dopływami Adygi. Zlewnia rzeki jest drugą co do wielkości (po rzece Pad) w całym kraju, a jej powierzchnia wynosi 12 200 km<sup>2</sup>. Źródła znajdują się na wysokości 1 550 m n.p.m., a całkowita długość rzeki wynosi 410 km. W Prowincji Belluno główną zlewnię stanowi rzeka Piave z jej dopływami – Potoki Cicogna, Limana i Terche. Powierzchnia zlewni rzeki wynosi 4 127 km<sup>2</sup>, a źródła znajdują się na wysokości 2 037 m n.p.m. Jej całkowitą długość oszacowano na 220 km. Powierzchnia zlewni rzeki Dora Riparia wynosi 1 340,26 km<sup>2</sup>, bierze ona swój początek na wysokości 2 500 m n.p.m., a jej długość oszacowano na 101,093 km.

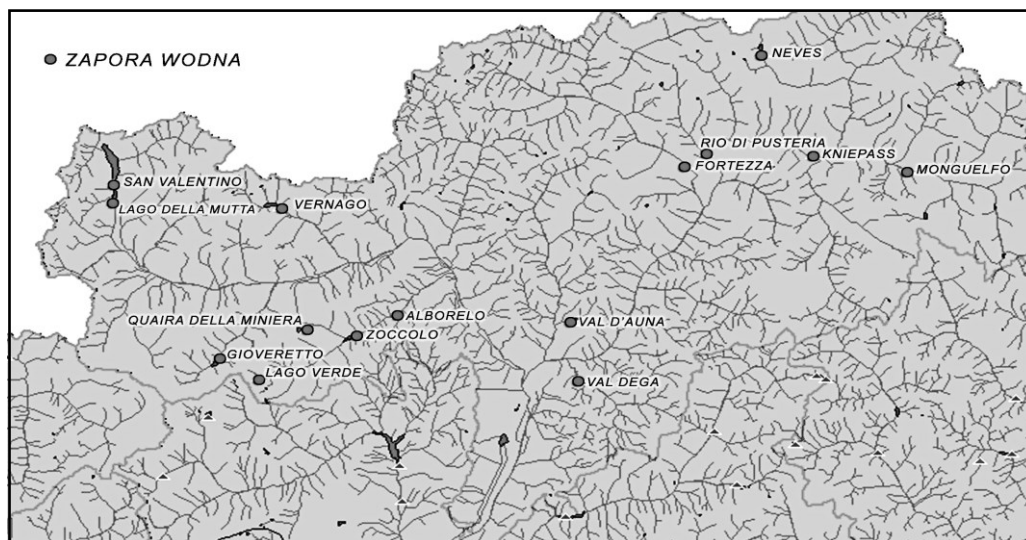


Ryc. 2. Obszar badań: 1 – Zlewnia rzeki Dora Riparia, 2 – Prowincja Bolzano, 3 – Prowincja Bellono. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych ISTAT)

Fig. 2. Area of research: 1 - Dora Riparia catchment area, 2 – Province of Bolzano, 3 – Province of Belluno. (source: own elaboration based on the ISTAT data)

Sieć hydrologiczna badanych obszarów jest bardzo rozbudowana. Wiele potoków górskich bierze swój początek w jeziorach położonych na wysokościach powyżej 2 500 m n.p.m. Badane obszary wyróżniają się występowaniem licznych elektrowni wodnych lokalizowanych tu ze względu na górską i wysokogórską rzeźbę terenu. Ma to istotny wpływ przy budowie małych elektrowni wodnych, gdyż potencjał hydroenergetyczny zależy głównie od dwóch czynników: spadku koryta rzeki oraz przepływów wody. Na te ostatnie wpływ ma charakter rzeki, wielkość opadów i przepuszczalność gruntów. Im większe różnice w wysokościach terenu, tym większa moc produkowana. Dodatkowym atutem terenów górzystych jest łatwość w budowie

elektrowni zbiornikowych. Z tego też powodu to właśnie w regionach alpejskich zlokalizowano największą ilość elektrowni wodnych we Włoszech (Ryc. 3).



Ryc.3. Lokalizacja hydroelektrowni w Prowincji Bolzano. (źródło: opracowanie własne na podstawie strony internetowej Włoskiego Ministerstwa Infrastruktury i Transportu; <https://www.registroitalianodighe.it/>)

Fig.3. Hydroelectric power plant's location in the Province of Bolzano. (source: own elaboration based on the website of the Italian Ministry of Infrastructure and Transport; <https://www.registroitalianodighe.it/>)

### **ANALIZA ROZMIESZCZENIA MEW NA RZEKACH I POTOKACH GÓRSKICH W OBSZARZE BADAŃ Z WYKORZYSTANIEM GIS**

Analiza została wykonana przy pomocy narzędzi GIS. Pozwalają one, m.in. na przyspieszenie, obiektywność i efektywność (w zależności od szczegółowości danych) analizy danych odnoszących się do dużych obszarów. Wyniki badań mogą być przedstawione między innymi w postaci map i wykresów. W badaniach posłużono się danymi dostępnymi na stronach internetowych prowincji każdego z analizowanych obszarów (<http://www.progettodighe.it/main/le-dighe/>). Dostępność danych w formatach .shp w dużym stopniu przyspieszyła i ułatwiła dokonanie analiz przestrzennych. Równie istotne okazały się dane pozyskane przez C.I.R.F. przedstawiające szczegółowe informacje na temat proponowanych inwestycji w MEW na badanych obszarach (Tab. 3).

Wszystkie dane opracowano w programie Arc GIS 10. Przy pomocy mapy topograficznej 1:10 000, określono lokalizację punktów poboru wody do celów hydroenergetycznych (Ryc. 4, 5). Zauważono, że występowanie miejsc poboru wody dominuje w odcinkach początkowych rzek i potoków. Jest to bardzo niekorzystne ze względu na ogromne walory środowiskowe wysokogórskich obszarów Alp, które mogą zostać naruszone podczas realizacji inwestycji.

Na przykładzie dorzecza rzeki Dora Riparia określono również odcinki rzek, które są narażone na istniejące i nowo powstałe pobory wody do celów hydroenergetyki. Jedynie niewielkie, początkowe odcinki cieków wodnych nie są narażone na tego typu interwencje (Ryc. 6). Związane jest to zapewne z niskim

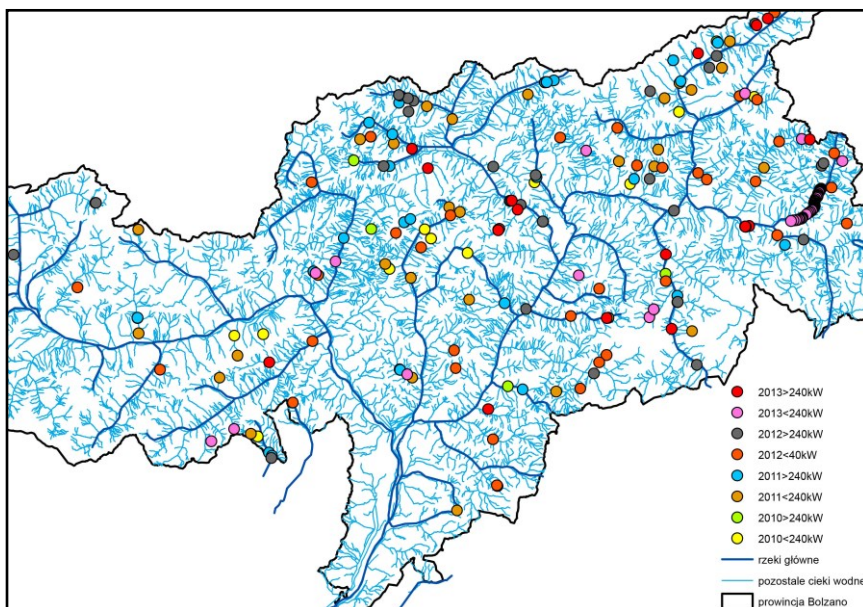


przepływem i trudnością w poborze wody ze względu na znaczne wysokości (powyżej 2 000 m n.p.m.). Pojawiły się propozycje nowych poborów wody do celów produkcji energii elektrycznej. W dorzeczu rzeki Dora Ripiera obserwuje się znaczną ilość odcinków rzek, gdzie dokonuje się poboru wody. Zaburza to w dużym stopniu naturalny przepływ i z pewnością wpływa negatywnie na florę i faunę tego obszaru. Zbyt niski poziom wody w cieku uniemożliwia stworzenie odpowiedniego środowiska do rozrodu ryb i płazów.

**Tab.3. Propozycje budowy MEW w Prowincji Bolzano w 2010 roku. (źródło: C.I.R.F na podstawie danych pozyskanych z Prowincji Bolzano)**

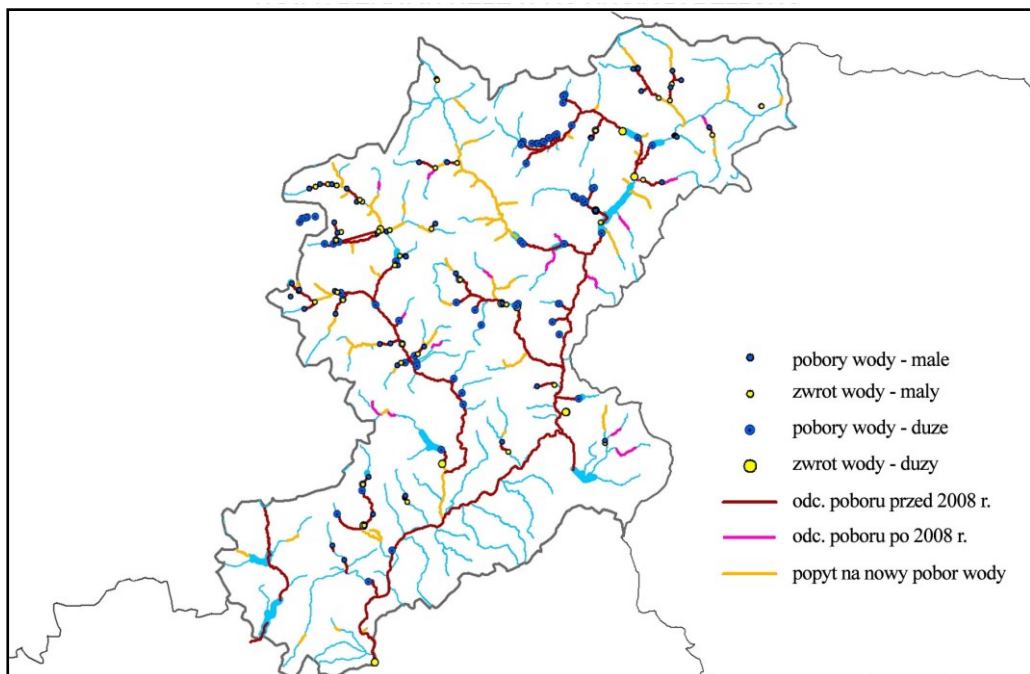
**Tab.3. Proposals for the construction of small hydropower in the Province of Bolzano in 2010. (source: CIRF on the basis of data obtained from the Province of Bolzano)**

Nr zlecenia	Gmina	Ciek wodny	Wody publiczne (Kod)	Moc (kW)	Wysokość (m n. p. m.)	
D/8715/0	SARENTINO	Farnbach	F.315	23,36	1745,00	1665,00
D/8706/0	PROVEIS	Gamperbach	K.5.30	47,72	1323,00	1250,00
D/8725/0	NATURNO	Schleidentalbach	A.235.5	5,87	812,10	788,55
D/8749/0	TIRES	Tschaminbach	Q.16056	64,00	1497,00	1178,20
D/8619/0	SARENTINO	Anteranbach	F.245.10	10,40	1564,00	1506,00
D/8634/0	RIO DI PUSTERIA	Hinterbergbach	C.80.35	49,90	1661,50	1292,50
D/8645/0	RIVA DI TURES - CAMPO TURES	Mucherbach	D.150.95	10,52	1810,00	1670,00



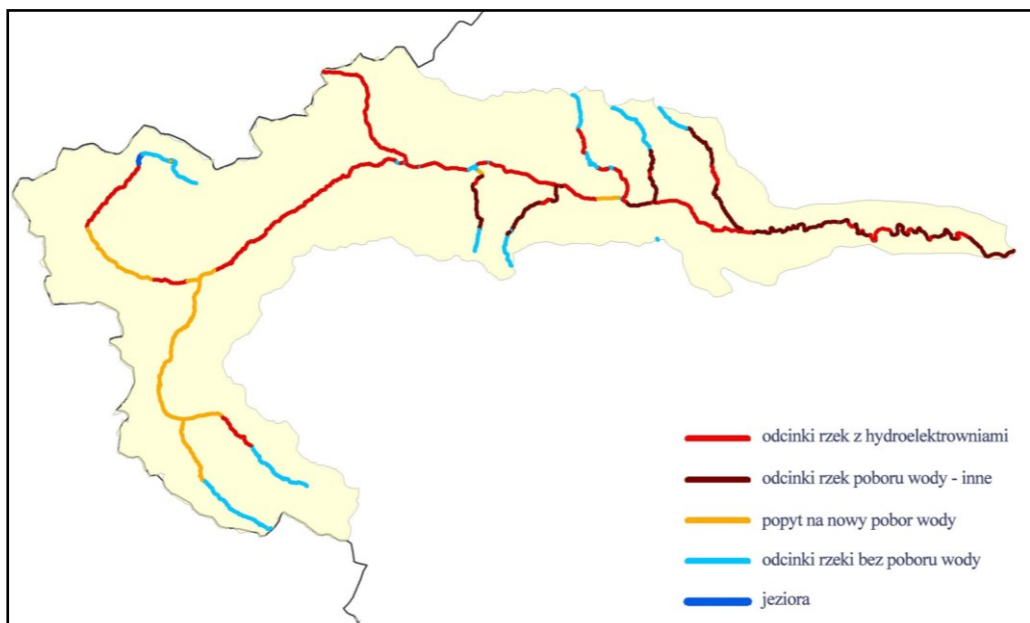
**Ryc.4. Rozmieszczenie proponowanych elektrowni wodnych w Prowincji Bolzano w latach 2010 – 2013. (źródło: opracowanie własne na podstawie C.I.R.F. – dane pozyskane z Prowincji Bolzano)**

**Fig.4. Distribution of proposed hydropower plants in the Province of Bolzano in 2010 – 2013. (source: own elaboration based on the C.I.R.F. – data obtained from the Province of Bolzano)**



Ryc.5. Rozmieszczenie proponowanych punktów poboru wody oraz odcinki rzek poboru przed i po 2008 roku w Prowincji Bellono. (źródło: C.I.R.F.)

Fig.5. Distribution of proposed water intake points and sections of rivers consumption in the Province of Belluno before and after 2008. (source: C.I.R.F.)

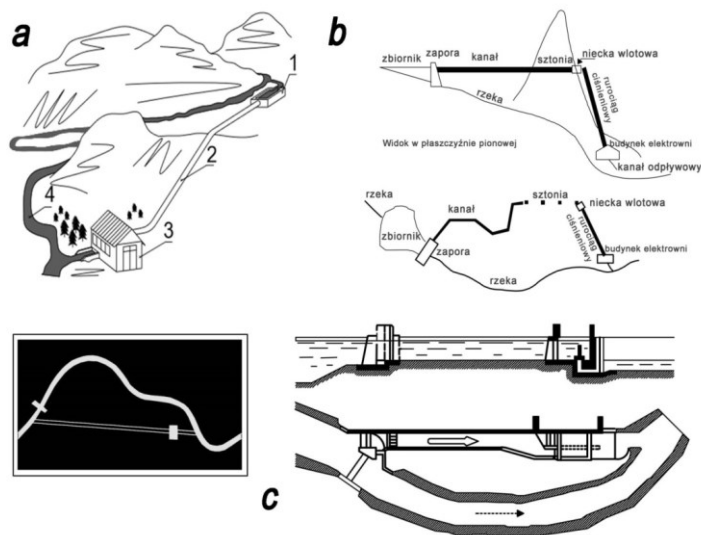


Ryc.6. Odcinki poboru wody w dorzeczu rzeki Dora Riparia – stan 2013 rok. (źródło: C.I.R.F.)

Fig.6. Sections of water intake in the basin Dora Riparia river – condition from 2013 years. (source: C.I.R.F.)

Z punktu widzenia ochrony środowiska niezmiernie ważny jest sposób, w jaki dokonuje się poboru wody na cele hydroenergetyczne. Dlatego też kluczową rolę odgrywa rodzaj proponowanej elektrowni wodnej. Stosunkowo niewielkie zmiany w środowisku (np. utrzymanie odpowiedniego przepływu wody bez ryzyka naruszenia przepływu nienaruszalnego) w porównaniu z innymi typami elektrowni powodują tzw. elektrownie przepływowe, gdyż wykorzystują one już przy małym spadku (kilkanaście metrów) energię przepływającej wody, bez możliwości magazynowania wody i regulacji wytwarzanej mocy elektrycznej. Przy przepływach większych od zainstalowanego przepływu nadmiar wody zostaje skierowany przez upusty jałowe. Przy dopływach niższych od minimalnego przepływu technicznego turbin, elektrownia musi zostać wyłączona. Również w tej sytuacji przepływ wody jest kierowany przez urządzenia upustowe. Z tego mechanizmu wynika, że produkcja dobowa elektrowni jest zależna od średniego dobowego przepływu. Największą produkcję uzyskuje się zwykle utrzymując rzędną górnej wody na stałym najwyższym poziomie (Jak zbudować... 2010).

W wielu wypadkach należy (dla efektywności inwestycji) dokonywać poboru wody w miejscach, które są mało korzystne z punktu widzenia zachowania walorów przyrodniczych. Dlatego niektóre, bardzo długie odcinki rzek są pozbawione naturalnego przepływu, a woda jest kierowana wybudowanym kanałem do elektrowni. Przykładami elektrowni bazującymi się na tego typu rozwiązaniach są elektrownie z derywacją ciśnieniową (7a), z derywacją mieszaną: kanałowo-rurociągową (7b) i kanałową (7c).



Ryc.7. Klasyfikacja elektrowni wodnych ze względu na sposób koncentracji piętrzenia: a) Schemat derywacji ciśnieniowej koncentrującej spad elektrowni: 1 – ujęcie wody, 2 – rurociąg, 3 – elektrownia, 4 – starorzecze; b) Schemat elektrowni z derywacją mieszaną: kanałowo - rurociągową; c) Elektrownia z derywacją kanałową, (źródło: ESHA 2010).

Fig.7. Classification of hydroelectric power plants considering the way of the damming's concentration: a) Scheme of the pressure derivation concentrating fallen power: 1 – water intake, 2 – the pipeline, 3 – power plant, 4 – oxbow lake; b) Scheme of the derivation mixed plant: root canal – pipeline; c) Power of the derivation channel, (source: ESHA, 2010).

Układy doprowadzania wody do elektrowni z zastosowaniem rurociągów ciśnieniowych są stosowane wszędzie tam, gdzie brak jest możliwości umieszczenia wlotu na turbinę bezpośrednio za ujęciem wody z niecki wlotowej. W obiektach średnio- i wysokospadowych budynek elektrowni jest często oddalony od ujęcia wody, a prowadzenie derywacji kanałowej na całym odcinku od ujęcia wody do wlotu na turbinę jest zwykle utrudnione lub niemożliwe. Wówczas derywacja ciśnieniowa stanowi dobre rozwiązanie zastępcze.

Układ elektrowni z derywacją kanałowo–rurociągową jest stosowany, gdy trasa derywacji jest bardzo długa, a warunki terenowe pozwalają na częściowe jej wykonanie w postaci tańszego niż rurociąg ciśnieniowy kanału otwartego. Kanał otwarty doprowadza wodę do niecki wlotowej, skąd woda płynie rurociągiem ciśnieniowym do budynku elektrowni.

Rozwiązania z derywacją kanałową są stosowane na tych odcinkach rzeki, na których występują zakola. Budowa kanału skraca naturalny bieg rzeki, pozwalając na uzyskanie większego spadku niż wynosi spiętrzenie na jazie. W skład układu technologicznego wchodzi tutaj, prócz budynku elektrowni, kanał dopływowy górny z ujęciem wody i kanał odpływowy (Jak zbudować... 2010).

Dobór tego typu rozwiązań inwestycyjnych ma duże znaczenie ze względu na wspomniany już przepływ minimalny cieków wodnych. Woda pobierana do celów hydroenergetyki zmienia swoje właściwości fizyczne – jej temperatura jest wyższa w stosunku do temperatury wody w cieku. Zaburza to lokalne ekosystemy i może doprowadzić do wymarcia wielu gatunków ryb i bezkręgowców.

## **PODSUMOWANIE I WNIOSKI**

Włochy są krajem, gdzie odnotowuje się ciągły wzrost inwestycji w MEW, pomimo, że produkcja energii elektrycznej z tego źródła jest znikoma. Problem stanowi ingerencja na coraz to wyższych odcinkach rzek i potoków, ponieważ w dolnych odcinkach rzeki nie ma obecnie możliwości budowy elektrowni. Szukanie nowych miejsc jest zatem wielkim wyzwaniem. Należy w takich sytuacjach uwzględnić wiele czynników – nie tylko ekonomicznych i technicznych, ale przede wszystkim środowiskowych i społecznych. W przypadku małych elektrowni wodnych o wiele łatwiej zaspokoić wymagania środowiskowe, niż w przypadku elektrowni dużych, gdzie rozwiązania techniczne są mniej elastyczne. Przyczyną tego są ogromne nakłady finansowe na budowę i utrzymanie dużej elektrowni wodnej. Stosunkowo trudno jest uzyskać pozwolenie, a jeszcze trudniej znaleźć dogodny lokalizacji takiego obiektu. W celu wyznaczenia nowego miejsca pod budowę elektrowni wodnej należy uwzględnić czynniki przyrodnicze, społeczne, ekonomiczne oraz uwarunkowania prawne. Znalezienie odpowiedniego miejsca pod inwestycję wiąże się (przed dopuszczeniem do realizacji inwestycji) z koniecznością udokumentowania/inwentaryzacji warunków przyrodniczych przed wydaniem decyzji o odpowiednich uwarunkowaniach środowiskowych. Decyzję tę wydaje wójt (burmistrz, prezydent) w uzgodnieniu ze Starostwem i Państwowym Powiatowym Inspektorem Sanitarnym. W przypadku MEW na ogół do wniosku o decyzję należy załączyć raport o oddziaływaniu inwestycji

na środowisko oraz wstępną koncepcję MEW. Następnie wniosek o uzyskanie decyzji o lokalizacji inwestycji celu publicznego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu kieruje się do Wójta Gminy, na której obszarze proponuje się zlokalizowanie inwestycji wraz z informacją o planowanej inwestycji oraz jej przyszłej lokalizacji, a także decyzję o oddziaływaniu na środowisko. W przypadku, gdy gmina opracowała obowiązujący plan zagospodarowania terenu – wówczas sprawdza się zgodność założeń miejscowego planu z planowaną inwestycją bez potrzeby składania wniosku. Postępowanie wszczyna wójt – opiniuje wniosek z zainteresowanymi stronami i wydaje stosowną decyzję. W kolejnym etapie opracowuje się operat wodnoprawny (hydrologiczny) i uzyskuje się pozwolenie wodnoprawne. W operacie określa się charakter wykorzystania i ilość poboru wody, a także dokonuje się syntetycznego opisu wszystkich urządzeń związanych z wydaniem decyzji wodnoprawnej. Końcowym etapem jest wykonanie projektu budowlanego oraz wystąpienie o pozwolenie na budowę (Podstawowe kroki... 2015).

Jako optymalną lokalizację MEW uznaje się inwestycję przynoszącą maksymalne korzyści społeczne i jak największą opłacalność ekonomiczną, co musi być zgodne z prawem lokalnym (Engel, Jelonek 2010). Powszechnie wiadomo, że nakłady inwestycyjne na budowę małych elektrowni są dużo niższe, niż na budowę dużych. Duże znaczenie we Włoszech ma pomoc ze strony państwa w postaci Zielonych Certyfikatów i dotacji na ten cel, dlatego łatwiej jest również otrzymać zgodę na budowę MEW.

Warunki przyrodnicze miejsc wskazanych jako proponowane lokalizacje elektrowni w Prowincji Bolzano, obrazują jak dużym problemem jest chęć podjęcia nawet kilku tego typu inwestycji w obrębie jednego cieku wodnego. Dlatego też problem stanowi duża ingerencja elektrowni wodnych w przyrodę poprzez ciągły pobór wody na cele produkcji energii. Wprowadza to zaburzenia równowagi ekosystemów. Niskie przepływy wody mogą doprowadzić do wyginięcia wielu gatunków roślin i zwierząt. Dlatego też uważa się, że lokalizacja elektrowni wodnych powinna w pierwszej kolejności opierać się na szczegółowej analizie danych uwarunkowań przyrodniczych ze szczególnym uwzględnieniem dotyczących przepływów wody i zasobów dyspozycyjnych potoków/rzek.

## LITERATURA:

Bøckman T., Fleten S.F., Juliussen E., Langhammer H.J., Revdal I. (2008). *Investment timing and optimal capacity choice for small hydropower projects*. [w:] R. Marti (red.), *European Journal of Operational Research*, 190 (1): 255-267.

Dąbrowski A. (2013). *Ekonomiczne aspekty Małych Elektrowni Wodnych - wyszukiwanie optymalnych lokalizacji pod budowę MEW*. [w:] *Przegląd Prawniczy Ekonomiczny i Społeczny*. (1).

Engel J., Jelonek M. (2010). *Środowiskowe kryteria lokalizowania MEW*. Pozyskano z: [http://gwppl.org/data/uploads/prezentacje/%C5%9Arodowiskowe%20kryteria\\_lokalizowania\\_MEW.pdf](http://gwppl.org/data/uploads/prezentacje/%C5%9Arodowiskowe%20kryteria_lokalizowania_MEW.pdf)

Jaguś A., Rzętała M.A. (2013). *Przekształcenia krajobrazu w warunkach budowy elektrowni wodnej na przykładzie Zbiornika Boguczańskiego na rzece Angarze*. [w:] *Problemy Ekologii Krajobrazu*. (XXXV): 47-54.

- Mishra S., Singal S.K., Khatod D.K. (2011). *Optimal installation of small hydropower plant— A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (8): 3862-3869.
- Witek M. (2012). *Wpływ zabudowy hydrotechnicznej na współczesne kształtowanie rzeźby koryt rzek ziemi kłodzkiej*. *Landform Analysis*. (19): 91-102.
- Wyźga B. (2007). *Gruby rumosz drzewny: depozycja w rzece górskiej, postrzeganie i wykorzystanie do rewitalizacji cieków górskich*. Instytut Ochrony Przyrody PAN. Kraków.
- Wyźga B., Kaczka R.J., Zawiejska J. (2003). *Gruby rumosz drzewny w ciekach górskich – formy występowania, warunki depozycji i znaczenie środowiskowe*. *Folia Geographica ser. Geographica – Phisica*, (XXXIII- XXXIV): 117-137.
- Yi C.S., Lee J.H., Shim M.P. (2010). *Site location analysis for small hydropower using geospatial information system*. 35 (4): 852-861.

### **Źródła internetowe:**

- Bednarska A. (2010, maj). *Hydroenergetyka w Polsce – obecna sytuacja i perspektywy na przyszłość*. Referat wygłoszony na Konferencji Debata o przyszłość energetyki. Częstochowa.
- C.I.R.F. (2014), *L'energia verde che fa male ai fiumi*, Pozyskano z: [http://www.cirf.org/download/cirfdocs/cirf\\_dossier\\_idroelettrico.pdf](http://www.cirf.org/download/cirfdocs/cirf_dossier_idroelettrico.pdf) Dane dotyczące inwestycji w MEW we Włoszech
- Gajda I. M., (2015). *Podstawowe kroki przy realizacji Małej Elektrowni Wodnej*, Pozyskano z: <http://www.migajda.pl/373/index.html>
- Instytut Odnawialnych Źródeł Energii (2014). *Jak pozyskać Decyzję o Środowiskowych Uwarunkowaniach dla MEW*. Magazyn ENERGETYKA WODNA, 1.
- Internetowy System Aktów Prawnych (2015). *Ustawa z dnia 3.10.2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz ocena ich oddziaływania na środowisko*, Dz.U.2008 nr 199 poz 1227, Pozyskano z: <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20081991227>
- Jankowski W. (2014). *Negatywny wpływ zabudowy hydrotechnicznej rzek na przyrodę*. Szkolenie: Przyjazna środowisku strategia ochrony przed powodzią, Wrocław.
- Komisja Europejska (1997, listopad). *Energy for the future: Renewable sources of energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan*. COM(97)599, Pozyskano z: [http://europa.eu/documents/comm/white\\_papers/pdf/com97\\_599\\_en.pdf](http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf)
- Ministero dello Sviluppo Economico (2010). *Piano di Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili dell'Italia*. Pozyskano z: <http://approfondimenti.gse.it/approfondimenti/Simeri/AreaDocumentale/Documenti%20Piano%20di%20Azione%20Nazionale/PAN%20DETTAGLIO.pdf>
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2001, październik). *Dyrektywa 2001/77/WE o promocji energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku elektryczności*. Dziennik Urzędowy UE, L 283, Pozyskano z: <http://www.ure.gov.pl/pl/prawo/prawo-wspolnotowe/dyrektywy/1271,DzU-L-283-z-27102001.html>
- Parlament Europejski i Rada Wspólnoty Europejskiej. (2009). *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania*

*stosowania energii ze źródeł odnawialnych*. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 140/16, Pozyskano z: [http://www.ekoefekt.pl/dokumenty/dokument\\_9.pdf](http://www.ekoefekt.pl/dokumenty/dokument_9.pdf)

Steller, J., Henke, A., Jagielska, J., Kaniecki, M., Trojanowska J., (2010). *Jak zbudować małą elektrownię wodną?* Przewodnik inwestora. ESHA, Bruksela – Gdańsk. Pozyskano z: [http://www.esha.be/fileadmin/esha\\_files/documents/publications/GUIDES/GUIDE\\_SHP/GUIDE\\_SHP\\_PL\\_01.pdf](http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/GUIDES/GUIDE_SHP/GUIDE_SHP_PL_01.pdf)

## **PODZIĘKOWANIA**

Autorzy dziękują Recenzentowi, Pani dr hab. inż. **Wandzie Wilczyńskiej – Michalik**, prof. UP za cenne uwagi i sugestie, które poprawiły jakość naukową artykułu oraz Panu dr **Rafałowi Krocza**kowi za jego pomocne poprawki i sugestie redakcyjne.