

**Marcin Bukowski**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Żuławski Ośrodek Badawczy, Elbląg

## **EKONOMICZNE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA MAŁYCH ELEKTROWNI WODNYCH**

### **1. Wstęp**

Do najbardziej istotnych celów polityki energetycznej Polski należą: zapewnienie niezawodności dostaw paliw i energii, wzrost konkurencyjności gospodarki oraz zmniejszenie negatywnego oddziaływania sektora energetycznego na środowisko. Zadanie to może zostać zrealizowane m.in. przez zwiększenie wykorzystania odnawialnych zasobów energii, co przyczyni się do zmniejszenia zależności kraju od importowanych nośników energii oraz doprowadzi do zmniejszenia emisji szkodliwych gazów i pyłów do atmosfery. Celem artykułu jest przedstawienie ekonomicznych aspektów produkcji energii elektrycznej w małych elektrowniach wodnych. W pierwszej części artykułu przedstawiono informacje dotyczące światowego zużycia energii oraz scharakteryzowano obowiązujące prawodawstwo krajowe, wspierające sektor odnawialnych źródeł energii (OZE). W drugiej części dokonano prezentacji korzyści ekonomicznych, ekologicznych i społecznych uzyskiwanych przez jedną ze spółek energetycznych, zajmującą się produkcją energii w ramach małych elektrowni wodnych.

### **2. Rola energii we współczesnym świecie**

Energia, w szczególności przetworzona na produkt finalny w postaci energii elektrycznej i ciepłej, stanowi niezbędny czynnik rozwoju gospodarczego i podstawowy element cywilizacyjny. Należy ona do najważniejszych czynników decydujących o bezpieczeństwie narodowym. Warunkuje prawidłowy byt człowieka – zwłaszcza w tych krajach, w których temperatura powietrza spada poniżej 10 °C. Ograniczony dostęp do energii hamuje lub nawet uniemożliwia rozwój gospodarczy krajów.

Rozwój gospodarczy i towarzyszący mu przyrost ludności Ziemi powodują wzrost zapotrzebowania na energię. Prognozy demograficzne wskazują na ponaddwukrotny wzrost liczby ludności w 2100 r., co w połączeniu z rozwojem gospodarczym i poprawą jakości życia wpłynie na ponadtrzykrotny wzrost zużycia energii (tab. 1).

Z informacji przedstawionych w tab. 1 wynika, że największy wzrost zużycia energii nastąpi w grupie o jednostkowym zużyciu do 0,2 toe/c. Są to kraje najbardziej ubogie, o niskim poziomie rozwoju gospodarczego. Średnie zużycie energii na jednego mieszkańca Afryki (bez Egiptu i RPA) wynosi obecnie 0,18 toe/c<sup>1</sup> [1]. Ewentualny rozwój tych krajów nastąpi kosztem środowiska, z wykorzystaniem starszych, bardziej uciążliwych dla środowiska technologii. Natomiast w grupie krajów o jednostkowym zużyciu powyżej 3,2 toe/c (m.in. Niemcy i USA – światowy lider o zużyciu 7,6 toe/c) tempo wzrostu całkowitego zużycia energii jest zbliżone do tempa wzrostu liczby mieszkańców. Oznacza to, że jednostkowe zużycie energii zostanie utrzymane na dotychczasowym poziomie. Wynika to z tego, iż rozwój gospodarczy tych krajów związany jest z wprowadzaniem bardziej energooszczędnych technologii. W Polsce w 2002 r. zużycie energii wynosiło 3,55 mln TJ (10<sup>12</sup>) [1], co w przeliczeniu na jednego mieszkańca daje 2,15 toe/c. Dla grupy państw o podobnym do Polski jednostkowym zużyciu energii prognozowany wzrost zużycia do 2100 r. wynosi 1,75.

Tabela. 1. Zużycie energii w świecie według prognozy na 2100 r.

Jednostkowe zużycie energii [toe/c <sup>2</sup> ] (grupy ludności)	Zużycie energii w:				Wzrost zużycia w grupach 2100/1990	Wzrost populacji w grupach 2100/1990	Wzrost zużycia energii na mieszkańca
	1990 r.		2100 r.				
	[EJ <sup>3</sup> ]	[%]	[EJ]	[%]			
0-0,2	2,60	0,77	151,27	13,44	58,22	4,56	12,77
0,2-0,4	13,63	4,06	226,12	20,09	16,59	2,38	6,96
0,4-0,8	34,05	10,15	224,72	19,96	6,60	1,66	3,98
0,8-1,6	23,86	7,11	148,15	13,16	6,21	2,22	2,80
1,6-3,2	26,10	7,78	81,15	7,22	3,11	1,78	1,75
>3,2	235,30	70,13	294,17	26,13	1,25	1,12	1,11
Razem	335,54	100	1125,58	100	–	–	–

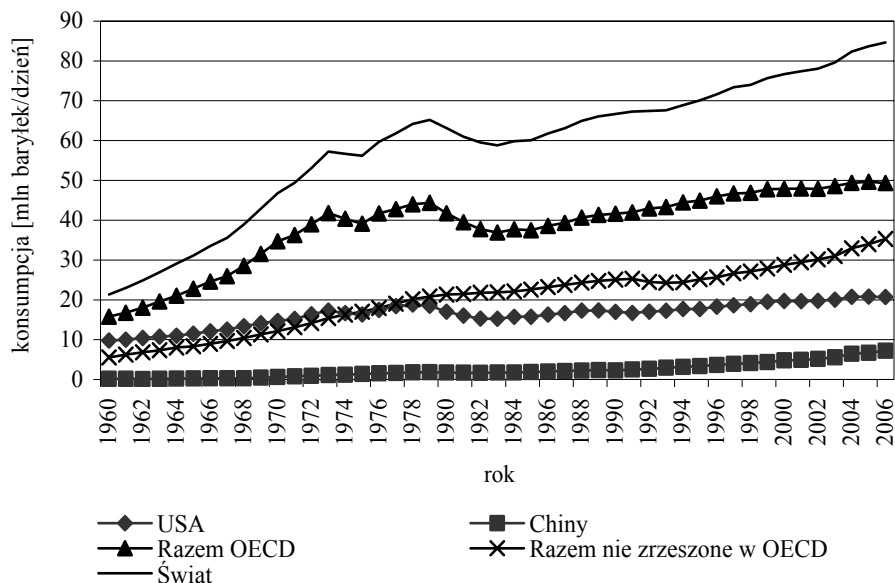
Źródło: opracowanie na podstawie [7].

Ocenia się, że w latach 1975-1999 światowy popyt na ropę wzrósł o 27%, a popyt na gaz o 91% [3]. Natomiast od 1998 r., wraz z dynamicznym wzrostem popytu na ropę naftową ze strony Chin (które reprezentowały w 2006 r. około 8,5% popytu), zapotrzebowanie na te surowce wzrasta szybciej (rys. 1). Europejskie

<sup>1</sup> W cytowanym raporcie podawana jest wartość 5,86 quadrillion (10<sup>15</sup>) Btu – British thermal unit. Wartość ta została przeliczona na jednostki zgodne z układem SI, przy przyjęciu, iż 1 Btu = 1060 J.

<sup>2</sup> toe – tona oleju ekwiwalentnego – równoważnik jednej metrycznej tony ropy naftowej o wartości opałowej równej 10 000 kcal/kg; toe/c – zużycie energii na 1 mieszkańca określone dla 1990 r.

<sup>3</sup> EJ – eksadżul = 10<sup>18</sup> J, 1 J = 0,238846 cal.



Rys. 1. Średnie dobowe światowe zużycie ropy naftowej

Źródło: [2].

zainteresowanie źródłami energii przesuwa się coraz bardziej na rzecz gazu, którego wzrost zużycia kształtuje się podobnie do wzrostu zużycia ropy naftowej. W związku z tym coraz więcej państw wspiera i rozwija pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych. Działanie to zapewnia niezawodność dostaw paliw i energii oraz powoduje zmniejszenie negatywnego oddziaływania sektora energetycznego na środowisko. Zastąpienie węgla kamiennego innymi nośnikami energii daje wymierne korzyści ekologiczne oraz ekonomiczne. Pozyskiwanie energii z paliw kopalnych powoduje bowiem duże straty w środowisku, a koszty jej wytwarzania i wykorzystania nie uwzględniają pełnych kosztów społecznych. Nie jest możliwe uwzględnienie pełnych kosztów ochrony środowiska w cenach energii z paliw kopalnych, dlatego niezbędne stało się dofinansowanie rozwoju czystych ekologicznie źródeł energii. Również w Polsce opracowano system wsparcia energetyki odnawialnej ze źródeł publicznych [8].

### 3. Uwarunkowania prawne rynku energetyki odnawialnej w Polsce

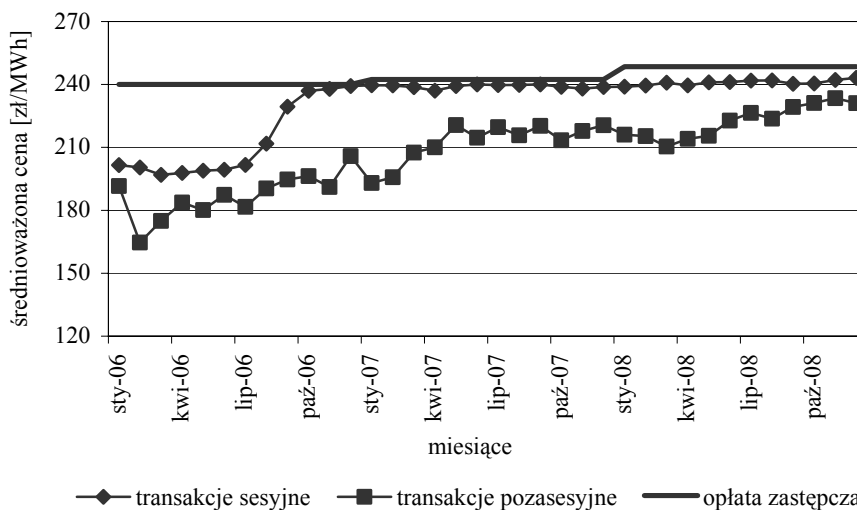
Podstawowym aktem prawnym regulującym rynek energii w Polsce jest ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne [4]. Zawiera ona m.in. regulacje mające na celu promowanie i wspieranie wytwarzania energii elektrycznej w odnawialnych i skojarzonych źródłach energii. Specyfiką tej promocji jest to, że nie

oparto jej na systemie przyznawania przez państwo ulg i zachęt, a na ustawowym nałożeniu obowiązku zakupu (lub wytworzenia) energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Istotnym krokiem mającym na celu wspieranie rozwoju źródeł odnawialnych było wprowadzenie, ustawą z dnia 4 marca 2005 r. o zmianie ustawy Prawo energetyczne oraz ustawy Prawo ochrony środowiska [11], praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia energii elektrycznej wytworzonej w źródłach odnawialnych.

Najważniejszą oraz najistotniejszą konsekwencją rozwiązań przyjętych w tej ustawie było rozdzielenie przychodów ze sprzedaży energii wyprodukowanej w źródłach odnawialnych na dwa strumienie:

- przychody ze sprzedaży energii elektrycznej fizycznej, które otrzymuje wytwórca za sprzedaną energię. Cena jednostki energii ze źródeł odnawialnych jest taka sama jak cena jednostki energii wyprodukowanej z nośnika konwencjonalnego;
- przychody ze sprzedaży praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia: wytwórca otrzymuje płatność z chwilą nabycia przez elektrownię praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia.

Obrót prawami majątkowymi do świadectwa pochodzenia odbywa się na rynku giełdowym w trakcie trwania sesji oraz poza nią, w formie transakcji pozasesyjnych. Wszystkie transakcje dokonywane zarówno w czasie sesji, jak i poza nią są odnotowywane przez TGE. Pierwsza sesja, na której notowane były prawa majątkowe, odbyła się 28.12.2005 r. Na rysunku 2 przedstawiono średniomiesięczne ceny praw majątkowych w transakcjach sesyjnych i pozasesyjnych notowanych przez TGE od stycznia 2006 do grudnia 2008 r.



Rys. 2. Średnioważona cena praw majątkowych w transakcjach sesyjnych i pozasesyjnych notowana od stycznia 2006 r. do grudnia 2008 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji TGE SA [10].

Sumaryczny wolumen energii elektrycznej potwierdzonej świadectwami pochodzenia wyniósł w 2006 r. 3 579 132 MWh, w 2007 r. 4 321 780 MWh, w 2008 r. zaś 6 745 459 MWh.

Z analizy informacji przedstawionych na rys. 2 widać, iż ceny praw majątkowych w transakcjach sesyjnych w okresie od lipca do września 2006 r. gwałtownie wzrosły. Spowodowane to było zwiększonym pod koniec roku popytem związanym z koniecznością wypełnienia obowiązku zakupu. Począwszy od grudnia, cena ustabilizowała się na poziomie niewiele niższym od obowiązującej opłaty zastępczej. W grudniu 2007 r. różnica między opłatą zastępczą a ceną w transakcjach sesyjnych wyniosła 3,69 zł. Można zauważyć, że począwszy do kwietnia 2007 r. cena praw majątkowych w transakcjach pozasesyjnych ustabilizowała się na poziomie około 220 zł i jest ona o około 20 zł większa niż w okresie do lutego 2007 r. Ta podwyżka spowodowana jest podpisaniem w marcu i kwietniu (początek nowego okresu rozliczeniowego) nowych umów pomiędzy producentami energii a jej odbiorcami, znacznie korzystniejszych dla tych pierwszych. Mimo tej podwyżki w grudniu 2007 r. cena praw majątkowych w transakcjach pozasesyjnych była o 18,24 zł (8,5%) niższa od ceny w transakcjach sesyjnych. Różnica wynika z tego, że ceny te ustalane są na podstawie długoterminowych umów pomiędzy producentami energii ze źródeł odnawialnych a elektrowniami. Producent decyduje się na podpisanie takiej umowy, gdyż daje mu ona gwarancję stałego przychodu. W 2008 r. ceny w transakcjach sesyjnych utrzymywały się w dalszym ciągu na poziomie niewiele niższym od obowiązującej opłaty zastępczej (248,46 zł/MW). W dalszym ciągu, po niewielkim spadku na początku roku, utrzymywał się wzrost cen w transakcjach sesyjnych. Na zakończenie roku różnica cen wynosiła 12,04 zł/MW. Można się spodziewać, że tendencje cenowe z 2008 r. zostaną utrzymane w kolejnych miesiącach 2009 r.

Aby wypełnić ustawowy obowiązek, elektrownie konwencjonalne muszą nabyć lub wytworzyć energię ze źródeł odnawialnych stosownie do przewidzianego na dany rok procentu. Przedsiębiorcy, którzy nie zakupią wymaganej ilości tej energii, są zobowiązani do uiszczenia do końca marca następnego roku opłaty zastępczej, odpowiedniej do brakującej im liczby świadectw. Opłata zastępcza stanowi dochód Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Jest obliczana na podstawie wzoru, w którym jednostkową opłatę zastępczą, ustaloną w wysokości 240 zł za 1 MWh (w 2006 r.; w latach następnych aktualizowana na podstawie wskaźnika wzrostu cen towarów i usług konsumpcyjnych za rok poprzedni – zgodnie z obwieszczeniem prezesa URE jednostkowa opłata zastępcza w 2008 r. wynosi 248,46 zł/MWh), mnoży się przez liczbę brakujących danemu przedsiębiorcy świadectw pochodzenia. Opłata zastępcza jest wyższa niż cena rynkowa świadectwa pochodzenia i można ją traktować jako maksymalną cenę, jaką mogą one osiągnąć.

Wprowadzenie systemu świadectw pochodzenia przyczyniło się do znacznego ożywienia na rynku producentów energii odnawialnej. Konsekwencją tego mechanizmu jest cena jednostki energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych wyższa

od ceny energii ze źródeł konwencjonalnych o wartość nabytego świadectwa pochodzenia. Zwiększone koszty zakładów energetycznych przerzucane są na odbiorców końcowych, czyli całe społeczeństwo. Mechanizm ten jest uzasadniony ekonomicznie tylko wówczas, kiedy korzyści społeczne wynikające z zastąpienia tradycyjnych nośników energii (m.in. zmniejszenie emisji szkodliwych gazów i pyłów do atmosfery, zmniejszenie ilości popiołów do składowania), są większe od kosztów społecznych.

#### 4. Wyniki badań

W ramach przeprowadzonych badań dokonano analizy przychodów ze sprzedaży energii elektrycznej uzyskiwanych przez spółkę, której siedziba znajduje się w północnej Polsce. Własnością spółki jest 17 elektrowni przepływowych położonych na rzekach Pomorza, w których roczna produkcja energii wynosi około 40 000 MWh. Wszystkie opisywane elektrownie można zaliczyć do małych elektrowni wodnych (o mocy zainstalowanej poniżej 5 MW). Analizę obejmującą lata 2003-2006 przeprowadzono na podstawie o zapisów księgowych pochodzących od właściciela elektrowni.

Analizowany okres odznaczał się dużą zmiennością warunków hydrologicznych (tab. 2). Największą produkcję odnotowano w 2004 r. (przeszło 41 000 MWh). Podobnie na poziomie średniej produkcji z wielolecia kształtowała się produkcja w 2005 r. Zdecydowanie najmniej korzystny okazał się rok 2006, kiedy ilość wyprodukowanej energii była prawie o 20% mniejsza niż średnia z wielolecia. Spowodowane było to niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi – przede wszystkim upalnym i bezdeszczowym latem oraz łagodną i bezśnieżną zimą.

Tabela 2. Charakterystyka analizowanego okresu

Parametr	Lata			
	2003	2004	2005	2006
Ilość wyprodukowanej energii [MWh]	36 712	41 143	39 741	32 705
Średnia cena* [zł/MWh]	232,11	263,31	297,87	297,49
Wskaźnik wykorzystania mocy	0,41	0,45	0,44	0,36
Wskaźnik wzrostu cen za energię**		1,134	1,131	0,999
Wskaźnik inflacji**		1,035	1,021	1,01

\* średnia ważona, \*\* 100 = rok poprzedni.

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W analizowanym okresie zmieniła się również cena wyprodukowanej energii elektrycznej. W 2003 r. podstawowym odbiorcą energii elektrycznej (fizycznej) był Zakład Energetyczny (ZE) w Łodzi. Na podstawie podpisanej umowy zakład ten odbierał miesięcznie 2500 MWh energii elektrycznej po cenie 245 zł za MWh.

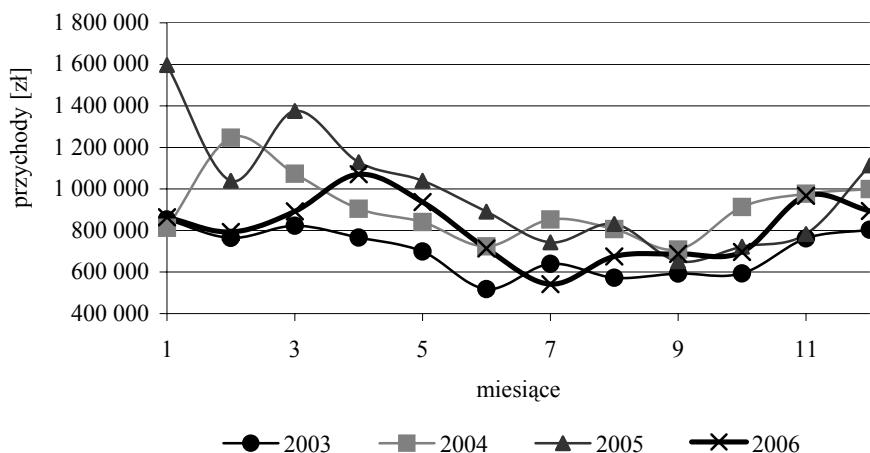
Nadwyżka wyprodukowanej energii sprzedawana była ZE w Koszalinie, w cenie 220 zł/MWh. W 2004 r. cena energii dla obu odbiorców została podniesiona i wynosiła odpowiednio 262 i 260 zł/MWh. Niezwykle sprzyjające warunki meteorologiczno-hydrologiczne pod koniec tego roku spowodowały, iż nadwyżki wyprodukowanej energii mogły być sprzedawane kolejnym dwóm odbiorcom w cenie 278-287 zł/MWh. Z dniem 1 stycznia 2005 r. nastąpiła kolejna podwyżka cen – do poziomu 297 zł/MWh. Począwszy od października 2005 r. w wyniku zmiany przepisów prawnych (wspomniany wcześniej system świadectw pochodzenia) nastąpiła zmiana sposobu rozliczania producenta energii ze źródeł odnawialnych z jej odbiorcą. W wyniku tej zmiany analizowany zakład otrzymywał w okresie październik-grudzień 2005 r. 118 zł/MWh za fizyczną energię wprowadzoną do sieci oraz 183 zł za prawo majątkowe do świadectwa pochodzenia potwierdzającego wyprodukowanie 1 MWh. Wprowadzenie systemu świadectw pochodzenia nie przyczyniło się więc do zwiększenia przychodów ze sprzedaży energii (wzrost cen w porównaniu z wcześniejszymi miesiącami tego roku o 1%). Spowodowane to było podpisaniem niekorzystnej dla producenta umowy, w której cenę prawa majątkowego ustalono na niskim poziomie. Zgodnie z umową cena ta została utrzymana przez cały 2006 r. Dopiero w 2007 r. odbiorca zgodził się na renegotiację umowy, zgodnie z którą skupuje obecnie prawa majątkowe do świadectw pochodzenia za 215 zł.

Dla analizowanego przedziału czasu obliczono średnioroczne wskaźniki wykorzystania mocy. Wskaźnik ten jest stosunkiem rzeczywistej ilości energii wyprodukowanej w danym odcinku czasu (typowo w ciągu roku) do maksymalnej ilości energii, jaka może być wyprodukowana przez elektrownię (moc zainstalowana  $\times$  liczba godzin w jednostce czasu). Przeprowadzone obliczenia wskazują na to, że przeciętny czas pracy analizowanych elektrowni wodnych wynosi 152 dni. Oznacza to, że elektrownie tego typu nie są w stanie całkowicie wyeliminować elektrowni konwencjonalnych, ze względu na brak możliwości przewidzenia ilości energii, jaką dany obiekt może wyprodukować.

Na kolejnym etapie analizy określono miesięczne zmiany w przychodach uzyskiwanych ze sprzedaży energii. Wyniki przedstawione na rys. 3 wskazują na to, iż istnieje wyraźna zależność między porą roku a wielkością uzyskiwanych przychodów. Ze względu na specyfikę rzek nizinnych największe natężenie przepływu obserwuje się w okresie topnienia śniegów, a więc w miesiącach luty-kwiecień. W miesiącach tych zazwyczaj notuje się też największe przychody, które są od 2 (w 2006 r.) do 2,5 (w 2005 r.) razy większe niż w miesiącach letnich. Najbardziej jednorodnym rokiem pod względem uzyskiwanych przychodów okazał się rok 2003. Brak zjawisk ekstremalnych (powodzi, długotrwałych susz) spowodował, że w tym roku różnica między minimalnymi a maksymalnymi przychodami miesięcznymi wyniosła tylko 60%.

Ze względu na korzystne warunki meteorologiczne oraz wysokie ceny największe przychody zaobserwowano w 2005 r. W kolejnym roku – mimo obowiązywania tych samych stawek – ze względu na niskie przepływy w rzekach miesięczne przychody okazały się o 30-45% niższe. Jedynie w listopadzie zaobserwo-

wano 25-procentowy wzrost w porównaniu z analogicznym miesiącem roku poprzedniego. Spowodowały to obfite opady śniegu na początku tego miesiąca; w wyniku późniejszego ocieplenia śnieg bardzo szybko stopniał.



Rys. 3. Miesięczne przychody ze sprzedaży energii elektrycznej w latach 2003-2006

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W dalszej kolejności określono wpływ zainstalowanej mocy na wielkość uzyskiwanych przychodów (rys. 4). Jako średni roczny przychód przyjęto średnią arytmetyczną z rocznych przychodów z analizowanego okresu.

Przeprowadzone obliczenia wskazują na to, że analizowana zależność może być opisana funkcją liniową o wzorze ogólnym:

$$P_r = 1159 \cdot M + 68\,507,$$

gdzie:  $P_r$  – wielkość rocznych przychodów (zł/rok),

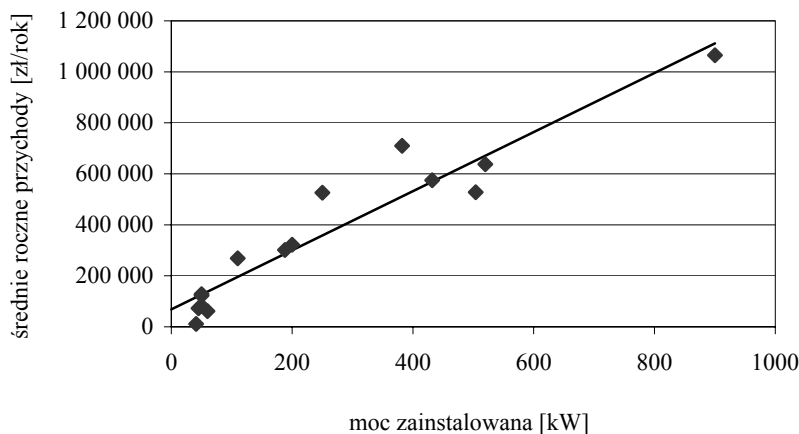
$M$  – moc zainstalowana (kW).

Współczynnik korelacji  $R$  dla tej funkcji wynosi 0,955.

Małe przychody ze sprzedaży energii w przypadku najmniejszych obiektów wynikają ze zużycia znacznej ilości energii wyprodukowanej na własne potrzeby. W przypadku obiektów największych przychody ze sprzedaży energii są przeszło 10-krotnie wyższe niż w przypadku najmniejszych. Ponadto można zaobserwować, iż wzrost przychodów następuje w szybszym tempie niż wzrost mocy zainstalowanej.

Przeprowadzone badania obejmują jedynie przychody ze sprzedaży energii elektrycznej. Dotyczą więc wyłącznie korzyści odnoszonych bezpośrednio przez producenta energii. W ocenie tego typu inwestycji należy jednak brać pod uwagę korzyści społeczne wynikające z zastąpienia węgla kamiennego jako surowca do produkcji energii.





Rys. 4. Zależność między mocą zainstalowaną w elektrowniach wodnych a wielkością rocznych przychodów

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W celu obliczenia korzyści społecznych oszacowano przykładową teoretyczną redukcję zanieczyszczeń wynikającą z zastąpienia elektrowni konwencjonalnej (węglowej) przez elektrownię wodną. Przyjęto, że obie elektrownie mają jednakową moc zainstalowaną równą sumie mocy wszystkich badanych obiektów (moc zainstalowana równa 10,3 MW i roczna produkcja energii 37,6 GWh). Założono, że do produkcji energii elektrycznej w elektrowni konwencjonalnej używano węgla kamiennego, którego wartość opałowa wynosi  $24 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a sprawność produkcji równa jest 0,3. Wyniki przeprowadzonych obliczeń przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Przykładowa redukcja poszczególnych zanieczyszczeń atmosfery

Zanieczyszczenia	Wielkość jednostkowa [kg/t węgla]	Łączna emisja [t/rok]	Oplata jednostkowa [zł/kg]	Oplata całkowita [zł/rok]
SO <sub>2</sub>	8,7	160,9	0,42	67 598
NO <sub>x</sub>	4,6	85,2	0,42	35 797
CO <sub>2</sub>	1 855,6	34 380,2	0,23*	7 907
Pył	2,1	39,3	0,46	18 069
CO	17,6	325,2	0,11	35 776
Razem				165 147

\* stawka w zł/t.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6; 8].

Prezentowane wyniki wskazują na to, że produkcja energii z alternatywnych nośników przynosi widoczne efekty ekologiczne, które należałoby przeliczyć na korzyści ekonomiczne, stanowiące podstawę rachunku makroekonomicznego.

W literaturze brak jest jednak odpowiednich wskaźników pozwalających na oszacowanie tych efektów zewnętrznych. Przyjęcie opłat środowiskowych jako odzwierciedlenia strat w środowisku spowodowanych zanieczyszczeniami powstałymi w wyniku spalania węgla znacznie zaniża wartość efektu w rachunku społecznym. Zgodnie z szacunkami J. Famielec [9] roczna wartość szkód środowiskowych spowodowanych emisją SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, węglowodorów oraz pyłów lotnych wyniosła w 1999 r. 38 500 mln zł. Łączna suma opłat środowiskowych z tytułu emisji do atmosfery w tym samym roku wyniosła natomiast 646,5 mln zł [5]. Oznacza to, że straty w środowisku są prawie 60 razy większe od opłat. Przyjmując ten wskaźnik dla oszacowania społecznych korzyści zastąpienia elektrowni konwencjonalnej elektrowniami wodnymi, otrzymuje się wartość 9826 tys. zł/rok (poziom cen z 2006 r.).

Inny sposób obliczania korzyści społecznych zaprezentowany jest w pracy M. Solińskiej i I. Solińskiego [8]. Według obliczeń przeprowadzanych przez autorów, opierających się na projekcie Komisji Europejskiej ExternE, wartość efektu społecznego wynikającego z zastąpienia elektrowni węglowej bez instalacji odsiarczania spalin elektrownią wodną wynosi 0,373 zł/kWh. W analizowanym przypadku całkowita wartość korzyści obejmujących poprawę jakości środowiska wynosiłaby więc 12 327 tys. zł/rok.

Należy również pamiętać, że korzyści społeczne wykraczają poza korzyści wynikające z ograniczenia emisji do atmosfery. W ocenie tego typu inwestycji należy brać pod uwagę wiele innych korzyści, do których można zaliczyć:

- powstanie dodatkowych miejsc pracy,
- wielokierunkowy rozwój obszarów wiejskich,
- wzrost atrakcyjności turystycznej miejsca,
- poprawę stosunków wodnych,
- ograniczenie budowy linii energetycznych wysokich napięć, a w ślad za tym zanieczyszczenia krajobrazu i powstawania pól elektromagnetycznych o dużej pojemności.

Uwzględnienie tych korzyści społecznych może wydatnie wpłynąć na ocenę makroekonomicznych korzyści z produkcji energii ze źródeł odnawialnych.

## Literatura

- [1] *Annual Energy Review 2003*, Report No. DOE/EIA-0384(2004), Energy Information Administration, September 2004.
- [2] *Annual Energy Review 2007*, Report No. DOE/EIA-0384(2007), Energy Information Administration, June 2008.
- [3] Noreng O., *Crude Power. Politics and the Oil Market*, The Federal Trust for Education & Research, Washington 2006.
- [4] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 15 lipca 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo energetyczne, DzU z 2003 r. nr 153, poz. 1504.

- [5] *Ochrona środowiska 1999 r.*, GUS, Warszawa 2000.
- [6] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska, DzU z 2005 r. nr 260, poz. 2176.
- [7] Rychlicki S., Siemek J., *Analiza trendów energetycznych w świecie i w Europie z uwzględnieniem rynków węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego*, „Polityka Energetyczna” 1998, t. 1, z. 1/2.
- [8] Solińska M., Soliński I, *Efektywność ekonomiczna proekologicznych inwestycji rozwojowych w energetyce odnawialnej*, AGH, Kraków 2003.
- [9] *Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem środowiska naturalnego w Polsce w warunkach transformacji gospodarczej. Część druga*, red. J. Famielec, AE, Kraków 2001 [maszynopis].
- [10] *Towarowa Giełda Energii*, www.polpx.pl (6.04.2009).
- [11] Ustawa o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz ustawy – Prawo ochrony środowiska, DzU z 2005r., nr 62, poz. 552.

## **ECONOMIC ASPECTS OF FUNCTIONING OF SMALL HYDROELECTRIC POWER STATIONS**

### **Summary**

Poland's accession to the EU has caused a necessity of harmonising Polish law with the European law also in the field of energy law. It also enforces the achievement of 7.5% share of energy from alternative sources in the total energy consumption in 2010. This article presents an analysis of energy production on a sample of 17 small hydroelectric power stations, located in the lowland but hilly northern-central part of Poland. The analysis covers a period from 2003 to 2006. The research was based on the information about economic and technical parameters of the analysed objects. The influence of installed power on the revenue from energy sale is analyzed. The reduction of pollution resulting from the replacement of a conventional power station with a hydropower station is estimated in order to calculate its replacements social benefits.