

**Waldemar Gostomczyk**

*Politechnika Koszalińska*

## **ZRÓŻNICOWANIE NAKŁADÓW PRACY I KOSZTÓW W SEKTORZE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII**

### *DIFFERENTIATION OF LABOR AND THE COST OF RENEWABLE ENERGY SECTOR*

**Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, zatrudnienie, koszty**

*Key words: renewable energy sources, employment, costs*

**Abstrakt.** Celem badań była ocena wpływu różnych rodzajów odnawialnych źródeł energii (OZE) na wzrost zatrudnienia i kształtowanie się kosztów wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych. Na podstawie danych dostępnych w literaturze i badań własnych wykazano, że najwyższy potencjał pod względem kreacji nowych miejsc pracy ma rozwój technologii opartych na fotowoltaice. Analiza kosztów wytwarzania energii wykazała, że ze źródeł biomasy najniższe koszty uzyskuje się stosując jako surowiec słomę. Dotychczasowe tendencje wskazują, że w przyszłości OZE mogą być konkurencyjne cenowo w porównaniu do źródeł konwencjonalnych.

### **Wstęp**

Sektor odnawialnych źródeł energii (OZE) jest najbardziej dynamicznie rozwijającym się sektorem w krajach Unii Europejskiej (UE). Obecnie co dziesiąte miejsce pracy powstaje w tym sektorze. Podstawowymi czynnikami, które decydują o rozwoju OZE, są: polityka klimatyczna UE, dążenie do dywersyfikacji źródeł energii i wzrostu samowystarczalności energetycznej, poszukiwania efektywnego wykorzystania zasobów, głównie nadwyżek produktów rolnych i zasobów pracy. OZE charakteryzują się znaczną różnorodnością źródeł pochodzenia, emisją gazów cieplarnianych, parametrów techniczno-ekonomicznych. Wpływają one na pracochłonność i koszty pozyskania energii, a także kształtują konkurencyjność odnawialnych źródeł energii w stosunku do powszechnie obecnie stosowanych paliw konwencjonalnych.

Głównym celem badań było określenie poziomu zróżnicowania nakładów pracy i kosztów zarówno wewnątrz sektora OZE, jak i w stosunku do źródeł tradycyjnych. Wyniki te pozwolą wskazać, które źródła powinny być preferowane i jakie działania należy podjąć, aby ich stosowanie było szersze i powszechniejsze.

### **Material i metodyka badań**

Dynamiczny i stały wzrost wykorzystania OZE pozwala z obecnego punktu widzenia ocenić ich wpływ na zatrudnienie i kształtowanie wielkości i struktury kosztów. Podstawowym materiałem badawczym były opracowania i wyniki przedstawione w literaturze światowej, skonfrontowane z wynikami badań własnych. Materiały te poddano analizie, oceniono wpływ rodzaju OZE na wskaźniki zatrudnienia i kosztów. Uwzględniono również wpływ postępu naukowo-technicznego i innowacji oraz regionalne różnice w rozwoju. Całościowe ujęcie tych czynników pozwala ekstrapolować dotychczasowe trendy do szacowania zatrudnienia w skali lokalnej i regionalnej.

### **Zróżnicowanie nakładów pracy**

Zwolennicy wykorzystania odnawialnych źródeł często podkreślają ich pozytywny wpływ na kreację rynku pracy. Wzrost zatrudnienia jest bardzo ważnym zadaniem rozwijającej się gospodarki, jednak nie jest celem, dla którego paliwa konwencjonalne zastępowane są źródłami odnawialnymi. Nowe miejsca pracy będą powstawać, ponieważ restrukturyzacja energetyki

Tabela 1. Klasyfikacja czynników, źródeł i efektów zatrudnienia w sektorze OZE  
 Table 1. Classification of factors, sources and effects of employment in the renewable energy sector

Rodzaj OZE/ RES type	Efekt zatrudnienia brutto/Gross employment effect				Efekt zatrudnienia netto/ Net employment effect	
	bezpośredniego/ direct	pośredniego/ indirect	eksport/ eksport	import/ import	budżetowy/ budget	substytucyjny/ substitution
Elektryczność/ Electricity  Ciepło/ Heat  Transport/ Transport	produkcja surowców i energii, budowa, montaż, eksploatacja, konserwacja, serwis i in./ production of raw materials and energy, construction, installation, operations, maintenance, service and others	transport surowców, badania naukowe, projektowanie, konstrukcja/ transportation of raw materials, research, design	zatrudnienie generowane w części produktów, maszyn, urządzeń, technologii sprzedawanych do innych krajów/ employment generated by the products, machinery, equipment, technology sold to other countries	zatrudnienie w części produktów, maszyn importowanych/ employment in the products imported machines	wytworzona wartość dodana pomniejszona o wielkość wsparcia finansowego (kolorowe certyfikaty, subsydia, dotacje)/ the generated value addend less the amount of financial support (colored certificates, subsidies, grants)	różnica pomiędzy wzrostem zatrudnienia w OZE a zmniejszeniem zatrudnienia w wydobyciu paliw konwencjonalnych/ the difference between the increase in the extraction of conventional fuels

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kratzat, Lehr 2007  
 Source: own study based on Kratzat, Lehr 2007

w oparciu o OZE wymusza tworzenie nowych przedsiębiorstw, produkcję nowych surowców, budowę i obsługę nowych instalacji. Zatrudnienie to może mieć charakter bezpośredni i pośredni.

W krajach UE zatrudnienie w OZE jest rezultatem rozwoju przemysłów pracujących na rzecz tego sektora. Wykorzystanie OZE wymaga kotłów, generatorów, turbin, fotoogniw i innych technicznych urządzeń. Korzystają na tym przede wszystkim kraje wytwarzające nowoczesne, innowacyjne instalacje, w znacznej części eksportowane do krajów trzecich. Ten kierunek działania w coraz szerszym zakresie stosują polskie przedsiębiorstwa, włączając się w europejski rynek (tab. 2).

Po raz pierwszy zagadnieniem zróżnicowania i struktury zatrudnienia w sektorze OZE zajęli się Kammen i współpracownicy [2004]. Przeanalizowali oni przeciętne zatrudnienie w ciągu całego okresu użytkowania obiektów w fotowoltaice, energetyce wiatrowej (odpowiednio dla małej i dużej skali) i wykorzystującej biomasę oraz porównał je z klasycznymi paliwami, jak gaz i węgiel. Z analiz tych wynika, że najwięcej miejsc pracy w stosunku do zainstalowanej mocy powstaje w fotowoltaice, a w energii z wiatru i z biomasy wskaźniki zatrudnienia w dużym stopniu zależą od wielkości instalacji.

Zbliżone wyniki zawiera raport Międzynarodowej Organizacji Pracy opublikowany w 2012 r. W podsektorach

Tabela 2. Struktura zatrudnienia w produkcji energii wiatrowej w 2010 r. (w wybranych krajach)

Table 2. The structure of employment in the production of wind energy in 2010 (in selected countries)

Kraj/Country	Produkcja/ Production	Instalacja/ Installation	Serwis/ Service
	%		
Niemcy/Germany		85	15
Hiszpania/Spain	30	40	30
Dania/Denmark		85	15
Włochy/Italy	20	50	30
Francja/France	50	40	10
Wlk. Brytania/ Great Britain	20	40	40
Polska/Poland	75	10	15
Austria/Austria		90	10
Finlandia/Finland		95	5
Bułgaria/Bulgaria		70	30

Źródło: opracowanie własne na podstawie The state of renewable...2010

Source: own study based on The state of renewable...2010

fotowoltaika i energia wiatrowa więcej miejsc pracy powstaje przy produkcji, budowie i montażu instalacji, a dla biomasy – przy eksploatacji, konserwacji i serwisie. Dla całego sektora OZE zatrudnienie jest wyższe niż w energetyce węglowej (tab. 3).

Zatrudnienie w sektorze OZE wykazuje stałą zmienność w zależności od jej rodzaju i postępu technicznego i technologicznego (tab. 4). Wyniki opracowane na podstawie doświadczeń krajów europejskich wiodących w OZE nie można bezpośrednio ekstrapolować na prognozowanie zatrudnienia w sektorze OZE w Polsce. Branża ta charakteryzuje się wysokim poziomem innowacyjności i wykorzystania efektów postępu naukowo-technicznego. W jego rezultacie wskaźniki zatrudnienia w nowych instalacjach na 1 MW stworzonej mocy w 2010 r. w stosunku do danych z 2003 r. zmniejszyły się przeciętnie o połowę.

Szczególnie wyraźne różnice we wskaźnikach zatrudnienia w poszczególnych sektorach OZE występują pomiędzy krajami rozwiniętymi i rozwijającymi się. W opracowaniach Rutoviza i Harrisa [2012] przy produkcji ciepła w panelach słonecznych liczba miejsc pracy dla wytworzenia 1 MW dla całego globu wynosiła 7,4 osób, dla Afryki 22, Chin 10 i Indii 19,5. Regionalne mnożniki zatrudnienia i dysproporcje pomiędzy poszczególnymi subsektorami będą się stopniowo wyrównywać, dzięki czemu stosowanie odnawialnych źródeł energii stanie się powszechniejsze i bez dodatkowych subsydiów będą one w stanie konkurować z paliwami konwencjonalnymi.

Tabela 3. Średnie zatrudnienie w całym okresie budowy i użytkowania obiektów energetycznych  
*Table 3. Average employment throughout the construction and operation of energy facilities*

Rodzaj/ <i>Type</i>	Produkcja, budowa, montaż/ <i>Manufacturing, construction, installation</i>	Eksploatacja, konserwacja, serwis/ <i>Operation, maintenance, service</i>	Razem/ <i>Total</i>
	osoby/MW mocy/ <i>persons/MW</i>		
Fotowoltaika/ <i>Photovoltaika</i>	5,76-6,21	1,20-4,80	6,96-11,01
Energia wiatrowa/ <i>Wind energy</i>	0,43-2,51	0,27	0,70-2,78
Biomasa/ <i>Biomass</i>	0,40	0,38-2,44	0,78-2,78
Węgiel kamienny/ <i>Coal</i>	0,27	0,74	1,01
Gaz ziemny/ <i>Natural gas</i>	0,25	0,70	0,95

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Investment in renewable... 2012*

Source: own study based on *Investment in renewable... 2012*

Tabela 4. Zmiany zatrudnienia w nowych instalacjach na 1 MW stworzonej mocy  
*Table 4. Changes in employment in new installations of 1 MW of power created*

Rok/ <i>Year</i>	Energia wiatrowa/ <i>Wind energy</i>		Energia geotermalna/ <i>Geothermal energy</i>		Energia solarna – foto- woltaiczna/ <i>Photovoltaic</i>		Energia biomasy/ <i>Biomass energy</i>	
	produkcja, budowa, montaż/ <i>manu- facturing, construction, installation</i>	eksploatacja, konserwacja, serwis/ <i>operation, maintenance, service</i>	produkcja, budowa, montaż/ <i>manu- facturing, construction, installation</i>	eksploatacja, konserwacja, serwis/ <i>operation, maintenance, service</i>	produkcja, budowa, montaż/ <i>manu- facturing, construction, installation</i>	eksploatacja, konserwacja, serwis/ <i>operation, maintenance, service</i>	produkcja, budowa, montaż/ <i>manu- facturing, construction, installation</i>	eksploatacja, konserwacja, serwis/ <i>operation, maintenance, service</i>
osoby/ME/ <i>person/MW</i>								
2003	2,31	0,28	3,60	1,59	6,43	0,11	3,34	2,17
2004	2,08	0,26	3,24	1,51	5,78	0,11	3,01	2,06
2005	1,87	0,25	2,92	1,43	5,21	0,10	2,70	1,95
2006	1,69	0,24	2,62	1,36	4,68	0,10	2,43	1,86
2007	1,52	0,22	2,36	1,29	4,22	0,09	2,19	1,76
2008	1,37	0,21	2,13	1,23	3,79	0,09	1,97	1,68
2009	1,23	0,20	1,91	1,17	3,42	0,08	1,77	1,59
2010	1,11	0,19	1,72	1,11	3,07	0,08	1,60	1,51

Źródło: opracowanie własne na podstawie Heavner, del Chiaro 2011

Source: own study based on Heavner, del Chiaro 2011

### Zróżnicowanie kosztów

Warunkiem rozwoju rynku OZE jest ich odpowiednia podaż oraz konkurencyjność w stosunku do paliw konwencjonalnych. Aktualnie jest ona wspierana przez system certyfikatów. Na koszty wytworzenia energii wpływa rodzaj zastosowanej instalacji i technologii, koszty inwestycyjne i eksploatacyjne (tab. 5).

Instalacje wykorzystujące odnawialne źródła energii charakteryzują się wysokimi kosztami inwestycyjnymi. Najwyższe występują w fotowoltaice, hydroenergii, biogazowniach, instalacjach pracujących w systemie CHP (kogeneracja). W tej grupie najniższe koszty inwestycyjne ma energetyka wiatrowa lądowa. Instalacje te mają również najniższe koszty eksploatacyjne. W sektorze OZE najwyższe koszty eksploatacyjne występują przy wykorzystaniu instalacji bazujących na surowcach biomasowych.

OZE wykorzystywane są do produkcji energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych. Porównując ich obecne koszty wytworzenia i prognozy do 2030 r., można stwierdzić, że ich konkurencyjność będzie wzrastać. Dynamika wzrostu cen energii z OZE jest mniejsza niż dla paliw tradycyjnych. Dla fotowoltaiki nawet wystąpi znaczący ich spadek.

Według Państwowej Agencji Informacji i Inwestycji Zagranicznych (PAIiIZ) roczny koszt utrzymania farmy wiatrowej o mocy 40 MW to średnio 7 mln zł, z tego: 3,4 mln zł pochłania serwis i bieżące zarządzanie, 1,2 mln zł (18%) to podatek od nieruchomości i opłaty za dzierżawę, 1,1 mln zł (16%) pochłaniają koszty związane z bilansowaniem energii, które zależą od warunków pogodowych, ubezpieczenie to ok. 720 tys. zł (10%) oraz energia ok. 330 tys. zł (5%). Przeciętny koszt budowy farmy wiatrowej to ok. 6,8 mln zł w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy.

Tabela 5. Przegląd kosztów nowych instalacji OZE  
Table 5. Review of the cost of new renewable energy installations

Rodzaj instalacji/ <i>RES category</i>	Koszty inwestycji/ <i>Investment costs</i> [EUR/kW <sub>el</sub> ]	Koszty eksploatacji i obsługi na rok/ <i>Operations &amp; maintenance costs per year</i> [EUR/kW <sub>el</sub> ]
Biogazownie rolnicze/ <i>Agricultural biogas plant</i>	2550-4290	115-140
Biogazownie rolnicze + CHP/ <i>Agricultural biogas plant + CHP</i>	2760-4500	120-145
Biogazownie – odpady/ <i>Landfill gas plant</i>	1280-1840	50-80
Biogazownie – odpady + CHP/ <i>Landfill gas plant + CHP</i>	1430-1990	55-85
Biogazownie – ścieki/ <i>Sewage gas plant</i>	2300-3400	115-165
Biogazownie – ścieki + CHP/ <i>Sewage gas plant + CHP</i>	2400-3550	125-175
Biomasa stała/ <i>Biomass plant</i>	2225-2530	75-135
Biomasa stała + CHP/ <i>Biomass plant + CHP</i>	2600-4230	80-165
Współspalanie/ <i>Cofiring</i>	550	60
Współspalanie + CHP/ <i>Cofiring + CHP</i>	220-550	85-115
Geotermia/ <i>Geotherm</i>	2000-3500	100-170
Hydroelektrownia – duża skala/ <i>Hydro large scale</i>	850-3650	35
Hydroelektrownia – mała skala/ <i>Hydro small scale</i>	1450-5950	35
Fotowoltaika/ <i>Photovoltaics</i>	5080-5930	38-47
Słoneczna – termalna/ <i>Solar thermal electricity</i>	2880-4465	163-228
Energia pływów – brzegowa/ <i>Tidal shoreline</i>	2670	44
Energia pływów – na morzu/ <i>Tidal-offshore</i>	3025	53
Energia falowa morska brzegowa/ <i>Wave-shoreline</i>	2135	44
Energia falowa morska, na morzu/ <i>Wave-offshore</i>	2850	53
Wiatrowa – lądowa/ <i>Wind onshore</i>	1115-1295	33-36
Wiatrowa morska brzegowa/ <i>Wind-nearshore</i>	1590	55
Wiatrowa morska – odległość 5-30 km/ <i>Wind-offshore 5-30 km</i>	1770	60
Wiatrowa morska – odległość 30-50 km/ <i>Wind-offshore 30-50 km</i>	1930	64
Wiatrowa morska – odległość >50 km/ <i>Wind-offshore &gt;50 km</i>	2070	68

Źródło: opracowanie własne na podstawie Ragwitz i in. 2009  
Source: own study based on Ragwitz i in. 2009

Tabela 6. Obecne i prognozowane koszty produkcji energii elektrycznej w wybranych technologiach  
 Table 6. Actual and projected costs of electricity production in selected technologies

Technologia/Technology		Koszty produkcji energii elektrycznej/ Electricity production cost [EUR/MWh]		
		stan w 2008 r./ state of 2008	prognoza w 2020 r./ prognosis for 2020	prognoza w 2030 r./ prognosis for 2030
Generacja scentralizowana/ Centralized generation	gaz/gas	60-70	105-115	115-125
	węgiel/coal	50-60	95-110	95-105
	energetyka jądrowa/ nuclear energy	55-90	55-90	55-85
Generacja rozproszona/ Dispersed generation	biomasa stała/solid biomass	80-195	90-215	95-220
	biogaz/biogas	55-215	50-200	50-190
	wiatr na lądzie/wind on shore	75-110	55-90	50-85
	mała energetyka wodna/ small hydro power	60-185	55-160	50-145
	fotowoltaika/photovoltaic	520-880	270-460	170-300

Źródło: opracowanie na podstawie *Energy Sources...2008*  
 Source: own study based on *Energy Sources...2008*

Tabela 7. Ceny paliw dla różnych frakcji biomasy stałej w krajach UE z wyłączeniem importu  
 Table 7. Fuel prices for various fractions of solid biomass in EU countries with the exception of imports

Rodzaje biomasy/Types of biomass	Zakres kosztów paliw/Fuel cost ranges		
	minimum	maksimum	średnia ważona/ weighted ranges
	energia pierwotna/ primary energy [EUR/MWh]		
Rzepak i słonecznik/Rape&sunflower	32,3	40,4	37,2
Kukurydza, pszenica (ziarna)/Maize, wheat (corn)	26,6	33,2	30,6
Kukurydza, pszenica (całe rośliny) /Maize, wheat (whole plant)	29,8	29,8	29,8
Wierzba/Willow	27,4	32,9	29,2
Miskantus/Miscanthus	27,1	34,1	30,0
Trawy/Switch grass	17,9	31,9	25,9
Sorgo/Sweet sorghum	31,0	40,9	40,9
Produkty rolnicze – razem/Agricultural products – total	17,9	40,9	31,9
Słoma/Straw	12,2	14,7	13,4
Produkty leśne (zrębki)/Forestry products (chips)	17,8	22,3	20,6
Biodegradowalne frakcje odpadów komunalnych/ Biodegradable fraction of municipal waste	-3,8	-3,8	-3,8
Biomasa stała – razem/Solid biomass total	-3,8	40,9	16,4

Źródło: jak w tab. 5  
 Source: see tab. 5

Tabela 8. Przegląd ekonomicznych specyfikacji biopaliw transportowych  
 Table 8. Economic overview specification of transport biofuels

Rodzaj biopaliw/ RES-T category	Rodzaj surowca/ Fuel input	Koszty inwestycyjne/ Investment costs [EUR/kW]	Koszty eksploatacji i obsługi [EUR/kW/rok]/Operations and maintenance costs [EUR/kW/year]
Biodiesel (FAME)	rzepak, słonecznik/ rape and sunflower	210-860	10,5-45
Bioetanol (EtOH)	kukurydza, pszenica, pszen- żyto/maize, wheat, triticale	640-2200	32-110

Źródło: jak w tab. 5  
 Source: see tab 5

Obecnie podstawowym źródłem OZE w Polsce jest biomasa. Do wytwarzania energii mogą być wykorzystywane jej różne źródła. Aktualnie najtańszym źródłem biomasy jest słoma, która powinna być wykorzystywana w pierwszej kolejności. W Polsce wykorzystuje się dwa rodzaje paliw transportowych: biodiesel i bioetanol. Ze względu na wysokie koszty wytwarzania bioetanolu, ponad połowę importujemy z krajów wytwarzających go z trzciny cukrowej.

### Wnioski

1. Zatrudnienie w sektorze OZE skutkuje zarówno zatrudnieniem bezpośrednim, jak i pośrednim. Jego efekty mogą być znacząco wzmocnione przez eksport urządzeń. W stosunku do stworzonej mocy najwyższe wskaźniki zatrudnienia występują w podsektorze wytwarzających energię w urządzeniach fotowoltaicznych. Postęp techniczny i innowacyjność powoduje, że zatrudnienie w nowych instalacjach OZE na 1 MW stworzonej mocy wykazuje tendencje malejące.
2. Przegląd kosztów w ramach wykorzystywanych instalacji i technologii wykazuje znaczne zróżnicowanie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Aktualnie najkorzystniejsze parametry ekonomiczne ma energia wytworzona na lądzie przez generatory wykorzystujące energię wiatrową. W podstawowym źródle OZE, jakim jest obecnie biomasa, najniższe koszty wytworzenia energii uzyskuje się stosując jako surowiec słomę.
3. Dotychczasowe tendencje wskazują, że w przyszłości OZE mogą być konkurencyjnie cenowo w porównaniu do źródeł konwencjonalnych.

### Literatura

- Energy Sources, Production Cost and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport*. 2008: COM(2008) 781 final, Komisja Europejska. Bruksela.
- Heavner B., del Chiaro B. 2011: *The first row In the table is from calculations of EPRI*, [W:] *Socio-economic and regional benefits Employment assessment*, Department for Environment Technology and Social Studies Roskilde University, s. 3.
- Investment in renewable energy generates jobs*, 2012: Research brief, International Labour Office, European Union, s. 3.
- Kammen D.M., Kapadia K., Fripp M. 2004: *Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate*, Report, University of California Berkeley, April (corrected 1/31/06), s. 1.
- Kratz M., Lehr U. 2007: *Renewable Energy: Employment Effects – Models, Discussions and Results*, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Stuttgart, September, s. 6.
- Ragwitz M. i in. 2009: *EmployRES, The impact of renewable energy Policy on economic growth and employment in the European Union*, Final report, Karlsruhe, 27 april, s. 35.
- Rutovitz J., Harris S. 2012: *Calculating Global Energy Sector Job, Methodology*, Institute for Sustainable Futures, s. 16.
- The state of renewable energies In Europe*. 2010: EurObserver, Edition, s. 108-109.

### Summary

*The aim of this study was to demonstrate the effects of different types of renewable energy on employment growth and development of the production costs of electricity, heat and transport fuels. Using the data available in the literature and own research has shown that the highest potential for the creation of new jobs is based on the development of photovoltaic technology. Energy cost analysis showed that the lowest cost of biomass sources are obtained by using as a raw material straw. Past trends suggest that the future of renewable energy sources can be competitively priced compared to conventional sources.*

Adres do korespondencji  
dr inż. Waldemar Gostomczyk  
Politechnika Koszalińska  
Wydział Nauk Ekonomicznych  
ul. Kwiatkowskiego 6E  
75-343 Koszalin  
e-mail: waldemar.gostomczyk@tu.koszalin.pl