

**Piotr Gradziuk**

*Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej*

## **ENERGETYKA SŁONECZNA W UNII EUROPEJSKIEJ – STAN I TENDENCJE ROZWOJOWE**

### *SOLAR ENERGY IN THE UE – STATE OF THE ART AND DEVELOPMENT TRENDS*

**Słowa kluczowe: energia odnawialna, energetyka słoneczna, prognozowanie, modelowanie**

*Key words: renewable energy sources, solar energy, forecasting, modeling*

*JEL codes: Q42, Q47*

**Abstrakt.** Ze struktury pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w Unii Europejskiej wynika, że dotychczas największe znaczenie miała biomasa wykorzystywana głównie w ciepłownictwie, elektroenergetyce, biogazowniach oraz do wytwarzania biopaliw. Od początku drugiej dekady XXI wieku jej udział zmniejszał się, a coraz większego znaczenia nabierała energia wiatrowa i słoneczna. Głównym powodem było nie tylko subsydiowanie rozwoju tych sektorów, ale także coraz niższe koszty i wyższa efektywność energetyczna, głównie instalacji fotowoltaicznych i solarnych. Celem podjętych badań było określenie zmian oraz dynamiki rozwoju tego sektora energetyki. Na podstawie opracowanych modeli tendencji rozwojowych, które charakteryzowały się zdolnością wyjaśniania opisywanych zjawisk, przedstawiono prognozy pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych w UE do 2030 roku. Z przedstawionych badań wynika, że do 2030 roku energetyka słoneczna stanie się głównym dostawcą energii ze źródeł odnawialnych.

### **Wstęp**

Jednym z największych dylematów naszej cywilizacji jest pogodzenie tempa wzrostu gospodarczego, i tym samym zwiększonego zapotrzebowania na energię, z koniecznością przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Energia uważana jest bowiem za siłę sprawczą każdego działania, a kontrolowanie jej przepływów określa siłę panowania człowieka i jego względny wpływ na naturę, kształtuje formę systemów gospodarczych oraz oddziałuje na indywidualny styl życia. Znaczenie energii eksponowali już w XIX wieku: Jean B. Say (1803), John S. Mill (1848) i prekursor austriackiej szkoły ekonomii Frédéric Bastiat (1850). O znaczącej roli energii świadczą istotne dodatnie współzależności między jej zużyciem a wzrostem gospodarczym czy konsumpcją energii a aktywnością gospodarczą mierzoną zarówno w skali makro jak i mikro [Hall i in. 1986, Ayres i in. 2003]. Również z analizy szeregów czasowych wynika, że energia i PKB są ze sobą skorelowane, a zużycie energii w sensie przyczynowości Grangera powoduje zwiększenie PKB [Brown i in. 2011]. Od 1850 do 2000 roku wykorzystanie energii na świecie zwiększyło się 20-krotnie, w tym paliw kopalnych ponad 150-krotnie. W wyniku bardzo wysokiej i ciągle rosnącej konsumpcji energii, wytwarzanej głównie w wyniku spalania paliw kopalnych oraz rozwoju transportu, na przełomie lat 60. i 70. XX wieku zaczęły się pojawiać symptomy kryzysu energetycznego. Bardzo trafnie ujął ten problem Ryszard Manteuffel pisząc „Surowiec, z którego przemysł dzisiaj sięga pełną garścią, stanowi dobro ograniczone, a wszystkie liczące się dzisiaj źródła energii dotyczą energii nieodtwarzalnej. I to jest z mora, która będzie trapić ludzkość tak długo, aż geniusz ludzki wynajdzie sposób korzystania bez ograniczeń z energii słonecznej” [Manteuffel 1987]. Jej ilość docierająca do Ziemi w ciągu roku aż tysiąckrotnie przewyższa światowe zapotrzebowanie energetyczne [Ney 1994]. Energia promieniowania słonecznego jest jednak rozproszona, trudna do bezpośredniego, wydajnego

zastosowania w praktyce. Ale metody jej transformacji są wciąż udoskonalane, co w połączeniu z wprowadzaniem zachęt ekonomicznych do systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii (OZE) wpływa na wzrost jej znaczenia, stąd też celem podjętych badań było określenie zmian oraz dynamiki rozwoju tego sektora energetyki.

### Material i metodyka badań

W opracowaniu zbudowano i poddano szczegółowej weryfikacji modele tendencji rozwojowej produkcji energii pierwotnej w kolektorach słonecznych ( $Y_2$ ), panelach fotowoltaicznych ( $Y_3$ ) oraz ze źródeł odnawialnych ogółem ( $Y_1$ ) w Unii Europejskiej (UE), a także przedstawiono prognozy na lata 2016-2030. Przeprowadzone symulacje wykonane zostały na podstawie historycznych trendów (2003-2015) z zachowaniem zasady *ceteris paribus*. W pierwszej fazie budowania modeli trendu szacowano parametry modeli liniowych oraz nieliniowych (kwadratowych i sześciennych), a następnie wybierano model o najwyższym współczynniku determinacji, pod warunkiem, że wszystkie parametry modelu były istotne statystycznie. Następnie wybrany model poddawano dalszej weryfikacji, w celu określenia (i potwierdzenia) jego jakości. W przypadku zmiennych, dla których nie udało się zbudować zadowalających modeli trendu, wykonano dodatkowo testy weryfikując hipotezę o tym, czy zmienne te są realizacją procesu losowego. Informacje dotyczące produkcji energii uzyskano z bazy danych EUROSTATU. Zakres badań obejmował lata 2003- 2015.

### Wyniki badań

W UE pozyskanie energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w badanym okresie wzrosło blisko dwukrotnie. W 2015 roku około 30% pozyskiwanej energii pierwotnej na obszarze Wspólnoty przypadało na OZE. Ze struktury pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w UE, wynika, że dotychczas największe znaczenie miała biomasa, która jest powszechnie dostępna i może być używana w procesach bezpośredniego spalania (np. drewno, słoma, osady ściekowe), przetwarzana na paliwa ciekłe (np. estry oleju rzepakowego, alkohol), bądź gazowe (np. biogaz rolniczy, biogaz z oczyszczalni ścieków, gaz wysypiskowy). Jednak udział biomasy zmniejszał się, a coraz większego znaczenia nabierała energia słoneczna i wiatrowa, których zużycie wzrosło odpowiednio 20-krotnie i 6-krotnie (tab. 1).

Kluczowymi powodami tak znacznego wzrostu wykorzystania energii słonecznej było subsydiowanie tego sektora energetyki oraz coraz niższe koszty i wyższa efektywność energetyczna instalacji fotowoltaicznych i solarnych. W Polsce tylko w 2013 roku w stosunku do roku poprzedniego ceny hurtowe paneli monokrystalicznych były niższe o 25%, a polikrystalicznych o 38% [Rosolek i in. 2013]. Zbliżone tendencje zaobserwowano również na rynku globalnym.

Spośród państw UE energia słoneczna największe znaczenie ma w Grecji, Hiszpanii i na Cyprze, gdzie jest nie tylko jednym z najważniejszych źródeł energii odnawialnej, ale także pokrywa zapotrzebowanie na energię finalną od 2,1 do 3,2%. Spośród innych państw największe znaczenie odgrywa w Niemczech, jej udział w strukturze pozyskania energii ze źródeł odnawialnych wynosił około 10% i był dwukrotnie wyższy od energetyki wodnej, a porównywalny z biopaliwami ciekłymi [Gradziuk 2016]. W Polsce, pomimo że wykorzystanie energii słonecznej w latach 2010-2015 zwiększyło się pięciokrotnie – z 10 tys. do 49,9 tys. toe<sup>1</sup>, to jej udział w strukturze pozyskania energii odnawialnej wyniósł 0,58% [GUS 2016]. W 2014 roku ponad 96% energii słonecznej pozyskano z wykorzystaniem kolektorów słonecznych [NFOŚiG 2015], ale już w następnym roku, udział ten zmniejszył się do 90%, z uwagi na szybszy przyrost wytworzonej energii elektrycznej.

Na podstawie danych empirycznych zbudowano trendy liniowe lub nieliniowe o istotnych statystycznie współczynnikach dla wytworzonej energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych ogółem ( $Y_1$ ), energii słonecznej cieplnej ( $Y_2$ ) i fotowoltaicznej ( $Y_3$ ). Ich parametry zestawiono w tabeli 4.

<sup>1</sup> toe – tona oleju ekwiwalentnego (1 toe = 41,868 GJ)

Tabela 1. Pozyskanie energii pierwotnej w Unii Europejskiej  
 Table 1. Production of primary energy from renewable sources in EU

Wyszczególnienie/Specification	Pozyskana energia pierwotna/Production of primary energy [mln toe]												
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energia ogółem/Total energy	937,1	931,7	903,8	885,0	861,9	857,4	821,6	835,8	802,2	795,3	790,5	770,7	764,2
Energia odnawialna, w tym/Renewable energy, in this:	107,2	113,1	119,6	125,9	135,9	145,4	152,3	167,9	164,3	180,6	192,8	195,8	204,0
– wodna/hydro	26,6	28,3	26,9	27,2	27,0	28,6	28,9	32,4	26,8	28,9	31,9	32,2	29,3
– wiatrowa/wind	3,8	5,1	6,1	7,1	9,0	10,3	11,4	12,8	15,4	17,7	20,4	21,8	26,0
– słoneczna ciepła/solar thermal	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,8	2,1	3,2	3,7	4,1	4,3
– słoneczna elektryczna/photovoltaic	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,2	1,9	3,9	5,8	7,0	7,9	8,8
– biomasa stała/solid biomass	61,2	62,7	67,0	68,6	72,3	76,3	78,4	85,2	80,9	87,1	88,5	85,7	90,4
– biogaz; biogas	3,2	3,6	4,0	4,4	5,8	6,6	7,4	8,5	10,4	12,2	14,0	14,9	15,6
– odpady komunalne/municipal waste	5,0	5,3	6,1	6,6	7,3	7,3	7,5	7,9	8,2	8,5	8,8	9,0	9,5
Bioetanol/Bioasoline	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	1,7	2,0	1,7	2,0	2,5	2,3	2,2
Biodiesel	1,2	1,7	2,5	3,7	5,3	6,7	8,0	8,9	8,5	9,1	9,8	11,2	11,1
Geotermia/Geothermal	5,2	5,3	5,3	5,5	5,6	5,6	5,5	5,5	5,8	5,7	5,9	6,2	6,5
Pozostale/Others	0,2	0,1	0,4	1,1	1,3	0,8	1,0	1,0	0,6	0,4	0,3	0,5	0,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie EUROSTAT  
 Source: own study based on EUROSTAT

Dla energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych ogółem ( $Y_1$ ) zbudowano trend liniowy z elementem autoregresyjnym dla procesu resztowego – ARIMA (0,1,1). Model ten jest dopasowany do zjawiska w ponad 98,9% i wskazuje na istotną tendencję wzrostową (współczynnik kierunkowy trendu wyniósł 8409 tys. toe). Na podstawie oszacowanego modelu trendu obliczono prognozę punktową i przedziałową – z 95% przedziałem ufności do 2030 roku. W tabeli 5 i na rysunku 1 przedstawiono także prognozę dla górnej i dolnej granicy przedziału ufności, które uznano za wersje optymistyczną i pesymistyczną. Z przedstawionej prognozy opracowanej na podstawie modelu trendu liniowego, wynika, że do 2030 roku w UE nastąpi znaczący wzrost pozyska energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych. W zależności od przyjętej wersji wyniesie on od 46 do 81%. Najlepiej dopasowanym modelem dla energii pierwotnej pozyskiwanej przez kolektory słoneczne ( $Y_2$ ), okazała się funkcja nieliniowa (kwadratowa), z elementem autoregresyjnym dla procesu resztowego – ARIMA (1,1,0). Model ten jest dopasowany do zjawiska w 97,2%, a jego trend charakteryzuje się znacznie wyższą dynamiką wzrostu niż pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych ogółem (rys. 1). Jeszcze szybsze zmiany nastąpiły w produkcji energii elektrycznej. Dla zmiennej  $Y_3$  zbudowano trend liniowo-sześcienny z elementem autoregresyjnym AR(2) dla procesu resztowego, gdyż reszty modelu liniowego wykazywały istotną autokorelację, aż do opóźnienia rzędu drugiego. Model jest dopasowany do zjawiska w 96% i charakteryzuje się stosunkowo wysokim indeksem kierunkowym. Zaobserwowane tak znaczące wzrosty wykorzystania energii słonecznej potwierdzają prezentowana w wielu opracowania tezę, że głównym źródłem energii odnawialnej i to w nieodległym horyzoncie czasowym,

Tabela 2. Produkcja energii pierwotnej w kolektorach słonecznych w UE  
 Table 2. Primary production of solar thermal in UE

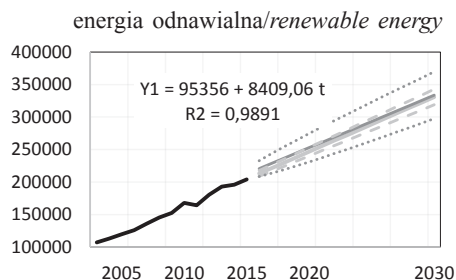
Lp.	Kraj/Country	Produkcja energii pierwotnej [tys. toe]/Primary production of solar thermal [thous. toe]													
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1.	Belgia/BE	2,5	2,7	2,7	3,3	4,6	5,9	11,1	12,1	14,4	15,3	18,6	20,5	22,1	
2.	Bulgaria/BG	0	0	0	0	0	0	0	10,2	13,8	15,4	19,1	19,7	21,8	
3.	Czechy/CZ	1,7	2	2,5	3,1	3,8	4,9	6,4	8,7	10,9	13,4	15	16,5	17,7	
4.	Dania/DK	9,1	9,4	10	10,4	11,4	12,4	14,1	15,7	17,6	21	24,5	30,2	34,1	
5.	Niemcy/DE	216,7	220,1	260,5	305,2	338,8	386,1	454	484,1	553,7	576,1	583	626,5	671,2	
5.	Estonia/EE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.	Irlandia/IE	0,2	0,3	0,5	0,6	1,4	3,2	5,4	7,5	9,1	10,2	11,3	12,2	13	
8.	Grecja/GR	98,6	107,5	100,9	109,1	159,7	173,1	182,3	183,3	182,9	184,4	187	191,8	196,4	
9.	Hiszpania/SP	44,9	53,2	61,4	73,2	94,5	128,5	197,6	482,4	713,1	1702,9	2112,2	2400,9	2473,8	
10.	Francja/FR	21	21,9	24,7	32	39,9	49,9	57,6	64,3	71,3	81,7	89,5	95,4	99	
11.	Chorwacja/HR	1,7	2	2,3	2,7	3,2	4	4,6	5,2	6,1	7,1	8,2	9,3	10,4	
12.	Włochy/IT	16,1	18,5	27,3	34,8	52,2	66,9	84,9	134,1	140,4	155,3	168,2	179,6	190	
13.	Cypr/CY	36,1	39,6	41,3	43,3	53,5	56,1	57,9	60,8	62,7	64,5	65,7	66,8	67,9	
14.	Łotwa/LV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.	Litwa/LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16.	Luksemburg/LU	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,7	1,9	
17.	Węgry/HU	1,8	1,8	1,9	2	2,5	3,8	4,5	5,4	6,6	8,5	8,8	9,7	10,7	
18.	Malta/MT	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	3,7	3,9	4	4,1	4,3	4,3	
19.	Holandia/NL	14,9	16,1	17,2	18	19,1	20,2	22,1	23,7	24,8	25,6	26,4	26,9	27,2	
20.	Austria/AT	79	85,1	90,7	98,9	105,2	114,1	123,7	164,9	166,4	174,4	177,9	182,4	184,9	
21.	Polska/PL	0	0,1	0,1	0,3	0,4	1,3	8	10	12,5	14,8	24,7	34,8	45	
22.	Portugalia/PT	20,3	20,9	22,4	23,6	25,6	30,2	34,9	48,1	59,5	67,4	72,8	76,9	80,3	
23.	Rumunia/RO	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0,5	0,5	
24.	Słowenia/SI	0	0	0	0	0	0	7,6	8,1	8,9	9,8	10,4	10,8	10,9	
25.	Słowacja/SK	0	0	0	0	0	0	0	4,3	5,1	5,4	5,6	5,8	5,5	
26.	Finlandia/FI	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,4	1,5	
27.	Szwecja/SE	4,8	4,8	5,9	5,8	8,6	9,5	9,9	10,3	11	11,1	11,2	11,2	11,3	
28.	Wielka Brytania/UK	19,8	24,6	29,4	36,3	44,9	29,5	33,2	39,2	44,4	47,8	47,9	49,6	50,7	
29.	Razem/Total	590,1	631,6	702,9	804,1	971,1	1101,8	1322,3	1788,0	2141,2	3218,7	3695,1	4085,4	4252,1	

Źródło: jak w tab. 1  
 Source: see tab. 1

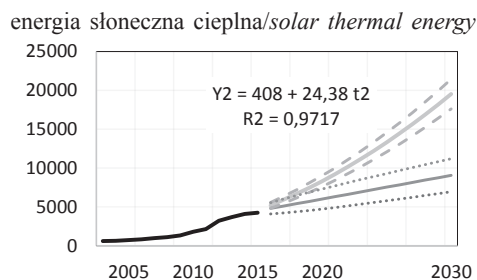
Tabela 3. Produkcja energii pierwotnej w paneach fotowoltaicznych w UE  
 Table 3. Primary production of photovoltaic in EU

Lp./ No.	Kraj/Country	Produkcja energii pierwotnej [tys. toe]/Primary production of solar thermal [thous. toe]													
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1.	Belgia/BE	0	0,1	0,1	0,1	0,5	3,6	14,3	48,2	100,6	184,7	227,3	247,9	263,5	
2.	Bulgaria/BG	0	0	0	0	0	0	0,3	1,3	8,7	70	117	107,7	118,9	
3.	Czechy/CZ	0	0	0	0,1	0,2	1,1	7,6	52,9	187,6	184,7	174,8	182,5	194,7	
4.	Dania/DK	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	1,3	8,9	44,5	51,2	52	
5.	Niemcy/DE	26,9	47,9	110,3	190,9	264,4	380	566,1	1008,5	1685,2	2268,3	2666,3	3100,3	3329,9	
5.	Estonia/EE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.	Irlandia/IE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	
8.	Grecja/GR	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	4,3	13,6	52,5	145,7	313,7	326	335,3	
9.	Hiszpania/SP	3,5	4,8	3,5	10,2	43	220,3	512,6	552,4	639,8	704,4	716	706,6	710,8	
10.	Francja/FR	0,7	0,7	0,9	1	1,5	3,6	15	53,3	178,7	345,3	407,1	508,5	624,2	
11.	Chorwacja/HR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1	3	4,9	
12.	Włochy/IT	2,1	2,5	2,7	3	3,3	16,6	58,2	163,9	928,3	1621,8	1856,3	1918,0	1972,7	
13.	Cypr/CY	:	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,9	4,1	7,2	10,9	
14.	Łotwa/LV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.	Litwa/LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	3,9	6,3	6,3	
16.	Luksemburg/LU	0,1	0,8	1,5	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	2,2	3,3	6,3	8,1	8,9	
17.	Węgry/HU	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,7	2,1	4,8	10,5	
18.	Malta/MT	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	1,4	2,5	5,9	8	
19.	Holandia/NL	2,2	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,9	4,8	9	19,5	41,9	67,5	96,4	
20.	Austria/AT	1,3	1,6	1,8	1,9	2,1	2,6	4,2	7,6	15	29	50,1	67,5	80,6	
21.	Polska/PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,6	4,9	
22.	Portugalia/PT	0,3	0,3	0,3	0,4	2,1	3,5	13,8	18,2	24,1	33,8	41,2	53,9	68,5	
23.	Rumunia/RO	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,7	3,6,1	139	170,4	
24.	Słowenia/SI	0	0	0	0	0	0,1	0,3	1,1	5,6	14	18,5	22,1	23,6	
25.	Słowacja/SK	0	0	0	0	0	0	0	1,5	34,1	36,5	50,6	51,3	43,5	
26.	Finlandia/FI	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	
27.	Szwecja/SE	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	1,6	3	4	8,3	
28.	Wielka Brytania/UK	0,3	0,3	0,7	0,9	1,2	1,5	1,7	3,5	20,9	116,3	172,7	347,4	650,1	
29.	Razem/Total	37,8	62,6	125,5	214,3	324,3	639,5	1205,7	1934,9	3896,6	5793,6	6957,8	7938,1	8798,7	

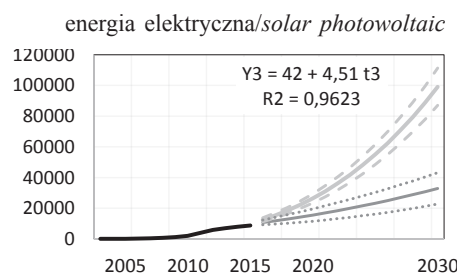
Źródło: jak w tab. 1  
 Source: see tab. 1



— energia odnawialna/renewable energy  
— trend liniowy/linear trend  
— ARIMA



— energia słoneczna ciepła/solar thermal energy  
— trend sześcienny/cubic trend  
— ARIMA



— energia fotowoltaiczna/solar photovoltaic  
— trend sześcienny/cubic trend  
— ARIMA

Rysunek 1. Prognoza punktowa i przedziałowa pozyskania energii w UE na podstawie trendu i modelu ARIMA

Figure 1. Point and interval forecast production of energy in EU on the basis of trend and ARIMA model

Źródło: opracowanie własne  
Source: own study

Tabela 4. Parametry modeli trendów oraz procesów autoregresyjnych AR(1)

Table 4. Parameters of the linear trend models and of the autoregressive process (ARIMA)

Estymator/ Estimator	Błąd stan- dardowy/ Standard error	Statys- tyka t/ t- Statistic	Wartość p/ Probability	
(Y <sub>1</sub> )				
l	95356,4	2019,46	47,2188	4,70901E-14
t	8409,06	254,428	33,0509	2,32244E-12
α <sub>1</sub>	-0,550364	0,231566	-2,3767	0,016757
(Y <sub>2</sub> )				
l	408,178	99,3978	4,10651	0,00174005
t <sup>2</sup>	24,3808	1,19948	20,3261	4,49262E-10
α <sub>1</sub>	0,387022	0,255736	1,51336	0,0770572
(Y <sub>3</sub> )				
l	42,2848	242,857	0,174113	0,864939
t <sup>3</sup>	4,51377	0,257509	17,5286	2,18908E-09
α <sub>1</sub>	0,387022	0,255736	1,51336	0,0770572

Źródło: opracowanie własne  
Source: own study

będzie energetyka słoneczna [Devabhaktuni i in. 2013, Olchowik 2011, The Economist 2015, Rosołek i in. 2013].

Modele trendu, jako wielomiany  $n$ -tego stopnia, są dopasowywane parametrami do aktualnych obserwacji, co pozwala z bardzo dużym poziomem ufności prognozować punkty leżące pomiędzy pierwszą i ostatnią obserwacją. Zazwyczaj jednak wielomiany stopnia 2 i wyższych bardzo szybko rosną (lub maleją), co skutkuje tym, że prognozy na dłuższe okresy czasu mogą być znacząco zawyżone lub zaniżone, chociaż są zjawiska, które przyrastają w takim tempie. W przeprowadzonych badaniach modele trendu były wybierane spośród trzech: liniowego, kwadratowego i sześciennego, tylko na podstawie ich dopasowania do danych mierzonych skorygowanym współczynnikiem determinacji R-kwadrat. Z kolei w modelach z rodziny ARIMA wprowadzana była korekta kolejnych prognoz na podstawie poprzednich obserwacji. Stąd też w przypadku trendów nieliniowych (dla zmiennych Y<sub>2</sub> i Y<sub>3</sub>) wystąpiły tak znaczące różnice w prognozach sporządzonych na podstawie trendów i modeli ARIMA (tab. 5).

Tabela 5. Prognoza punktowa i przedziałowa pozyskania energii odnawialnej w UE na podstawie trendu i modelu ARIMA  
 Table 5. Point and interval forecast production of energy from renewable sources in EU on the basis of trend and ARIMA model

Lata/ Years	Energia odnawialna/Renewable energies				Energia słoneczna cieplna/ Solar thermal energy				Energia słoneczna elektryczna/ Photovoltaic energy							
	prognoza punktowa/ point forecast		prognoza przedziałowa/ interval forecast		prognoza punktowa/ point forecast		prognoza przedziałowa/ interval forecast		prognoza punktowa/ point forecast		prognoza przedziałowa/ interval forecast					
	trend	ARIMA	trend	ARIMA	trend	ARIMA	trend	ARIMA	trend	ARIMA	trend	ARIMA				
2016	213,0	220,6	208,6	217,5	208,5	232,6	4,8	5,6	4,1	5,5	12,4	10,7	11,2	13,7	9,2	12,3
2017	221,5	228,6	216,5	226,4	213,5	243,8	5,4	6,3	4,2	6,0	15,3	11,8	13,7	16,9	9,7	14,0
2018	229,9	236,7	224,4	235,4	219,1	254,3	6,1	7,2	4,4	6,4	18,5	13,0	16,5	20,5	10,2	15,8
2019	238,3	244,8	232,3	244,3	224,9	264,6	6,8	8,1	4,5	6,9	22,2	14,2	19,8	24,7	10,9	17,6
2020	246,7	252,8	240,2	253,2	231,0	274,7	7,6	9,0	4,7	7,3	26,4	15,6	23,4	29,3	11,6	19,6
2021	255,1	260,9	248,1	262,2	237,3	284,6	8,4	10,0	4,9	7,7	31,0	16,9	27,4	34,6	12,3	21,6
2022	263,5	269,0	256,0	271,1	243,6	294,3	9,3	11,1	5,1	8,1	36,2	18,4	32,0	40,3	13,2	23,6
2023	271,9	277,0	263,8	280,1	250,1	304,0	10,2	12,2	5,3	8,5	41,8	20,0	36,9	46,7	14,1	25,8
2024	280,3	285,1	271,7	289,0	256,7	313,5	11,1	13,3	5,6	8,9	48,1	21,6	42,4	53,8	15,1	28,0
2025	288,8	293,2	279,6	298,0	263,3	323,0	12,1	14,5	5,8	9,3	55,0	23,3	48,4	61,5	16,2	30,4
2026	297,2	301,2	287,4	306,9	270,1	332,4	13,1	15,8	6,0	9,7	62,4	25,0	55,0	69,9	17,3	32,7
2027	305,6	309,3	295,3	315,9	276,8	341,8	14,2	17,1	6,2	10,1	70,6	26,9	62,1	79,1	18,6	35,2
2028	314,0	317,4	303,1	324,8	283,7	351,1	15,3	18,5	6,5	10,4	79,4	28,8	69,8	89,0	19,9	37,8
2029	322,4	325,5	311,0	333,8	290,5	360,4	16,4	19,9	6,7	10,8	88,9	30,8	78,1	99,7	21,2	40,4
2030	330,8	333,5	318,9	342,8	297,4	369,6	17,6	21,4	6,9	11,2	99,1	32,9	87,0	111,2	22,7	43,1

Źródło: jak w tab. 1  
 Source: see tab. 1

## Podsumowanie

Ze struktury pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w UE wynika, że dotychczas największe znaczenie miała biomasa wykorzystywana głównie w ciepłownictwie, elektroenergetyce, biogazowniach oraz do wytwarzania biopaliw. Od początku drugiej dekady XXI wieku jej udział zmniejszał się, a coraz większego znaczenia nabierała energia wiatrowa i słoneczna. Głównym powodem było nie tylko subsydiowanie rozwoju tych sektorów, ale także coraz niższe koszty i wyższa efektywność energetyczna, głównie instalacji fotowoltaicznych i solarnych. Na podstawie opracowanych modeli tendencji rozwojowych, które charakteryzowały się zdolnością wyjaśniania opisywanych zjawisk, przedstawiono prognozy pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych w UE do 2030 r. Z przedstawionych badań wynika, że do 2030 roku energetyka słoneczna stanie się głównym dostawcą energii ze źródeł odnawialnych. Badania potwierdziły przynajmniej częściowo postawioną przez Ryszarda Manteuffela [1987] tezę, że „geniusz ludzki wynajdzie sposób korzystania bez ograniczeń z energii słonecznej”.

## Literatura

- Ayres Robert U., Leslie W Ayres., Bebjamin Warr. 2003. “Exergy, power and work in the US economy, 1900-1998”. *Energy* 28: 219-273.
- Bastiat Frédéric. 2006. *Harmonie Econimices. Quotation acc. to the Polish edition, 1850 Harmonie ekonomiczne*. Wrocław: Instytut Ludwiga von Mileasa.
- Brown James H., William R. Burnside, Ana D. Davidson i inni. 2011. “Energetic limits to economic growth”. *Bioscience* 61 (1): 19-26.
- Devabhaktuni Vijaj, Mansoor Alam, Soma Shekara i inni. 2013. “Solar energy: Trends and enabling technologies”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19: 555-564.
- EUROSTAT. <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=ten00081>, dostęp 27.03.2017.
- Gradziuk Piotr. 2016. Znaczenie rolnictwa i obszarów wiejskich dla poprawy sytuacji ekologicznej i struktury energetycznej kraju. [W] *Polska wieś 2016. Raport o stanie wsi*, red. J. Wilkin, I. Nurzyńska, 179-208. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR.
- GUS. 2016. *Energia ze źródeł odnawialnych w 2015 r*. Warszawa: GUS.
- Hall Charles A.S., Cutler J. Cleveland, Robert Kaufmann. 1986. *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*. New York: Wiley Interscience.
- Manteuffel Ryszard. 1987. *Filozofia rolnictwa*. Warszawa: PWN.
- Mill John S. 1965. *Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy. Zasady ekonomii politycznej*. Warszawa: PWN.
- NFOŚiG. 2015. *Sprawozdanie z działalności 2014. NFOŚiGW*. Warszawa: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki.
- Ney Roman. 1994. „Energia odnawialna”. *Nauka* 3: 43-66.
- Olchowik Jan M. 2011. „Trendy rozwoju fotowoltaiki w Europie i na świecie”. *Fotowoltaika* 1: 9-11.
- Rosolek Konrad, Anna Santorska, Aneta Więcka. 2013. „Polski rynek PV w liczbach”. *Czysta Energia* 10: 28-30.
- Say Jean B. 1960. *Traktat o ekonomii politycznej*. Warszawa: PWN.
- The Economist*. 2015. “Renewable Energy. Not a toy”. <http://www.economist.com/news/international/216479-75-plummeting-prices-are-boosting-renewables-even-subsidies-fall-not-toy>.

## Summary

*The structure of acquisition of energy from renewable sources in the EU shows that till now biomass was of the greatest importance, it is generally available and may be used for direct combustion (e.g. wood, straw, sewage sludge), processed into liquid fuels (e.g. rapeseed oil esters, alcohol), or gaseous fuel (e.g. agricultural biogas, biogas from WWTP, dumping site gas). However, its share declined, with wind and solar energy gaining significance. The main reason was not only to subsidize the development of these sectors, but also to lower costs and higher energy efficiency, mainly photovoltaic and solar installations. The purpose of the research was to identify changes and dynamics of development of this energy sector. On the basis of developed models of development tendencies, which were characterized by the ability to explain the described phenomena, projections of renewable energy generation in the EU were presented up to 2030. From the presented research it is expected that by 2030 solar power will become the main supplier of renewable energy.*

Adres do korespondencji  
dr hab. Piotr Gradziuk

Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej  
ul. Siderska 95/97, 21-500 Biała Podlaska, e-mail: p.gradziuk@dydaktyka.pswbp.pl