



## Andrzej Wójcik

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach  
Wydział Zarządzania  
Katedra Statystyki, Ekonometrii i Matematyki  
andrzej.wojcik@ue.katowice.pl

# WPLYW ZMIANY UDZIAŁU ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH ORAZ EFEKTYWNOŚCI GOSPODAREK NA EMISJĘ GAZÓW CIEPLARNIANYCH

**Streszczenie:** Unia Europejska kładzie olbrzymi nacisk na ochronę środowiska. Priorytetem w tym zakresie jest ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, co ma bezpośrednie przełożenie na zmiany klimatu. W artykule zbadano istotność wpływu zmian udziału energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych oraz energochłonności gospodarek na emisję gazów cieplarnianych w krajach UE. Analiza miała na celu potwierdzenie efektywności działań Unii w zakresie ochrony środowiska.

**Słowa kluczowe:** zrównoważony rozwój, emisja gazów cieplarnianych, efektywność energetyczna, energia ze źródeł odnawialnych.

## Wprowadzenie

Od lat 70. XX w. coraz większą uwagę zwraca się na ochronę środowiska. Na konferencji ONZ w Sztokholmie (1972 r.), poświęconej środowisku naturalnemu, po raz pierwszy posłużono się terminem „zrównoważony rozwój”. W 2010 r. Unia Europejska wyznaczyła sobie konkretny plan obejmujący pięć celów – w zakresie zatrudnienia, innowacji, edukacji, włączenia społecznego oraz zmian klimatu/energii, które należy osiągnąć do 2020 r. W każdym z tych obszarów wszystkie państwa członkowskie wyznaczyły z kolei własne cele krajowe [www 2].

W obszarze zmian klimatu i zrównoważonym wykorzystaniu energii wyznaczono trzy główne cele [www 1]:

- należy ograniczyć emisje gazów cieplarnianych o 20% w stosunku do poziomu z 1990 r. (lub nawet o 30%, jeśli warunki będą sprzyjające),
- 20% energii powinno pochodzić ze źródeł odnawialnych,
- efektywność energetyczna powinna wzrosnąć o 20%.

W artykule zbadano, czy wzrost udziałów energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii ogółem oraz wzrost efektywności energetycznej gospodarek mają istotny wpływ na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, co wpływa w pozytywny sposób na zmiany klimatu, które mają miejsce na świecie. Badania przeprowadzono na podstawie danych dotyczących państw Unii Europejskiej.

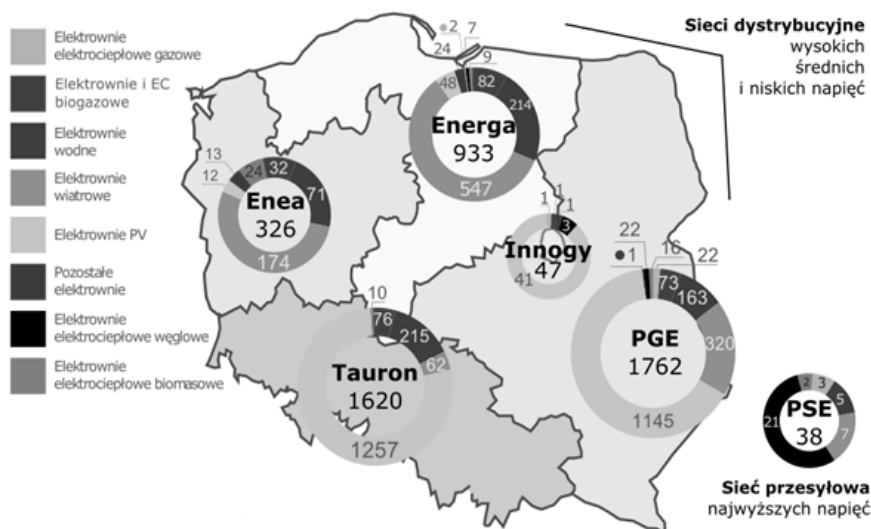
## **1. Udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w krajach UE**

Gospodarki państw wysoko rozwiniętych mogą zapewnić rozwój energetyki adekwatny do swoich potrzeb. Świat zafascynowany był kolejno: ropą naftową, energią jądrową, gazem, a obecnie odnawialnymi źródłami energii. Trzeba podkreślić, że w skali świata paliwa kopalne (węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa i gaz ziemny) zapewniają 80% popytu na pierwotne nośniki energii [Mokrzycki i Uliasz-Bocheńczyk, 2009].

Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych jest coraz bardziej popularne w krajach UE. W Polsce najwięcej jest elektrowni fotowoltaicznych – ponad 4,7 tys., stan na koniec 2015 r. Olbrzymią popularnością cieszą się również elektrownie wiatrowe, których było w tym okresie ok. 2,5 tys. Liczba elektrowni wodnych prawie nie zmienia się z roku na rok i na koniec 2015 r. wyniosła prawie 700. Najmniej w Polsce było elektrowni węglowych, jednakże ich udział w produkcji energii w Polsce w 2015 r. wyniósł aż 86%.

Dzięki zainstalowaniu urządzeń energetyki odnawialnej możliwe jest uniknięcie lokalnej emisji zanieczyszczeń powietrza, poprzez takie związki jak: tlenki siarki, azotu, pyły, lotne substancje organiczne. Dodatkowo odnawialne źródła energii charakteryzują się niską lub zerową (elektrownie wiatrowe) emisją ditlenku węgla do atmosfery [Pultowicz, 2009].

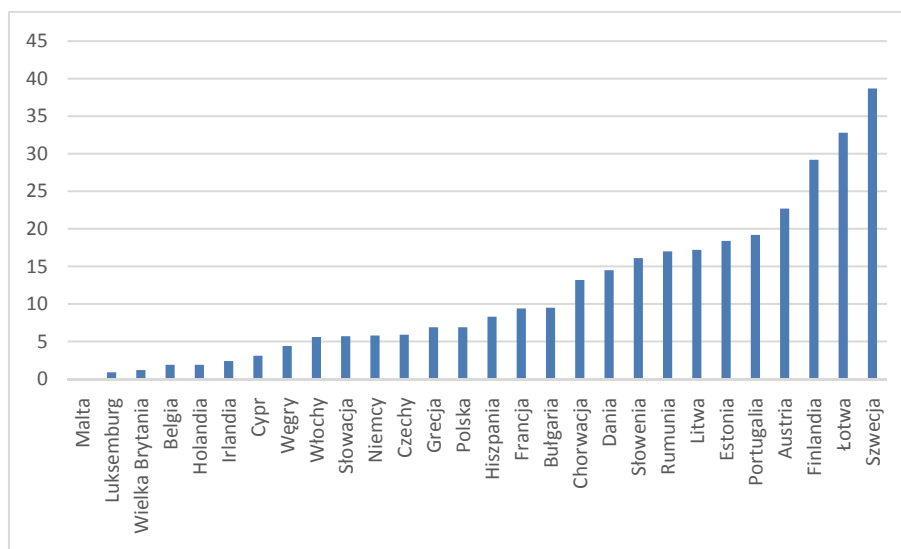
Elektrownie produkujące energię ze źródeł odnawialnych są z reguły bardzo małe. Udział energii wytworzonej przez elektrownie fotowoltaiczne w krajowej produkcji energii wyniósł zaledwie 0,3%, natomiast udział elektrowni wiatrowych jedynie 7% [www 5]. Rysunek 1 przedstawia liczbę poszczególnych typów elektrowni przyłączonych do sieci energetycznych poszczególnych operatorów w Polsce na koniec 2015 r.



**Rys. 1.** Liczba i rodzaj elektrowni przyłączonych do sieci energetycznych poszczególnych operatorów na koniec 2015 r.

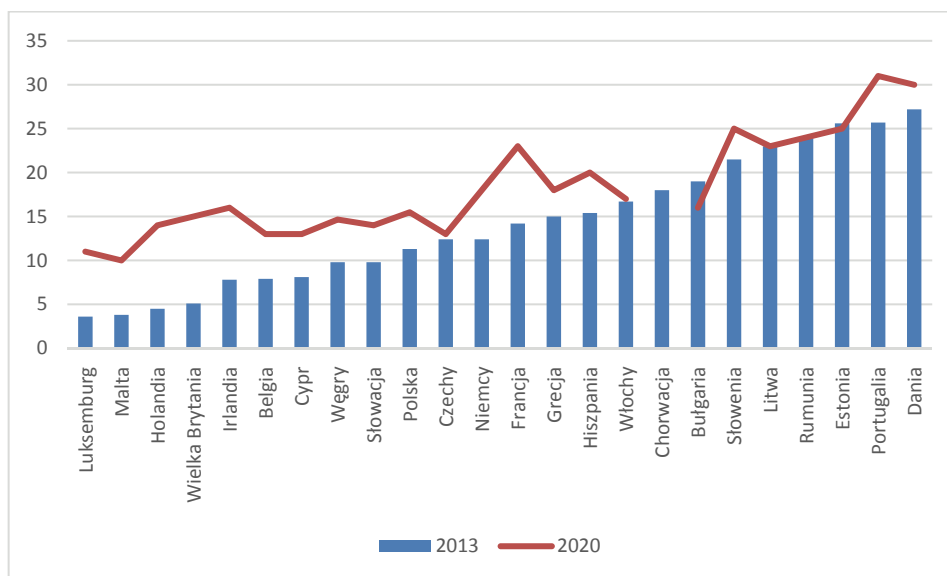
Źródło: [www 5].

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono kształtowanie się udziału energii, pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii ogółem w latach 2004 oraz 2013.



**Rys. 2.** Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w krajach UE w 2004 r.

Źródło: [www 4].



**Rys. 3.** Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w krajach UE w 2013 r. oraz docelowy udział energii ze źródeł odnawialnych w 2020 r.

Źródło: [www 4].

Analizując rys. 2 oraz 3, możemy dostrzec, że na energię ze źródeł odnawialnych postawiły w głównej mierze kraje nadbałtyckie. W czołówce państw wytwarzających energię ze źródeł odnawialnych znalazły się również Austria i Portugalia. Najmniej energii ze źródeł odnawialnych wytwarza się w małych krajach, takich jak Luksemburg, Malta czy Holandia, w tej grupie znalazła się również Wielka Brytania.

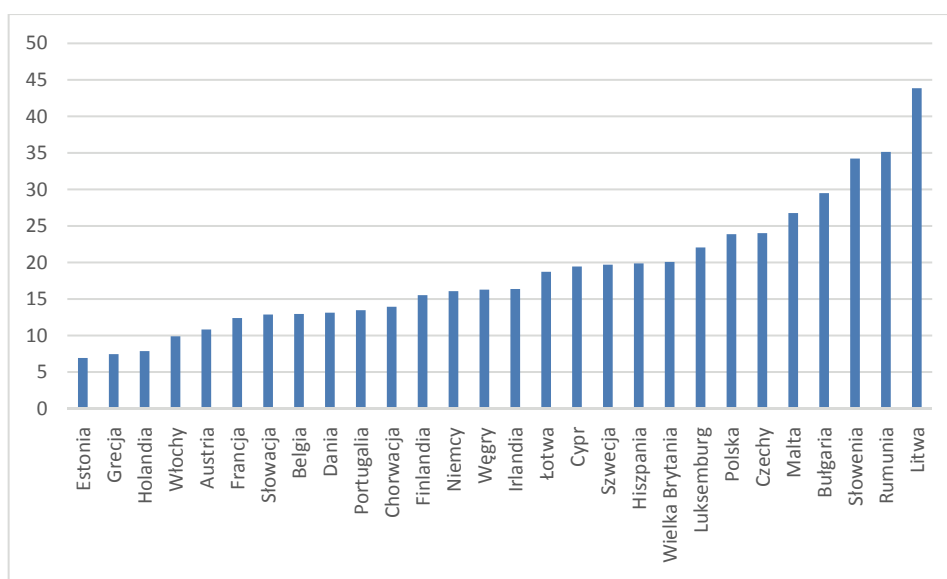
W 2010 r. ustalono cele dla poszczególnych państw w sprawie udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto (oprócz Chorwacji – nie należała jeszcze do UE) (rys. 2). Kilka państw już osiągnęło zamierzone cele (Bułgaria, Estonia, Litwa, Szwecja), kilka jest bliskich osiągnięcia wymaganego poziomu energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, ale są też państwa, dla których te cele są bardzo odległe – na szczęście są to w głównej mierze państwa małe i w związku z tym osiągnięcie głównego celu, a więc pozyskanie 20% energii ze źródeł odnawialnych w UE, jest bardzo prawdopodobne.

## 2. Efektywność energetyczna w krajach UE

Fakt, że udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w UE wyniesie 20%, wcale nie musi prowadzić do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Kluczowa jest również efektywność energetyczna. Przez efektywność energetyczną rozumie się stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu (art. 3 pkt 1 ustawy o efektywności energetycznej) [www 6].

Celem UE jest zwiększenie efektywności energetycznej do 2020 r. o 20%. Ze wzrostem efektywności energetycznej wiąże się zmniejszenie energochłonności gospodarki, które oznacza, że mniej energii potrzeba do wyprodukowania tej samej wielkości PKB [www 4].

Rysunek 4 przedstawia procentowy spadek energochłonności gospodarek UE w 2013 r. w porównaniu do 2004 r.



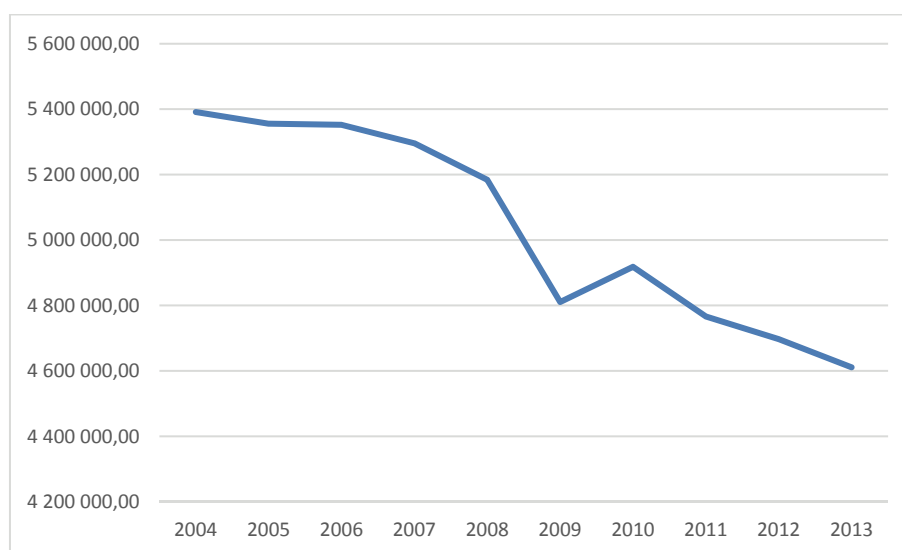
**Rys. 4.** Procentowy spadek energochłonności gospodarek UE w 2013 r. w porównaniu do 2004 r.

Źródło: [www 4].

Ograniczenie energochłonności gospodarek państw Europy Środkowo-Wschodniej wynika w głównej mierze z zamknięcia wielu hut oraz kopalń, a więc zakładów, które pochłaniają bardzo dużo energii na wytworzenie (wydobycie) swoich produktów. Zakłady te nie wytrzymały konkurencji na wolnym rynku. W państwach Europy Zachodniej nie zamykano w ostatnim czasie tak wielu dużych zakładów przemysłowych, dlatego w czołówce państw najbardziej zwiększających swoją efektywność energetyczną znajdują się głównie państwa z Europy Środkowo-Wschodniej.

### 3. Wpływ udziału energii ze źródeł odnawialnych oraz efektywności energetycznej gospodarek na emisję gazów cieplarnianych

Emisja gazów cieplarnianych (w tys. ton) jest wyrażona w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>. Zmienna ta wyraża wpływ człowieka na zanieczyszczenie powietrza, co ma dalsze konsekwencje dla całego klimatu. Duży wzrost emisji gazów cieplarnianych do atmosfery ze źródeł antropogenicznych może spotęgować zjawisko efektu cieplarnianego. Wyższa temperatura oznacza zmiany klimatyczne, topnienie lodowców i możliwość zalania wielu obszarów przybrzeżnych mórz i oceanów, a to stanowi istotne zagrożenie zarówno dla człowieka, jak i biosfery [Pawłowski, 2008]. W latach 2004-2013 emisja gazów cieplarnianych w UE-28 malała – wyjątkiem był rok 2010 (rys. 5).



**Rys. 5.** Emisja gazów cieplarnianych w tys. ton w ekwiwalencie CO<sub>2</sub> w państwach UE-28

Źródło: [www 4].

Aby wyjaśnić wpływ udziału energii ze źródeł odnawialnych oraz efektywności energetycznej gospodarek na zmiany klimatu, postanowiono oszacować model ekonometryczny, w którym udział energii ze źródeł odnawialnych oraz energochłonność gospodarek w krajach UE-28 będą zmiennymi objaśniającymi, natomiast emisja gazów cieplarnianych w tys. ton w ekwiwalencie CO<sub>2</sub> będzie zmienną objaśnianą. Do modelu dodano jeszcze jedną zmienną objaśniającą – wzrost produktu krajowego brutto na 1 mieszkańca UE-28. Wskaźnik ten określa procentową zmianę wartości PKB w ujęciu realnym przypadającą na 1 mieszkańca w roku badanym w porównaniu z rokiem poprzednim [www 4].

Dane pochodzą z lat 2004-2013. Modele zostały zweryfikowane na poziomie istotności równym 0,05.

**Tabela 1.** Model 1 – wpływ udziału energii ze źródeł odnawialnych, efektywności energetycznej gospodarek oraz wzrostu PKB na zmiany klimatu

Wyszczególnienie	Współczynnik	Błąd stand.	t-Studenta	Wartość p
Stała	6,92391e + 06	1,19814e + 06	5,7789	0,0012
Udział energii ze źródeł odnawialnych	-127117	23145,7	-5,4920	0,0015
Energochłonność gospodarek	-2780,35	5721,12	-0,4860	0,6442
Wzrost PKB	25338	10022,9	2,5280	0,0448

Źródło: Obliczenia własne na podstawie: [www 4].

Z modelu 1 (tab. 1) wynika, że zmniejszanie energochłonności gospodarek państw nie ma istotnego wpływu na emisję gazów cieplarnianych, dlatego tę zmienną usunięto z modelu. Nieistotność tej zmiennej wynika z wysokiej korelacji ( $r = -0,928$ ) ze zmienną: udziału energii ze źródeł odnawialnych.

Również współczynnik korelacji pomiędzy energooszczędnością gospodarek a emisją gazów cieplarnianych jest bardzo wysoki ( $r = 0,896$ ).

**Tabela 2.** Model 2 – wpływ udziału energii ze źródeł odnawialnych oraz wzrostu PKB na zmiany klimatu

Wyszczególnienie	Współczynnik	Błąd stand.	t-Studenta	Wartość p
Stała	6,344e + 06	107253	59,1524	<0,0001
Udział energii ze źródeł odnawialnych	-116878	9046,55	-12,92	<0,0001
Wzrost PKB	24906,5	9423,08	2,6431	0,0333

Źródło: Obliczenia własne na podstawie: [www 4].

Zarówno udział energii ze źródeł odnawialnych, jak i wzrost PKB mają istotny wpływ na emisję gazów cieplarnianych. Wraz ze wzrostem udziału energii ze źródeł odnawialnych o 1 p.p. emisja gazów cieplarnianych maleje średnio rzecz biorąc o 116878 tys. ton (w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>), przy założeniu, że PKB nie wzrośnie. Wraz ze wzrostem PKB o 1 p.p. emisja gazów cieplarnianych

wzrasta średnio o 24906,5 tys. ton (w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>), o ile udział energii ze źródeł odnawialnych nie ulegnie zmianie.

Model przeszedł również pozytywnie proces weryfikacji, a więc [Biolik, 2013; Maddala, 2006]:

- reszty modelu posiadają rozkład normalny – statystyka JB = 0,92 ( $\chi^2_2 = 5,991$ ),
- autokorelacja składnika losowego nie jest istotna statystycznie – statystyka DW = 1,94 (dl = 0,697; du = 1,641),
- występuje homoskedastyczność reszt – statystyka LM = 3,5 ( $\chi^2_5 = 11,07$ ).

Na uwagę zasługuje także fakt, że zmienne objaśniające wyjaśniają aż w 97% zmienność emisji gazów cieplarnianych w badanym okresie.

Jeżeli w modelowaniu użyjemy jako zmiennej objaśniającej energochłonności gospodarek państw UE-28, to również otrzymamy model, który przeszedł pozytywnie proces weryfikacji (wzrost PKB okazał się nieistotny).

**Tabela 3.** Model 3 – wpływ energochłonności gospodarek państw UE-28 na zmiany klimatu

Wyszczególnienie	Współczynnik	Błąd stand.	t-Studenta	Wartość p
Stała	189514	850517	0,2228	0,8293
Energochłonność gospodarek	29056,8	5089,5	5,7092	0,0004

Źródło: Obliczenia własne na podstawie: [www 4].

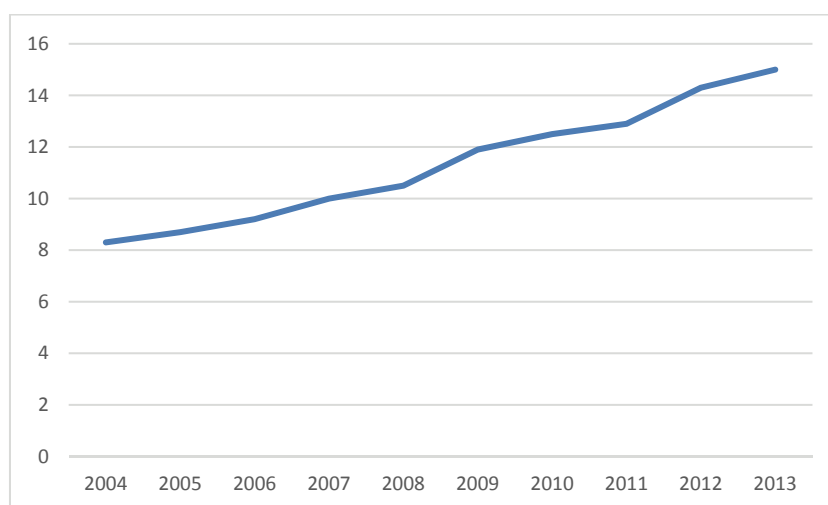
Model ten wyjaśnia w 80% zmienność emisji gazów cieplarnianych, zatem również stopień dopasowania danych do modelu jest bardzo wysoki.

Wraz ze wzrostem energochłonności gospodarek państw UE-28 o jednostkę (Kgoe/1000euro) emisja gazów cieplarnianych wzrasta średnio o 29056,8 tys. ton w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>.

## Podsumowanie

Badanie potwierdziło istotność działań na rzecz zwiększenia udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii ogółem. W latach 2004-2013 udział ten w krajach UE-28 wzrósł z 8,3% w 2004 r. do 15% w 2013 r. (rys. 6).





**Rys. 6.** Udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii ogółem w państwach UE-28 w latach 2004-2013

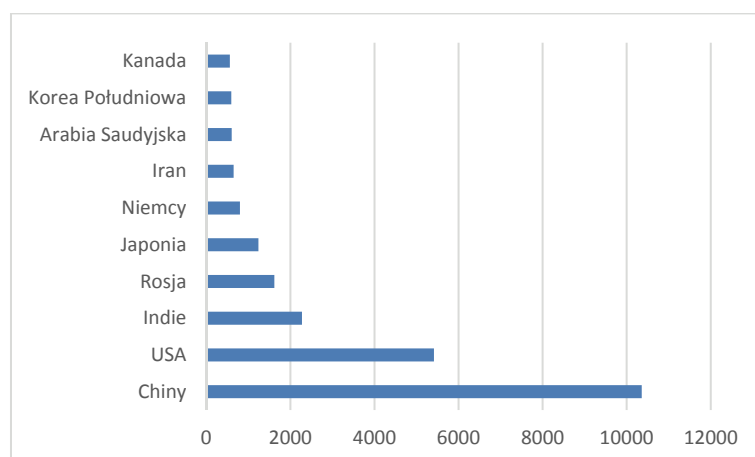
Źródło: [www 4].

Unia Europejska kładzie również duży nacisk na zwiększenie energooszczędności, twierdząc, że jest to jeden z głównych czynników wpływających na ograniczenie produkcji gazów cieplarnianych i oczywiście jest to prawda. Państwa UE działają jednak dwutorowo: zwiększając udział energii ze źródeł odnawialnych w ogólnej produkcji energii oraz zmniejszając energochłonność gospodarki. Zmienne: energochłonność gospodarek oraz udział energii ze źródeł odnawialnych są ze sobą silnie skorelowane i dlatego ta druga zmienna nie znalazła się w modelu 2. Model 3 potwierdza hipotezę, że energochłonność gospodarek również ma istotny wpływ na emisję gazów cieplarnianych.

Oprócz wcześniej wymienionych zmiennych do badania użyto również wzrost PKB w UE-28. Zmienna ta oddaje rozwój gospodarek państw Unii Europejskiej i ma niekorzystny wpływ na jakość powietrza, jakim oddychamy.

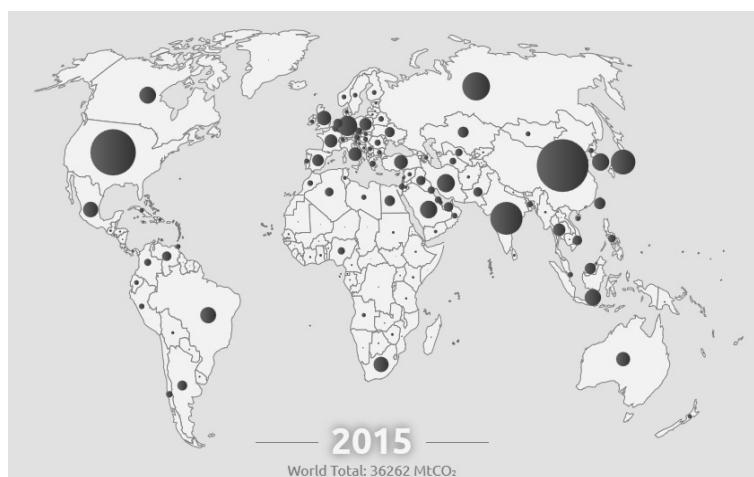
Reasumując, Unia Europejska stara się dbać o jakość środowiska, produkując w coraz większym stopniu energię ze źródeł odnawialnych oraz wdrażając energooszczędne technologie, jednakże rozwój państw (wzrost PKB) powoduje efekt odwrotny. Przeprowadzona analiza potwierdziła, że wzrost udziału ze źródeł odnawialnych oraz wzrost efektywności energetycznej państw UE mają korzystny wpływ na emisję gazów cieplarnianych. Należy prowadzić dalsze badania, które umożliwią odpowiedź na pytanie, co ma większy wpływ na wielkość emisji gazów cieplarnianych: udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, czy wzrost energooszczędności gospodarek.

Do gazów cieplarnianych wywołujących niekorzystny wpływ na środowisko zaliczamy CO<sub>2</sub>. Na rysunku 7 przedstawiono 10 największych emitentów CO<sub>2</sub> na świecie w 2015 r. Należy zwrócić uwagę na to, że na liście znajduje się tylko jedno państwo z UE, a Chiny, USA oraz Indie emitują prawie połowę całego CO<sub>2</sub>. Chcąc chronić środowisko, nie powinniśmy działać lokalnie. Wpływ człowieka na środowisko należy rozpatrywać globalnie.



**Rys. 7.** Pierwsza dziesiątka największych emitentów CO<sub>2</sub> (w MtCO<sub>2</sub>) na świecie w 2015 r.  
Źródło: [www 3].

Na rysunku 8 przedstawiono emitentów CO<sub>2</sub> na świecie – im większa kropka, tym emisja CO<sub>2</sub> jest większa.



**Rys. 8.** Emitenci CO<sub>2</sub> (w MtCO<sub>2</sub>) na świecie w 2015 r.  
Źródło: [www 3].

## Literatura

- Biolik J. (2013), *Podstawy ekonometrii z Excelem i Gretlem*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Maddala G.S. (2006), *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A. (2009), *Gospodarka pierwotnymi nośnikami energii w Polsce a ochrona środowiska przyrodniczego*, „Rocznik Ochrona Środowiska”, t. 11, s. 103-131.
- Pawłowski L., Pawłowski A. (2008), *Zrównoważony rozwój we współczesnej cywilizacji. Część 1: Środowisko a zrównoważony rozwój*, „Problemy Ekorozwoju”, t. 3, nr 1, s. 53-65.
- Pultowicz A. (2009), *Przesłanki rozwoju rynku odnawialnych źródeł energii w Polsce w świetle idei zrównoważonego rozwoju*, „Problemy Ekorozwoju”, t. 4, nr 1, s. 109-115.
- [www 1] [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index\\_pl.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_pl.htm) (dostęp: 10.11.2016).
- [www 2] [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_pl.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_pl.htm) (dostęp: 10.06.2016).
- [www 3] <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions> (dostęp: 24.11.2016).
- [www 4] <http://wskaznikizrp.stat.gov.pl> (dostęp: 12.11.2016).
- [www 5] <http://wysokienapiecie.pl> (dostęp: 12.11.2016).
- [www 6] <http://www.dziennikustaw.gov.pl/du/2016/831> (dostęp: 12.11.2016).

### THE IMPACT OF CHANGES IN THE SHARE OF ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES AND ENERGY EFFICIENCY OF THE ECONOMIES OF THE GREENHOUSE GAS

**Summary:** The European Union places great emphasis on environmental protection. The priority in this area is to reduce greenhouse gas emissions which have a direct impact on climate change on Earth. The article examines the significance of the impact of the share of energy from renewable sources and the energy efficiency of economies for the greenhouse gas emissions in the EU. The analysis was designed to confirm the effectiveness of the Union's activities in the field of environmental protection.

**Keywords:** sustainable development, greenhouse gas emissions, energy efficiency, renewable energy.