



Wiktorja SOBCZYK<sup>1</sup>, Paulina GAŁKA<sup>1</sup>, Martyna NAWROCKA<sup>1</sup>

## **Realizacja wskaźników zrównoważonego rozwoju w energetyce alternatywnej na przykładzie biomasy**

Streszczenie: Polska stoi przed koniecznością stworzenia długofalowej polityki energetycznej na kolejne dziesiątki lat. Potrzebna jest strategia równoważenia bezpieczeństwa dostaw surowców energetycznych, efektywności procesów gospodarczych i zapewnienia odpowiedniego standardu ochrony środowiska. Proces konwersji paliw kopalnych do pożądaných nośników energii skutkuje emisją do środowiska różnych substancji gazowych, a w efekcie ich kumulacją w atmosferze w postaci gazów cieplarnianych, odpowiedzialnych za bilans radiacyjny Ziemi – efekt cieplarniany. Zachwianie równowagi między poziomem emisji tych gazów a zdolnościami do ich konwersji w atmosferze stanowi istotną przyczynę zmian klimatycznych. Wskaźniki zrównoważonego rozwoju są narzędziem monitoringu, umożliwiającym stworzenie statystycznego obrazu kraju z punktu widzenia implementacji nowego paradygmatu rozwoju. Najważniejszą cechą wskaźnika jest porównywalność jego wartości, umożliwiająca określenie pozycji danego obiektu/kraju na tle innych obiektów/krajów. W artykule poddano analizie 8 wskaźników zrównoważonego rozwoju w aspekcie wykorzystania biomasy do celów energetycznych. Przeanalizowano trzy wskaźniki ładu społecznego, dwa – ładu gospodarczego i trzy – ładu środowiskowego. Wykazano, że energetyczne wykorzystanie biomasy może znacząco zredukować emisję gazów cieplarnianych na kilku etapach: emisja może zostać wyeliminowana z procesu biologicznego przetwarzania biomasy, jej składowania, a także ograniczona na etapie transportu.

Słowa kluczowe: energia, zrównoważony rozwój, łądy i wskaźniki, biomasa

### **Performance of sustainable development indexes in alternative power generation as exemplified by biomass**

Abstract: Poland is now faced with the task of developing a long-term energy policy for decades to come, a strategy capable of reconciling the security of power supplies as well as effective economic processes, ensuring adequate standards of environmental protection.

<sup>1</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Kraków;  
e-mail: sobczyk@agh.edu.pl; galkapaulina@gmail.com; martyna.nawrockaa@gmail.com

The process in which fossil fuels are converted into energy carriers of choice is accompanied by the emission of various gas substances which escape into the environment. Later on, those substances accumulate in the atmosphere as greenhouse gases affecting the Earth's radiation balance – the greenhouse effect. Upsetting the balance between emission levels of those gases and the capacity to convert them in the atmosphere is the reason for climate changes.

Sustainable development indices constitute a monitoring tool which makes it possible to create a statistical image of a country from the perspective of a new development paradigm. The most important feature of this index is the capability of comparing values, enabling to determine the position of a given object with reference to other objects. The article analyses 8 indexes of sustainable development in terms of using biomass for power generation purposes. The analysis was performed to include three social order indices, two economic indices and one environmental order index. It was concluded that the use of biomass in power generation can reduce the emission of greenhouse gasses significantly at several stages: the emission can be eliminated from the biological process of biomass conversion, storage and it can also be reduced during transportation.

Keywords: energy, sustainable development, pillars and indicators, biomass

## Wprowadzenie

Gospodarka naszego kraju od dziesięcioleci opiera się na wykorzystaniu bogatych zasobów węgla kamiennego i brunatnego. W dokumencie przyjętym przez Radę Ministrów dnia 10 listopada 2009 r. Polityka Energetyczna Polski do roku 2030 zapisano, że w celu zagwarantowania bezpieczeństwa energetycznego kraju zakłada się wykorzystanie węgla jako głównego paliwa dla elektroenergetyki i dla ciepłownictwa ([Polityka energetyczna... 2009](#)). Surowiec ten w procesie wydobywania, spalania i wykorzystania zawartej w nim energii stwarza jednak problemy związane z wymogami ochrony środowiska. W krajach Unii Europejskiej każdego roku zaostrzane są standardy, przyjmowane nowe przepisy i zobowiązania, także w ramach umów międzynarodowych. Polska zobligowana jest do podejmowania kolejnych wysiłków, zdążających do zrównoważonej, niskoemisyjnej gospodarki. Jest ona elementem postanowień Traktatu Akcesyjnego oraz podstawą tak zwanego pakietu klimatyczno-energetycznego Unii Europejskiej, zatwierdzonego formalnie dnia 23 kwietnia 2009 r.

Proces konwersji paliw kopalnych do pożądanego nośnika energii skutkuje emisją do środowiska różnych substancji gazowych, a w efekcie ich kumulacją w atmosferze w postaci gazów cieplarnianych, odpowiedzialnych za bilans radiacyjny Ziemi – efekt cieplarniany ([Kierunki rozwoju... 2010](#)). Zachwianie równowagi między poziomem emisji tych gazów a zdolnościami do ich konwersji w atmosferze stanowi istotną przyczynę zmian klimatycznych.

Strategia efektywności procesów gospodarczych, ochrony środowiska i równoważenia bezpieczeństwa dostaw surowców energetycznych przy wykorzystaniu potencjału rodzimych alternatywnych źródeł energii jest cechą Polityki energetycznej Polski ([Strategia... 2017](#)). Biomasa oznacza podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich ([Dyrektywa 2001](#)).

Według analiz Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej potencjał techniczny drewna i jego odpadów z lasów i sadów, możliwy do wykorzystania w energetyce, wynosi 8,81 mln ton

(Europejskie Centrum Energii). W Polsce potencjał techniczny biopaliw szacuje się na 685 PJ w skali roku, z czego najwięcej – 408 PJ przypada na biopaliwa stałe. Ich zasoby składają się z nadwyżek biomasy pozyskiwanych w rolnictwie (195 PJ), leśnictwie (101 PJ), sadownictwie (58 PJ) oraz z odpadów przemysłu drzewnego (54 PJ) (Główny Urząd... 2016; Rolnictwo... 2015; Sobczyk i Baran 2016; Sprawozdanie... 2017).

## 1. Łady zrównoważonego rozwoju

Zaniepokojenie stanem środowiska było przyczyną zrodzenia się idei zrównoważonego rozwoju. Koncepcja ekorozwoju dotyczy zależności między globalnymi zjawiskami gospodarczymi, społecznymi i przyrodniczymi. Przy zastosowaniu kryteriów ekonomicznych, ekologicznych i społecznych, jak również przy traktowaniu środowiska przyrodniczego jako ograniczonej całości, która podlega ewolucji, częściowym przekształceniom w znacznej mierze pod wpływem działań człowieka, dokonuje się wyboru priorytetów rozwojowych (Sobczyk 2014, 2015).

Zapewnienie trwałości rozwoju odbywa się dzięki poszukiwaniu harmonii między społecznym potencjałem towarzyszącym wzrostowi ekonomicznemu a ochroną środowiska naturalnego. Ochrona ta oznacza troskę o środowisko przyrodnicze i jego zasoby, tak aby w nie pogorszonym stanie mogły służyć przyszłym pokoleniom. Oznacza również dbałość o zapewnienie edukacji, opieki zdrowotnej, bezpieczeństwa i odpowiednich warunków bytowych ludzi w taki sposób, aby nie niszczyć możliwości rozwoju następnym generacjom. W ten sposób gwarantuje się ochronę rzadkich dóbr i zasobów, a tym samym umożliwia trwałość rozwoju.

Wskaźniki zrównoważonego rozwoju są narzędziem informacyjno-diagnostycznym ułatwiającym ocenę i zarządzanie sferą społeczną, gospodarczą i środowiskową na poziomie lokalnym, regionalnym i krajowym (Wskaźniki... 2015). Wielu autorów podkreśla potrzebę stosowania wskaźników jako elementów wynikających z definicji zrównoważonego rozwoju: długofalowość, uwzględnienie potrzeb międzypokoleniowych, powiązanie spraw gospodarczych, społecznych i środowiskowych (Sobczyk 2011; Sobczyk i Kowalska 2012; Udo i Pawłowski 2011). Istotą zrównoważonego rozwoju jest zapewnienie zadowalająco wysokiego poziomu życia wszystkich ludzi żyjących współcześnie i w przyszłości. Wymiar społeczny ma ogromne znaczenie, gdyż zrównoważony rozwój może być osiągnięty jedynie przez ludzi dojrzałych emocjonalnie, odpowiedzialnych, zdolnych do podejmowania właściwych decyzji. Czołowym założeniem nie jest indywidualna korzyść, ale zapewnienie obiektywnego wzrostu, w którym udział ma całe społeczeństwo.

Ład społeczny zrównoważonego rozwoju gwarantuje stabilne, sprawiedliwe przetrwanie poprzez wolność polityczną i cywilną, przestrzeganie globalnych praw człowieka, dostęp do edukacji, zwalczanie analfabetyzmu i sprawiedliwe wynagrodzenie za pracę. Zakres społeczny zakłada rozwój społeczeństwa obywatelskiego, jego zaangażowanie w rozwiązywanie problemów, udział w procesie decyzyjnym na różnych szczeblach. Zapewnia działania przeciwko dyskryminacji, zwalczanie ubóstwa poprzez zwiększanie zatrudnienia, zapewnienie bezpieczeństwa socjalnego dla wszystkich, poprawę równowagi żywnościowej.

Przez pryzmat rozwoju człowieka patrzymy na rozwój wszystkich dziedzin jego życia. W rozwoju zrównoważonym chodzi o uzyskanie równowagi pomiędzy rozwojem wewnętrznym człowieka a zewnętrznym, na który składa się jego działanie na płaszczyźnie społecznej, kulturowej, ekonomicznej i przyrodniczej. Płaszczyzny zewnętrznego działania człowieka są od siebie zależne, współtworzą rzeczywistość, która powinna rozwijać się w sposób zbalansowany.

Ekonomiczny dobrobyt jest istotnym akcentem zrównoważonego rozwoju. Gospodarka jest ważnym narzędziem, które stosowane we właściwy sposób motywuje do dokonywania wyborów, wspierających zrównoważony rozwój. Tego typu propozycje muszą istnieć na wszystkich szczeblach społeczeństwa i działać poprzez:

- uczynienie opłacalnymi inwestycji związanych ze zrównoważonym rozwojem,
- ukierunkowanie badań naukowych na obszary wiedzy i rozwiązań sprzyjających zrównoważonemu rozwojowi.

Ład gospodarczy obejmuje efektywność energetyczną, w tym zalecane wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w całkowitym zużyciu energii. Kładzie nacisk na zachowanie równowagi przemysłowej (zrównoważenie produkcji rolnej, przemysłowej, sektora usług i produkcji).

Wskutek działalności człowieka środowisko naturalne poddane jest nadmiernemu wykorzystaniu. Zaspokajanie aktualnych potrzeb człowieka bez nadmiernej presji na ekosystem stanowi wyzwanie wymagające wypracowania nowych koncepcji. Nadrzędnym elementem tego wyzwania jest ochrona środowiska naturalnego. Konieczne jest wyznaczenie prostych celów, lecz o fundamentalnym znaczeniu, takich jak: ograniczenie zjawiska globalnego ocieplenia, trwała ochrona bioróżnorodności, kontrolowanie i ograniczenie emisji zanieczyszczeń, powrót do naturalnych cykli obiegu substancji odżywczych (Hindson i Zaparucha 2010). Cele zostaną osiągnięte poprzez oszczędne korzystanie z zasobów wodnych, ochronę gruntów, zachowanie czystego powietrza, racjonalne wykorzystanie surowców mineralnych. Jedynym słusznym sposobem zmniejszenia globalnego ocieplenia jest obniżenie poziomu emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw kopalnych. Można to uczynić poprzez wykorzystanie alternatywnych źródeł do produkcji energii, np. biomasy i jej pochodnych.

## **2. Realizacja założeń wybranych wskaźników ładu społecznego**

### **Wskaźnik/dziedzina: Narażenie ludności miejskiej na ponadnormatywne oddziaływanie pyłu PM10/Zdrowie publiczne**

Wskaźnik prezentuje średnioroczne ważone stężenie pyłu PM10 na stacjach tła miejskiego, zlokalizowanych w aglomeracjach. Pył zawieszony jest mieszaniną bardzo małych cząstek stałych i ciekłych złożoną zarówno ze związków organicznych, jak i nieorganicznych.

#### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Zanieczyszczenia zawarte w powietrzu wpływają negatywnie na zdrowie ludzi, powodując wiele dolegliwości układu oddechowego i krążenia. Pomimo działań podejmowanych

na rzecz redukcji pyłu drobnego PM10 przekroczenia norm stanowią jeden z najistotniejszych problemów jakości powietrza w Polsce. Spośród 46 stref podlegających ocenie jakości powietrza w Polsce za 2012 r. pod względem średniego 24-godzinnego zanieczyszczenia pyłem PM10, przekroczenia poziomu dopuszczalnego stwierdzono w 38 strefach. W większości stref występują przekroczenia poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz poziomu docelowego benzo(a)pirenu (Wskaźniki... 2015).

Biomasa zawiera średnio czterokrotnie więcej tlenu w porównaniu z węglem energetycznym oraz dwukrotnie mniej pierwiastka węgla, ale również mniej siarki, azotu i popiołu (średnio od 5 do 10 razy mniej w zależności od rodzaju biomasy). Ponadto oznacza się wysoką zawartością części lotnych (65–80%) i wysoką reaktywnością, które determinują konieczność stosowania odpowiednich rozwiązań technicznych zabezpieczających jej efektywne energetycznie przetworzenie. Muszą być zapewnione warunki pełnego spalania wydzielających się lotnych produktów rozkładu biomasy. Konsekwencją jest większy udział emitowanych cząstek pyłu PM10 i PM2,5 (Polityka klimatyczna... 2003).

### **Wskaźnik/dziedzina: Stopa bezrobocia długotrwałego/Dostęp do rynku pracy**

Stopa bezrobocia długotrwałego obliczana jest jako udział liczby osób bezrobotnych poszukujących pracy przez 12 miesięcy i więcej w liczbie ludności aktywnej zawodowo. Wskaźnik obliczany jest na podstawie informacji uzyskanych z Badania Aktywności Ekonomicznej Ludności. Ludność aktywna zawodowo obejmuje wszystkie osoby pracujące i bezrobotne (Aktywność ekonomiczna... 2018).

### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Długotrwanie bezrobotni w wyniku wyłączenia z życia zawodowego tracą motywację do podejmowania prób poprawy swojej sytuacji, a przez to stają się bierni. Długotrwałe pozostawanie poza rynkiem pracy prowadzi do wykluczenia społecznego. Od 2004 r. udział bezrobotnych poszukujących pracy przez 12 miesięcy i więcej wśród ludności aktywnej zawodowo systematycznie się obniża. W 2014 r. udział ten w Polsce był niższy niż średnia dla krajów UE o 1,3%.

Ważnym działaniem na rzecz poprawy sytuacji na obszarach wiejskich jest rozwój różnych form przedsiębiorczości rolniczej, stwarzającej możliwości alternatywnego zatrudnienia dla części ludności tych obszarów. Wprowadzenie do upraw nowych roślin energetycznych daje możliwość zatrudnienia dużej liczbie ludności (Wielewska 2014). Dodatkowo dla rolników jest duża szansa pozwalająca na zwiększenie swojej produkcji i jej rozwój. Wymaga to jednak pobudzenia aktywności ludności wiejskiej i wspierania działalności na własny rachunek, co wiąże się z działaniami na rzecz poprawy dostępu mieszkańców wsi do kształcenia.

Dla stworzenia nowych miejsc pracy potrzebne są programy ułatwiające powstawanie firm zatrudniających większą liczbę osób. Obok prostych warsztatów powinny także powstawać firmy średniej wielkości, najbardziej podatne na postęp techniczny, bowiem takie firmy mają szansę na podjęcie kooperacji z dużymi firmami. W środowisku wiejskim dominują firmy jedno- lub najwyżej kilkusobowe. Jak dotychczas mają one największy wpływ na gospodarkę przeważającej liczby gmin w Polsce (Sobczyk i in. 2015).

Zwiększenie produkcji biomasy energetycznej może być ważnym elementem wielofunkcyjnego rozwoju wsi i mieć korzystny wpływ na dochody rolników. International Renewable Energy Agency (IRENA) opublikowało statystyki dotyczące światowego zatrudnienia w branży energetyki odnawialnej. W 2012 roku zatrudnienie w branży OZE wynosiło 7,14 mln osób, a w 2016 r. już 10 mln (International Renewable). W ciągu 4 lat zanotowano wzrost o 38%.

### **Wskaźnik/dziedzina: Zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych na 1 mieszkańca/Wzorce konsumpcji**

Wskaźnik określa ilościową konsumpcję elektryczności przez gospodarstwa domowe w przeliczeniu na 1 mieszkańca. Konsumpcja elektryczności przez gospodarstwa domowe obejmuje całkowite wykorzystanie elektryczności do ogrzewania pomieszczeń i wody oraz wszystkich urządzeń elektrycznych.

#### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych jest najważniejszym wskaźnikiem monitorowania konsumpcji. Wskaźnik obrazuje zmiany zużycia energii elektrycznej w czasie przez odbiorców domowych. W latach 2004–2013 zaobserwowano systematyczny wzrost zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych, wynikający m.in. z powszechnego użytkowania urządzeń energetycznych. Zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych na 1 mieszkańca w 2013 r. wyniosło 2,7 GJ i było o 12% wyższe niż w 2004 roku (*Wskaźniki... 2015*).

Pomimo tego, że energia wyprodukowana z biomasy pozwala zaspokoić zapotrzebowanie energetyczne, to w energetyce spada udział zużycia biomasy. W pierwszym kwartale 2017 r. odnotowano spadek produkcji energii elektrycznej z tego źródła o 30%. Przyczyną jest niższa cen zielonych certyfikatów, czyli podstawowego systemu wsparcia. Zielone certyfikaty potaniały aż o 90%. Produkcja energii z biomasy przestaje się opłacać.

### **3. Realizacja założeń wybranych wskaźników ładu gospodarczego**

#### **Wskaźnik/dziedzina: Wskaźnik ekoinnowacyjności/Innowacyjność**

Wskaźnik bazuje na 16 indeksach z pięciu obszarów: trzy z nich bezpośrednio odnoszą się do ekoinnowacji. Są to nakłady, działania i wyniki. Pozostałe dwie grupy indeksów to efekty wprowadzania ekoinnowacji: środowiskowe oraz społeczno-gospodarcze. Innowacja – to nowy lub istotnie ulepszony produkt, proces, metoda organizacyjna lub marketingowa, które przynoszą korzyści dla środowiska w porównaniu z rozwiązaniami alternatywnymi.

#### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Innowacyjność jest silnie związana ze zrównoważonym rozwojem. Ekoinnowacje spowalniają eksploatację i wykorzystanie zasobów naturalnych i uwalnianie substancji szkodliwych do środowiska. Dają korzyści dla gospodarki poprzez zwiększenie konkurencyjności przedsiębiorstw.

Przykładem procesu ekoinnowacyjnego jest wykorzystanie biomasy w produkcji energii. Największą zaletą biomasy jest zerowy bilans emisji dwutlenku węgla. Podczas jej spalania emisja CO<sub>2</sub> jest równoważna ilości CO<sub>2</sub> pobieranego w czasie fotosyntezy. Notuje się także niższą niż w przypadku spalania paliw kopalnych emisję dwutlenku siarki, tlenków azotu i tlenku węgla. Wykorzystując biomasę w energetyce, zapobiegamy marnotrawstwu nadwyżek żywności, zagospodarowujemy odpady produkcyjne przemysłu leśnego i rolnego, utylizujemy odpady komunalne (Wskaźniki... 2015).

Polska należy do najmniej ekoinnowacyjnych krajów w Unii Europejskiej: w 2012 r. nasz kraj uplasował się dopiero na 26. miejscu wśród 27 krajów Wspólnoty.

#### **Wskaźnik/dziedzina: Udział powierzchni użytków rolnych w gospodarstwach ekologicznych w powierzchni użytków rolnych ogółem/Wzorce produkcji**

Wskaźnik określa procentowy udział użytków rolnych gospodarstw ekologicznych w powierzchni ogółem użytków rolnych według siedziby użytkownika. Za gospodarstwo ekologiczne uważa się gospodarstwo rolne, które posiada certyfikat nadany przez upoważnioną jednostkę certyfikującą lub jest w trakcie przedstawiania na ekologiczne metody produkcji rolniczej.

#### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Rolnictwo ekologiczne zmniejsza obciążenie środowiska naturalnego, przyczyniając się do poprawy stanu ekosystemów. Jest to metoda produkcji promująca ochronę środowiska i dobrostan zwierząt. Rolnictwo ekologiczne jest dynamicznie rozwijającym się sektorem rolnictwa konwencjonalnego. Pozwala produkować żywność ekologiczną przy zastosowaniu środków naturalnych. W okresie 2003–2013 liczba gospodarstw ekologicznych w Polsce wzrosła blisko jedenastokrotnie. Obecnie jest ich 27 tysięcy, przy czym średnia powierzchnia gospodarstwa wynosi 25 ha (Rolnictwo... 2015). W rolnictwie ekologicznym produkcja i konsumpcja odbywają się w obiegu zamkniętym. Wymogiem jest przeznaczenie co najmniej 80% plonu do przetwórstwa, do skarmiania zwierząt lub przekazania do innych gospodarstw lub sprzedaży (Wskaźniki... 2015).

### **4. Realizacja założeń wybranych wskaźników ładu środowiskowego**

#### **Wskaźnik/dziedzina: Emisja gazów cieplarnianych w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>/Zmiany klimatu**

Wskaźnik określa całkowitą roczną emisję gazów cieplarnianych wytworzonych przez człowieka w odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych w roku bazowym 1988, zgodnie z protokołem Kioto, z wyłączeniem emisji pochodzącej z lotnictwa międzynarodowego i międzynarodowego transportu morskiego oraz zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa. „Koszyk Kioto” gazów cieplarnianych zawiera następujące substancje: dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), podtlenek azotu (N<sub>2</sub>O) oraz F-gazy: fluorowęglowodory (HFCs), perfluorowęglowodory (PFCs) i sześciofluorek siarki (SF<sub>6</sub>). Emisja gazów cieplarnianych określana jest jako zagregowana emisja sześciu wymienionych gazów cieplarnianych, ważona



współczynnikami ocieplenia globalnego przy podstawie z 1988 r. równej 100. Za ekwiwalent dwutlenku węgla przyjmuje się 1 Mg lub ilość innego gazu cieplarnianego stanowiącą odpowiednik 1 Mg dwutlenku węgla, obliczoną z wykorzystaniem współczynników ocieplenia globalnego, np. jedna tona metanu odpowiada 25 tonom CO<sub>2</sub>. Rok 1988 przyjęto dla Polski jako rok bazowy do rozliczenia wypełnienia zobowiązań Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC) i jej Protokołu z Kioto (*Wskaźniki...* 2015).

### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Uzgodnienia podjęte w Kioto uważane są za jeden z pierwszych kroków międzynarodowej społeczności do sformalizowanego działania na rzecz skutecznej ochrony środowiska. Redukcja emisji dwutlenku węgla oraz pozostałych gazów cieplarnianych jest kluczowa dla zapobieżenia nadmiernemu ociepleniu klimatu. Zobowiązanie do redukcji emisji gazów cieplarnianych w pierwszym okresie (lata 2008–2012) zostało przez Polskę wypełnione z nadwyżką (redukcja o 29%). Długoplanowym celem jest osiągnięcie 40% redukcji emisji gazów cieplarnianych w roku 2020 w stosunku do roku bazowego (*Polityka klimatyczna 2003*). W 2012 r. większość krajów Unii Europejskiej odnotowała spadek emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w odniesieniu do emisji z roku bazowego. Zrealizowano tym samym zobowiązania w celu wspierania zrównoważonego rozwoju. Najniższą emisję w porównaniu z rokiem bazowym wykazały: Łotwa 42% (cel: 92%), Rumunia 43% (cel: 92%), Litwa 44% (cel: 92%) (*Bezyk i Sówka 2015*).

Jak wiadomo, spalanie biomasy ma korzystniejszy bilans dwutlenku węgla od spalania paliw kopalnych (pochłanianie CO<sub>2</sub> w procesie fotosyntezy). Spalanie paliw kopalnych powoduje 70% światowej emisji CO<sub>2</sub>. Polska ma dziesięcioprocentowy udział w emisji CO<sub>2</sub> w UE. W 2015 roku udział paliw kopalnych w światowej produkcji energii wynosił 78%, natomiast ze źródeł odnawialnych 19% (w tym 9% z biomasy). Zastąpienie paliw kopalnych biomasą spowodowałoby zmniejszenie emisji dwutlenku węgla.

### **Wskaźnik/dziedzina: Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto/Energia**

Wskaźnik obliczany jest jako udział końcowego zużycia energii brutto ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto ze wszystkich źródeł. Końcowe zużycie energii brutto oznacza nośniki energii dostarczane do celów energetycznych przemysłowi, sektorowi transportu, gospodarstwom domowym, sektorowi świadczącemu usługi publiczne, rolnictwu, leśnictwu i rybołówstwu, łącznie ze zużyciem energii elektrycznej i ciepła przez przemysł energetyczny dla potrzeb wytwarzania energii elektrycznej i ciepła oraz łącznie ze stratami energii elektrycznej i ciepła podczas przesyłu i dystrybucji.

### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Wskaźnik informuje o stopniu wykorzystania energii pochodzącej z OZE w zużyciu końcowym energii w kraju. Umożliwia monitorowanie efektów działań w zakresie promowania produkcji i zużycia energii odnawialnej we wszystkich sektorach. Zasadność wykorzystania tego wskaźnika wynika z wyzwań, jakie stoją przed Polską w zakresie ograniczania energo-



chłonności gospodarki w średnim i długim okresie. Od 2008 r. w Polsce występuje niewielki, lecz systematyczny wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto. W latach 2004–2007 wartość wskaźnika utrzymywała się na stałym poziomie 6,9%, natomiast w 2013 r. osiągnęła poziom 11,3% (19. pozycja wśród krajów UE) (*Energia ze źródeł 2017*). Obserwowany wzrost ilości energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych znajduje również odzwierciedlenie we wzroście zróżnicowania tych źródeł.

Biopaliwa stałe zajmują dominującą pozycję w krajowym pozyskaniu i wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych (w 2015 r. ich udział wynosił 72%). Znajdują się na drugim miejscu w pokryciu zapotrzebowania na energię elektryczną z nośników energii odnawialnej (40%). Wykorzystywane są najczęściej w sektorach ciepłownictwa i chłodnictwa. Największy udział przypada na energię z wiatru (48%). Biorąc pod uwagę niekorzystne zmiany w legislacji dla energetyki wiatrowej, najprawdopodobniej na czele będą biopaliwa stałe. Obniżeniu uległ udział energii wody (z 4% do 2,5%). Proces pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych rozwija się powoli, co wpływa niekorzystnie na równowagę posiadanych naturalnych zasobów i ochronę środowiska (*Wskaźniki... 2015*).

### **Wskaźnik/dziedzina: Stan jakości powietrza/Ochrona powietrza**

Wskaźnik pozwala na monitorowanie postępu w dochodzeniu do norm UE w odniesieniu do jakości powietrza. Polska podzielona została na strefy, w których dokonuje się corocznie oceny jakości powietrza (*Rozporządzenie 2012*). W każdej ze stref bada się stężenie 12 zanieczyszczeń. Na podstawie wyników badań dokonuje się klasyfikacji stref pod kątem ochrony zdrowia ludzi.

### **Znaczenie dla zrównoważonego rozwoju**

Zapobieganie zanieczyszczeniom powietrza odbywa się poprzez dotrzymanie wymaganych prawem poziomów dopuszczalnych zanieczyszczeń w środowisku. Jakość powietrza wpływa w istotny sposób na warunki życia człowieka, kondycję ekosystemów, a także procesy związane ze zmianami klimatu. Skutki zanieczyszczenia powietrza są szczególnie odczuwalne przez osoby starsze, chore oraz dzieci. Dolegliwości związane są z układem oddechowym i krwionośnym. Niektóre substancje obecne w powietrzu wykazują właściwości kancerogenne. Ocena jakości powietrza za 2012 r. obejmowała 12 substancji. Kraj został podzielony na 46 stref dla każdego z zanieczyszczeń. Strefom przypisuje się następujące klasy:

- A – dla strefy, na obszarze której nie stwierdzono przekroczeń;
- B – dla strefy, w której został przekroczony poziom dopuszczalny, ale nie został naruszony margines tolerancji;
- C – dla strefy, na obszarze której w danym roku miało miejsce przekroczenie poziomu dopuszczalnego powiększonego o margines tolerancji lub poziomu docelowego.

Spośród 46 stref objętych oceną tylko jedna strefa została określona jako klasa A. Aż 38 stref zaliczono do klasy C. Pomimo poprawy jakości powietrza w Polsce (spadek wartości wskaźnika z 91% w 2010 r. do 85% w 2012 r.) oraz istotnemu postępowi w zakresie redukcji emisji większości zanieczyszczeń, niezbędne są dalsze wzmożone działania w tym zakresie, zmierzające do osiągnięcia celu na poziomie minimum 45%.

Polskie elektrownie spalają rocznie miliony ton biomasy. Niestety, bardzo dużą jej część musimy importować (Wielgosiński i Lechtańska 2015). Według wyliczeń Instytutu Energii Odnawialnej, importując biomasę, zwiększaliśmy emisję CO<sub>2</sub> zamiast ją zmniejszać: transport tego surowca do Polski to spalone tony paliwa przez ciężarówki i statki, a więc tony dwutlenku węgla wypuszczone do atmosfery (Antyekonomia i antyekologia 2015).

Ograniczenie emisji przy zastosowaniu kontrolnych technologii produktów spalania lub wyeliminowanie emisji poprzez promowanie alternatywnych źródeł energii, takich jak energia Słońca i jej pochodne: energia wiatru, wody, prowadzą do polepszenia jakości powietrza. Energia pozyskiwana z biomasy ma znaczący pozytywny wpływ w realizacji omawianego wskaźnika.

### Podsumowanie

Zrównoważony rozwój w energetyce oznacza znalezienie bezkonfliktowości między aspektem społecznym, gospodarczym, kulturowym i przyrodniczym w technologii pozyskiwania energii. To rozwiązanie ma podstawowe znaczenie dla przyszłych pokoleń.

W artykule przeanalizowano wybrane wskaźniki ładu społecznego. Zauważono wpływ zastosowania założeń tego ładu dla stanu zdrowia społeczeństwa. Zarówno pyły lotne z biomasy, jak i pyły ze spalania węgla mają zbliżony skład chemiczny. Popioły lotne z biomasy posiadają jednak znacznie mniej w składzie pierwiastkowym atomów metali (Ti, Al, Fe) niż pyły z węgla. Z drugiej strony podczas spalania biomasy do atmosfery w postaci pyłu węglowego uwalniane jest znacznie więcej węgla drzewnego niż przy spalaniu paliwa konwencjonalnego (Czech i in. 2018). Poprawy sytuacji ekonomicznej mieszkańców obszarów wiejskich można szukać w dodatkowym zatrudnieniu, jakim jest uprawa roślin energetycznych. Wskaźnik zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych pokazuje, że spada udział zużycia biomasy w energetyce, co wynika z niesprzyjających systemów wsparcia (zniżka cen zielonych certyfikatów).

Spośród wskaźników ładu gospodarczego omówiono ekoinnowacyjność i wzorce produkcji. Podkreślono, że ekoinnowacje spowalniają wykorzystanie zasobów naturalnych, a tym samym obniżają emisję zanieczyszczeń do środowiska. Wykorzystanie biomasy w produkcji energii to dobry przykład działań prośrodowiskowych (zerowy bilans emisji dwutlenku węgla). Wskaźnik „wzorce produkcji” jest ilustrowany przez rolnictwo ekologiczne, w którym produkcja i konsumpcja odbywają się w obiegu zamkniętym. Obecność biomasy warunkuje prawidłowe funkcjonowanie gospodarstwa rolnego.

Do analizy wskaźników ładu środowiskowego wybrano zmiany klimatu, udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii oraz ochronę powietrza. Wprowadzenie do energetyki niekonwencjonalnych paliw pozwala realizować ideę zrównoważonego rozwoju. Biopaliwa stałe odgrywają dużą rolę w pozyskiwaniu i wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych. Spalanie biomasy ma korzystniejszy bilans dwutlenku węgla od spalania paliw kopalnych (pochłanianie CO<sub>2</sub> w procesie fotosyntezy). Dla poprawy stanu czystości atmosfery należy wprowadzić czyste technologie spalania, ograniczające emisję zanieczyszczeń, jak również promować alternatywne źródła energii, takie

jak biomasa. Energetyczne wykorzystanie biomasy może znacząco zredukować emisję gazów cieplarnianych na kilku etapach: emisja może zostać wyeliminowana z procesu biologicznego przetwarzania biomasy, jej składowania, a także ograniczona na etapie transportu. Spalanie biomasy jako źródła energii jest zgodne z efektywnością energetyczną. Dzięki postępowi technicznemu i obniżaniu kosztów przetwarzania biomasy, jej składowania i transportu to odnawialne źródło energii można stopniowo integrować z rynkiem.

Aby zachowanie kapitału przyrody na aktualnym lub wyższym poziomie było możliwe, niezbędne jest zakorzenienie się idei rozwoju zrównoważonego w świadomości społecznej. Kluczową rolę pełni edukacja ekologiczna, czynnik o fundamentalnym znaczeniu dla ochrony środowiska oraz dla zachowania go dla przyszłych pokoleń. Działania edukacyjne pojedynczego obywatela, społeczności lokalnej i całego świata kształtują postawy odpowiedzialności i współodpowiedzialności za świat. Takie jest finalne postanowienie edukacji na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Publikacja zrealizowana w ramach pracy statutowej KISiPS AGH nr 11.11.100.482.

## Literatura

- Aktywność ekonomiczna... 2018 – Aktywność ekonomiczna ludności Polski. IV kwartał 2017. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa: GUS. [Online] stat.gov.pl [Dostęp: 22.08.2018].
- Antyekonomia i antyekologia 2015 – Antyekonomia i antyekologia – czyli energia z importowanej biomasy 23.12.2015. [Online] <https://www.salon24.pl/u/energetyka> [Dostęp: 3.07.2018].
- Bezyk, Y. i Sówka, I. 2015. *Trendy i prognozy emisji wybranych gazów cieplarnianych w Europie* [W:] Kotowski, A., Piekarska, K. i Kaźmierczak, B. red. *Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska* 6, s. 22–39. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. ISBN: 978-83-7493-897-6.
- Czech i in. 2018 – Czech, T., Sobczyk, A.T., Jaworek, A. i Krupa, A. 2018. *Porównanie własności fizycznych popiołów lotnych ze spalania węgla kamiennego, brunatnego i biomasy*. [Online] [www.pzits.not.pl/docs/ksiazki/Pol\\_2012/Czech\\_73-82.pdf](http://www.pzits.not.pl/docs/ksiazki/Pol_2012/Czech_73-82.pdf) [Dostęp: 21.08.2018].
- Dyrektywa 2001 – Dyrektywa 2001/77/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 września 2001 r. w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. [Online] <https://www.google.com/Dyrektywa+2001>, [Dostęp: 4.07.2018].
- Energia ze źródeł 2017 – Energia ze źródeł odnawialnych w 2016 r. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny, s. 24. [Online] Dostępne w: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-2016,3,11.html> [Dostęp: 30.06.2018].
- Europejskie Centrum – Europejskie Centrum Energii Odnawialnej dla Państw Regionu Morza Bałtyckiego (EC BREC). [Online] Dostępne w: <https://europejskie-centrum-energii-odnawialnej> [Dostęp: 29.06.2018].
- Hindson, J. i Zaparucha, A. 2010. *Edukacja na temat zrównoważonego rozwoju*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- International Renewable – International Renewable Energy Agency (IRENA). [Online] Dostępne w: <http://www.irena.org> [Dostęp: 30.06.2018].
- Polityka energetyczna... 2009 – Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki. Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 r. [Online] Dostępne w: <https://www.google.com/search=Polityka+Energetyczna+Polski+do+roku+2030> [Dostęp: 2.07.2018].
- Polityka klimatyczna... 2003 – Polityka klimatyczna Polski. Strategie redukcji gazów cieplarnianych w Polsce do 2020 r. Ministerstwo Środowiska 2003. [Online] Dostępne w: <https://www.polityka+klimatyczna+Polski.+Strategie+redukcji+gazow>, [Dostęp: 30.06.2018].
- Rolnictwo... 2015 – Rolnictwo ekologiczne w Polsce. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2015. [Online] <http://www.minrol.gov.pl/Jakosc-zywnosci/Rolnictwo-ekologiczne> [Dostęp: 7.07.2018].

- Rozporządzenie... 2012 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz.U. z 2012 r., poz. 914).
- Kierunki rozwoju... 2010 – Kierunki rozwoju czystych technologii węglowych w Polsce. Ministerstwo Gospodarki. Projekt z dnia 25 sierpnia 2010, wersja c.2.
- Sobczyk, W. 2011. Evaluation of harvest of energetic basket willow. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture* PAN XI, s. 343–352.
- Sobczyk, W. and KOWALSKA, A. 2012. The techniques of producing energy from biomass. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture* PAN, 12, s. 257–261.
- Sobczyk, W. 2014. Sustainable development of rural areas. *Problems of Sustainable Development* 9(1), s. 119–126.
- Sobczyk, W. 2015. Sustainable development of Middle East Region. *Problems of Sustainable Development* 12(2), s. 51–62.
- Sobczyk i in. 2015 – Sobczyk, W., Nagornik, O.M. i Falencka-Jabłońska, M. 2015. Zrównoważona praktyka rolnicza – wybrane zagadnienia. *Kwartalnik Naukowy Edukacja-Technika-Informatyka* 2, s. 125–129.
- Sobczyk, W. i BARAN, T. 2016. Konkurencyjność technologii odnawialnych źródeł energii. *Kwartalnik Naukowy Edukacja-Technika- Informatyka* 1(15), s. 141–146.
- Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Sprawozdanie w sprawie postępów w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych. Bruksela, 1.02.2017.
- Strategia... 2017 – Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). Uchwała Rady Ministrów z dn. 14 lutego 2017 r. [Online] <https://www.muir.gov.pl/strony/strategia-na-rzecz-odpowiedzialnego-rozwoju> [Dostęp: 29.08.2018].
- Udo, V. i Pawłowski, A. 2011. Human Progress Towards Equitable Sustainable Development – part II: Empirical Exploration. *Problems of Sustainable Development* 6(2), s. 33–62.
- Wielewska, I. 2014. Rozwój OZE na obszarach wiejskich i ich wpływ na środowisko przyrodnicze w opinii doradców rolnych. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego* 14(XXIX), 3, s. 186–195.
- Wielgosiński, G. i Lechtańska, P. 2015. *Emisja zanieczyszczeń z procesu spalania biomasy*. Łódź: Politechnika Łódzka.
- Wskaźniki... 2015 – Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski. 2015. Główny Urząd Statystyczny i Urząd Statystyczny w Katowicach.