

Helena Rusak

Politechnika Białostocka

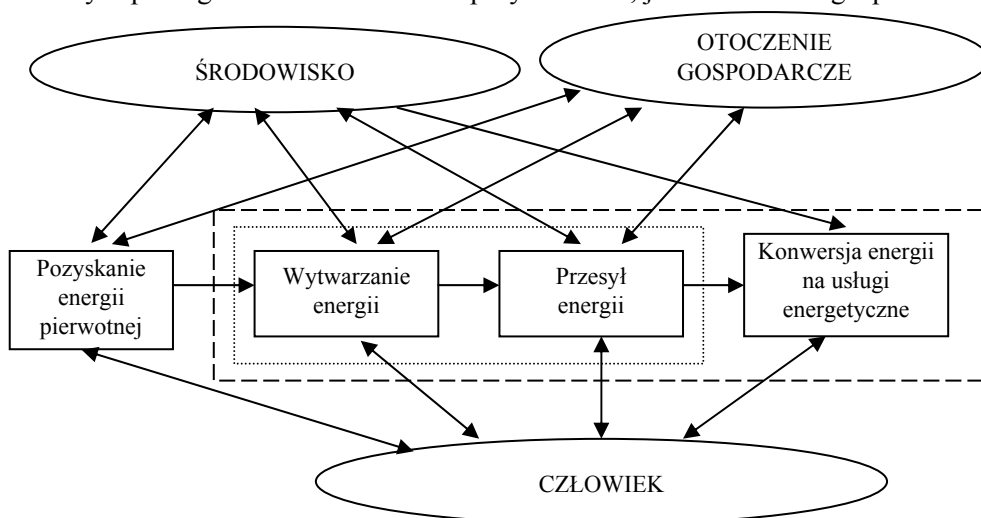
ENERGETYKA ODNAWIALNA W ŚWIETLE WSKAŹNIKÓW ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU SYSTEMÓW ENERGETYCZNYCH¹

Analiza systemów energetycznych w kontekście ich zrównoważonego rozwoju wymaga przyjęcia nieco innego niż tradycyjny widzenia systemu jako całości (rys. 1). Systemy energetyczne rozpatrywane są zazwyczaj albo z punktu widzenia technicznego, niezawodności dostarczania energii, albo z punktu widzenia kosztów pracy systemu. Podejmując trud analizy stopnia zrównoważenia systemu energetycznego, należałoby ocenić go znacznie szerzej, rozpatrując relacje między systemem energetycznym a jego otoczeniem – środowiskiem, otoczeniem gospodarczym i człowiekiem, jako twórcą, kierującym pracą oraz głównym adresatem działania i użytkownikiem systemu energetycznego.

Systemy energetyczne są ściśle powiązane z całym swoim otoczeniem i relacje te występują w obu kierunkach – zarówno system energetyczny wpływa na otoczenie, jak i otoczenie wpływa na system. Szczególne znaczenie należy przypisać oddziaływaniu systemu energetycznego na każdego użytkownika i osoby obsługujące jego pracę. Wiadomo, że system jest w całości zaplanowany, zaprojektowany, wybudowany, konserwowany i użytkowany przez ludzi. Z jednej strony jest elementem współczesnej cywilizacji, bez którego trudno sobie wyobrazić egzystencję współczesnych społeczeństw, z drugiej natomiast cały cykl życia systemu energetycznego, począwszy od momentu jego budowy poprzez eksploatację aż po utylizację po zakończeniu eksploatacji, niesie ze sobą wiele zagrożeń. Dotyczą one zarówno każdego człowieka stykającego się bezpośrednio z urządzeniami składającymi się na system energetyczny, jak i społeczeństw jako całości, których oto-

¹ Artykuł jest rezultatem realizacji pracy S/WE/04/08.

czenie jest pod wpływem oddziaływań systemów energetycznych. Oddziaływaniami tym podlega zarówno otoczenie przyrodnicze, jak i otoczenie gospodarcze.



Rys. 1. System energetyczny w interakcji z człowiekiem, gospodarką i środowiskiem

Źródło: opracowanie własne.

Oczekiwania wobec relacji systemów energetycznych z człowiekiem jako z jednej strony twórcą systemu, a drugiej – odbiorcą usług energetycznych, środowiskiem i gospodarką ujęte zostały w postaci wskaźników zrównoważonego rozwoju systemów energetycznych. Wskaźniki te z jednej strony pozwalają ocenić kierunki zmian w systemach energetycznych, a z drugiej dają możliwości porównywania tych zmian. Trudnością w kształtowaniu uniwersalnych wskaźników zrównoważonego rozwoju systemów energetycznych jest to, że muszą one funkcjonować i spełniać swoją funkcję dla systemów na bardzo różnych etapach rozwoju. Ponadto zestaw wskaźników musi być ukształtowany w taki sposób, aby nie stanowił jedynie zestawu danych statystycznych, lecz dawał podstawę do głębszego zrozumienia relacji między energią, życiem społeczeństwa, ekonomią i środowiskiem oraz uwypuklił te powiązania, które wcale nie muszą być na pierwszy rzut oka oczywiste [5; 8].

Zestaw wskaźników analizowanych w odniesieniu do systemów energetycznych ulegał ewolucji. Różnorodność proponowanych rozwiązań świadczy o tym, jak znaczną wagę przywiązuje się do prawidłowego skonstruowania zestawu wskaźników zrównoważonego rozwoju systemów energetycznych, oraz o tym, jak wielką pracę koncepcyjną i metodologiczną wykonano w tym kierunku.

W procesie opracowywania wskaźników zrównoważonego 4 rozwoju systemów energetycznych musiało być wzięte pod uwagę to, by [2]:

- odzwierciedlały pojęcie *sustainability*, czyli opierały się na wielkościach, które mają odniesienie do pojęcia zrównoważonego systemu energetycznego,
- oparte były na wielkościach, które mogą być zmierzone lub pozyskane w inny sposób i stanowić wiarygodne dane możliwe do uzyskania w formie ilościowej lub jakościowej,
- uwzględniały element czasu, w którym następują zmiany obciążenia systemu, zmiany zachodzące w otoczeniu ekonomicznym, przyrodniczym i społecznym oraz cały cykl życia systemu,
- stanowiły ukierunkowanie strategii zmian w systemie energetycznym. Wiadomo, że dążenie do zrównoważonego rozwoju nie stanowi szybkiego sposobu rozwiązywania problemów, lecz jest sposobem wyboru mechanizmów rozwoju dzisiaj w taki sposób, aby efekty były widoczne w przyszłości.

Wskaźniki podzielone zostały na trzy grupy, odzwierciedlające trzy główne aspekty zrównoważonego rozwoju: społeczny, ekonomiczny i środowiskowy. We wcześniejszych opracowaniach wyróżniany był również czwarty obszar dotyczący wyczerpywania się zasobów [1]. Z punktu widzenia definicji zrównoważonego rozwoju jest to bardzo istotny element, gdyż może stać się przyczyną ubytku dobrobytu przyszłych pokoleń. Czy i w jakim stopniu ta teza się potwierdzi, trudno jest oszacować, zależeć to będzie bowiem od rozwoju nowych technologii energetycznych, które nie będą się opierały na nieodnawialnych zasobach środowiska, oraz od tego, czy straty wynikające dla przyszłych pokoleń z bieżącego użytkowania zasobów nieodnawialnych zostaną im przez pokolenia wcześniejsze odpowiednio zrekompensowane. Rozwój technologiczny może przyczynić się do zachowania zasobów nieodnawialnych również przez zwiększenie udziału odnawialnych zasobów energetycznych jako alternatywy dla konwencjonalnego wytwarzania energii [3]². W wersji wskaźników zrównoważonego rozwoju systemów energetycznych przedstawionych w [6; 8], które są analizowane w niniejszym artykule, wskaźniki wyczerpywania zasobów nie są wyróżnione w oddzielnej grupie. Zagadnienie to zostało uwzględnione nie wprost, poprzez wskaźniki dotyczące struktury wykorzystywanej energii pierwotnej.

Zestaw 30 wskaźników [6] określających krajowe systemy energetyczne z punktu widzenia wymagań zrównoważonego rozwoju został podzielony na dwie grupy. Pierwsza (tab. 1) zawiera te, na których wartość nie ma wpływu ilość energii produkowanej w źródłach odnawialnych lub wpływ ten jest trudny do udowodnienia, a kształtowanie się wskaźnika zależy od wielu innych niż wielkość produkcji energii w OZE czynników. W tabeli 2 umieszczone zostały te wskaźniki, które

² W dzisiejszych realiach mówienie o źródłach energii odnawialnej jako o źródłach alternatywnych stanowi nadinterpretację, gdyż nie mamy dzisiaj praktycznie wyboru – odnawialne czy nieodnawialne, gdyż źródła odnawialne nie są w stanie przejąć roli spełnianej przez konwencjonalne zakłady wytwórcze w zakresie wytwarzania szczególnie energii elektrycznej i zaspokoić zapotrzebowanie odbiorców.

są zależne w sposób bezpośredni lub pośredni od tego, jaka ilość energii wytworzona została z odnawialnej energii pierwotnej.

Tabela 1. Wskaźniki niezależne od rodzaju energii pierwotnej, z jakiej wytwarzana jest energia bezpośrednia*

Symbol wskaźnika	Wskaźnik zrównoważonego rozwoju
SOC1	Udział gospodarstw domowych bez dostępu do elektryczności albo innego rodzaju energii handlowej, albo udział gospodarstw domowych silnie zależnych od niehandlowej energii.
SOC3	Zużycie energii w gospodarstwach domowych dla każdej grupy dochodowej i odpowiedniej mieszanki paliw.
ECO1	Zużycie energii na osobę.
ECO2	Zużycie energii na jednostkę PKB.
ECO6	Efektywność wykorzystania energii w przemyśle.
ECO7	Efektywność wykorzystania energii w rolnictwie.
ECO8	Efektywność wykorzystania energii w handlu i usługach.
ECO9	Efektywność wykorzystania energii w gospodarstwach domowych.
ECO10	Efektywność wykorzystania energii w transporcie.
ECO14	Ceny energii dla końcowego odbiorcy w podziale na rodzaje paliwa i sektory.
ENV4	Zawartość zanieczyszczeń w płynnych ściekach wytwarzanych przez systemy energetyczne.
ENV8	Ilość prawidłowo zabezpieczonych odpadów stałych wytwarzanych w systemie energetycznym odniesiona do całej masy odpadów stałych wytworzonych w systemie energetycznym.
ENV10	Ilość prawidłowo zabezpieczonych odpadów radioaktywnych wytwarzanych w systemie energetycznym odniesiona do całej masy odpadów radioaktywnych wytworzonych w systemie energetycznym.

* Energia bezpośrednia – energia w postaci, jakiej potrzebują urządzenia wytwarzające energię użyteczną lub, innymi słowy, jakiej potrzebują urządzenia wytwarzające usługi energetyczne.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6; 7].

Jak wynika z przeprowadzonych analiz, 17 wskaźników przyjętych jako wskaźniki zrównoważonego rozwoju systemów energetycznych zależy od ilości energii produkowanej w OZE. Pozostałych 13 wskaźników albo jest niezależnych od ilości energii produkowanej w OZE, albo zależność ta jest bardzo złożona (długi łańcuch zależności) i trudna do określenia ilościowego i jakościowego. Większość wskaźników umieszczonych w tab. 1 dotyczy obszaru efektywności wykorzystania energii przez urządzenia końcowe, co jest niezależne od technologii wytwarzania energii i od tego, jaką postać miała energia pierwotna.

Wykonanie przedstawionego powyżej podziału wymagało przeanalizowania definicji poszczególnych wskaźników, jednostek, w jakich są one mierzone, oraz danych, które trzeba wykorzystać, aby móc wyznaczyć poszczególne wskaźniki. W obu wyróżnionych grupach znalazły się wskaźniki ze wszystkich trzech głównych obszarów: społecznego, ekonomicznego i środowiskowego. W pierwszej

grupie w większości znalazły się wskaźniki związane z wykorzystaniem wytworzonej energii, w drugiej natomiast te, które zależne są od technologii wytwarzania.

Tabela 2. Wskaźniki zależne od ilości energii wytwarzanej z energii odnawialnej

Symbol wskaźnika	Wskaźnik zrównoważonego rozwoju
SOC2	Udział w dochodach gospodarstw domowych wydatków na energię elektryczną i paliwa.
SOC4	Liczba wypadków (śmiertelnych) w całym łańcuchu produkcyjnym energii*.
ECO3	Współczynnik sprawności przetwarzania energii i dystrybucji.
ECO4	Stosunek rezerwy energii (paliw kopalnych) do produkcji energii.
ECO5	Stosunek zasobów (energii pierwotnej) do produkcji energii.
ECO11	Udział poszczególnych typów paliw w wytwarzaniu energii w ogóle oraz wytwarzaniu energii elektrycznej.
ECO12	Udział energii „niewęglowej” w produkcji energii elektrycznej i energii w całości.
ECO13	Udział pierwotnej energii odnawialnej w energii w ogóle i energii elektrycznej.
ECO15	Wielkość importu energii netto.
ECO16	Stosunek zapasów paliw krytycznych do całkowitego zużycia paliw krytycznych w jednostce czasu (np. roku).
ENV1	Emisja gazów szklarniowych związana z produkcją energii i jej zużyciem w przeliczeniu na osobę i jednostkę PKB (dwutlenek węgla, metan, tlenek azotu).
ENV3	Emisja zanieczyszczeń powietrza związana z działalnością systemów energetycznych.
ENV2	Koncentracja zanieczyszczeń powietrza w obszarach miejskich.
ENV5	Obszar ziemi, na którym zakwaszenie pochodzące od systemów energetycznych przewyższa wartość krytyczną.
ENV6	Tempo deforestacji odniesione do zużycia energii.
ENV7	Ilość wytwarzanych odpadów stałych na jednostkę produkowanej energii.
ENV9	Ilość wytworzonych odpadów radioaktywnych na jednostkę wyprodukowanej energii.

* W analizowanym zestawie wskaźników zdaniem autorki brak jest pełnego uwzględnienia bezpieczeństwa użytkownika systemu energetycznego. Wskaźnik ECO3 uwzględnia jedynie bezpieczeństwo systemu energetycznego w łańcuchu produkcyjnym (tak przynajmniej wynika z opisu tego wskaźnika), nie bierze natomiast pod uwagę wypadków, który ulegają użytkownicy urządzeń elektrycznych, które według standardowej definicji systemu energetycznego nie są jego częścią. Tematowi temu poświęcona zostanie odrębna publikacja.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6; 7].

Część wskaźników umieszczonych w tab. 2 zależna jest po prostu od udziału poszczególnych technologii wytwarzania energii w systemach energetycznych, a tym samym od ilości energii wytwarzanej w OZE. Niektóre natomiast z pozoru nie mają nic wspólnego z energetyką odnawialną, np. ECO3 – współczynnik sprawności przetwarzania energii i dystrybucji. Źródła odnawialne są źródłami o stosunkowo niewielkich mocach i mogą być źródłami rozproszonymi na terenie całego kraju, nie są bowiem związane z miejscem wydobycia paliw kopalnych oraz z racji skali produkcji i często z racji technologii wytwarzania nie muszą być umiejscawiane w pobliżu cieków i zbiorników wodnych (oczywiście poza elektrowniami

wykorzystującymi energię wody). Cecha ta pozwala mieć nadzieję, że rozwój odnawialnych źródeł energii pozwoliłby zmienić nieco obraz energetyki, w polskim przypadku opartej w znacznej mierze na wielkich elektrowniach systemowych. Moc i energia wytwarzane w źródłach odnawialnych przekazywane są bezpośrednio do sieci rozdzielczych z pominięciem systemowych sieci przesyłowych najwyższych napięć, w których straty wynoszą w polskich sieciach około 1,2% całości energii produkowanej w kraju w ciągu roku (w Polskich realiach daje to około $1,9 \cdot 10^6$ MWh, co oznacza, że 500-megawatowy blok pracuje około pół roku wyłącznie na pokrycie strat). Wykorzystanie źródeł odnawialnych powoduje więc zmniejszenie wielkości strat przesyłu energii od źródeł wytwórczych do odbiorców i niezawodności dostarczania energii. Pewne kontrowersje mogą dotyczyć wskaźników ECO4 i ECO5. ECO4 jest wskaźnikiem utworzonym jako stosunek dostępnych rezerw nieodnawialnej energii pierwotnej i energii produkowanej w ciągu roku. Rezerwy określone są jako udokumentowane zasoby, które mogą być pozyskane w okresie objętym oceną. Wskaźnik ECO5 natomiast dotyczy zasobów, które uwzględniają udokumentowane rezerwy oraz hipotetyczne i spekulatywne zasoby. Oba wskaźniki obejmują analizę takich paliw, jak ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel oraz uran i dostarczają informacji o długości czasu, na który, odpowiednio, udokumentowane rezerwy i zasoby wystarczyłyby, gdyby produkcja energii pozostawała na aktualnym poziomie. Oba wskaźniki odnoszą się do kluczowego zagadnienia zrównoważonego rozwoju i są podstawą szacowania dostępności paliw w świetle zasobów i rezerw paliw kopalnych oraz aktualnych poziomów produkcji. Jeśli wzrośnie udział energii odnawialnej w bilansie wykorzystywanej energii pierwotnej, to w prosty sposób wydłużą się okresy czasu określone jako wskaźniki ECO4 oraz ECO5.

Warto zwrócić jeszcze uwagę na wskaźniki ECO11, ECO12 i ECO13. Pierwszy z nich grupuje informacje dotyczące udziałów poszczególnych rodzajów paliw i energii pierwotnej w całkowitym zużyciu energii pierwotnej, w całkowitej końcowej konsumpcji oraz w wytwarzaniu energii elektrycznej i zdolnościach wytwórczych systemu. Analizie podlegają zużycie paliw kopalnych oraz energia odnawialna (biomasa oraz energia odnawialna nie przetwarzana w procesach spalania).

Wskaźnik ECO12 pokazuje udział „niewęglowej” energii pierwotnej w całkowitej produkcji energii i w produkcji energii elektrycznej. Za „niewęglową” energię pierwotną uznawana jest energia odnawialna, zarówno ta uzyskiwana z „siły natury”, jak i ta, która w procesach wytwarzania energii przetwarzana jest na postać użyteczną z wykorzystaniem procesu spalania, oraz energia jądrowa. Wskaźnik dotyczy też udziału mocy źródeł wytwórczych energii elektrycznej wykorzystujących energię „niewęglową”, w tym energię odnawialną, w ogólnej mocy zainstalowanej systemu. Wskaźnik ECO13 jest miarą udziału pierwotnej energii odnawialnej energii w całkowitej produkcji energii oraz produkcji energii elektrycznej. Oba wskaźniki dotyczą obszaru mającego wysoki priorytet wśród celów zrównoważonego

ważonego rozwoju. Wzrost wykorzystania energii odnawialnej powoduje z jednej strony zmniejszenie wykorzystania paliw kopalnych, z drugiej daje szansę na zwiększenie niezależności od importu energii i przyczynia się do zmniejszenia presji sektora wytwórczego energii na środowisko. W znacznej mierze wskaźniki te dublują się, opracowywane są na podstawie praktycznie tych samych danych i informacja przekazywana przez nie jest redundantna.

Wskaźnik ENV2 stanowi miarę stanu środowiska na obszarach zurbanizowanych. Dostarcza informacji o zanieczyszczeniach powietrza, które mają wpływ na zdrowie populacji zamieszkującej dany obszar. Wpływ na stan powietrza ma spalanie energetyczne paliw. Im więcej energii pozyskane zostanie z procesów technologicznych innych niż spalanie, tym mniejsza ilość zanieczyszczeń powietrza zostanie wprowadzona do środowiska. Nie ma to bezpośredniego przełożenia na wykorzystanie źródeł odnawialnych, ponieważ energetyczne zastosowanie biomasy oprócz procesów zamiany biomasy na paliwa ciekłe i gazowe w dużym zakresie wykorzystuje procesy spalania paliw stałych. Interesujący związek z ilością energii wytwarzanej z odnawialnej energii pierwotnej ma wskaźnik ENV6, wyznaczany w celu pokazania zmian w czasie wielkości obszaru zajmowanego przez lasy. Jak wynika z opisu wskaźnika, zawartego w [6], dotyczy on zmniejszenia obszaru zajmowanego przez lasy na skutek wykorzystania drewna leśnego jako paliwa. W krajach, gdzie takie wykorzystanie zasobów leśnych jest marginesowe i nie odgrywa istotnej roli, wskaźnik ten uznawany jest za mało istotny. Według autorów analizowanych wskaźników tempo deforestacji ma szczególne znaczenie w przypadku krajów rozwijających się, w których wykorzystywana energia pierwotna w znacznym stopniu ma niehandlowy charakter. Tymczasem „wrogiem” lasów może stać się dążenie przez kraje o wysokim stopniu rozwoju do osiągnięcia założonych celów odnośnie do ilości wytwarzanej „zielonej energii” nie tylko wtedy, gdy pozyskanie paliwa w postaci biomasy drzewnej odbywałoby się przez wyrąb lasów, ale również wtedy, kiedy lasy oczyszczane byłyby z martwych części roślin. Działania takie prowadzą na dłuższą metę do zachwiania równowagi biologicznej ekosystemów leśnych. Zastanawiające wydaje się również to, że wskaźnik nie uwzględnia zmniejszenia obszaru lasów wynikającego z zanieczyszczeń powietrza związanych z przemysłem energetycznym.

Większe wykorzystanie energii odnawialnej daje szansę na zmniejszenie importu energii z zagranicy (ECO15). W polskim przypadku wykorzystanie możliwego do wytworzenia paliwa z biomasy dałoby szansę na przynajmniej częściowe uniezależnienie od importu gazu ziemnego oraz ropy naftowej i możliwość ograniczenia ryzyka zarówno w zakresie zaopatrzenia w energię, jak i ryzyka cenowego [6]. Podobną zależność od ilości wytwarzanej i zużywanej energii odnawialnej wykazuje wskaźnik ECO16, będący względną miarą długości czasu, na który wystarczą zgromadzone zapasy paliw krytycznych w danym kraju, jeśli ich wykorzystanie pozostawałoby na aktualnym poziomie. W Polsce za paliwa krytyczne można

uznać gaz ziemny i ropę naftową. Pewność zaopatrzenia w energię jest jednym z istotniejszych składników zrównoważonego rozwoju, wiąże się bowiem ściśle z bezpieczeństwem funkcjonowania zarówno całych społeczeństw, jak i poszczególnych jednostek.

Pozostałe wskaźniki umieszczone w tab. 2 są bezpośrednio zależne od technologii wytwarzania energii w systemie energetycznym, a tym samym od udziału energii odnawialnej w całej zużywanej, w analizowanym przedziale czasu, energii pierwotnej.

Analiza przedstawionych w artykule wskaźników prowadzi do wniosku, że są one mocno ukierunkowane na kształtowanie przyszłości systemów energetycznych. Mniej natomiast odnoszą się do współczesności i przyszłości najbliższej. We wskaźnikach znajduje się odniesienie do bezpieczeństwa energetycznego rozumianego jako zaopatrzenie systemów energetycznych w energię pierwotną, a nie bezpieczeństwa zaopatrzenia w energię odbiorców jako głównych adresatów działania systemu energetycznego. Wskaźnik obrazujący bezpieczeństwo energetyczne odbiorcy musiałby uwzględniać albo ilość energii nie dostarczanej odbiorcom, albo liczbę i czas trwania awarii urządzeń energetycznych. Drugi aspekt pominięty we wskaźnikach dotyczy bezpieczeństwa eksploatacji systemu energetycznego przez końcowych odbiorców energii. Bezpieczeństwo eksploatacji instalacji energetycznych przez końcowych odbiorców wiąże się z jednej strony ze stanem technicznym tych instalacji, a z drugiej – z „techniczną świadomością” użytkowników.

Zestaw wskaźników opracowany przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej³ można ogólnie podzielić na dwie grupy, z których pierwszą stanowią wskaźniki niezależne od ilości energii wytwarzanej z odnawialnej energii pierwotnej, i są to głównie wskaźniki związane z procesami wykorzystania energii przez urządzenia odbiorcze, oraz wskaźniki z obszaru ochrony środowiska sformułowane jako wielkości względne. Druga grupa, stanowiąca wskaźniki zależne od ilości wykorzystywanej energii odnawialnej, składa się z dwóch kategorii wskaźników, tych, które zależne są od udziału poszczególnych technologii w wytwarzaniu energii, i tych, których zależność od ilości zużywanej odnawialnej energii pierwotnej jest nieco bardziej złożona. Zwiększenie wykorzystania energii odnawialnej w całkowitym bilansie energetycznym przybliży systemy energetyczne do zrównoważonego rozwoju w zakresie wszystkich trzech obszarów: społecznego, ekonomicznego i środowiskowego.

³ We współpracy z Departamentem ONZ UDENSA, Międzynarodową Agencją Energii (IAE), Eurostatem i Europejską Agencją Środowiska (EEA).

Literatura

- [1] Afgan N.H., Carvalho M.G., Hovanov N.V., *Energy system assessment with sustainability indicators*, „Energy Policy” 2000, vol. 28, s. 603-612.
- [2] Dincer I., *Renewable energy and sustainable development: A crucial review*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews”, 2000, vol. 4, s. 157-175.
- [3] Fiedor B., *Zasoby nieodnawialne i odnawialne w teorii trwałego rozwoju*, http://www.lp.gov.pl/Members/Artur/aktualnosci/konferencja_uj/Ref.B.Fiedor.pdf (15.04.2008).
- [4] Graczyk A., *Zrównoważony rozwój odnawialnych źródeł energii*, Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i praktyce, Wrocław 29-30 czerwca 2006.
- [5] Hammond G.P., *Alternative energy strategies for the United Kingdom revisited. Market Competition and Sustainability*, „Technological Forecasting and Social Change” 1998, vol. 59, s. 131-151.
- [6] International Atomic Energy Agency, United Nations Department of Economic and Social Affairs, International Energy Agency, Eurostat, European Environment Agency, *Energy indicators for sustainable development: Guidelines and methodologies*, IAEA, Vienna 2005.
- [7] Streimikiene D., Ciegis R., Grundey D., *Energy indicators for sustainable development in Baltic States*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2007, vol. 11, s. 877-893.
- [8] Vera I., Langlois L., *Energy indicators for sustainable development*, „Energy” 2007, vol. 32, s. 875-882.

RENEWABLE ENERGY SOURCES AND THE INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY SYSTEMS

Summary

The aim of this article is the analysis of indicators of the sustainable development of energy systems. It divides indicators into two groups. The first contains independent indicators from the quantity of the energy produced in renewable sources. The second one assembles indicators which value is dependent on the quantity of the renewable energy produced in the system. It results from the analysis that all coefficients which concern the technology of producing the energy and primary consumptions of energy are related to the quantity of produced renewable energy in the system.