

Jacek MALKO\*

## Globalne wyzwania energetyki – energia dla wszystkich (SE 4 All)

**STRESZCZENIE.** Głównymi wyzwaniami w procesie ewolucji ludzkości są dostęp do energii, wody i żywności przy równoczesnej zdolności do utrzymania tego stanu bez szkodliwego wpływu na wrażliwą równowagę środowiska. Pierwszym i najpilniejszym wyzwaniem jest posiadanie wystarczających i osiągalnych zasobów energii dla mieszkańców całego globu dla zapewnienia im łatwiejszego i bardziej komfortowego życia. Dostępność energii dla wszystkich jest zatem wyzwaniem globalnym, zwłaszcza w warunkach silnych wzajemnych uzależnień, ale korzystanie z energii uznawane jest za główną przyczynę procesu ocieplenia klimatu, które zagraża wszelkim formom życia na skutek szybkiego zwiększenia emisji gazów cieplarnianych, głównie spowodowanej wykorzystywaniem przez współczesną cywilizację procesów spalania paliw kopalnych. Tylko niektórym krajom udaje się zapewnić dostępność zasilania w energię przy wykorzystaniu zasobów narodowych i dlatego problem uzależnienia energetycznego jest problemem wagi światowej. Dostarczanie i użytkowanie energii są podstawową przyczyną wielu problemów środowiskowych, przed którymi staje ludzkość. Proces zmian klimatycznych może znacząco przekształcić nasze systemy gospodarcze, biosferę i rozwój społeczny. Ludzkość musi podjąć pilne działania dla zwalczania zmian klimatycznych, a zasadniczym zadaniem jest opracowanie polityki energetycznej przyjaznej środowisku. Mając na względzie wszystkie te obawy i wyzwania głównym tematem prestiżowego czasopisma IEEE Power&Energy Magazine (maj/czerwiec 2012) jest długoterminowa wizja rozwoju globalnego sektora energii, skupiona na problemie dostaw energii elektrycznej. W kilku artykułach przedstawiono analizę scenariuszy i kosztów zróżnicowanych opcji technologicznych, a wspólnym elementem całości prac jest próba znalezienia

---

\* Prof. dr hab. inż. – Instytut Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

rozwiązań problemów technicznych, ekonomicznych, środowiskowych i społecznych. „Okładkowy” artykuł, zaprezentowany przez przedstawicieli Banku Światowego, identyfikuje dwa wyzwania: jak uczynić energię dostępną po akceptowalnych cenach dla umożliwienia całej ludzkości korzystania z nowoczesnych form energii dla zaspokojenia jej podstawowych potrzeb i jak spowolnić globalny wzrost zużycia energii, głównie na drodze polepszenia efektywności energetycznej. Celem ostatecznym jest dostarczenie wszystkim większej ilości usług energetycznych, bardziej zielonych i bardziej efektywnych.

SŁOWA KLUCZOWE: sektor energii, strategia, cele globalne, perspektywy

## Wprowadzenie

Majowo/czerwcową edycję rocznika 2012 prestiżowego czasopisma Instytutu Inżynierów i Elektroników (IEEE): *Power & Energy Magazine* skupia rozważania, ujęte hasłowo w artykule „okładkowym” (*Editorial cover story*) (Rudnick 2012) jako globalne spojrzenie na wybór opcji energetycznych na podstawie źródłowych materiałów *International Energy Agency* (IEA/OECD... 2012) i uchwały Zgromadzenia Ogólnego ONZ o ustanowieniu roku 2012 Międzynarodowym Rokiem Zrównoważonej Energii dla Wszystkich (UN General... 2010). Zamówione przez Redakcję artykuły odnoszą się do problemów rozwojowych ważnych obszarów geopolitycznych: USA (Heidel i in. 2012), Chin (Han, Zhong 2012), Brazylii i Chile (Bezerra i in. 2012), Indii (Parikh J., Parikh K. 2012) oraz Afryki (Bezerra i in. 2012). Autorzy artykułów reprezentują takie ośrodki jak: Massachusetts Institute of Technology (MIT), University of Hong-Kong, przedsiębiorstwa energetyczne Brazylii i Chile, agendę rządową wspierania badań i rozwoju w Indiach oraz firmę konsultingową z Południowej Afryki. Swoistą syntezę tematyki przedstawili jednak reprezentanci Banku Światowego (Madrigal i in. 2012), a ich ogląd stanu obecnego i perspektyw sektora wprowadza do ogólnej dyskusji swoisty profesjonalny punkt widzenia. Artykuł o dwóch kulminacjach (*Twin Peaks*) skupia uwagę na dwojakich problemach:

- ✧ globalnym wyzwaniom powszechnej dostępności energii (*energy for all*) oraz
  - ✧ zapewnieniu usług energetycznych w sposób przyjazny środowisku i bardziej efektywny w wymiarze lokalnym i globalnym (*sustainability*),
- co prowadzi do realizacji idei *Sustainable Energy for All* – SE4All.

Punkt wyjścia jest daleki od zapewnienia realizacji tych celów: Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA/OECD... 2012) ocenia, iż w roku 2010 blisko 1/5 populacji świata była pozbawiona dostępu do elektryczności.

Ale nawet ta statystyka nie oddaje w pełni rzeczywistych wymiarów ubóstwa energetycznego, co wynika z faktu, iż nominalna dostępność energii zderza się z ograniczeniami technicznymi i częstymi (jeśli nie chronicznymi) brakami w dostawach. Stan ten nie tylko ogranicza komfort gospodarstw domowych oraz efektywność funkcjonowania infrastruktury oświaty, służby zdrowia, wodociągów i komunikacji, ale też uderza w gospodarkę bezpośrednio. Materiały, pozyskane przez World Bank dla roku 2011 w 127 krajach

rozwijających się wykazały, że przedsiębiorstwa są pozbawione zasilania z sieci przez niemal 50 godzin tygodniowo, co zmusza do instalowania własnych źródeł elektryczności dla zaspokajania 1/5 zapotrzebowania, zaś przerwy w zasilaniu prowadzą do straty 5% wartości produkcji. Z danych tych wynika pilna potrzeba zapewnienia wielu krajom energii o odpowiednich parametrach wystarczalności i niezawodności jako priorytetu w dążeniu do stałego rozwoju gospodarczego. Potrzeby energetyczne krajów rozwijających się napotykają jednak na barierę związanych z wytwarzaniem i użytkowaniem energii emisji gazów cieplarnianych (GHG). Jednak kraje rozwinięte wykazują emisje nieproporcjonalnie wyższe: obszar OECD, skupiający 18% populacji świata, emituje 41% CO<sub>2</sub> ze spalania paliw kopalnych, podczas gdy kraje Afryki Subsaharyjskiej, o 13% ludności świata, wytwarzają poniżej 2% globalnych emisji. O ile zakładane cele energetyczno-klimatyczne zostaną wsparte wolą polityczną, to kraje rozwinięte winny zredukować przyszłe zapotrzebowanie energii i emisję GHG. Te kraje dysponują również technicznymi i finansowymi możliwościami obniżenia kosztów nowych zasobów i technologii energetycznych na drodze inwestowania w prace badawczo-rozwojowe i wprowadzania innowacyjności.

Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych w grudniu 2010 roku ogłosiło rok 2012 Międzynarodowym Rokiem Zrównoważonej Energii dla wszystkich – SE 4 All – ustalając cele do osiągnięcia do 2030 roku. Tabela 1 zestawia cele jakościowe i ilościowe oraz oczekiwane wyniki dążenia do bardziej przyjaznej środowisku i bardziej efektywnej energii dla całej ludzkości.

## 1. Ewolucja globalnego sektora energii

Publicznie deklarowane plany ograniczenia emisji GHG nie są wystarczające dla klimatycznych wyzwań, przed którymi staje sektor energetyczny w dążeniu do zapewnienia dostępu do usług energetycznych dla całej ludzkości. **Scenariusz Nowych Polityk** (IEA/OECD... 2012) może zostać wdrożony, nawet jeżeli nie przyjmie postaci formalnego dokumentu międzynarodowego. Jest to droga do zapewnienia dostępu do nowoczesnych form energii dla wszystkich, efektywnego wykorzystania zasobów energetycznych oraz zrównoważonego rozwoju sektora energii w skali lokalnej i globalnej. Jednak w świetle dziś podjętych działań w 2030 roku 1 mld ludności świata nadal będzie pozbawiony dostępu do energii elektrycznej, a 2,7 mld nie będzie korzystać z czystych technologii przygotowania posiłków. Globalna emisja GHG nadal będzie wzrastać zgodnie z trajekcją, według której w perspektywie długoterminowej osiągnięty będzie przyrost temperatury ponad 3,5°C w roku 2035. Przyrost mocy zainstalowanej i jej struktura przedstawione są w tabeli 1 w punkcie „OZE i energetyka jądrowa”.

**Scenariusz Energia dla Wszystkich** przyjmuje cel dostępności energii jak w SE 4 All, zaś **Scenariusz 450** zmierza do spełnienia warunku nie przekroczenia przyrostu średniej globalnej temperatury o 2°C; wartość ta wynika z założenia nie przekroczenia koncentracji 450 części na milion (ppm) dla GHG (określanych jako ekwiwalent CO<sub>2</sub>-CO<sub>2eq</sub>).

TABELA 1. Cechy globalnych zmian strukturalnych w energetyce

TABLE 1. Features of global structural changes in the energy sector

Cel SE 4 All	Podstawowe cechy	Wyniki
Dostęp do nowoczesnej energii	48 mld USD inwestowanych rocznie do 2030 r., pięciokrotnie więcej niż inwestycje dla udostępniania energii w 2009 r.	wszystkie gospodarstwa domowe mają dostęp do nowoczesnej energii w horyzoncie 2030 r. Gospodarstwa nowo przyłączone do sieci elektrycznej zużywają 800 kWh w 2030 r. i wykorzystują czystą i efektywną opcję energii dla przygotowania posiłków
Rozpowszechnienie wykorzystania źródeł odnawialnych i ograniczenie emisji	moc zainstalowana w energetyce wzrasta od 4 957 GW w 2009 r. do 9484 GW w 2035 r., a udział OZE i energetyki jądrowej wzrasta od 32 do 62% w 2035 r.	emisje CO <sub>2</sub> osiągają maksimum w r. 2020 i zmniejszają się 21,6 Gt w r. 2035, co jest zgodne z 50% prawdopodobieństwem ograniczenia do 2°C przyrostu średniej temperatury globalnej
Zwiększenie efektywności energetycznej	globalne zapotrzebowanie na energię pierwotną w latach 2009–2035 wzrasta o tylko 23%	roczna uśredniona intensywność korzystania z energii obniża się nadal w okresie 2009–2035 od około –1,4% do –2,1% dla krajów OECD i od –1,5 do –3,3% dla krajów spoza OECD

Źródło: IEA/OECD... 2012

Kombinacja scenariuszy **Energia dla Wszystkich** oraz **450**, zwana **Scenariuszem Zmian Strukturalnych**, jest wyrażona przez polityki energetyczne i oparta na następujących przesłankach:

- ✧ Dla zapewnienia powszechnego dostępu do energii pomiędzy rokiem 2010 i 2030 zainwestowany będzie w infrastrukturę dostarczania jeden bilion USD z przeznaczeniem na budowę sieci, mini sieci i systemów wytwarzania rozproszonego jak też budowę biogazowni, kotłów gazowych i zaawansowanych kotłów na paliwa stałe.
- ✧ We wszystkich krajach OECD najpóźniej do 2025 r. wprowadzone zostaną opłaty węglowe, a Brazylia, Rosja i Afryka Południowa rozpoczną wprowadzanie tych opłat w 2020 r.
- ✧ Wszystkie kraje – importerzy netto energii – całkowicie wycofają paliwa stałe do 2020, zaś kraje – eksporterzy – do 2035 roku.
- ✧ USA zredukują emisje CO<sub>2</sub> w przedziale lat 2005–2020 o 17% i w 2020 r. wprowadzą opłaty węglowe.
- ✧ Chiny zmniejszą intensywność emisji węglowych o 45% pomiędzy rokiem 2005 i 2020, ustanowią wyższe od przewidywanych w scenariuszu Nowych Polityk opłaty węglowe i zwiększą wsparcie dla energetyki odnawialnej (OZE).
- ✧ Indie ograniczą intensywność emisji węglowych o 25% w latach 2005–2020 i rozszerzą system taryf gwarantowanych (*feed-in*) dla OZE.

- ✧ Europa ograniczy o 30% emisje w latach 1990–2020 i wzmocni System Handlu Emisjami (ETS) zgodnie z planem działania (mapa drogowa) do 2050 r. według raportu Europejskiej Fundacji Klimatycznej (ECF).
- ✧ Kluczowym mechanizmem ograniczenia emisji węglowych będzie technologia wychwytywania i sekwestracji CO<sub>2</sub> (CCS), odpowiedzialna za redukcję emisji węglowych o 18% w odniesieniu do scenariusza Nowych Polityk. (Należy zauważyć, że przed rozpowszechnieniem na pożądaną skalę CCS konieczne jest pokonanie istniejących barier regulacyjnych, politycznych i technologicznych).

Zgodnie ze scenariuszem zmian strukturalnych globalne zapotrzebowanie na węgiel i szczyt wydobywania ropy naftowej wystąpią przed rokiem 2020 i do roku 2035 wartości te obniżą się odpowiednio o 30 i 8% w porównaniu z poziomem dla roku 2009. Zapotrzebowanie na gaz ziemny wzrośnie o 26%. Możliwe będzie zredukowanie o 80% całkowitych emisji CO<sub>2</sub> dla okresu 2010–2035 z wykorzystaniem istniejących już struktur kapitałowych.

Dla osiągnięcia tych zmian strukturalnych raport IEA przyjmuje, iż globalny *energy mix* mocy wytwórczych musi zapewnić niemal podwojenie udziału OZE i energetyki jądrowej w następnych 25 latach: od 32 w 2010 do 62% w 2035 roku.

## 2. Polityczne, regulacyjne, techniczne i finansowe uwarunkowania zmian strukturalnych

Zapewniając powszechną dostępność energii i rozwijając niskowęglowy sektor energetyczny punktem wyjścia winny być wzmocnienie zrównoważonych finansów, wydolność instytucjonalna oraz dostęp do nowych technologii. Powszechne formy subsydiowania, w rodzaju taryf nie zapewniających zwrotu poniesionych nakładów, ustanowiono z przyczyn natury politycznej i historycznej, ale skutkowały one zbyt często degradującym cyklem niedostatecznej obsługi i utrzymania obiektów, infrastrukturą energetyczną stale niedoinwestowaną, niską jakością usług i spadającymi przychodami. Powszechne subsydiowanie ogranicza również zachęty do polepszania efektywności energetycznej oraz zmniejszenia marnotrawstwa. Subsydiowanie paliw stałych tworzy kolejne bariery dla rozwoju OZE na skalę komercyjną.

Innym krytycznym czynnikiem w powodzeniu planu zapewnienia dostępności i zrównoważenia energii jest zwiększenie efektywności zarówno po stronie podażowej jak i popytowej. Godny uwagi jest fakt, iż zapotrzebowanie energii w krajach rozwijających się cechuje się wzrostem szybszym niż dla krajów rozwiniętych, reprezentujących społeczeństwa o wyższej efektywności energetycznej.

Optymalna w skali globalnej struktura energetyczna (*energy mix*) prowadzi do zmian, niezbędnych w trzech podstawowych obszarach:

- ✧ powszechnego dostępu do energii,
- ✧ energetyki opartej na zasobach odnawialnych,
- ✧ poprawy efektywności energetycznej.

Osiągnięcie tego celu wymaga podstawowych rozwiązań politycznych, regulacyjnych, technicznych i finansowych.

### 3. Powszechny dostęp do energii zrównoważonej, osiągalnej i niezawodnej

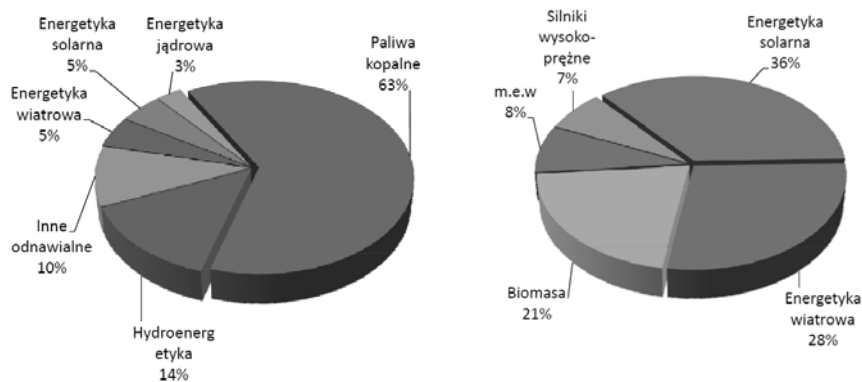
Oceny z raportu IEA wskazują na ważny fakt: ograniczenie ubóstwa energetycznego (nawet w najbardziej radykalnej formie powszechnej elektryfikacji i gazyfikacji dla potrzeb grzewczych i przyrządzania posiłków) będzie miało na emisję węgla – a zatem i zmiany klimatyczne – wpływ pomijalny. Zapewnienie dostępności uszlachetnionych form energii w roku 2030 prowadzi do zwiększenia generacji energii elektrycznej o 2,5%, zapotrzebowania na paliwa stałe – o 0,8% i zwiększenie emisji CO<sub>2</sub> o 0,7%. Nawet dla konwersji 2 mld ludności z paliw stałych na gaz (LPG) globalny przyrost emisji GHG nie przekroczy wartości 2%.

IEA/OECD (2011 World Energy Outlook, Paris 2012) szacuje, że dodatkowa produkcja energii elektrycznej dla zapewnienia powszechnej dostępności energii elektrycznej w 2030 r. (przekraczającej założenia scenariusza Nowych Polityk) będzie w 45% dostarczona z sieci krajowych WN, w 36% – z generacji rozproszonej z minigridu (głównie sieci dystrybucyjnych), zaś w 20% – z autonomicznych układów pozasystemowych. Rozbudowa sieci i dostarczanie energii ze źródeł systemowych są najbardziej efektywne kosztowo (dając przy tym lepszą dostępność) w obszarach zurbanizowanych i rolniczych o dużej gęstości zaludnienia, infrastruktura autonomiczna jest bardziej odpowiednim rozwiązaniem dla sieci osiedleńczej rozproszonej. W wielu przypadkach systemy nie współpracujące z siecią (*off-grid*) mogą być rozwiązaniem przejściowym w oczekiwaniu na rozbudowę infrastruktury systemowej.

Strukturę paliwową źródeł energii elektrycznej, zapewniającej powszechny dostęp do energii w 2030 r. przedstawiono na rysunku 1 (Madrigal i in. 2012).

### 4. Optymalizacja dostępu do energii elektrycznej: uwarunkowania lokalne

Wybór spośród różnych rozwiązań dostępu do energii elektrycznej z uwzględnieniem technologii systemowych wielkoskalowych, sieci mini i mikro oraz technologii pozasystemowych ma znaczący wpływ na koszt, wdrażalność oraz zrównoważenie. Ważne jest, by wybrać odpowiednie technologie i starannie rozważyć relacje koszt–korzyść, prawdopodobny wzrost zapotrzebowania w okresie planistycznym oraz perspektywy przejścia na



Rys. 1. Przyrosty produkcji z nowych źródeł, niezbędne dla zapewnienia powszechnego dostępu do energii elektrycznej w skali globalnej do roku 2030 – z lewej generacja scentralizowana (systemowa); 368 TWh; z prawej – generacja rozproszona; 470 TWh

Źródło: IEA/OECD... 2012, za (Madrigal i in. 2012)

Fig. 1. Additional generation supply needed to achieve universal energy access by 2030 – centralized generation on the left (368 TWh), distributed generation on the right (470 TWh)

Source: IEA/OECD... 2012, from (Madrigal et al. 2012)

wariant współpracy z siecią systemową, gdy będzie to możliwe. Przejściowość pewnych rozwiązań, w rodzaju oświetlenia zasilanego panelami fotowoltaicznymi czy też mikrosieci, może prowadzić do zastąpienia tych rozwiązań przez systemy, bazujące na zasilaniu z sieci przesyłowych i rozdzielczych.

Rozwój bazować winien na zrównoważonym podejściu do finansowania wybranych wariantów rozwiązań. Podejście, nadające priorytet stronie podaźowej w dążeniu do rozszerzenia dostępności do energii, często prowadzi do niedocenienia roli zrównoważonego finansowania, co wynikać może z niezdolności lub braku woli konsumenta do płacenia pełnej kwoty za świadczoną usługę. Doświadczenia wskazują, że szybki rozwój dostępu do energii, bazujący na zasilaniu ze źródeł systemowych, może wykazywać cechy szybkiej wdrażalności i zrównoważenia, gdy priorytet inwestycyjny nadany jest zgodnie na pełną płatność za energię w warunkach klarownego przedstawienia rozwiązań technicznych i silnego przywództwa rządów w zakresie procedur planistycznych oraz zdolności finansowania z różnorodnych źródeł, łącznie z subsydiowaniem państwowym. Takie rozwiązania są korzystne przy większych gęstościach zaludnienia, większej aktywności gospodarczej i lepszej sieci komunikacyjnej, które to uwarunkowania zapewniają większą produktywność energetyczną i krótsze czasy spłaty zainwestowanego kapitału.

## 5. Potrzeby inwestycyjne i źródła finansowania

Według ocen IEA pomiędzy rokiem 2010 a 2030 – dla uzyskania powszechnego dostępu do elektryczności w latach następnych – konieczne będzie dodatkowa kwota 30,5 mld USD,

uzupełniająca środki oceniane w wysokości 13 mld USD rocznie dla scenariusza Nowych Polityk. Wszystkie obszary zurbanizowane i blisko 30% gospodarstw rolnych uzyskują zasilanie z sieci systemowej. Z pozostałych 70%, względnie odległych od sieci gospodarstw rolnych, 2/3 będzie zasilanych ze źródeł minigradowych, zaś 1/3 – ze źródeł pozasystemowych. Dla celów ogrzewania i przygotowania posiłków w scenariuszu Nowych Polityk potrzebne będą środki w wysokości 1 mld USD rocznie oraz dodatkowo 3,5 mld dla rozwoju biogazowni, kotłów LPG, zbiorników gazu i zaawansowanych urządzeń kuchennych. Całkowite nakłady roczne zbliżą się do 48 mld USD w porównaniu z wydatkowaną w 2009 roku kwotą 9 mld USD i 14 mld USD przewidywaną w scenariuszu Nowych Polityk.

## 6. Aspekty instytucjonalne i regulacyjne

Istnieje istotna potrzeba silnego wsparcia instytucjonalnego dla rozszerzenia dostępu do energii. Organa rządowe, odpowiedzialne za procesy planowania, projektowania i wykonawstwa (realizowane przez podmioty publiczne lub prywatne) oraz monitorujące programy dostępności energii, będą odgrywać rolę krytyczną zwłaszcza w rozwijających się krajach Afryki Subsaharyjskiej i Azji Południowej. Stopniowo agendy te będą przejmować rolę animatorów rynku i stymulatorów polityki, rozszerzając programy wyłącznie wdrożeniowe. Ponadto, w reakcji na brak zainteresowania części spółek dystrybucyjnych programem elektryfikacji rolnictwa oraz w nadziei na minimalizację nacisków politycznych, wiele krajów zachowuje otwartość na powołanie specjalnie usytuowanej instytucji dla wieloletniego zarządzania zasobami lokalnymi oraz dla wspierania projektów elektryfikacyjnych. Jednakże konieczne jest, by takie agencje były dostatecznie wzmocnione decyzyjnie. Takiemu podejściu często towarzyszy powołanie funduszu elektryfikacji rolnictwa, zarządzanego wspólnie przez wiele podmiotów niezależnych.

Pożądanym jest również stosowanie taryf, efektywnie subsydiowanych dla polepszenia statusu finansowego i dostępności funduszy. W budowie systemów zrównoważonych finansowo krytycznym jest zwrot poniesionych kosztów poprzez taryfy. W szczególności trudno o atrakcyjność dla inwestora w przypadku projektów cechujących się wysokimi kosztami dostaw energii elektrycznej w obszarach rolniczych, w których istnieje ograniczony potencjał skłonności do płacenia (*willingness to pay*) za usługi. Pokonanie tej przeszkody wymaga taryf i subsydiów, które zdolne są do zapewnienia kosztów w sposób zrównoważony przy minimalizacji ryzyka naruszenia logiki taryfowania, ale takie procedury generowania zysków nie występują w wielu krajach. Zbyt często subsydiowanie poprzez taryfy prowadzone jest z korzyścią dużej części odbiorców, zamiast stwarzać zachęty dla przedsiębiorstw, inwestujących w infrastrukturę. Zgodnie z danymi World Bank takie niewłaściwie skonstruowane systemy taryfowe spotkać można zwłaszcza w Afryce Subsaharyjskiej, gdzie subsydiowanie odbiorców bytowych cechuje się znaczną regresywnością. Krytycznym jest zachowanie standardów technicznych przy integracji autonomicznych minisieci z siecią systemową w miejscu ich styku. Wraz z pojawieniem się



mnogości zróżnicowanych graczy – od przedsiębiorstw energetycznych, będących własnością państwa, po organizacje społeczności lokalnych i prywatnych przedsiębiorstw – taka standaryzacja staje się nieodzowna. Obok troski o bezpieczeństwo i parametry jakościowe jest to szczególnie ważne dla technologii przejściowych, w rodzaju minigratów, które w końcu mogą zintegrować się z systemem elektroenergetycznym. Konieczne jest odpowiednie zaprojektowanie minisieci, aby zachować ich zdolność do integracji i zapewnienia pokrycia rosnącego zapotrzebowania wraz z odpowiednią współpracą z podstawową infrastrukturą sieciową, gdy stanie się to technicznie wykonalne.

## 7. Odnawialne zasoby energetyczne – OZE

Istnieją źródła energii elektrycznej, cechujące się zarówno niskimi kosztami jak i niską emisyjnością. Podczas, gdy koszty większości OZE są zasadniczo związane z jakością zasobów naturalnych w miejscu lokalizacji, to elektrownie wodne o wielkich mocach zainstalowanych mogą oferować koszty najniższe i konkurować z konwencjonalną energią cieplną. Podobnie konkurencyjną może być geotermia, stanowiąca atrakcyjną propozycję zwiększenia dostępu do energii i niezawodności w krajach rozwijających się. Po drugiej stronie spektrum możliwości znajdują się technologie solarne, będące nadal najbardziej kosztowną postacią OZE, ale nadal konkurencyjne w zasilaniu odległych izolowanych obszarów. Tabela 2 przedstawia typowe charakterystyki OZE wraz z ich wskaźnikami ekonomicznymi. Zrównany (*levelized*) koszt energii elektrycznej uwzględnia cechy technologiczne oraz ograniczenia paliwowe. Dane te wskazują, iż w wytwarzaniu energii elektrycznej nadal przeważa ekonomia skali.

Rysunek 2 porównuje zrównane koszty energii elektrycznej opisanych technologii z wykorzystaniem danych dla 190 instalacji wytwórczych w 21. krajach za [Renewables 2011 global report: REN21]. Opcje wytwórcze cechują się unikatowymi i komplementarnymi właściwościami, co nadaje systemowi elektroenergetycznemu cechy niezawodności i bezpieczeństwa funkcjonalnego. Stąd też preferowanie tylko jednej formy paliw (monokultura paliwowa) nie prowadzi do optymalnego *energy mix*, uzasadnionego ekonomicznie i wykonalnego technicznie.

## 8. Planowanie

Planowanie wraca do roli ważnego narzędzia w erze gospodarki niskowęglowej. Planowanie nie wyklucza udziału sektora prywatnego w inwestowaniu, lecz istnieje potrzeba podporządkowania się narodowym celom polityki energetycznej w rodzaju wystarczalności i niezawodności zasilania, ochrony środowiska w wymiarze lokalnym i globalnym oraz

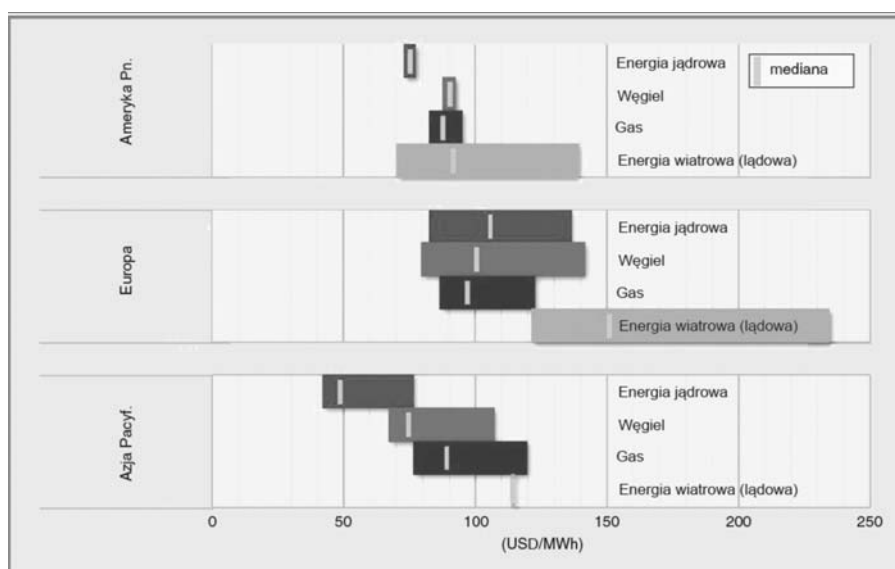
TABELA 2. Typowe charakterystyki wybranych opcji OZE

TABLE 2. Typical characteristics and costs of some renewable energy options

Technologia	Typowe charakterystyki	Koszty* USD/kWh
Elektrownia wodna	10–18 000 MW	0,03–0,05
minielektrownia	100–1000 kW	0,5–0,12
pikoelektrownia	0,1–1 kW	0,20–0,40
Wiatrak w lokalizacji lądowej	1,5–3,5 MW	0,05–0,09
Wiatrak w lokalizacji morskiej	1,5–5,0 MW	0,10–0,20
Źródło na biomasę	1–20 MW	0,05–0,12
Elektrownia geotermalna	1–100 MW	0,04–0,18
Elektrownia słoneczna wysokotemperaturowa	50–500 MW	
Fotowoltaika systemowa	200 kWp–100 MWp	0,15–0,30
Fotowoltaika domowa	2–5 kWp	0,17–0,34
Gazyfikator biomasy	20–5 000 kW	0,8–0,12
Minisieć osiedlowa	10–1 000 kW	0,25–1,00

\* Koszty zrównane (*levelized*) są zaktualizowaną wartością całkowitych kosztów budowy i eksploatacji jednostki wytwórczej w okresie trwania jej życia, uwolnionych od inflacji i odniesionych do produkcji energii elektrycznej.

Źródło: Renewables 2011 global report: REN21, za (Madrigal i in. 2012)



Rys. 2. Zrównane koszty energii elektrycznej, wytwarzanej przy różnych technologiach i dla różnych regionów  
Źródło: IEA/OECD... 2012, za (Madrigal i in. 2012)

Fig. 2. Levelized costs of electricity for selected technologies in various regions

dopuszczalny poziom narażenia na ryzyko. Planowanie winno zawsze zachować zgodność z zasadą najmniejszych kosztów oraz odpowiednio nadawać wagi – w praktycznie możliwym zakresie – celom politycznym. Faza planowania poprzedza wdrażanie przez inwestorów zgodnie ze szczególnymi uwarunkowaniami krajowymi. Warunki te mogą odnosić się do specyfiki regulowanych publicznych przedsiębiorstw zintegrowanych, dostarczających usługi energetyczne lub dopuszczać konkurencję w gronie inwestorów prywatnych.

Oceny kosztów i korzyści wymagają złożonego podejścia i zachodzą w warunkach ograniczeń i niepewności. Decydenci polityczni muszą mieć zdolność dokonywania takich analiz i umiejętność wyboru i rozpowszechnienia odpowiednich bodźców ekonomicznych, o ile będzie to niezbędne. Przykładowo, najbardziej ekonomiczną kosztowo opcją ograniczenia emisji węglowych może w jednym kraju być hydroenergetyka, a w innym – kombinacja energetyki wiatrowej i gazowej. Zastosowanie wariantu o najniższych kosztach jest krytyczne zwłaszcza w krajach ubogich dla zwiększenia dostępności do energii w sposób najbardziej racjonalny. Planowanie, uwzględniające ryzyko i funkcjonujące proaktywnościowo w zintegrowany sposób na poziomie wytwarzania i infrastruktury sieciowej, staje się coraz bardziej znaczące przy stale rosnących mocach jednostek wytwórczych generacji rozproszonej, w rodzaju wiatrowych i solarnych.

## 9. Potrzeby inwestycyjne i źródła finansowania

Globalne inwestycje w zakresie OZE osiągnęły w 2010 r. poziom nowego rekordu: kwoty inwestowane osiągnęły 211 mld USD, zwiększając się o 32% w porównaniu z wartością dla 2009 r., wynoszącą 160 mld USD i blisko pięciokrotnie przekraczając poziom dla 2004 r. Finansowanie nowych inwestycji, miara uwzględniająca transakcje dokonywane przez inwestorów strony trzeciej, osiągnęły w roku 2010 poziom 143 mld USD i były w przybliżeniu jednakowe w krajach rozwiniętych i rozwijających się. Postęp, zaobserwowany w krajach rozwijających się w zakresie rozwoju OZE, nie jest już udziałem tylko niewielu krajów. W 2010 r. finansowanie nowych inwestycji w OZE na Bliskim Wschodzie i Afryce wzrosło o 105% (do 5 mld USD), zaś w Południowej i Środkowej Afryce wzrost wynosił 39% (do 13,1 mld USD).

Scenariusz Nowych Polityk wg IEA przewiduje wzrost mocy zainstalowanej w OZE rzędu 2 360 GW w latach 2009–2035. Struktura tej mocy zakłada 40% udziału energetyki wiatrowej, 26% hydroenergetyki i 24% energetyki solarnej. Subsydiowanie roczne energii ze źródeł odnawialnych wynosić ma blisko 180 mld USD do 2035 r.

Finansowanie napotyka na dwa zasadnicze problemy: kwoty niezbędne dla wsparcia OZE oraz dostępność i zrównoważenie źródeł finansowania. Istotne jest uczynienie w OZE atrakcyjnych sposobów inwestowania. Podczas gdy pewne kraje rozwijające się mogą zdecydować o subsydiowaniu z własnych środków budżetowych technologii OZE o wysokich kosztach, to środki te pozostają ograniczone w świetle wielu pilnych potrzeb społecznych. Przepływ kapitału do inwestycji w OZE wymagać będzie złożonych narzędzi

w postaci grantów, gwarancji rządowych, instrumentów ograniczenia ryzyka oraz różnorodnych form ubezpieczenia, zmiennych dla różnych projektów i uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych. Konieczne jest stworzenie i wdrożenie efektywnych i skutecznych polityk, przyciągających sektor prywatny.

## 10. Wsparcie instytucjonalne i regulacyjne

Wzrastająca liczba i różnorodność polityk w zakresie OZE są czynnikami pobudzającymi istotny rozwój w ostatnich latach technologii, wykorzystujących zasoby odnawialne, co jest znamienne zwłaszcza w gospodarkach o wysokim i średnim poziomie osiągniętego dobrobytu. Mechanizmy polityczne, tworzone specjalnie dla pobudzenia OZE obejmują cenotwórstwo w rodzaju taryf gwarantowanych (*feed-in*) oraz standardy udziału technologii OZE, wsparte przez szereg bodźców finansowych i fiskalnych. Doświadczenia wykazują, że polityka najbardziej skuteczna (lub kombinacje polityk) zależy od takich czynników, jak dojrzałość rozważanych technologii, dostępność kapitału oraz lokalna i narodowa baza zasobów odnawialnych. Kraje bogatsze są zdolne to częstych korekt realizowanych polityk przez zmiany priorytetów stosowanych opcji technologicznych.

Wiele analiz studialnych prowadzi do stwierdzenia, iż polityka taryf gwarantowanych jest skuteczna w promowaniu energii elektrycznej z OZE z uwagi na stałość dochodów dostawców. Jednakże efektywność ekonomiczna takich polityk zależy od ich szczegółowych rozwiązań, decydujących o tym, czy zastosowane instrumentarium zapewnia minimalne subsydiowanie, niezbędne dla utrzymania się na rynku i wypełnienie celów polityki energetycznej w zakresie OZE. Polityka gwarantowanych udziałów w rynku sprzyja technologiom dojrzałym oraz niskokosztowym i jest mniej efektywna w zapewnieniu udostępnienia rynku dla technologii nowych i bardziej kosztownych, co wynika z silnej zależności cen od sił rynkowych, co zwiększa z kolei stopień narażenia na ryzyko. W ostatnich latach ujawniło się, że aukcje stanowią silny mechanizm wprowadzenia polityki promowania OZE, zwłaszcza w krajach bogatszych. Aukcje są alternatywą dla realizacji celów rozwojowych OZE na drodze tradycyjnych i stanowionych na drodze administracyjnej taryf *feed-in*. Aukcje, o ile funkcjonują zgodnie z oczekiwaniami, sprzyjają konkurencyjności i prowadzą do obniżenia cen. Ewolucja mechanizmów aukcyjnych nie jest jeszcze zakończona, a jej sukces zależy od przyjętych rozwiązań.

Dla krajów rozwijających się nadal kluczowe jest nadawanie równie wysokiej rangi procesem badawczym, wdrożeniowym i innowacyjnym dla maksymalizacji korzyści z rozpowszechnienia już istniejących lub bardziej dojrzałych technologii OZE. Innowacyjność odgrywa rolę kluczową przy adaptacji tych technologii do warunków lokalnych, uruchomieniu produkcji wyposażenia oraz efektywnej eksploatacji.

## 11. Efektywność energetyczna

### 11.1. Planowanie

Skuteczne wprowadzenie polityk efektywności energetycznej może potencjalnie w skali globalnej przyczynić się o 1/3 do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do 2050 roku. Redukcja ta, osiągnięta będzie zarówno w krajach rozwiniętych jak i rozwijających się, przy czym ocenia się, że ponad 2/3 potencjalnych redukcji emisji GHG, uzyskanej przez wzrost efektywności, będzie rezultatem realizacji zarządzania stroną popytową (DSM) w różnych sektorach użytkowania końcowego w krajach rozwijających się.

Zwiększenie efektywności energetycznej jest bardziej wyzwaniem ze strony wdrożeniowej niż technicznej. Większość środków zarządzania stroną podażową (SSM) i popytową (DSM) jest dostępna komercyjnie i możliwa jest ich aplikacja w krótkim czasie i przy względnie niskich kosztach w pełnym okresie życia. Oceny sugerują, że tylko obecnie dostępne technologie mogą zapewnić poprawę efektywności rzędu 30–40% dla wielu sektorów gospodarki i wielu krajów, a potencjał ten nie wymaga znacznych inwestycji. Przykładowo, zmodernizowanie 70% instalacji oświetleniowych (uczestniczących w 20% całkowitego globalnego zużycia energii elektrycznej) może prowadzić do oszczędności 50% energii zużywanej na ten cel z wykorzystaniem istniejących technologii.

Podczas gdy korzyści, wynikające ze zwiększenia efektywności są dobrze rozpoznane, to istnieje nadal wiele barier, utrudniających realizację tego potencjału. Bariery te występują zwłaszcza w krajach rozwijających się, szczególnie po stronie popytowej. Bariery mogą mieć charakter instytucjonalny, finansowy, techniczny lub polityczny i prowadzić do większego ryzyka inwestycyjnego i transakcyjnego. Przykładowo, nawet finansowo uzasadnione projekty w zakresie efektywności energetycznej często napotykać na niemożność pozyskiwania funduszy, gdyż finansiści oceniają je jako obciążone wyższym ryzykiem technicznym i kredytowym. Zasadność projektu jest oceniana zgodnie z oszacowaniami przewidywanych oszczędności, które widziane są jako wysoce niepewne i stąd też realizowane w warunkach ryzyka technicznego. Jednocześnie projektem proefektywnościowym nie sprzyja finansowanie na bazie majątku i braku gwarancji pokrycia strat, wynikających z błędnej oceny oczekiwanych parametrów. Co więcej, niewielka skala wielu dobrych projektów efektywności energetycznej powoduje większe koszty transakcyjne dla banków, jeżeli nie stoją za nimi wiarygodne spółki usług energetycznych, które są w stanie pogrupować takie przedsięwzięcie małoskalowe i wykorzystać istniejący, niezagospodarowany jeszcze potencjał.

Podczas gdy sektor prywatny wykorzystuje możliwości poprawy efektywności energetycznej (o ile są one zasadne ekonomicznie), to trudnym problemem staje się rozproszenie potencjału sektorów publicznego i mieszkalnictwa, wymagające wsparcia władz państwowych i samorządowych. Niektóre wielkie kraje rozwijające się (jak np. Chiny) zaczęły wprowadzać własne środki oddziaływania na efektywność.

## 12. Potrzeby inwestycyjne i źródła finansowania

Ponieważ koszty przyrostowe wprowadzenia działań proefektywnościowych spłacają się stosunkowo szybko, to wyższe koszty początkowe technologii efektywnych energetycznie – zwłaszcza te, które ponoszone są bezpośrednio przez konsumenta – mogą stanowić podstawową barierę dla pewnych krajów i sektorów gospodarki. Konkurowanie o fundusze przez projekty alternatywne o wyższych stopach zwrotu (skorygowanych o czynnik ryzyka) wraz ze skalą i rozproszoną naturą projektów, stanowią dodatkowe utrudnienie dla inwestowania w polepszenie efektywności.

Bezwzględnie krytyczne jest zatem finansowanie przez sektor prywatny. Raporty Instytutu McKinseya wykazują, że inwestowanie 170 mld USD rocznie w działania proefektywnościowe w skali globalnej może prowadzić do uzyskania stopy zwrotu 17% oraz przynieść efekty w oszczędności energii o wartości 900 mld USD rocznie. Oceny IEA oraz IASA, cytowane za (Madrigal i in. 2012) podają, że obecna globalna roczna kwota inwestycji 200 mld USD w efektywność energetyczną winna być zwiększona do 365 ml USD dla osiągnięcia celów efektywnościowych programu SE4 All.

## 13. Wsparcie instytucjonalne i regulacyjne

Pomimo licznych znaczących prób, podejmowanych przez instytucje międzynarodowe i rządy krajów w celu pobudzenia wzrostu efektywności energetycznej, uzyskane rezultaty są raczej umiarkowane. Przekształcanie rynków energii dla zwiększenia efektywności wymaga zarówno polityk regulacyjnych jak i bodźców finansowych. Nie istnieje jeden model takich działań, zwłaszcza w zakresie strony popytowej (DSM). Największych rezultatów oczekiwać można od technologii, racjonalnego taryfowania energii (wolnego od subsydiowania), liberalizacji rynku oraz systematycznych działań dla ograniczenia energochłonności specyficznych sektorów użytkowania końcowego.

Dobre zarządzanie i silny system wytwórczy ograniczają ryzyko, ponoszone przez sektor prywatny, ale dla wielu krajów przeszkodą są braki kadrowe i techniczne możliwości wymuszenia regulacji w zakresie efektywności energetycznej oraz zdolność do kreowania odpowiedniej polityki. Ramy instytucjonalne: silna infrastruktura, zdolna do przyjęcia wdrożeń oraz skuteczne mechanizmy zarządzania, zdolne do przeprowadzenia niezbędnych reform, muszą ulec wzmocnieniu dla skuteczności polityki regulacyjnej, zwłaszcza w obszarze ekonomik rozwijających się.

## Podsumowanie

Zaproponowane nowe sformułowanie podstawowych wyzwań dla globalnego sektora energetycznego (Madrigal i in. 2012) jest swoistą kontynuacją rozważań o modelach 3E (*Energy, Economics, Environment*), konstruowanych w ramach europejskiego projektu ADAM (*ADaptation And Mitigation*) (Malko 2010, 2011) oraz np. modelu równowagi cząstkowej (Kamiński 2012). Wzbogacone instrumentarium analiz systemowych może dostarczyć argumentów w dążeniu do zbudowania globalnego modelu zarządzania energią.

## Literatura

- RUDNICK H., 2012 – Editorial – Evolution of energy – global development and challenges. IEEE P&E Mag., Vol. 10, Nr 3, May/June 2012.
- IEA/OECD, 2012: 2011 World Energy Outlook, Paris.
- UN General Assembly, 2010 – International Year of Sustainable Energy, UN GA. N.York, Dec.2010
- HEIDEL i in. 2012 – HEIDEL T.D., KASSAKIAN J.G., SCHMALENSSEE R., 2012 – Forward Pass. IEEE P&E Mag. Vol. 10, Nr 3, May/June 2012.
- HAN Y., ZHONG J., 2012 – Challenges Ahead. IEEE P&E Mag. Vol. 10, Nr 3, May/June 2012.
- BEZERRA i in. 2012 – BEZERRA R., MOCARQER S., BARROSO L., RUDNICK H., 2012 – Expansion Pressure. IEEE P&E Mag. Vol.10, Nr 3, May/June 2012.
- PARIKH J., PARIKH K., 2012 – Growing Pain. IEEE P&E Mag. Vol. 10, Nr 3, May/June 2012.
- NAIDOO P., BACELA P.A., 2012 – A Wealth of Possibilities. IEEE P&E Mag. Vol. 10, Nr 3, May/June 2012.
- MADRIGAL i in. 2012 – MADRIGAL M., BHATIA M., ELIZONDO G., SARKAR A., KOJIMA M., 2012 – Twin Peaks: Surmounting the Global Challenges of Energy for All (...) IEEE Power&Energy Mag., Vol. 10, Nr 3, May/June 2012.
- Renewables 2011 global report: REN21 [Online]: [www.ren21.net/Portals/97/](http://www.ren21.net/Portals/97/).
- MALKO J., 2010 – *Ekonomika niskiej stabilizacji emisji. Polityka Energetyczna* t. 13, z. 2. Wyd. Instytut GSMiE PAN, Kraków.
- MALKO J., 2011 – *Model „Poles”– ocena transformacji energetyki XXI w. Polityka Energetyczna* t. 14, z. 1. Wyd. Instytut GSMiE PAN, Kraków.
- KAMIŃSKI J., 2012 – *Wyniki analizy wrażliwości modelu równowagi cząstkowej. Polityka Energetyczna* t. 15, z. 1. Wyd. Instytut GSMiE PAN, Kraków.

Jacek MALKO

## Global Challenges of Energy for All (SE 4 All)

### Abstract

Among the main challenges in the process of human evolution are access to energy, water, and food, and simultaneously the ability to achieve such accesses without impacting the vulnerable stability of the environment. The first and most urgent challenge is to have abundant and affordable energy to make the life of the world's population easier and comfortable. Energy access for all is even more a global challenge given the highly interdependent nature of the world today, but energy usage has been recognized as a primary contributor to the climate warming process that endangers life on the Earth. It results from the rapid rise in atmospheric greenhouse gas (GHG) emissions due primarily to the fossil fuel-based energy production of our contemporary civilization. There are only a few countries which could rely solely upon the energy supplies available from within their own borders, and energy dependence is a global concern. Energy supply and use are the main cause of many of the environmental problems we face. The process of climate change may significantly transform our economic systems, ecological structures, and social development. Humanity must take urgent action to combat climate change and to adapt to the consequences of that change. The question arising today is how to develop a climate-friendly energy policy. With all these concerns and challenges in mind, the central theme of the IEEE Power&Energy Magazine of the 2012 May/June edition is a long-term view of global energy systems development, focusing essentially on electricity supply. Several articles provide scenario evaluations and present alternative technology costs, and all papers challenge the engineering community to contribute to solving the technical, economic, environmental, and social problems of energy supply. The "flagship" of the P&E Magazine – a paper by authors from the World Bank entitled "Twin Peaks", identifies the following two challenges in the energy sector: how to make more energy available at affordable prices to enable all people to use modern energy to meet their basic needs, and how to slow the world's overall growth of energy consumption mainly through improvements in energy efficiency. The ultimate goal is, "more, greener, and more efficient energy services for all – SE4 All".

KEY WORDS: energy sector, strategy, global goals, perspectives