

ANNA CZECH, JOANNA KOS-ŁABĘDOWICZ*
Katowice

**WPLYW NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII
NA DECENTRALIZACJĘ SIECI ENERGETYCZNYCH
I BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE DANII**

STRESZCZENIE

Celem niniejszego artykułu jest spojrzenie na problematykę bezpieczeństwa energetycznego przez pryzmat nowoczesnych technologii. Naturalną egzemplifikacją omawianych zjawisk jest Dania, która identyfikuje współcześnie problematykę nowoczesnych technologii i bezpieczeństwa energetycznego jako jeden ze swoich głównych priorytetów. Struktura analizy objęła wprowadzenie zarysowujące główną problematykę, następnie omówiono podstawowe ujęcia definicyjne bezpieczeństwa energetycznego i nowoczesnych technologii. W dalszej kolejności przytoczone ujęcia teoretyczne bezpieczeństwa energetycznego i nowoczesnych technologii zostały zaprzęgnięte w próbę opisu i wyjaśnienia relacji energetycznych w Danii.

Słowa kluczowe: nowoczesne technologie, *smart grid*, bezpieczeństwo energetyczne, Dania

* Anna Czech, dr, Katedra Międzynarodowych Stosunków Ekonomicznych, Wydział Ekonomii, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, e-mail: anna.czech@ue.katowice.pl; Joanna Kos-Łabędowicz, dr, Katedra Międzynarodowych Stosunków Ekonomicznych, Wydział Ekonomii, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, e-mail: joanna.kos@ue.katowice.pl.

Wprowadzenie

Od lat 70. ubiegłego stulecia, kiedy to rozpoczął się kryzys energetyczny obejmujący wszystkie kraje wysoko uprzemysłowione, bezpieczeństwo energetyczne stało się jednym z głównych czynników zapewniających stabilność gospodarczą i polityczną. Bezpieczeństwo energetyczne ma dziś kluczowe znaczenie przy podejmowaniu decyzji ekonomicznych i pozaekonomicznych, tak na poziomie gospodarki narodowej poszczególnych krajów, jak i na szczeblu międzynarodowym. Zatem zajmowanie się tym zagadnieniem wynika nie tylko z konieczności pojawienia się problemu kryzysu energetycznego, ale także z roli, jaką odgrywa sektor energetyczny w kształtowaniu efektywności i konkurencyjności gospodarki.

Przeprowadzenie rozważań z zakresu bezpieczeństwa energetycznego wymaga w pierwszej kolejności przedstawienia różnego ujmowania definicji tego pojęcia. Zachodzące procesy globalizacji i regionalizacji w gospodarce światowej, a także pojawiające się kryzysy energetyczne wymuszają na krajach stosowanie coraz to nowych technologii w zakresie wytwarzania energii. Nowoczesne technologie przyczyniają się do wzrostu poziomu bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz, co ważne, pozytywnie wpływają na środowisko naturalne. Rozwiązania technologiczne zastosowane w Danii stanowią przykład dla innych państw chcących poprawić swoje bezpieczeństwo energetyczne. Dlatego też przedmiotem analizy stała się Dania, która zdobyła pozycję europejskiego lidera w dziedzinie efektywności wykorzystania energii, udziału energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z produkcją ciepła oraz wprowadzeniu na rynek technologii wykorzystujących zasoby odnawialne. Warto zatem prześledzić, jaką drogą podążała Dania, aby od importera surowców energetycznych stać się eksporterem energii.

Celem niniejszego artykułu jest zatem spojrzenie na problematykę bezpieczeństwa energetycznego przez pryzmat nowoczesnych technologii. Naturalną egemplifikacją omawianych zjawisk jest Dania, która identyfikuje współcześnie problematykę nowoczesnych technologii i bezpieczeństwa energetycznego jako jeden ze swoich głównych priorytetów.

Bezpieczeństwo energetyczne – ujęcie teoretyczne

Próby zdefiniowania pojęcia „bezpieczeństwo energetyczne” podejmowane są w dokumentach prawnych państw i organizacji międzynarodowych, a także

w literaturze naukowej. Obecnie istnieje wiele definicji bezpieczeństwa energetycznego uwzględniających wielorakie aspekty tego terminu, używanych w licznych kontekstach oraz w bardzo różnych celach. Warto dodać, że termin „bezpieczeństwo energetyczne” jest często traktowany w literaturze przedmiotu jako tożsamy z pojęciem „bezpieczeństwo dostaw energii”.

Tradycyjnie bezpieczeństwo energetyczne definiowane jest jako niezawodność dostaw energii w odpowiedniej wielkości i po przystępnej cenie¹ lub też jako stan braku zagrożenia przerwaniem dostaw energii². Są to wąskie ujęcia, które odnoszą się tylko do wymiaru zewnętrznego bezpieczeństwa. Bardziej rozbudowaną definicję przedstawił – blisko trzy dekady temu – Peter Baxendell, który zauważył, że energia powinna być dostępna w odpowiednich wielkościach, a także w odpowiednim czasie i miejscu, tak aby mogła warunkować wzrost gospodarczy państwa. Zwrócił on uwagę na kształtowanie się cen surowców energetycznych w taki sposób, aby cena produkowanej energii nie ograniczała rozwoju gospodarczego i zapewniała możliwość tworzenia zapasów na przyszłość, biorąc pod uwagę także długi okres³. Z kolei w dokumentach Unii Europejskiej pojęcie „bezpieczeństwo energetyczne” jest ściśle powiązane ze strukturą gospodarczą i konsumpcją w państwach członkowskich⁴. Stąd też jest ono definiowane jako pewność dostaw energii pochodzących ze źródeł wspólnotowych i rezerw strategicznych. Ponadto uznano, że energia powinna być dostarczana po ekonomicznie uzasadnionych cenach i przy wykorzystaniu zdywersyfikowanych, stałych i dostępnych źródeł⁵.

Mając na uwadze wiele czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa energetycznego, konieczne wydaje się uzupełnienie przedstawionych definicji o aspekty efektywności energetycznej oraz ochrony środowiska. Według

¹ Por. F. Umbach, *German debates on energy security and impacts on Germany's 2007 EU Presidency*, w: *Energy security. Visions from Asia and Europe*, red. A. Marquina, Palgrave Macmillan, Basingstoke 2008, s. 1; M. Meidan, *Perceptions and misperceptions of energy supply security in Europe and the "China Factor"*, w: *ibidem*, s. 34.

² R. Riedel, *Supernationalisation of energy security in Europe. Theoretical approaches*, Natolin European Centre, Florence 2010, s. 106.

³ P. Baxendell, *Oil companies and the changing energy market*, w: *The energy crisis ten years after*, red. D. Hawdon, London 1984, s. 53–54, za: M. Nowacki, *Prawne aspekty bezpieczeństwa energetycznego w UE*, Wolters Kluwer, Warszawa 2010, s. 21.

⁴ M. Meidan, *Perceptions...*, s. 37.

⁵ COM (2007) 1: *Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament – An energy policy for Europe*, Brussels 10.01.2007; COM (94) 659: *For a European Union Energy Policy – green paper*, Brussels, 23.02.1995.

Komisji Europejskiej i Międzynarodowej Agencji Energii bezpieczeństwo energetyczne definiowane jest jako możliwość produkcji i wykorzystania stosunkowo niedrogiej, pewnej i przyjaznej środowisku energii⁶, natomiast Komisja Gospodarcza Narodów Zjednoczonych dla Europy (United Nations Economic Commission for Europe) definiuje bezpieczeństwo energetyczne jako pewność dostaw energii w momencie końcowego jej zużycia, przy przystępnym poziomie cen, w wystarczającej ilości i terminowości, z uwzględnieniem wspierania efektywności energetycznej, przy której rozwój społeczny i gospodarczy kraju nie jest ograniczony⁷.

Złożoność pojęcia „bezpieczeństwo energetyczne” można dostrzec także, analizując prace innych badaczy, którzy podchodzą do tego zagadnienia z zupełnie różnych punktów odniesienia. Dla przykładu, Gal Luft i Anne Korin dostrzegają różnicę w definiowaniu bezpieczeństwa energetycznego ze względu na poziom rozwoju danego państwa⁸. Z kolei Gianluca Pastori rozpatruje bezpieczeństwo energetyczne z punktu widzenia konsumenta, określając je jako gwarancję niezawodnego przepływu energii, po rozsądnych cenach, oraz w ilościach odpowiadających pokryciu krajowych potrzeb w średnim i długim okresie, mających wzgląd na aspekt środowiskowy⁹. Inne ujęcie przedstawił Kenneth B. Medlock, który uważa, że na wzorce wykorzystania energii na poziomie globalnym mają wpływ elementy mikroekonomiczne, a w szczególności postępujący rozwój ekonomiczny oraz towarzyszący mu model zmian konsumpcji i produkcji będących wynikiem przeobrażeń struktur gospodarczych kraju¹⁰. Zmiany te powodują wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną na przykład w sektorze usług. To, z kolei, oznacza, że tempo wzrostu zapotrzebowania energetycznego w stosunku do tempa wzrostu gospodarczego będzie się zmieniać w czasie, wpływając tym samym na bezpieczeństwo energetyczne oraz na politykę ochrony środowiska.

⁶ Por. *Energy security*, International Energy Agency, http://www.iea.org/subjectqueries/keyresult.asp?KEYWORD_ID=4103 (dostęp 6.04.2013); S. Müller-Kraenner, *Energy security*, Verlag Antje Kunstmann GmbH, München 2007, s. XI.

⁷ *Emerging global energy security risks*, Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva 2007, no. 36, s. 8.

⁸ G. Luft, A. Korin, *Energy security in the eyes of the Beholder*, w: *Energy security challenges for the 21st century*, red. G. Luft, A. Korin, ABC-CLIO, Santa Barbara 2009, s. 5–6.

⁹ G. Pastori, *Between continuity and change: the Italian approach to energy security*, w: *Energy security. Visions from Asia and Europe*, red. A. Marquina, Palgrave Macmillan, Basingstoke 2008, s. 84.

¹⁰ K.B. Medlock, *Energy demand theory*, w: *International handbook on the economics of energy*, red. J. Evans, L.C. Hunt, Edward Elgar, Cheltenham 2009, s. 109.

Ponadto pod uwagę należy wziąć zmiany technologiczne i ich wpływ na ceny energii, a także wydajność i rozmieszczenie kapitału, które również determinują popyt na energię. Oznacza to, że bezpieczeństwo energetyczne jest kategorią wieloaspektową i w takim ujęciu należy je rozpatrywać, przez analizę wymiaru podmiotowego i przedmiotowego.

Wymiar podmiotowy bezpieczeństwa energetycznego odnosi się do roli, jaką odgrywają różni aktorzy w dziedzinie bezpieczeństwa. Tradycyjny główny podmiot, jakim jest państwo, dominuje, niemniej jednak zmuszony jest do uwzględnienia interesów jednostek pozarządowych, zarówno na arenie międzynarodowej, jak i aktorów wewnątrz państwa, którzy reprezentują określone grupy społeczne. Bezpieczeństwo energetyczne w wymiarze przedmiotowym jest natomiast uzupełnieniem wymiaru podmiotowego i obejmuje przede wszystkim aspekt polityczny, ekonomiczny oraz środowiskowy. Taki sposób rozpatrywania bezpieczeństwa energetycznego pozwala na bardziej precyzyjną identyfikację czynników, które warunkują jego poziom. Dla przykładu, czynniki ekonomiczne mogą zawierać się w gospodarczych uwarunkowaniach funkcjonowania podmiotów na rynku energetycznym, kondycji ekonomiczno-finansowej użytkowników paliw i energii, stopniu zrównoważenia popytu i podaży energii oraz paliw, a także ze związanym z nim przewidywanym poziomie cen. Aspekt polityczny będzie brać pod uwagę stosunki z dostawcami surowców energetycznych czy stopień dywersyfikacji dostaw i źródeł pozyskiwania energii. Znaczenie będzie mieć zróżnicowanie struktury nośników energii, tworzących krajowy bilans paliwowy, oraz stan zapasów paliw, zapewniający utrzymanie ciągłości dostaw. W wymiarze technologicznym ważny będzie poziom sprawności urządzeń i instalacji elektrycznych oraz stan techniczny systemów transportu i przesyłu. Bezpieczeństwo energetyczne w skali państwa jest też uzależnione od jego stanu na poziomie lokalnym, czyli od zdolności do zaspokojenia potrzeb energetycznych różnych społeczności. Takie wieloaspektowe podejście wydaje się dzisiaj kluczem do wszechstronnego zrozumienia, czym jest współczesne bezpieczeństwo energetyczne i od jak wielu czynników faktycznie zależy.

Dania – od zależności energetycznej do samowystarczalności energetycznej

Obecnie Dania dysponuje dużym potencjałem energetycznym, pomimo że jeszcze na początku lat 70. ubiegłego wieku była zależna od importu surowców energetycznych. Wydarzenia związane z tak zwanymi szokami naftowymi, które miały

miejsce w latach 1973–1974 oraz 1979–1980, wywołanymi gwałtownym wzrostem cen ropy naftowej na skutek ograniczenia jej wydobycia przez kraje należące do Organizacji Krajów Eksportujących Ropę Naftową (Organization of Petroleum Exporting Countries), oraz kwestia zapewnienia bezpieczeństwa dostaw, spowodowały w latach 80. poważne zmiany w polityce energetycznej Danii¹¹. W bilansie energetycznym kraju nastąpiło odwrócenie proporcjonalnego udziału ropy naftowej i węgla, tym samym już na początku lat 90. udział ropy naftowej w produkcji energii szacowano jedynie na 5%. Dania powróciła do korzystania z węgla, rozwijając technologię spalania węgla i nie zapominając o oszczędności energii i zwiększeniu efektywności. Duńskie elektrownie węglowe budowane pod koniec ubiegłego stulecia należały do najbardziej wydajnych na świecie, uwzględniając wychwytywanie szkodliwych substancji, to jest tlenku siarki czy tlenku azotu¹². Zmiana realizowanej powszechnie formy ogrzewania duńskich obszarów zurbanizowanych, a także energooszczędne budownictwo przyczyniły się natomiast do zwiększenia efektywności energetycznej. Jako przykład można podać „Budynek 2000” (w Hedehusene w Danii), który jest obecnie jednym z najbardziej efektywnych energetycznie biurów na świecie. Ilość energii potrzebnej do jego ogrzania wynosi zaledwie 39 kWh/m² na rok. Obowiązujące w 2000 roku w Danii wymagania w zakresie energooszczędnego budownictwa wynosiły 55 kWh/m² na rok, a od 2006 roku jest to 40 kWh/m² na rok¹³.

Dania jest w posiadaniu nowoczesnej wiedzy w zakresie technologii energetycznych, co pozwala jej odgrywać znaczącą rolę na rynku energii. Świadczą o tym między innymi inwestycje firmy Maersk Contractors w produkcję morskich platform wydobywczych, które cechuje bardzo wysokie tempo rozwoju ze względu na zmniejszające się zasoby śródlądowe ropy naftowej, jak również inwestycje zorientowane na rynki zagraniczne państwowego koncernu DONG Energy A/S w elektrownie w Niemczech i Norwegii¹⁴. W Niemczech przewi-

¹¹ Zob. D. Hammes, D. Wills, *Black gold: the end of Bretton Woods and the Oil-Price Shocks of the 1970s*, „The Independent Review” 2005, vol. 9/4.

¹² R. Czarny, *Państwa regionu nordyckiego wobec problemu bezpieczeństwa energetycznego*, w: *Międzynarodowe bezpieczeństwo energetyczne w XXI wieku*, red. E. Cziomera, Wydawnictwo Akademii Frycza Modrzewskiego, Kraków 2008, s. 131–133.

¹³ *Duńskie sposoby oszczędzania energii wzorem dla Polski*, „Informator Budowlany”, <http://info.chemia-budowlana.eu/2010/11/dunskie-sposoby-oszczedzania-energii-wzorem-dla-polski/> (dostęp 10.04.2013).

¹⁴ DONG Energy, http://www.dongenergy.com.pl/PL/about_us/backgrounder/Pages/default.aspx (dostęp 10.04.2013).

dywana jest budowa elektrowni węglowej, a w Norwegii – budowa elektrowni napędzanej gazem uwzględniająca zastosowanie nowoczesnej technologii polegającej na odfiltrowaniu dwutlenku węgla z wydzielanego dymu i wpompowaniu go do naturalnych zbiorników morskich powstałych po wydobyciu gazu¹⁵.

Szczególne podejście Danii do kwestii energii znajduje swoje odzwierciedlenie w skali jej zużycia. Dania jest liderem w Unii Europejskiej w redukcji zużycia energii. To właśnie dzięki opracowanym technologiom możliwe jest zredukowanie zużycia energii w budynkach o przynajmniej 50%, a nawet 80%. Ponadto Dania jest także liderem pod względem zużycia odnawialnych źródeł energii. Obecnie ponad 20% używanej elektryczności dostarczają elektrownie wiatrowe. Prognozuje się, że do 2020 roku energia pozyskana z wiatru pokryje połowę zapotrzebowania na elektryczność w Danii¹⁶.

Niezależność energetyczną Danii upatruje się nie w posiadanych przez nią zasobach, ale w nowoczesnych technologiach i rozwoju odnawialnych źródeł energii. Wskazuje na to plan duńskiego rządu, który zakłada, że w 2020 roku Dania będzie niezależna od dostawców z zagranicy, a 25% zużywanej energii w kraju będzie pochodzić ze źródeł odnawialnych¹⁷. To właśnie dzięki swojej efektywnej polityce energetycznej Dania stała się jedynym krajem w Unii Europejskiej, który eksportuje energię, mimo że nie ma własnych zasobów paliw kopalnianych.

Nowoczesne technologie a generacja energii elektrycznej

W ostatnich latach, w związku z coraz większymi obawami dotyczącymi bezpieczeństwa energetycznego i powolnym wyczerpywaniem się paliw kopalnianych, system energetyczny stanął przed nowym wyzwaniem. Postęp technologiczny (zwłaszcza w zakresie odnawialnych źródeł energii) pozwolił na rozwój nowych technologii generacji energii elektrycznej na małą i średnią skalę. W wielu krajach zaczęto tworzyć mikrosieci, które z rozproszonych źródeł dostarczają energię do systemu elektroenergetycznego. Przez określenie „mikrosieć” należy rozumieć zbiór powiązanych źródeł, odbiorców i zasobników energii podłączonych do sieci głównej, posiadających jednak możliwości samodzielnej (wyspowej) generacji

¹⁵ R. Czarny, *Państwa regionu nordyckiego...*

¹⁶ *Dania stawia na zieloną energię*, Energianews, <http://www.ekonomia24.pl/arttykul/790699.html> (dostęp 6.04.2013).

¹⁷ R. Czarny, *Państwa regionu nordyckiego...*

energii¹⁸. Rozwój w dziedzinie automatyki, informatyki i technologii komunikacyjnych umożliwił powstanie koncepcji inteligentnych mikrosieci (*smart grid*). Inteligentna mikrosieć to sieć elektryczna o lokalnym zasięgu, pozwalająca na tworzenie łączy zarówno pomiędzy producentami i konsumentami, jak i pomiędzy konsumentami¹⁹.

Mikrogenerację definiuje się najczęściej jako wytwarzanie na niewielką skalę ciepła i/lub energii elektrycznej z wykorzystaniem technologii powodujących niską lub zerową emisję dwutlenku węgla. W przeciwieństwie do tradycyjnych elektrowni produkujących energię elektryczną na dużą skalę i dla masowego odbiorcy, systemy oparte na mikrogeneracji wykorzystują energię w tym samym lub blisko miejsca jej wytworzenia, co – w wyniku minimalizacji strat energii wynikających z przesyłu i transmisji – przekłada się na znacznie większą efektywność. Można wyszczególnić różnego rodzaju technologie mikrogeneracyjne, z których większość jest oparta na odnawialnych źródłach energii. Mikrogeneracja do wytwarzania ciepła i/lub energii elektrycznej wykorzystuje między innymi ogniwa słoneczne, wiatraki montowane na dachach, biomasę, pompy ciepłone, małe turbiny²⁰.

Głównymi zaletami układów mikrogeneracyjnych są:

- niższe koszty pozyskania energii dla użytkowników,
- zmniejszenie lub wręcz eliminacja strat przesyłowych,
- decentralizacja sieci energetycznej oraz wyższa efektywność całego systemu.

Za wady układów kogeneracyjnych powszechnie uznaje się²¹:

- wysokie koszty początkowe inwestycji,
- problemy wynikające z konieczności uzgodnień w sprawie podłączenia bloku energetycznego do sieci energetycznej,
- problemy związane z potencjalną odsprzedażą nadwyżek energii.

¹⁸ P. Olszowiec, *Autonomiczne systemy elektroenergetyczne małej mocy*, "Mikrosieci. Energia Gigawat" 2009, nr 7–8, <http://www.cire.pl/pliki/2/GIGmikrosieci2.pdf> (dostęp 2.04.2013).

¹⁹ *Powstała pierwsza inteligentna mikrosieć*, "Elektro.info", 8.07.2010, <http://www.elektro.info.pl/aktualnosc/id1875.powstala-pierwsza-inteligentna-mikrosiec> (dostęp 2.04.2013).

²⁰ *What is microgeneration?*, <http://www.microgeneration.com/professional-zone/Climate-Change/What-is-microgeneration> (dostęp 2.04.2013).

²¹ R. Szczerbowski, *Mikrogeneracja ciepła i energii elektrycznej w lokalnych systemach zasilania*, "Energia Elektryczna", styczeń 2011, http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja_Technika.pdf (dostęp 2.04.2013).

Dania, chcąc zmniejszyć swoje uzależnienie od importu paliw kopalnianych (a zwłaszcza ropy naftowej), od lat stara się włączyć odnawialne źródła energii do swojej sieci elektroenergetycznej, co znacząco wpływa na elastyczność duńskiego rynku energetycznego. Prowadzone badania nad możliwością wdrożenia i upowszechnienia inteligentnych mikrosieci mają wpłynąć na zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej oraz zwiększyć zaangażowanie społeczne. Aktywizacja jednostek i lokalnych społeczności w roli producentów energii elektronicznej oraz idąca za nią decentralizacja systemu elektroenergetycznego mają na celu wywołanie zmian w zachowaniach konsumpcyjnych i stymulowanie bardziej efektywnego i oszczędnego użytkowania i korzystania z energii elektrycznej²².

Przejście od scentralizowanego systemu opartego na niewielkiej liczbie dużych, wykorzystujących paliwa kopalniane elektrowni na tysiące małych jednostek produkcyjnych stanowi duże wyzwanie infrastrukturalne i administracyjne. Duński rząd zdecydował się na wdrożenie różnorodnych strategii promujących wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii i zachęcających do skorzystania z subsydiów, dzięki którym mieszkańcy (zarówno osoby indywidualne, jak i wspólnoty) mogą zakupić i zaimplementować wybrane urządzenia mikrogeneracyjne²³. Prawdopodobnie połączenie akcji promocyjnych z możliwością dofinansowania inwestycji, a także zwiększająca się świadomość społeczeństwa oraz poczucie własności i większego wpływu zarówno na konsumpcję energii, jak i jej produkcję wpłynęły na dużą społeczną akceptację rozwiązań opartych na inteligentnych mikrosieciach.

Poważnym problemem, przemawiającym za wykorzystaniem nowoczesnych technologii informatyczno-komunikacyjnych w sektorze energetycznym, jest zarządzanie dodatkowymi przepływami energii wynikającymi z przesyłania nadwyżki wyprodukowanej przez konsumentów energii z powrotem do ogólnej sieci dystrybucyjnej²⁴. Wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii będzie

²² J. Keirstead, *Behavioural responses to photovoltaic systems in the UK domestic sector*, "Energy Policy" 2007, vol. 35, no. 8, s. 4128–4141.

²³ T. Fornalczyk, *Rynek energii elektrycznej – Dania*, "Polska Energia", luty 2009, http://www.cire.pl/pliki/2/rynek_dania.pdf (dostęp 2.04.2013).

²⁴ Główne elementy systemu, niezbędnego do sprawnego funkcjonowania mikrosieci, to m.in. urządzenia montowane u konsumenta-producenta pozwalające na komunikację w czasie rzeczywistym z producentem-operatorem sieci; zintegrowane systemy zarządzania oprogramowaniem, bazy danych i interfejsy programowania aplikacji wyposażone w interfejsy służące do wizualizacji stanu systemu; sieć komunikacyjna i protokół komunikacji pozwalający na przesyłanie relatywnie niewielkich pakietów danych; wbudowane systemy i ich oprogramowanie oraz sieci czujników.

wymagał podjęcia działań między innymi w zakresie równoważenia przepływów energii elektrycznej w czasie rzeczywistym, połączeń pomiędzy poszczególnymi mikrosieciami, przechowywania nadatkowej energii i efektywnego zarządzania mikrosieciami²⁵.

Rozbudowanie duńskiej sieci elektroenergetycznej pozwalającej w pełni wykorzystywać inteligentne mikrosieci będzie wymagało poniesienia nakładów inwestycyjnych związanych między innymi z²⁶:

- Wymianą urządzeń pomiarowych w celu ciągłego monitorowania obciążenia sieci, co pozwoli generować sygnały dotyczące aktualnej ceny energii, którymi konsumenci będą mogli się kierować w celu uzyskania jak największych korzyści zarówno dla siebie, jak i dla całej sieci, planując korzystanie z urządzeń wykorzystujących energię elektryczną (na przykład, w jakich godzinach ładować baterie samochodu hybrydowego).
- Urządzeniami elektrycznymi w gospodarstwach domowych, które będą mogły się kontaktować z systemem i na podstawie tak uzyskanych danych (za zgodą konsumenta) kontrolować zużycie energii elektrycznej w danym gospodarstwie.
- Rozwojem sieci dystrybucji w obszarach, gdzie energia wytwarzana przez mikrosieci (z różnych powodów) nie będzie zaspokajała całego zapotrzebowania.
- Ze zwiększeniem stabilności systemu energoelektrycznego (między innymi zwiększenie liczby wiatraków).
- Odpowiednim oprogramowaniem pozwalającym na wymianę danych pomiędzy wszystkimi uczestnikami systemu.

Oczekiwane korzyści związane z wdrożeniem rozwiązań opartych na *smart grid*, w przypadku Danii odnoszą się głównie do strefy społeczno-ekonomicznej²⁷ i są to:

- możliwość korzystania z energii elektrycznej w czasie, kiedy jest ona tańsza – co wpływa na zmniejszenie całkowitego kosztu wytworzenia energii przy jednoczesnym braku obniżenia komfortu wynikającego z wprowadzonych oszczędności;

²⁵ Zob. także: *Smart grid in Denmark*, Danish Energy Association, http://kom.aau.dk/project/edge/repository/02_literature/PowerSystem/Smart_Grid_Denmark.pdf, s. 12 (dostęp 2.04.2013).

²⁶ *Ibidem*, s. 15.

²⁷ *Ibidem*, s. 16.

- obniżenie całkowitych kosztów funkcjonowania systemu przez umożliwienie dostępu do rynku większej liczbie producentów;
- bieżąca kontrola zużycia energii elektrycznej i potencjalne wdrożenie rozwiązań energooszczędnych bez konieczności obciążania ich wdrożeniem konsumentów.

Obecnie technologie mikrogeneracji energii elektrycznej są częścią systemu energoelektrycznego Danii. Zaobserwowany trend decentralizacji produkcji energii elektrycznej, blisko lub u konsumenta, sprzedaży nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej z powrotem do sieci będzie się z czasem pogłębiał. Do podstawowych zalet takiego rozwiązania można zaliczyć większą dyfuzję technologii produkcji energii elektrycznej opartych na odnawialnych źródłach energii, większą konkurencję wśród producentów energii elektrycznej i potencjał stworzenia w przyszłości nowych modeli biznesowych oraz nowych usług w zakresie zaopatrywania w energię elektryczną.

Podsumowanie

Inteligentne mikrosieci to elektroenergetyczne systemy integrujące działania wszystkich uczestników (generacji, transmisji, dystrybucji i użytkownika) mające na celu ekonomiczne, trwałe i bezpieczne dostarczanie energii elektrycznej. Przesyłanie energii elektrycznej za pomocą inteligentnych mikrosieci pozwala zmniejszyć koszty oraz zwiększyć niezawodność dostaw i ograniczyć wykorzystanie dużych źródeł wytwórczych energii elektrycznej²⁸. Korzyści płynące z budowania mikrosieci powodują bardzo duże zainteresowanie i coraz bardziej dynamiczny rozwój tych systemów. Według raportu Pike Research, aby wdrażane technologie mogły być skuteczne, musi nastąpić współpraca przedsiębiorstw z różnych sektorów. Ponadto w raporcie wskazano, że *microgrid* będą się rozwijały o 22% rok do roku, by do 2017 roku osiągnąć łączną moc na poziomie 4,7 GW, pozwalając tym samym na uzyskanie przychodów w wysokości 17,3 mld dolarów. Co więcej, w dokumencie tym podkreślono, że Dania jest jedynym krajem w Unii Europejskiej, który opracował zintegrowaną i wszechstronną politykę energetyczną zawierającą przyjazne regulacje dotyczące *microgrid*, tworząc tym

²⁸ T. Kowalak, *Smart grid – wyzwania XXI wieku*, "Rynek Energii" 2010, nr 1, ise.ure.gov.pl/ (dostęp 2.04.2013).

samym dobre warunki do ich rozwoju²⁹. Dodatkowo wykorzystanie do mikrogeneracji technologii opartych na odnawialnych źródłach energii wpływa na zmniejszenie niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne oraz, co istotne zwłaszcza w przypadku krajów nieposiadających znaczących złóż paliw kopalnianych, na zwiększenie niezależności od zewnętrznych dostaw tych surowców, a co za tym idzie – na poprawę bezpieczeństwa energetycznego państwa.

Bibliografia

- About the Danish Energy Agency*, Danish Energy Agency, http://www.ens.dk/en-US/Service/About_us/Sider/Forside.aspx (dostęp 6.04.2013).
- Baxendell P., *Oil companies and the changing energy market*, w: *The energy crisis ten years after*, red. D. Hawdon, London 1984, za: Nowacki M., *Prawne aspekty bezpieczeństwa energetycznego w UE*, Wolters Kluwer, Warszawa 2010.
- COM (2007) 1: *Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament – An energy policy for Europe*, Brussels, 10.01.2007.
- COM (94) 659: *For a European Union Energy Policy – green paper*, Brussels, 23.02.1995.
- Czarny R., *Państwa regionu nordyckiego wobec problemu bezpieczeństwa energetycznego*, w: *Międzynarodowe bezpieczeństwo energetyczne w XXI wieku*, red. E. Cziomera, Kraków 2008.
- Dania stawia na zieloną energię*, Energianews, <http://www.ekonomia24.pl/arttykul/790699.html> (dostęp 6.04.2013).
- Danish energy policy goals*, Danish Energy Agency, http://www.ens.dk/EN-US/POLICY/ENERGY_TECHNOLOGY/POLITICAL%20GOALS/Sider/Forside.aspx (dostęp 6.04.2013).
- Dolecki S., *Wydzielanie enklawy w systemie energetycznym*, „Dzisiaj. Magazyn dla klientów ABB w Polsce” 2012, nr 3, [http://www02.abb.com/global/plabb/plabb045.nsf/0/a9201f32cc75eb89c1257a61003bef2d/\\$file/Dzisiaj_3_12.pdf](http://www02.abb.com/global/plabb/plabb045.nsf/0/a9201f32cc75eb89c1257a61003bef2d/$file/Dzisiaj_3_12.pdf) (dostęp 11.04.2013).
- DONG Energy, http://www.dongenergy.com.pl/PL/about_us/backgrounder/Pages/default.aspx (dostęp 10.04.2013).
- Duńskie sposoby oszczędzania energii wzorem dla Polski*, “Informator Budowlany”, <http://info.chemia-budowlana.eu/2010/11/dunskie-sposoby-oszczedzania-energii-wzorem-dla-polski/> (dostęp 10.04.2013).
- Emerging global energy security risks*, Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva 2007, no. 36.

²⁹ S. Dolecki, *Wydzielanie enklawy w systemie energetycznym*, „Dzisiaj. Magazyn dla Klientów ABB w Polsce” 2012, nr 3, [http://www02.abb.com/global/plabb/plabb045.nsf/0/a9201f32cc75eb89c1257a61003bef2d/\\$file/Dzisiaj_3_12.pdf](http://www02.abb.com/global/plabb/plabb045.nsf/0/a9201f32cc75eb89c1257a61003bef2d/$file/Dzisiaj_3_12.pdf), s. 14 (dostęp 11.04.2013).

- Energy security*, International Energy Agency, http://www.iea.org/subjectqueries/keyresult.asp?KEYWORD_ID=4103 (dostęp 6.04.2013).
- Fornalczyk T., *Rynek energii elektrycznej – Dania*, „Polska Energia 2009”, http://www.cire.pl/pliki/2/rynek_dania.pdf (dostęp 2.04.2013).
- Hammes D., Wills D., *Black gold. The end of Bretton Woods and the Oil-Price Shocks of the 1970s*, „The Independent Review” 2005, vol. 9/4.
- Keirstead J., *Behavioural responses to photovoltaic systems in the UK domestic sector*, “Energy Policy” 2007, vol. 35, no. 8.
- Kowalak T., *Smart grid – wyzwanie XXI wieku*, „Rynek Energii” 2010, nr1, <http://ise.ure.gov.pl/> (dostęp 2.04.2013).
- Luft G., Korin A., *Energy security in the eyes of the beholder*, w: *Energy security challenges for the 21st century*, red. G. Luft, A. Korin, ABC-CLIO, Santa Barbara 2009.
- Medlock K.B., *Energy demand theory*, w: *International handbook on the economics of energy*, red. J. Evans, L.C. Hunt, Edward Elgar, Cheltenham 2009.
- Meidan M., *Perceptions and misperceptions of energy supply security in Europe and the “China Factor”*, w: *Energy security. Visions from Asia and Europe*, red. A. Marquina, Palgrave Macmillan, Basingstoke 2008.
- Müller-Kraenner S., *Energy security*, Verlag Antje Kunstmann GmbH, München 2007.
- Olszowiec P., *Autonomiczne systemy elektroenergetyczne małej mocy*, “Mikrosieci. Energia Gigawat” 2009, nr 7–8, <http://www.cire.pl/pliki/2/GIGmikrosieci2.pdf> (dostęp 2.04.2013).
- Pastori G., *Between continuity and change: The Italian approach to energy security*, w: *Energy security. Visions from Asia and Europe*, red. A. Marquina, Palgrave Macmillan, Basingstoke 2008.
- Powstała pierwsza inteligentna mikrosieć*, “Elektro.info”, <http://www.elektro.info/pl/aktualnosc/id1875,powstała-pierwsza-inteligentna-mikrosiec> (dostęp 2.04.2013).
- Riedel R., *Supernationalisation of energy security in Europe. Theoretical approaches*, Natiolin European Centre, Florence 2010.
- Smart Grid in Denmark*, Danish Energy Association, http://kom.aau.dk/project/edge/repository/02_literature/PowerSystem/Smart_Grid_Denmark.pdf (dostęp 2.04.2013).
- Szczerbowski R., *Mikrogeneracja ciepła i energii elektrycznej w lokalnych systemach zasilania*, „Energia Elektryczna” 2011, http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja_Technika.pdf (dostęp 2.04.2013).
- Umbach F., *German debates on energy security and impacts on Germany’s 2007 EU Presidency*, w: *Energy security. Visions from Asia and Europe*, red. A. Marquina, Palgrave Macmillan, Basingstoke 2008.
- What is microgeneration?*, <http://www.microgeneration.com/professional-zone/Climate-Change/What-is-microgeneration> (dostęp 2.04.2013).

**INFLUENCE OF MODERN TECHNOLOGY
ON THE PROCESS OF DECENTRALIZATION
OF ENERGY SUPPLY NETWORKS AND ENERGY SECURITY OF DENMARK**

SUMMARY

This paper primary goal is to provide a perspective on energy security issues in the light of modern technology. Natural example for provided analysis is the country of Denmark, country that points both energy security and modern technology as its top priority. The analysis includes introduction that depicts the crucial issues, followed by basic definitions of energy security and modern technology. Furthermore, detailed theoretical perspectives concerning the energy security and modern technology are harnessed in an attempt to describe and explain relations concerning energy in Denmark.

Keywords: new technologies, Smart Grid, energy security, Denmark