

# SYSTEMY NA RZECZ ZMIAN: ENERGIA JĄDROWA KONTRA EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA I ŹRÓDŁA ODNAWIALNE?

Antony Froggatt i Mycle Schneider



**HEINRICH BÖLL STIFTUNG  
SERIA PUBLIKACJI O EKOLOGII**

# **Systemy na rzecz zmian: energia jądrowa kontra efektywność energetyczna i źródła odnawialne?**

**Antony Froggatt i Mycle Schneider  
Marzec 2010, wersja uaktualniona w sierpniu 2010  
Publikacja Fundacji im. Heinricha Bölla**

*„Wiemy, że kraj, który w pełni wykorzysta czystą, odnawialną energię, będzie odgrywał przewodnią rolę w XXI wieku”*

Prezydent Barack Obama, orędzie o stanie państwa  
Luty 2010

## **Hipoteza**

Dalsze inwestowanie w energię jądrową, a zwłaszcza w projekty nowych elektrowni atomowych, tworzy istotną barierę dla niezbędnego procesu przejścia do zrównoważonej, inteligentnej gospodarki energetycznej, opartej na energooszczędności i odnawialnych źródłach energii.

## Heinrich-Böll-Stiftung

Antony Froggatt i Mycle Schneider *Systemy na rzecz zmian: energia jądrowa kontra efektywność energetyczna i źródła odnawialne?*

Tytuł oryginału: Antony Froggatt, Mycle Schneider *Systems for Change: Nuclear Power vs. Energy Efficiency + Renewables?*

Heinrich-Böll-Stiftung, Unia Europejska, Bruksela

© Autorzy, Heinrich-Böll-Stiftung Unia Europejska, Bruksela

© Wydanie polskie: Fundacja im. Heinricha Bölla, Biuro Regionalne Europa Centralna, Warszawa

Publikacja Fundacji im. Heinricha Bölla, Biuro Regionalne Europa Centralna, Warszawa

Wydrukowano w Polsce, grudzień 2010

Tłumaczenie z języka angielskiego: Jarosław Sobczak, Liliana Religa

Redakcja merytoryczna wydania polskiego: Dariusz Szwed

Korekta i koordynacja: Katarzyna Radzikowska

Opracowanie graficzne: Micheline Gutman

Skład i druk: Studio27

Zdjęcie na okładce: © thinkstockphotos.com/ Collection Hemera

Pewne prawa zastrzeżone dla zdjęć na stronach 10, 21 i 46, według licencji Creative Commons:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>

ISBN 978-83-61340-72-0

### **Zamówienia prosimy kierować na adres:**

Fundacja im. Heinricha Bölla

ul. Żurawia 45, III p.

00-680 Warszawa

T 22 59 42 333 F 22 59 42 337

E [hbs@boell.pl](mailto:hbs@boell.pl) W [www.boell.pl](http://www.boell.pl)

## SPIS TREŚCI

<b>Przedmowa: Ślepy zaufek energetyki jądrowej</b>	5
<b>Wstęp</b>	7
<b>Zarys sytuacji i trendy</b>	10
Zapotrzebowanie na energię, wpływ świata obniżanych emisji i wyczerpujących się zasobów	10
Zmiana opcji zaspokajania popytu na energię	11
Historia i prognozowany rozwój źródeł odnawialnych	12
Historia i perspektywy rozwoju energii jądrowej	18
Porównanie energii jądrowej i odnawialnej	19
<b>Kwestie systemowe</b>	21
Scentralizowany system francuski	22
Wariant niemiecki: odejście od energetyki jądrowej i ekspansja odnawialnych źródeł energii	23
Źródła odnawialne w Hiszpanii w obliczu ograniczeń obecnego systemu	25
Nowe podejście	25
<b>Harmonogram inwestycji</b>	28
Konieczność szybkiego podjęcia działań na rzecz ochrony klimatu	28
Czas potrzebny na osiągnięcie efektu skali (nowe technologie, doświadczenia i oczekiwania)	29
Energia jądrowa	29
Źródła odnawialne	32
<b>Koszty utraconych korzyści</b>	35
Badania i rozwój	36
Koszty inwestycyjne	38
Infrastruktura i sieci	41
Mechanizmy rynkowe	43
<b>Wnioski</b>	46
<b>WYKRESY I TABELE</b>	
Wykres 1: Wzrost światowego popytu na energię	12
Wykres 2: Nowe inwestycje w czystą energię według sektorów: 2004-2009 (w mld USD)	13
Wykres 3: Globalny wzrost udziału energii odnawialnej w sektorze energetycznym (bez dużych elektrowni wodnych)	13
Wykres 4: Światowe zużycie energii elektrycznej i udział energetyki wodnej (TWh)	15
Wykres 5: Sumaryczny przyrost mocy elektrowni wiatrowych na świecie (MW)	16
Wykres 6: Moc zainstalowana elektrowni wiatrowych w 2008 roku (MW)	16
Wykres 7: Moc zainstalowana słonecznych elektrowni ciepłych typu CSP ( <i>Concentrated Solar Power</i> ) na świecie w latach 1980-2007 (MW)	17
Wykres 8: Światowa produkcja ogniw fotowoltaicznych w latach 1998-2009 (MW)	17
Wykres 9: Reaktory atomowe na świecie i ich moc w latach 1954-2010 (GW)	19
Wykres 10: Moc netto (z nowych źródeł odnawialnych i elektrowni jądrowych) przyłączona do światowej sieci w latach 1990-2010 (GW)	20
Wykres 11: Produkcja energii elektrycznej ze źródeł niekopalnych	20

Wykres 12: Emisja gazów cieplarnianych wynikająca z konsumpcji finalnej we Francji (w $\text{teCO}_2$ )	23
Wykres 13: Ujemne ceny energii elektrycznej na niemieckiej giełdzie energii w EUR/MWh od września 2009 do marca 2010	25
Wykres 14: Ewolucja kosztów inwestycyjnych („krzywa doświadczenia”) – elektrownie jądrowe w USA	31
Wykres 15: Ewolucja kosztów inwestycyjnych („krzywa doświadczenia”) – elektrownie jądrowe we Francji	31
Wykres 16: Krzywe doświadczenia dla różnych technologii	33
Wykres 17: Zmiany w zakresie inwestycji w niskowęglowe sektory energetyki	36
Wykres 18: Krajowe budżety na badania i rozwój w państwach OECD (w mln USD)	37
Wykres 19: Podział budżetów państw OECD na badania i rozwój poszczególnych technologii (1974-2008)	38
Wykres 20: Szacunkowe koszty redukcji emisji w Wielkiej Brytanii w 2020 (GBP/tC)	40
Wykres 21: Kalkulacje Exelon 2010 dla kosztów redukcji emisji (USD/t $\text{CO}_2$ )	41
Tabela 1: Okres budowy elektrowni jądrowych na świecie	30
Tabela 2: Szacunkowy koszt źródeł energii w 2020 roku	33

## PRZEDMOWA: ŚLEPY ZAŁĘK ENERGETYKI JĄDROWEJ

Gdyby wziąć pod uwagę przytaczane czasami wypowiedzi o renesansie energetyki jądrowej, można by odnieść wrażenie, że liczba nowych elektrowni atomowych stale i szybko rośnie. W rzeczywistości aktualne statystyki wykazują 60 obiektów w budowie – większość w Chinach, kolejne w Rosji, Indiach, Korei Południowej i Japonii. Zaledwie jeden projekt realizowany jest w USA. Na liście tej (autorstwa VGB Power Tech) znajdują się jednak także liczne nigdy niedokończone, bardzo stare projekty, czyli obiekty nadające się *de facto* do rozbiórki.

Ponadto istnieją deklaracje budowy ok. 160 nowych elektrowni jądrowych do 2020 roku – 53 w samych Chinach, 35 w USA. Kolejne miejsca zajmują Korea Południowa i Rosja. W Europie liderem jest Wielka Brytania (8 zaplanowanych nowych obiektów), a następne kraje na liście to: Szwajcaria, Finlandia, Rumunia i Litwa. Z kolei Francja, chcąc uszczęśliwić świat elektrowniami jądrowymi, planuje u siebie budowę tylko jednego nowego obiektu. Większość państw europejskich nie ma konkretnych planów atomowych.

W rzeczywistości liczba elektrowni jądrowych stale spada. Obecnie na świecie eksploatowanych jest 436 reaktorów. W ciągu najbliższych 15–20 lat liczba starych obiektów, które zostaną wyłączone z eksploatacji, przekroczy liczbę nowych, które zostaną do sieci przyłączone. Nie wszystkie deklarowane projekty zostaną też zrealizowane. Rosnący stopień otwierania rynków energii na swobodną konkurencję oznacza malejące szanse energii jądrowej na tych rynkach.

Niebotyczny poziom osiągają koszty nowych obiektów. Koszt budowy nowej elektrowni atomowej w fińskim Olkiluoto wzrósł w trakcie budowy z 3 do 5,4 miliardów euro, chociaż nie zrealizowano jeszcze nawet stanu surowego. Do tego dochodzą nierozwiązane problemy finalnego składowania odpadów oraz duża podatność technologii atomowej na awarie. Żadne zarządzane zgodnie z zasadami rynku prywatne przedsiębiorstwo energetyczne nie zaryzykuje dziś budowy nowej

elektrowni jądrowej bez państwowych subwencji i gwarancji. Charakterystyczne jest to, że nowe elektrownie jądrowe buduje się przede wszystkim w krajach, w których państwo i energetyka są połączone nieszczęsnym przymierzem.

Energetyka atomowa była i nadal jest w dużym stopniu dotowana ze środków publicznych. Szacuje się, że w Niemczech poziom dotychczasowych dotacji to rząd wielkości 100 miliardów euro. Miliardowe rezerwy na zagospodarowanie odpadów jądrowych i rozbiórkę elektrowni to nieopodatkowane środki, z których korzystają koncerny. Natomiast odpowiedzialność cywilna operatorów jest ograniczona do kwoty 2,5 miliarda euro, czyli bardzo niewielkiej części rzeczywistych kosztów nawet niezbyt poważnego wypadku. Po zrobieniu uczciwego rachunku okazuje się, że energia z atomu jest równie droga, co ryzykowna.

Do tych znanych już argumentów przeciwko energetyce jądrowej dochodzą nowe. Po pierwsze, ryzyko związane z rozprzestrzenianiem technologii jądrowej rośnie proporcjonalnie do powstawania nowych elektrowni jądrowych na świecie. Cywilnego wykorzystania tej technologii nie da się przecież oddzielić szczelnym murem od jej wykorzystania do celów militarnych, pomimo starań i kontroli ze strony Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA). Najświeższy przykład to Iran. Jeżeli ktoś nie chce poddać się kontroli, nie można go do tego zmusić. Wraz z rozwojem energetyki jądrowej rośnie konieczność budowy odpowiednich instalacji przerobu oraz reaktorów prędkich powielających, potrzebnych do produkcji paliwa jądrowego. Oznacza to wejście w cykl plutonu i tym samym powstanie ogromnych ilości materiałów rozszczepialnych, które mogą być łatwo użyte do produkcji bomby – taka wizja to prawdziwy horror!

Po drugie, przedłużenie okresów eksploatacji istniejących elektrowni jądrowych – a w jeszcze większym stopniu budowa nowych obiektów – to istotne opóźnienie rozwoju energetyki korzystającej ze źródeł odnawialnych. Twierdzenie, że

energia atomowa i źródła odnawialne uzupełniają się, jest mitem. Konkurują one bowiem ze sobą nie tylko o ograniczony przecież kapitał inwestycyjny i obecność w sieciach energetycznych; ze względu na małą elastyczność eksploatacji (konieczność pracy ciągłej) elektrownie jądrowe ograniczają głównie potencjał rozwoju energetyki wiatrowej. W wietrzne dni, w okresie niskiego zapotrzebowania na energię, już dziś dużą część popytu w Niemczech pokrywa się ze źródeł wiatrowych. Ponieważ ze względów ekonomicznych w elektrowniach jądrowych (a także w dużych elektrowniach węglowych) nie ogranicza się krótkoterminowo wytwarzanej mocy, nadwyżki energii trzeba – ze stratą – eksportować za granicę. W tym szaleństwie jest więc metoda.

Jakkolwiek by nie patrzeć: energetyka jądrowa ani nie ma potencjału, aby wnieść istotny wkład w ochronę klimatu, ani nie jest potrzebna do zagwarantowania bezpieczeństwa dostaw.

Nasuwa się wniosek przeciwny: kto chce wspierać rozwój energii ze źródeł odnawialnych i dążyć do docelowej wartości 100% energii z tych źródeł, powinien być przeciwny budowie nowych i przedłużaniu okresów eksploatacji starych elektrowni jądrowych. Energia atomowa nie sprawdza się jako postulowana strategia tymczasowa w okresie wchodzenia w erę wykorzystania energii słonecznej.

I jeszcze uwaga na koniec: Fundacja im. Heinricha Bölla wydaje w 2010 roku całą serię obszernych opracowań na aktualne tematy z zakresu energetyki jądrowej. Polecamy je gorąco wszystkim, którzy poszukują szczegółowych informacji i faktów z tej dziedziny. Informacje można znaleźć na naszej stronie [www.boell.de](http://www.boell.de)<sup>1</sup>.

*Berlin, styczeń 2010*

*Ralf Fücks*

*Członek zarządu Fundacji im. Heinricha Bölla*

---

1 A także na stronie [www.boell.pl](http://www.boell.pl) (przyj. red.).

## WSTĘP

Przemówienie prezydenta Obamy na temat energii, wygłoszone 16 lutego 2010 roku w stanie Maryland<sup>2</sup>, nadało ton. Przyszłość może wyglądać tak, że „energia elektryczna ze źródeł odnawialnych zasili samochody hybrydowe podłączane do sieci, energooszczędne domy i firmy”, a „eksport rodzimej technologii zastąpi import zagranicznej ropy”. Aby to osiągnąć, stwierdził Obama, należy zrobić coś jeszcze:

Będziemy potrzebować ciągłych inwestycji w zaawansowane biopaliwa i technologie czystego węgla, nawet jeżeli zwiększymy potencjał wytwórczy ze źródeł odnawialnych, np. wiatrowych i słonecznych. Będziemy także musieli zbudować w Ameryce bezpieczne i czyste elektrownie jądrowe nowej generacji.

Efektywność energetyczna, źródła odnawialne oraz energia jądrowa. Francuski prezydent Sarkozy zgadza się ze swoim amerykańskim odpowiednikiem i oznajmia 9 czerwca 2009 roku: „Będziemy wykorzystywać źródła odnawialne, co jest równie istotne, jak decyzja generała de Gaulle'a w latach 60. XX wieku o wykorzystywaniu energii jądrowej. Nie chodzi o wybór <jednego albo drugiego>, tylko o podejście na zasadzie <jedno i drugie>”<sup>3</sup>. Sarkozy zapowiedział, że na każde euro wydane na energetykę jądrową, kolejne euro zostanie wydane na energetykę odnawialną. Wyjaśnił także założenia polityczne w tej kwestii. Ten parytet inwestycyjny ma na celu „podtrzymanie konsensu w sprawie energii jądrowej i sprawienie, że jej przeciwnicy będą ją tolerować”<sup>4</sup>. To, co było znane od 65 lat jako Francuska Komisja ds. Energii Jądrowej, zostało przemianowane na Komisję ds. Energii Jądrowej i Energii Alternatywnych (Commissariat à l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives).

Energetyka jądrowa jako „technologia postmodernowa”? Rządząca w Niemczech koalicja konserwatywna zapowiedziała, że planuje przedłużenie okresów eksploatacji działających jeszcze 17 niemieckich elektrowni jądrowych poza terminy ustalone we wciąż obowiązujących przepisach o rezygnacji z energetyki jądrowej. W myśl umowy koalicyjnej „lwią część” dodatkowych zysków z tytułu dłuższej eksploatacji elektrowni ma zostać opodatkowana przez rząd i ponownie zainwestowana w energetykę odnawialną, a w szczególności w poprawę efektywności energetycznej. Wyraźny zakaz budowy nowych elektrowni atomowych ma nadal obowiązywać. Rząd kanclerz Angeli Merkel i jej własna partia są podzielone w sprawie realizacji tej umowy. Minister środowiska Norbert Röttgen stwierdził, że głównym wyzwaniem jest „właściwie całkowite przejście na energię ze źródeł odnawialnych” i podkreślił, że „nie zna w koalicji nikogo, kto uważa, że energetyka jądrowa jest naszą technologią przyszłości”<sup>5</sup>. Röttgen chciałby zakończyć proces wycofania z energii jądrowej do 2030 roku – ok. 8 lat później niż przewiduje obecna ustawa – gdy reaktory osiągną wiek ok. 40 lat, a źródła odnawialne będą pokrywać 40% zapotrzebowania na energię elektryczną (dziś jest to ok. 16%). Niemiecki minister podkreśla, że „duża ilość energii jądrowej i duża ilość ekoenergii nie pasują do siebie jako koncepcje gospodarcze”<sup>6</sup>.

Pasują czy nie pasują do siebie? Niemcy to chyba najciekawszy przypadek w kontekście analizy potencjału komplementarności bądź sprzeczności różnych systemów energetycznych, bazujących jednocześnie na energii jądrowej oraz energii ze źródeł odnawialnych i efektywności energetycznej. Niemiecki Związek

2 Przemówienie prezydenta na temat energii w Lanham, stan Maryland, 16 lutego 2010, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/remarks-president-energy-lanham-maryland>.

3 „Le Monde”, 9 czerwca 2010; w rzeczywistości to nie de Gaulle zainicjował pierwszy duży program budowy elektrowni jądrowych, tylko premier Messmer w 1974 roku.

4 *Ibid.* Należy dodać, że „konsensus” w sprawie energetyki jądrowej nigdy nie dotyczył opinii publicznej, ale raczej porozumienia najważniejszych partii politycznych.

5 „Frankfurter Rundschau”, 19 lutego 2010, [http://www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wirtschaft/debatte\\_energie\\_der\\_zukunft/?em\\_cnt=2331965&](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wirtschaft/debatte_energie_der_zukunft/?em_cnt=2331965&).

6 *Ibid.*



Przedsiębiorstw Komunalnych (Verband Kommunalen Unternehmen, VKU), potężna organizacja zrzeszająca ok. 1 350 firm, pokrywających ponad połowę zapotrzebowania wszystkich użytkowników końcowych na energię elektryczną i ciepło w całych Niemczech, jest zaniepokojony konsekwencjami planowanego wydłużenia procesu odchodzenia od energii jądrowej. Dyrektor wykonawczy VKU Hans-Joachim Reck stwierdził w oświadczeniu dla prasy:

Pomija się całkowicie negatywny wpływ tych działań na konkurencyjność oraz na proces konwersji systemu energetycznego w kierunku jego decentralizacji i rozwoju źródeł odnawialnych (...). Zniechęcanie podmiotów komunalnych do inwestowania w efektywne i przyszłościowe rozwiązania w zakresie wytwarzania energii jest działaniem, którego skutki będą odwrotne do pierwotnie zamierzonych.<sup>7</sup>

VKU dodał także, że w nowej sytuacji trzeba będzie ponownie ocenić opłacalność szacowanych na ok. 6,5 mld EUR inwestycji komunalnych w elektrownie. Zagrożona może być także rentowność już zrealizowanych projektów.

Nie przeanalizowano do tej pory gruntownie wielu kwestii systemowych pod kątem (braku) kompatybilności scentralizowanego wykorzystywania energii jądrowej z rozproszonym wytwarzaniem energii, efektywnością energetyczną i wykorzystaniem źródeł odnawialnych. Jakie są konsekwencje dla rozwoju sieci i w jaki sposób konkretne wybory w zakresie charakterystyki sieci wpływają na strategię inwestowania w wytwarzanie energii? W jakim zakresie wielkość jednostki wytwarzającej energię jest współodpowiedzialna za istnienie strukturalnego nadmiaru mocy wytwórczej i zniechęca tym samym do działań w zakresie podniesienia efektywności energetycznej? Jak fundusze i dotacje rządowe stymulują długoterminowe procesy decyzyjne? Czy duże elektrownie wykorzystujące źródła odnawialne wywołają takie same efekty systemowe jak duże elektrownie węglowe i jądrowe?

Niniejszy raport przedstawia realia i wskazuje kwestie, którymi trzeba się pilnie zająć. Skuteczna polityka energetyczna będzie musiała umożliwiać zaspokajanie ludzkich potrzeb w zakresie usług energetycznych w znacznie bardziej efektywny sposób niż w przeszłości, ponieważ nasilająca się konkurencja w dziedzinie dostępu do ograniczonych zasobów paliw kopalnych prowadzi do ogólnego wzrostu cen energii. Zbyt długo działania w zakresie polityki energetycznej były ukierunkowane raczej na „bezpieczeństwo dostaw” ropy, gazu czy kilowatogodzin niż na zagwarantowanie dostępu do tanich, pewnych i zrównoważonych usług, jak: możliwości gotowania, korzystania z ogrzewania, klimatyzacji, oświetlenia, komunikacji, mobilności i technologii silnikowych.

Skutki są dobrze znane. Nawet w krajach rozwiniętych, realizujących od dawna program energetyki jądrowej – Stanach Zjednoczonych, Francji czy Wielkiej Brytanii – poważnym i narastającym problemem stało się tzw. ubóstwo energetyczne. Powstał nawet skrót EWD (*Excess Winter Deaths* – zwiększona umieralność w okresie zimowym). Z danych zebranych w ramach europejskiego projektu<sup>8</sup> wynika, że liczba osób, które umierają zimą, ponieważ nie stać ich na odpowiednie ogrzanie mieszkania, stała się wysoce istotną statystycznie. Wartość EWD waha się od 10% w Paryżu do 30% w Glasgow. Szacuje się, że w Wielkiej Brytanii zimą z powodu ubóstwa energetycznego umiera dodatkowo (tzn. oprócz normalnej liczby zgonów w tym okresie) ok. 15 tys. osób. W korzystającej z energii jądrowej Francji prawie osiem milionów gospodarstw domowych (ok. 28% całej ich liczby) wydaje ponad 10% swoich dochodów na energię (wraz z transportem). Od 2005 roku ok. trzech milionów francuskich rodzin uzyskało uprawnienia do korzystania z subsydiowanej przez państwo „taryfy na usługi pierwszej potrzeby” (*Tariff for Primary Necessities*), przeznaczonej dla gospodarstw o niskich dochodach.

Jest rzeczą oczywistą, że korzystanie z energii jądrowej nie zagwarantowało powszechnego i sprawiedliwego dostępu do usług

7 VKU, oświadczenie prasowe nr 2/10, 19 stycznia 2010.

8 European Fuel Poverty and Energy Efficiency, patrz <http://www.precarite-energetique.org/>.

energetycznych w krajach, które zdecydowały się korzystać z tej energii. Czy jednak strategia jądrowa hamuje rozwój czystej energetyki, opartej na efektywności energetycznej i źródłach odnawialnych? Istnieją mocne dowody na to, że tak właśnie jest. Oto zamieszczony przez magazyn „Time” komentarz do decyzji prezydenta

Obamy w sprawie długoterminowych gwarancji kredytowych dla energetyki jądrowej: „Niezwyczajna i bardzo kosztowna szczodrość rządu może w końcu doprowadzić do swego rodzaju renesansu jądrowego, który jednak może z kolei zdusić w zarodku lepsze rozwiązania lub nie dopuścić w ogóle do ich powstania”<sup>9</sup>.

### Energia jądrowa a źródła odnawialne

Amory Lovins<sup>10</sup>: „Energetyka jądrowa należy do najmniej efektywnych metod: rzeczywiście pozwala ograniczyć emisję CO<sub>2</sub>, ale w zakresie od 2 do 20 razy mniejszym w przeliczeniu na każdego wydanego dolara i o 20 do 40 razy mniejszym w ujęciu rocznym niż w przypadku zakupu bardziej konkurencyjnych rozwiązań”.

Bill Keepin i Gregory Kats<sup>11</sup>: Poprawa efektywności energetycznej jako sposób na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w USA jest rozwiązaniem prawie siedem razy tańszym niż wykorzystanie w tym celu energii jądrowej.

Environment California<sup>12</sup>: „W przeliczeniu na każdego dolara, wydanego w ciągu całego cyklu użytkowania poszczególnych technologii, poprawa efektywności energetycznej i współspalanie biomasy są pięciokrotnie bardziej efektywne, a kogeneracja – ponad trzy razy bardziej efektywna w zakresie ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>” niż energetyka jądrowa.

Szkoła Biznesu Warwick (Warwick Business School)<sup>13</sup>: Kwestionowanie znaczenia innych rozwiązań technicznych oznacza, że energetyka jądrowa nie jest komplementarna wobec pozostałych technologii niskoemisyjnych. Obala to argument, że wszystkie technologie niskoemisyjne mogą i powinny być wykorzystywane równoległe oraz w ramach harmonijnej współpracy przyczyniać się do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> – wręcz przeciwnie: rząd stoi przed wyborem między przyszłością nuklearną a przyszłością zdominowaną przez źródła odnawialne i bardziej efektywne wykorzystywanie energii.

Uniwersytet Duke’a (Duke University)<sup>14</sup>: „Słoneczna fotowoltaika dołączyła do szeregu niskonakładowych alternatyw wobec budowania nowych elektrowni atomowych”, John O. Blackburn, profesor ekonomii.

9 „Time”, 18 lutego 2010.

10 Amory B. Lovins, *Proliferation, Oil, And Climate: Solving For Pattern*, rozszerzona wersja artykułu *Proliferation, Climate, And Oil: Solving For Pattern*, „Foreign Policy”, 17 stycznia 2010.

11 B. Keepin, G. Kats, *Greenhouse Warning. Comparative Analysis of Nuclear and Efficient Abatement Strategies*, „Energy Policy”, tom 15, nr 6, grudzień 1988, s. 38-61.

12 Travis Madsen, Tony Dutzik, Bernadette Del Chiaro, Rob Sargent, „Environment California: Generating Failure: How Building Nuclear Power Plants Would Set America Back in the Race Against Global Warming”, listopad 2009.

13 Catherine Mitchell i Bridget Woodman, „New Nuclear Power: Implications for a Sustainable Energy System”, Warwick Business School, marzec 2006.

14 Diana S. Powers, *Nuclear Energy Loses Cost Advantage*, „New York Times”, 26 lipca 2010.



## Zarys sytuacji i trendy

### Zapotrzebowanie na energię, wpływ świata obniżających emisji i wyczerpujących się zasobów

W ciągu kilku ostatnich lat w sektorze energetycznym zaszły niespotykane dotąd zmiany. Sytuacja na rynkach – zwłaszcza rynku ropy, ale wahania przeniosły się także na inne źródła energii – była bardzo niestabilna. W połowie 2008 roku cena ropy dochodziła do 150 USD za baryłkę, była więc osiem razy wyższa niż dziesięć lat wcześniej. Jednak w ciągu kilku miesięcy wysokie ceny ropy przyspieszyły globalny kryzys ekonomiczny, co z kolei wywołało spadek cen do poziomu ok. 30 USD za baryłkę. We wszystkich sektorach energetycznych światowa recesja ograniczyła zużycie energii i, co niezwykle, w 2009 roku nastąpił spadek jej globalnego zużycia po raz pierwszy od II wojny światowej.

Mimo to w ujęciu globalnym tradycyjne „prognozy” przewidują szybki wzrost popytu na energię, napędzany głównie rozwojem gospodarek państw azjatyckich, przede wszystkim Chin, a w mniejszym stopniu także Indii. Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) zakłada w tzw. „Scenariuszu Odniesienia (Referencyjnym)” swojego opracowania

„World Energy Assessment 2009”, że globalny popyt na energię wzrośnie o 40% do 2030 roku. Zgodnie z tym scenariuszem zużycie energii w Chinach w latach 2007–2030 podwoi się, w Unii Europejskiej wzrośnie jedynie o 1%, a w Stanach Zjednoczonych – o mniej niż 5%. „Scenariusz Odniesienia” przyjęty przez IEA nie jest scenariuszem zrównoważonym, tylko projekcją bieżącej polityki poszczególnych krajów. Nie ulega wątpliwości, że jej kontynuacja doprowadziłaby do katastrofalnych zmian w atmosferze na niespotykaną dotąd skalę: IEA sugeruje, że „przewidywane w <Scenariuszu Odniesienia> stężenie CO<sub>2</sub> wywołałoby średni globalny wzrost temperatury nawet o sześć stopni Celsjusza”<sup>15</sup>.

Skutki klimatyczne to niejedyne – i nawet niekoniecznie najbardziej palące – problem związany ze wspomnianym scenariuszem. Kwestiami niecierpiącymi zwłoki są – w perspektywie średnioterminowej – dostępność surowców energetycznych i jej wpływ na ceny nośników energii (zwłaszcza paliw płynnych) dla konsumentów. W ostatnich latach IEA obniżyła w „Scenariuszu Odniesienia” prognozy dotyczące zapotrzebowania na ropę naftową do 2030 roku. W opracowaniu „World Energy Outlook

15 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), „World Energy Outlook 2009”, International Energy Agency, listopad 2009, s. 44.

2004" przewidywano wzrost globalnego popytu o 1,6% rocznie i osiągnięcie w 2030 roku poziomu 121 milionów baryłek dziennie (mb/dzień). Dla porównania: dzisiejsze scenariusze przewidują odpowiednio coroczny wzrost o 1% i poziom 105 mb/dzień w 2030 roku. IEA zmieniła prognozowane wielkości zwłaszcza w odniesieniu do państw OECD – różnica między scenariuszami z lat 2004 i 2009 wynosi 17 mb/dzień. Nawet przy niższym wzroście globalnego popytu pozostaje jednak istotna kwestia przyszłej dostępności zasobów surowcowych – obecny popyt kształtuje się bowiem na poziomie 76 mb/dzień. Z szacunków Brytyjskiego Centrum Badań nad Energią (UK Energy Research Centre) z 2009 roku wynika, że średni spadek wydobywania z tych złóż, które szczyt wydajności mają już za sobą, wyniesie 6,5% rocznie, a średni spadek wydobywania ze wszystkich obecnie eksploatowanych złóż – minimum 4% rocznie. Aby utrzymać obecny poziom wydobywania, należałoby co roku rozpoczynać eksploatację nowych złóż o wydajności 3 mb/dzień albo – w innym ujęciu – co trzy lata uruchamiać takie o łącznej wydajności na poziomie rocznego wydobywania w Arabii Saudyjskiej<sup>16</sup>.

Z perspektywy bezpieczeństwa dostaw i ochrony klimatu obecny system energetyczny i kształtujące go działania polityczne są zatem w wysokim stopniu nierównoważone. Niezależnie od docelowego systemu energetyki potrzebne będą nowe inwestycje – w celu zaspokojenia prognozowanego wzrostu popytu oraz zastąpienia obiektów wycofywanych z eksploatacji. IEA oszacowała, że koszty inwestycji w ramach „Scenariusza Odniesienia” osiągną w latach 2008-2030 łączny poziom 26 bilionów USD (albo 1,1 bln USD w ujęciu rocznym, czyli 1,4% rocznego światowego PKB). Ponad połowa tych kosztów miałaby być związana z sektorem elektroenergetyki. Co ważne, IEA opracowała także drugi scenariusz (tzw. „Scenariusz 450”), w ramach którego w sektorze energetycznym nastąpiłaby taka redukcja emisji, która pozwoliłaby osiągnąć zakładany cel, czyli wzrost temperatury o maksymalnie 2 stopnie Celsjusza. Koszty inwestycji związanych z realizacją „Scenariusza 450” są istotnie wyższe (o 10,5 biliona USD) niż w przypadku „Scenariusza Odniesienia”. Jednak z wycliczeń IEA wynika także, że realizacja „Scenariusza 450” pozwoliłaby osiągnąć redukcję kosztów energii o ok. 8,6 bln USD

do 2030 roku oraz oszczędności na poziomie 17 bln USD przez cały okres eksploatacji infrastruktury energetycznej powstałej w ramach tego scenariusza.

Nie ulega wątpliwości, że potrzebne są nowe kierunki działań w celu stworzenia zrównoważonego i bezpiecznego sektora energetycznego, a obecna polityka i tendencje rynkowe muszą ulec szybkiej i radykalnej zmianie. W dłuższej perspektywie stworzenie niskoemisyjnego i bezpiecznego dla środowiska sektora energetycznego jest możliwe i okaże się tańsze niż próby kontynuacji dotychczasowych działań. Jednak samo przejście ze źródeł energii powodujących duże zanieczyszczenia na źródła mniej uciążliwe dla środowiska nie stworzy zrównoważonego sektora energetycznego. Potrzebne są zamiast tego zmiany systemowe, w ramach których znacznie większy nacisk będzie kładziony nie tylko na efektywność systemu w zakresie wykorzystywania energii, lecz także na pomijane często zagadnienia – efektywność jej produkcji, przetwarzania i przesyłu.

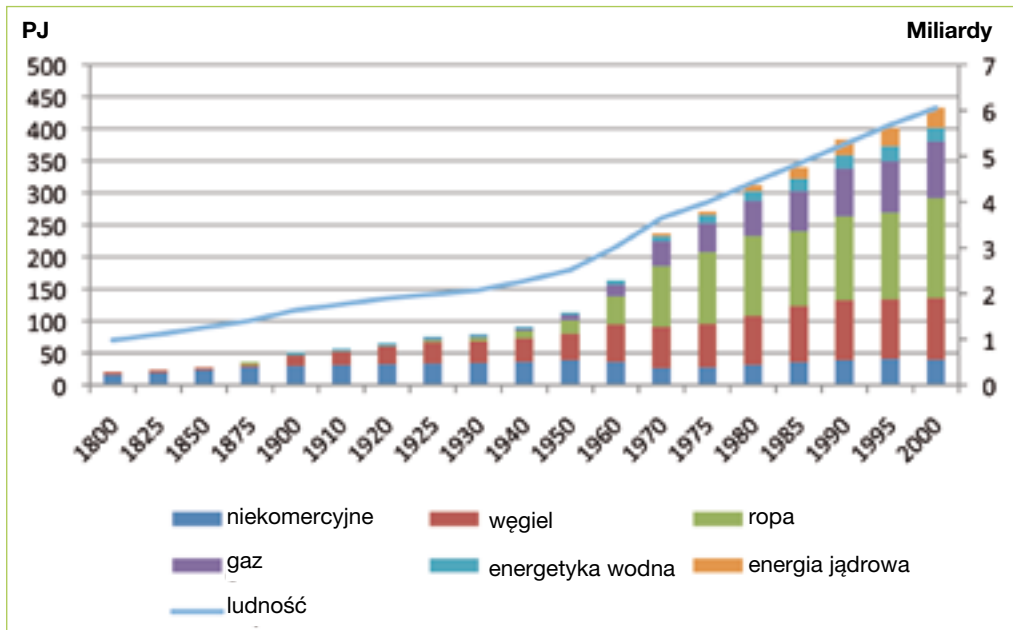
## Zmiana opcji zaspokajania popytu na energię

Wzrost globalnego zużycia energii nastąpił w wyniku przyrostu liczby ludności na świecie oraz podniesienia poziomu konsumpcji energii *per capita*. Poniższy wykres obrazuje skalę wzrostu światowego zużycia energii w dwóch minionych stuleciach – podwojenie konsumpcji w latach 1800-1900 i jej ośmiokrotny wzrost w ciągu ostatnich stu lat. IEA oraz inne instytucje twierdzą, że tendencja ta będzie się utrzymywać, ponieważ kraje mniej rozwinięte starają się podnieść standard życia swoich mieszkańców i zapewnić im dostęp przynajmniej do podstawowych usług energetycznych. Obecnie około jednej czwartej ludności świata nie ma dostępu do usług opartych na energii elektrycznej. Ponadto zużycie energii na jednego mieszkańca jest w państwach OECD pięciokrotnie wyższe niż w krajach rozwijających się. Wykres pokazuje także, w jakim stopniu wykorzystywane komercyjnie paliwa kopalne – węgiel, gaz i ropa – przyczyniły się do powstania tej olbrzymiej różnicy. Chociaż tempo przyrostu ludności na świecie zwolniło w ostatnich latach do 1,3%, prognozy ONZ zakładające średni poziom dzietności przewidują, że liczba ludności osiągnie maksimum w wysokości 10 miliardów ludzi po roku 2200 (przy dzisiejszej liczbie 6 miliardów)<sup>17</sup>.

16 Brytyjskie Centrum Badań nad Energią (UKERC), „Global Oil Depletion: An Assessment of the Evidence for a Near-term Peak in Global Oil Production”, UK Energy Research Centre, sierpień 2009.

17 ONZ, „The World at Six Billion”, 2004, <http://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbilpart1.pdf>.

Wykres 1: Wzrost światowego popytu na energię



Źródło: Arnulf Grübler, 2008<sup>18</sup>

### Historia i prognozowany rozwój źródeł odnawialnych

Przez całe wieki ludzie korzystali głównie z energii odnawialnej – początkowo spalając biomasę (zwłaszcza drewno), a potem korzystając z siły wody i wiatru. Jednak w ostatnich stuleciach zależność od źródeł odnawialnych zmalała, ponieważ rozwinęły się możliwości pozyskiwania energii z paliw kopalnych. Wykorzystanie tych paliw, zwłaszcza węgla, ropy i następnie gazu, umożliwiło uwolnienie niespotykanych przedtem ilości energii. Jest to uwarunkowane stosunkowo wysoką kalorycznością nośników kopalnych i związaną z tym możliwością pozyskiwania przez konsumentów dużych ilości użytecznej energii, pomimo konieczności jej wcześniejszego zużycia na przetworzenie tych nośników i ich transport.

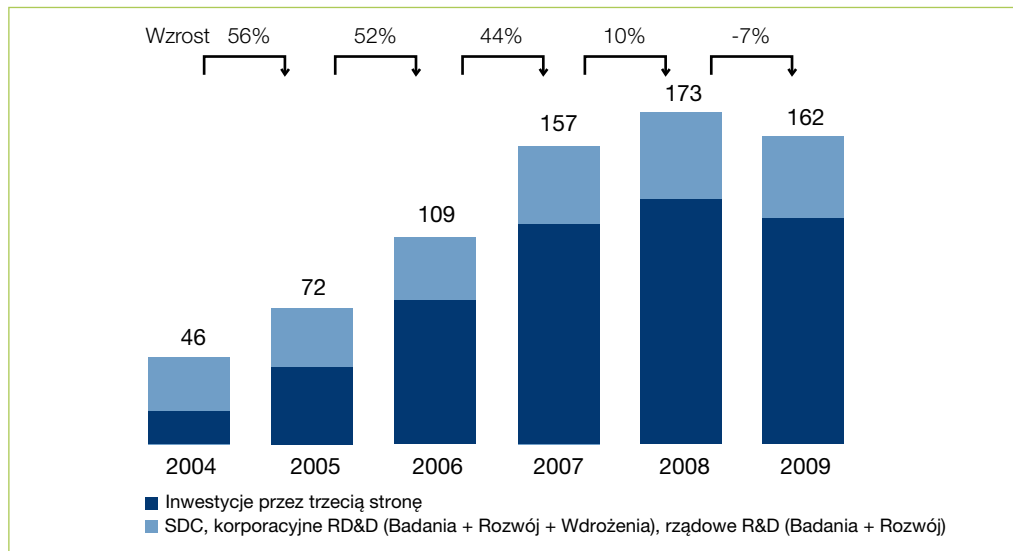
W ciągu ostatnich kilku lat zauważyć można jednak zmianę tej tendencji w niektórych regionach i sektorach. Najbardziej godny uwagi jest sektor

elektroenergetyczny w Unii Europejskiej. W 2009 roku w Europie zainwestowano 13 mld EUR w energetykę wiatrową, co sprawiło, że elektrownie wiatrowe stanowiły 39% wszystkich nowych instalacji wytwarzających energię. Był to drugi rok z kolei, gdy uruchomiono więcej siłowni wiatrowych niż instalacji wykorzystujących jakiegokolwiek inne technologie wytwórcze. Ponadto instalacje wykorzystujące wszystkie źródła odnawialne stanowiły w 2009 roku 61% wszystkich nowych instalacji w sektorze wytwarzania energii. Sektor elektroenergetyczny w UE kontynuuje proces odchodzenia od węgla, oleju opałowego i energii jądrowej – w przypadku każdej z tych technologii zamyka się więcej elektrowni niż buduje nowych<sup>19</sup>.

Na wykresie 2 widać podobną tendencję w odniesieniu do światowego sektora energetycznego. W 2009 roku nowe inwestycje w energetykę odnawialną wyniosły 162 mld USD (siedmioprocentowy spadek wobec rekordowej sumy 173 mld USD z 2008 roku na skutek globalnego kryzysu finansowego).

18 Arnulf Grübler, *Energy transitions*, w: „Encyclopedia of Earth”, red. Cutler J. Cleveland, Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Waszyngton, DC 2008.

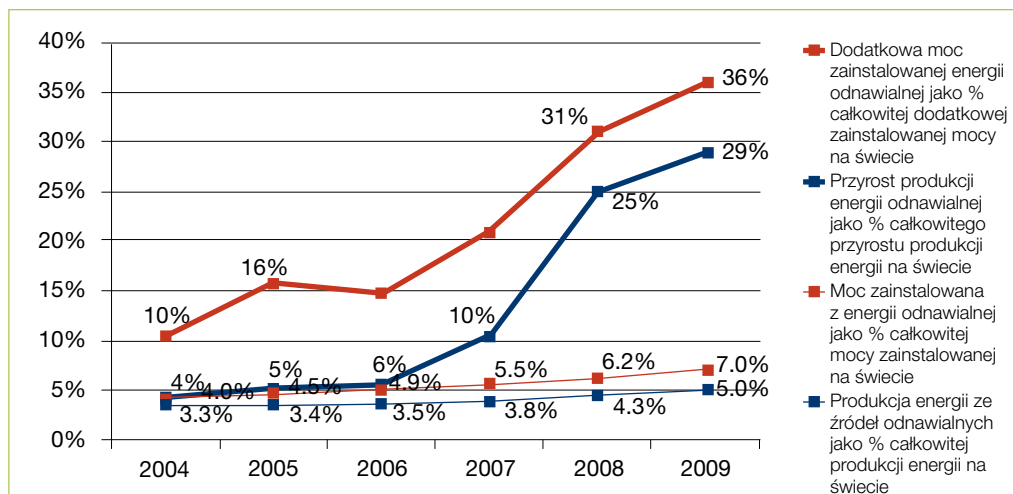
19 Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (EWEA), „More Wind Power Capacity Installed Last Year in the EU Than Any Other Power Technology”, European Wind Energy Association, luty 2010.

**Wykres 2: Nowe inwestycje w czystą energię według sektorów: 2004-2009 (w mld USD)**

Źródło: UNEP i in., „Global Trends in Sustainable Energy Investment”, 2010<sup>20</sup>

Mimo spadku kwota ta stanowiła drugi najwyższy roczny poziom inwestycji w historii (czterokrotnie więcej w porównaniu z rokiem 2004), a wydatki na nową moc produkcyjną (w tym dużych elektrowni wodnych i innych odnawialnych źródeł energii) drugi rok z rzędu przewyższyły inwestycje w nowe

elektrownie opalane paliwami kopalnymi. W rezultacie, co obrazuje wykres 3, energia odnawialna (bez dużych elektrowni wodnych) stanowiła 36% ogólnego wzrostu w moc zainstalowaną sektora energetycznego, jednak jej całkowity udział w globalnej konsumpcji energii elektrycznej jest stosunkowo niski i wynosi 5%.

**Wykres 3: Globalny wzrost udziału energii odnawialnej w sektorze energetycznym (bez dużych elektrowni wodnych)**

Źródło: UNEP i in., „Global Trends in Sustainable Energy Investment”, 2010

<sup>20</sup> SDC = *small distributed capacity* (mała moc produkcyjna rozproszona): wysokość nowej inwestycji dostosowuje się do kapitału ponownie zainwestowanego. Całkowite wartości obejmują kalkulacje dla nieujawnionych transakcji (źródło: „New Energy Finance”).

### **Energia wodna**

Wraz z rozwojem energetyki i coraz większą skalą wykorzystywania energii elektrycznej wzrosło znaczenie elektrowni wodnych, które w 2009 roku wyprodukowały ok. 3 200 terawatogodzin (TWh) energii (740 milionów ton ekwiwalentu ropy). Wartość ta odpowiada udziałowi w wysokości około 15% światowej produkcji energii elektrycznej. Moc zainstalowana hydroelektrowni wynosi 923 gigawaty (GW) i jest zdecydowanie największa wśród źródeł odnawialnych. Istnieją jednak kontrowersje w zakresie oceny skutków środowiskowych i społecznego poparcia dla hydroenergetyki, odnoszące się głównie do wielkości obiektów i instalacji.

Choć eksploatuje się – głównie w Ameryce Północnej i Europie – liczne duże elektrownie wodne, produkujące stosunkowo taną energię, nie nastąpił istotny wzrost zużycia prądu pochodzącego z tych elektrowni. Od 2000 roku światowa produkcja energii wodnej wzrosła faktycznie tylko o 20%, czyli poniżej poziomu ogólnego wzrostu zużycia energii. W rezultacie udział energii z elektrowni wodnych w całym światowym jej zużyciu obniżył się z 17% w 2000 roku do ponad 15% w 2009 roku – dane według „BP Statistical Review of World Energy”. W ramach „Scenariusza Referencyjnego” IEA sektor energetyki wodnej zwiększy produkcję o ok. 50%, ale jej udział w światowym zużyciu spadnie do ok. 14%. Nawet „Scenariusz 450” przewiduje, że udział ten wyniesie jedynie ok. 19% w 2030 roku.

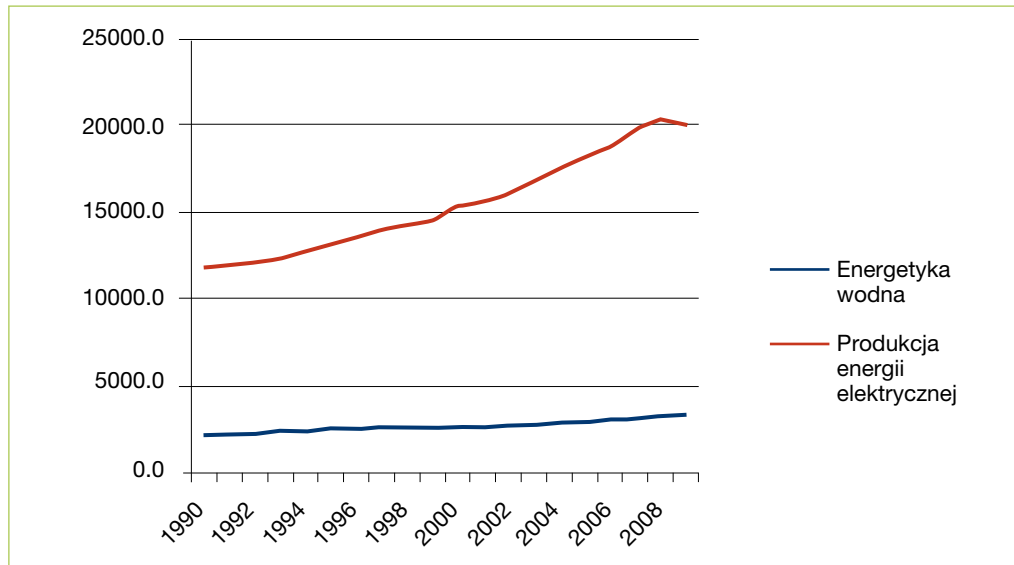
Scenariusze opracowane przez inne organizacje także zakładają, że nie nastąpi istotny wzrost produkcji w sektorze hydroenergetyki. Greenpeace przewiduje nawet w „Rewolucji energetycznej” jeszcze niższy poziom mocy zainstalowanej w tym sektorze niż IEA w „Scenariuszu Referencyjnym”<sup>21</sup>. Z analiz wynika natomiast, że potencjał energetyki wodnej jest znacznie większy. W opracowaniu „World Energy Assessment” potencjał gospodarczy sektora szacuje się na 8 100 TWh, techniczny na 14 000 TWh, a całkowity teoretyczny potencjał brutto – na 40 000 TWh<sup>22</sup>. Osiągnięcie tych poziomów pociągnęłoby jednak za sobą istotne – i dla wielu nieakceptowalne – skutki środowiskowe i konsekwencje społeczne, więc działania w tym kierunku nie będą podejmowane. Mimo to można zwiększyć produkcję dzięki eksploatacji mniejszych elektrowni wodnych przepływowych oraz podnoszeniu sprawności istniejących siłowni.

Wykres 4 obrazuje zmiany udziału hydroenergetyki w światowej produkcji energii w czasie. Co istotne, mimo stosunkowo dobrych wyników ekonomicznych elektrowni wodnych rozwój hydroenergetyki jest wolniejszy niż rozwój całego sektora energetycznego, a udział energii wodnej w zestawieniu z innymi nośnikami stale spada.

21 Greenpeace, „Energy Revolution, Global Energy Scenario”, DLR, Institute of Technical Thermodynamics, Department of Systems Analysis and Technology Assessment, European Renewable Energy Council i Greenpeace International, 2008.

22 WEA, *Chapter 4: Energy Resources*, w: „World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability”, United Nations Development Programme, 2004.



**Wykres 4: Światowe zużycie energii elektrycznej i udział energetyki wodnej (TWh)**

Źródło: BP, 2010<sup>23</sup>

### Energia wiatrowa

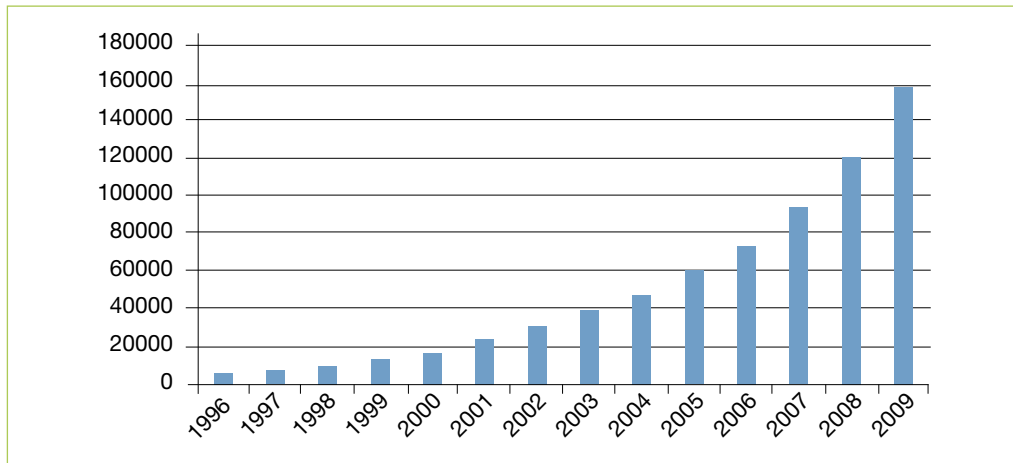
Jak już wspomniano, w wielu krajach w ostatnich latach szybko rosła skala komercyjnego wykorzystywania energii wiatru. Na poniższych wykresach pokazano zarówno sumaryczny przyrost mocy zainstalowanej w ostatniej dekadzie, jak i jej podział na poszczególne kraje. W ciągu ostatniej dekady światowy sektor energetyki wiatrowej osiągnął roczne tempo wzrostu na poziomie 30%, a oczekuje się, że rozwój ten może być jeszcze szybszy – zwłaszcza w kontekście działań na rzecz wykorzystania energii wiatru dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i klimatycznego. Światowa Rada Energetyki Wiatrowej (Global Wind Energy Council, GWEC) przewiduje, że produkcja tej energii wzrośnie z 261 TWh w 2008 roku do 680 TWh w 2012 roku,

co pozwoliłoby osiągnąć 42% zakładanej w Załączniku I redukcji emisji w pierwszym okresie rozliczeniowym Protokołu z Kioto. GWEC szacuje także, że w przypadku realizacji ambitniejszego scenariusza energia wiatrowa mogłaby zagwarantować od 21 do 34% oczekiwanej redukcji emisji w krajach rozwiniętych, zgodnie ze sformułowanym przez IPCC zaleceniem obniżenia emisji do 2020 roku o 25–40%. W takiej sytuacji moc zainstalowana powinna do 2020 roku osiągnąć poziom 1 000 GW, co stanowiłoby spowolnienie obecnego światowego tempa wzrostu sektora<sup>24</sup>. W niektórych scenariuszach zakłada się jednak dla energetyki wiatrowej na 2020 rok znacznie niższy poziom mocy zainstalowanej: odpowiednio ok. 650 GW według „Scenariusza 450” (IEA) oraz ok. 900 GW według Greenpeace.

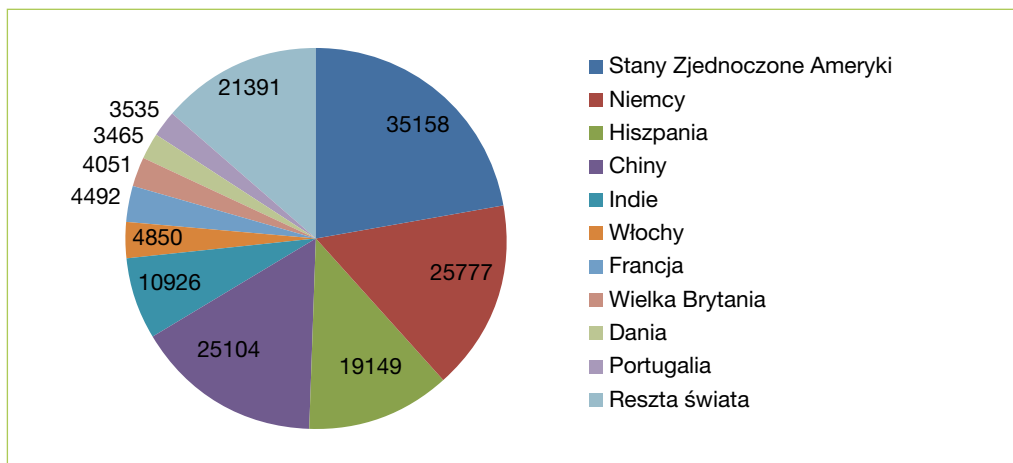
23 BP, „Statistical Review of World Energy”, czerwiec 2009.

24 Światowa Rada Energetyki Wiatrowej (GWEC), „Wind Power is Crucial for Combating Climate Change”, Global Wind Energy Council, grudzień 2009.



**Wykres 5: Sumaryczny przyrost mocy elektrowni wiatrowych na świecie (MW)**

Źródło: Global Wind Energy Council, 2010<sup>25</sup>

**Wykres 6: Moc zainstalowana elektrowni wiatrowych w 2008 roku (MW)**

Źródło: Global Wind Energy Council, 2010

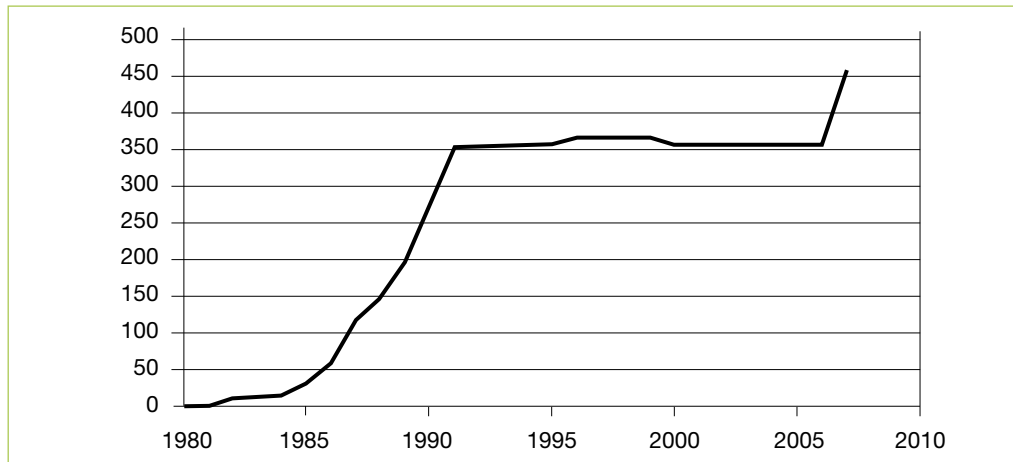
### Energia słoneczna

Istnieją dwa podstawowe rodzaje technologii solarnej do produkcji energii elektrycznej: pierwszy to koncentracja energii słonecznej, której ciepło służy do wytworzenia pary napędzającej turbiny – energia powstaje więc w sposób bardziej tradycyjny, a drugi to konwersja fotowoltaiczna, pozwalająca bezpośrednio przetwarzać energię słoneczną na prąd elektryczny. Energii słonecznej

używa się także – na znacznie większą skalę niż w produkcji prądu – do ogrzewania wody i budynków (technologia solarno-termalna). Drogi rozwoju opisanych powyżej technologii były zróżnicowane. Większy, bardziej scentralizowany sektor słonecznych elektrowni ciepłych przeżywał jak dotąd raczej fazę „wzlotów i upadków” (patrz wykres 7), natomiast sektor ogniw fotowoltaicznych, jak widać na wykresie nr 8, rozwijał się stabilniej.

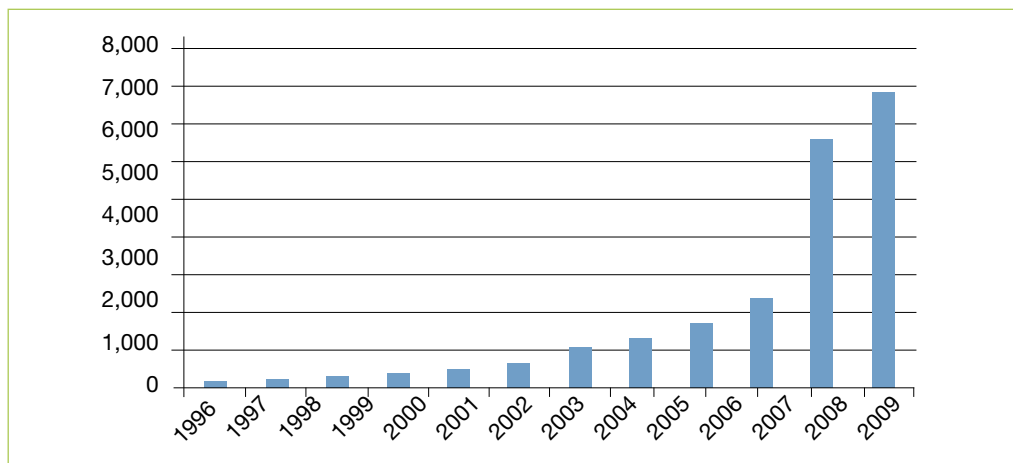
25 Światowa Rada Energetyki Wiatrowej (GWEC), „Global Installed Wind Power Capacity: 2008/2009 (MW)”, Global Wind Energy Council, luty 2010, [http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR\\_2010/Annex%20stats%20PR%202009.pdf](http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR_2010/Annex%20stats%20PR%202009.pdf).

**Wykres 7: Moc zainstalowana słonecznych elektrowni ciepłych typu CSP (Concentrated Solar Power) na świecie w latach 1980-2007 (MW)**



Źródło: Earth Policy Institute, 2009

**Wykres 8: Światowa produkcja ogniw fotowoltaicznych w latach 1998-2009 (MW)**



Źródło: Earth Policy Institute, 2010 i [www.renewableenergyworld.com](http://www.renewableenergyworld.com) (dla 2009)

W ostatnich latach nastąpił przełom w ekonomice i rozmieszczeniu ogniw fotowoltaicznych. Postęp technologiczny i wprowadzenie większych zakładów produkcyjnych doprowadziły do znacznego spadku kosztu modułów, z 7 USD/W przy nominalnej mocy wyjściowej w 2008 roku do ok. 5 USD w 2009 roku, a nawet 3 USD w niektórych projektach na skalę przemysłową<sup>26</sup>. Taki spadek cen umożliwił lokowanie ogniw na szerszą skalę, a tym samym

jeszcze niższe ceny, i w ten sposób koło się zamyka. Do niedawna Niemcy stanowiły główną siłę napędową dla wzrostu liczby rozmieszczeń, w 2009 roku zainstalowały 3 800 MW nowej mocy produkcyjnej, a do końca roku ogniwa fotowoltaiczne działały łącznie na poziomie nieco mniej niż 10 tys. MW. Tylko dla pierwszych sześciu miesięcy roku 2010 Federalna Agencja Sieci (Bundesnetzagentur, BnetzA) spodziewa się wzrostu o ponad 3 tys. MW<sup>27</sup>.

26 Ron Pernick i Clint Wilder, „Clean Energy Trends 2010”, Clean Edge 2010.

27 Oświadczenie prasowe Federalnej Agencji Sieci (Bundesnetzagentur), 27 lipca 2010.

Dzięki zaistniałej 19 lipca 2010 roku możliwości monitorowania w czasie rzeczywistym produkcji energii słonecznej w niemieckiej sieci oczekuje się, że w następnych tygodniach produkcja w godzinach południowych regularnie przekraczać może 5 tys. MW (zobacz *Actual Solar Power Generation* – rzeczywista produkcja energii słonecznej – na <http://www.transparency.eex.com/en/>).

Można się jednak spodziewać, że inne kraje, mianowicie Chiny, Włochy, Japonia, Hiszpania i Stany Zjednoczone, będą potrzebować 60% ze wzrostu mocy zainstalowanej w 2010 roku. Malejące koszty produkcji pociągają za sobą nowe twierdzenia, że koszty sieci ogniw fotowoltaicznych są obecnie podobne jak w przypadku energii jądrowej. Z raportu Johna Blackburna, profesora ekonomii na Uniwersytecie Duke'a, wynika, że nastąpi „historyczny zwrot”, gdy koszty systemu ogniw spadną poniżej przewidywanych rosnących kosztów budowy nowych elektrowni jądrowych<sup>28</sup>. Co więcej, jedna z wiodących firm specjalizujących się w ogniwach fotowoltaicznych w Wielkiej Brytanii, kraju o nieznacznym nasłonecznieniu, oznajmiła, że do 2013 roku energia elektryczna z krajowych ogniw fotowoltaicznych osiągnie podobną cenę produkcji jak ta, którą konsumenci ponoszą obecnie (tzw. *grid parity* – neutralność sieciowa)<sup>29</sup>. Podczas gdy niektórzy sugerują, że do zrównania cen nie dojdzie przed rokiem 2020, to nawet ta późniejsza data przypadnie wcześniej niż uruchomienie nowego reaktora nuklearnego zamówionego dziś.

### Historia i perspektywy rozwoju energii jądrowej

Pierwszy reaktor jądrowy podłączono do sieci energetycznej w 1954 roku w dawnym Związku Radzieckim. Następnie przez 35 lat – do końca lat 80. XX wieku – stale rosła liczba eksploatowanych siłowni atomowych. W 1989 roku na całym świecie pracowały 424 reaktory. Historyczne maksimum osiągnięto w 2002 roku: 444 reaktory, czyli o pięć więcej niż w sierpniu 2010 roku (439

siłowni). W wykazie Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) 61 reaktorów ma status „w budowie” (według stanu z sierpnia 2010) – 13 z nich widnieje w tym wykazie od ponad 20 lat, a realizacja wielu projektów znacznie się opóźnia<sup>30</sup>. Rzeczywiście, po raz pierwszy od początku komercyjnego wykorzystywania energii jądrowej w 2008 roku nie przyłączono do sieci ani jednego reaktora. Od podłączenia do sieci rumuńskiego bloku Cernavodă 2 w sierpniu 2007 (po 24 latach budowy) na świecie uruchomiono tylko pięć reaktorów (po jednym w Chinach, Japonii i Rosji oraz dwa w Indiach), a pięć reaktorów odłączono od sieci w latach 2008 i 2009. Łączna moc zainstalowana nieznacznie spadła, mimo prowadzonych na szeroką skalę działań mających na celu „zwiększenie wydajności”<sup>31</sup> elektrowni jądrowych.

W 2009 roku reaktory o mocy 370 GW wytworzyły ok. 2 600 TWh, co oznacza spadek o 1,3 %, trzeci raz z rzędu, i stanowi tym samym 13% komercyjnej energii elektrycznej albo 5,5% komercyjnej energii pierwotnej, czyli w przeliczeniu od 2 do 3% łącznej światowej ilości energii – z tendencją spadkową we wszystkich tych zestawieniach<sup>32</sup>.

Mimo faktycznego spadku znaczenia energetyki jądrowej prognozy Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) i Międzynarodowej Agencji Energetycznej OECD (IEA) w zakresie intensywnego rozwoju tego sektora charakteryzują się coraz większym optymizmem. MAEA przewiduje na 2030 rok łączną moc reaktorów na poziomie odpowiednio 473 GW w ramach scenariusza „minimalistycznego” oraz (z precyzją godną podziwu) 747,5 GW w scenariuszu „maksymalistycznym”. Natomiast IEA dodaje w „World Energy Outlook 2009” kolejne 10% do swoich prognoz i przewiduje w „Scenariuszu Referencyjnym” poziom 475 GW do roku 2030. W „Scenariuszu 450” (scenariusz stabilizacji klimatu) IEA prognozuje – podobnie jak MAEA w scenariuszu „maksimum” – że do 2030 roku łączna moc zainstalowana reaktorów osiągnie wartość ponad dwukrotnie wyższą niż obecnie. IEA stwierdza:

28 Diana S. Powers, *Nuclear Energy Loses Cost Advantage*, „New York Times”, 26 lipca 2010.

29 Jeremy Leggett, *I accept George Monbiot's £100 solar PV bet*, „The Guardian”, 9 marca 2010.

30 Szczegółowa analiza patrz Mylce Schneider, Steve Thomas, Antony Froggatt, Doug Koplow, „The World Nuclear Industry Status Report 2009”, opracowanie zlecone przez niemieckie Federalne Ministerstwo Środowiska, sierpień 2009, teksty dostępne po angielsku i niemiecku na [http://www.bmu.de/english/nuclear\\_safety/downloads/doc/44832.php](http://www.bmu.de/english/nuclear_safety/downloads/doc/44832.php).

31 Zwiększenie mocy istniejących instalacji (dzięki wymianie wytwornicy pary, modernizacji turbiny itp.).

32 Używamy terminu „komercyjny” w celu uzmysłowienia czytelnikom, że statystyki energetyczne zwykle nie uwzględniają mocy instalacji wytwórczych niepodłączonych do sieci oraz np. niekomercyjnego spalania biomasy, czyli czynników stanowiących istotną część podaży energii w wielu regionach świata.

Renesans nuklearny jest możliwy, ale nie nastąpi z dnia na dzień. Projekty w sektorze energetyki jądrowej natrafiają na istotne przeszkody, jak wydłużanie się czasu budowy i związane z tym ryzyka, długi proces uzyskiwania zezwoleń, niedobór kadry, oraz znane od dawna problemy związane z usuwaniem odpadów, możliwością niezamierzonego rozprzestrzenienia technologii i oporem społeczności lokalnych. Finansowanie nowych elektrowni jądrowych, zwłaszcza na zliberalizowanych rynkach, było zawsze trudne, a kryzys finansowy trudności te prawie na pewno dodatkowo pogłębi. Konieczność zaangażowania olbrzymiego kapitału w połączeniu z ryzykiem przekroczenia budżetu oraz wiele niewiadomych w zakresie regulacji – to wszystko sprawia, że inwestorzy i kredytodawcy zachowują daleko posuniętą ostrożność mimo mocnego wzrostu popytu.<sup>33</sup>

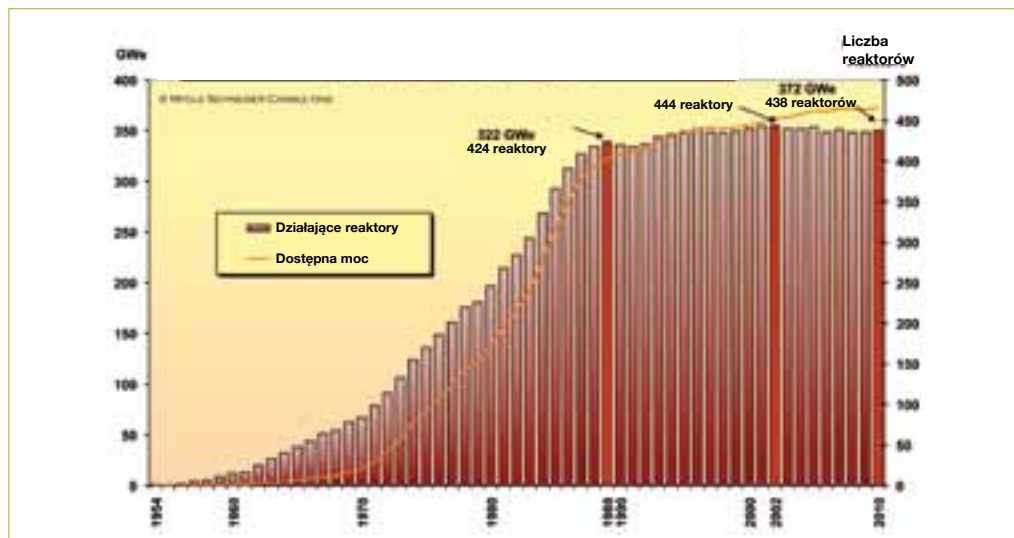
Ani MAEA, ani IEA nie wskazują na sposób pokonania tych „istotnych przeszkód” i tym samym uzasadnienia optymizmu swoich przewidywań. Tymczasem bazylejski think tank Prognos<sup>34</sup> twierdzi w opublikowanym niedawno opracowaniu, że liczba eksploatowanych reaktorów spadnie do 2030 roku o 29% w porównaniu z poziomem z wiosny 2009. Prognos szacuje, że tylko

35% projektów zapowiadanych przez Światowe Stowarzyszenie Nuklearne (World Nuclear Association, WNA) do 2030 roku zostanie naprawdę zrealizowanych, więc nie wystarczy ich nawet, aby uzupełnić lukę po starych reaktorach, które będą odłączane od sieci.

### Porównanie energii jądrowej i odnawialnej

Na wykresach 10 i 11 widzimy przyłączoną do sieci moc wytwórczą netto pochodzącą z nowych źródeł odnawialnych (bez dużych elektrowni wodnych) i reaktorów atomowych oraz udział energii pochodzącej z tzw. źródeł niskoemisyjnych w globalnym bilansie energetycznym. Choć na pierwszy rzut oka wykresy te wydają się sprzeczne, obrazują dwie strony tego samego medalu. Na wykresie 10 widać nową moc wytwórczą netto, podłączoną do światowej sieci w ostatnim dwudziestolecium. Moc poszczególnych nowych instalacji oraz proces wygaszania starych reaktorów to czynniki wyjaśniające – pozornie sprzeczny z wykresem 10 – przebieg krzywej odnoszącej się do energii jądrowej na wykresie 11. Od 1990 roku do światowej sieci podłącza się średnio w każdym roku ok. 2 GW netto nowej mocy pochodzącej ze źródeł nuklearnych, przy łącznej mocy zainstalowanej w wymiarze 370 GW. Jednak od 2005 roku tendencja ta wykazuje stagnację lub jest spadkowa. W tym samym

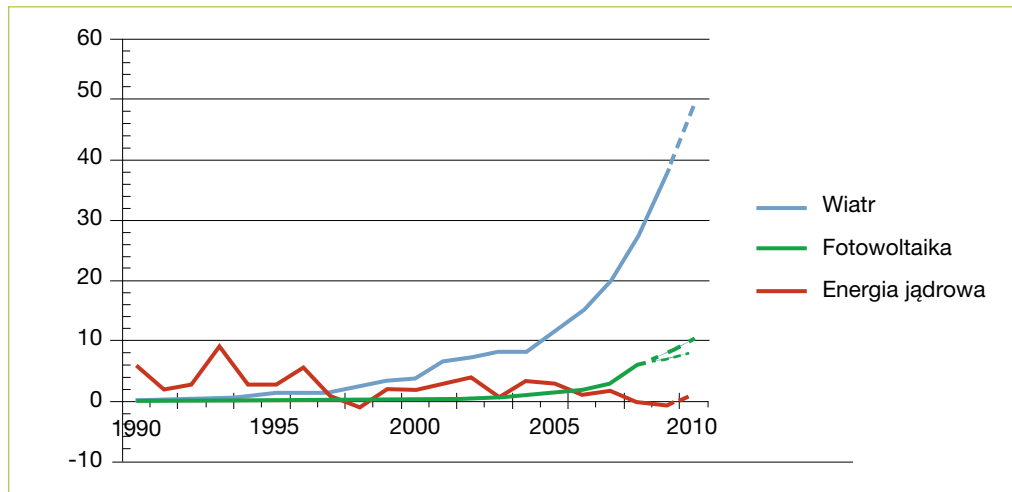
**Wykres 9: Reaktory atomowe na świecie i ich moc w latach 1954-2010 (GW)**



©Mycle Schneider Consulting; Źródła: IAEA-PRIS, MSC, 2010

33 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), „World Energy Outlook 2009”, International Energy Agency, s. 160.  
34 Matthias Deutsch i in., „Renaissance der Kernenergie”, opracowanie zlecone przez Federalny Urząd Ochrony Radiologicznej (BfS), Prognos, Berlin/Bazylea, wrzesień 2009.

**Wykres 10: Moc netto (z nowych źródeł odnawialnych i elektrowni jądrowych) przyłączona do światowej sieci w latach 1990-2010 (GW)**



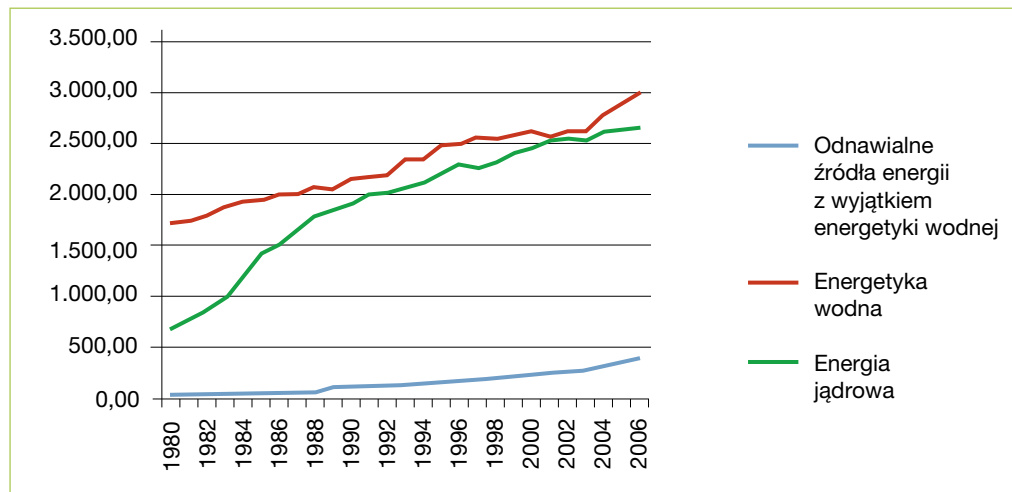
Źródło: Amory Lovins, 2010<sup>35</sup>

okresie energetyka wiatrowa zwiększała swój potencjał średnio o ponad 10 GW rocznie i przyłączała do sieci coraz więcej mocy, osiągając poziom 37 GW w 2009 roku.

Ważne jest także zapoznanie się z obecnym poziomem produkcji energii elektrycznej z różnych źródeł niekopalnych, co pokazane jest na wykresie 11. Widać tam, jak niewielki – mimo odnotowywanego ostatnio wzrostu w zakresie nowych źródeł odnawialnych – jest

udział źródeł niekopalnych w tej produkcji w porównaniu z energetyką jądrową i dużymi elektrowniami wodnymi. Sytuacja ta ulegnie jednak zmianie, co obrazuje wykres 17. IEA zakłada w swoim „Scenariuszu 450”, że do 2030 roku zużycie energii pochodzącej z elektrowni wodnych będzie dwukrotnie wyższe niż obecny poziom zużycia energii z elektrowni jądrowych, a energetyka wiatrowa będzie wytwarzać taką samą ilość energii jak wszystkie pozostałe źródła odnawialne razem wzięte<sup>36</sup>.

**Wykres 11: Produkcja energii elektrycznej ze źródeł niekopalnych**



Źródło: Earth Policy Institute, 2009

<sup>35</sup> Amory Lovins, osobisty kontakt z autorami (2010).

<sup>36</sup> Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), „World Energy Outlook 2009”, International Energy Agency, tabela 9.2, s. 324.



## Kwestie systemowe

*„Jeżeli ktoś oświadcza publicznie, że energia jądrowa będzie potrzebna w okresach podstawowego obciążenia ze względu na wahania ilości energii wiatrowej i słonecznej w sieci, to albo nie rozumie funkcjonowania sieci elektroenergetycznej i elektrowni jądrowych, albo świadomie okłamuje opinię publiczną. Energia jądrowa i energia ze źródeł odnawialnych nie mogą być ze sobą łączone”*

Siegmar Gabriel  
ówczesny niemiecki  
Federalny Minister Środowiska<sup>37</sup>

Decyzja polityczna w sprawie rozwijania energetyki jądrowej oraz/albo skoncentrowania się na efektywności energetycznej i źródłach odnawialnych absolutnie nie ogranicza się do wyboru w zakresie technologii. Decyzje takie są często powodowane – albo przynajmniej w dużym stopniu motywowane – określonym kształtem istniejących systemów politycznych, procesów decyzyjnych, struktury rynku i infrastruktury technicznej. Z drugiej zaś strony podstawowe decyzje systemowe (np. w zakresie wytwarzania energii w sposób scentralizowany albo rozproszony) mają istotny wpływ

na elastyczność oraz konkurencyjność technologii i systemów energetycznych. Chociaż np. nie ma wątpliwości, że kogeneracja (*Combined Heat and Power*, CHP) jest znacznie efektywniejszym sposobem świadczenia usług energetycznych niż wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej oddzielnie, technologii CHP trudno jest konkurować z istniejącymi, scentralizowanymi i często zbyt dużymi elektrowniami lub istniejącymi sieciami gazu ziemnego.

W wielu krajach rozwijających się dużo takich decyzji infrastrukturalnych musi dopiero zostać podjętych. Sprawą najwyższej wagi jest zatem ocena skutków tych podstawowych wyborów systemowych. Sytuacja w krajach rozwiniętych jest ilustracją wyników ich wcześniejszych strategicznych wyborów. Niestety, mimo wielu dobrych przykładów na szczeblu lokalnym i regionalnym nie istnieje ani jeden dobry przykład właściwej polityki energetycznej na skalę całego kraju, gwarantującej zrównoważone usługi energetyczne po przystępnej cenie. Wszystkie państwa realizują rozwiązania polityczne obciążone poważnymi wadami, a w celu ich usunięcia niezbędne są istotne „działania naprawcze”.

37 Niemiecki Bundestag XVI kadencji, posiedzenie nr 211, Berlin, 19 marca 2009.



## Scentralizowany system francuski

Przykładowo Francja, której system polityczny jest bardzo scentralizowany, w naturalny sposób poszukiwała zawsze także scentralizowanych odpowiedzi na wyzwania w dziedzinie dostaw energii. Energetyka jądrowa była logicznym wyborem, powziętym w ramach odgórnego procesu decyzyjnego, a także wynikiem braku jakiegokolwiek chęci ze strony centralnych struktur państwa do dzielenia się władzą polityczną w sektorze energetyki z podmiotami rządzącymi w regionach i na szczeblu lokalnym. Sponsorowana przez państwo opcja nuklearna jak walec parowy zgniotła małe i średnie przedsiębiorstwa, próbujące rozwijać nowe i odnawialne źródła energii. W podobny sposób blokowano często próby działań na rzecz podniesienia efektywności energetycznej. W połowie lat 80. XX wieku stało się jasne, że państwowe przedsiębiorstwo EDF znacznie przeinwestowało (budując 16 elektrowni jądrowych). Zamiast dokonać korekt w zakresie planowania instalacji, państwo rozwiązało większą część Agencji ds. Efektywności Energetycznej, a EDF podjął dwie strategiczne decyzje: podpisał długoterminowe umowy na eksport energii elektrycznej oraz uruchomił zakrojoną na szeroką skalę promocję elektrycznego ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody. Taka strategia stanowi najważniejszą jednostkową barierę dla podnoszenia efektywności energetycznej i rozwoju źródeł odnawialnych we Francji. Setki tysięcy budynków wybudowano bez kominów, a zatem bez możliwości przechodzenia na tańsze i czystsze źródła ciepła niż prąd elektryczny. W ostatnich latach tendencja ta wręcz się nasiliła i obecnie ok. 75% wszystkich nowych domów we Francji jest wyposażonych w ogrzewanie elektryczne. Zdarzają się przypadki, gdy nowe miejskie sieci ciepłownicze omijają budynki ogrzewane prądem bez jakiegokolwiek szansy na ich podłączenie – z powodu rzekomo nieproporcjonalnie wysokich kosztów inwestycji.

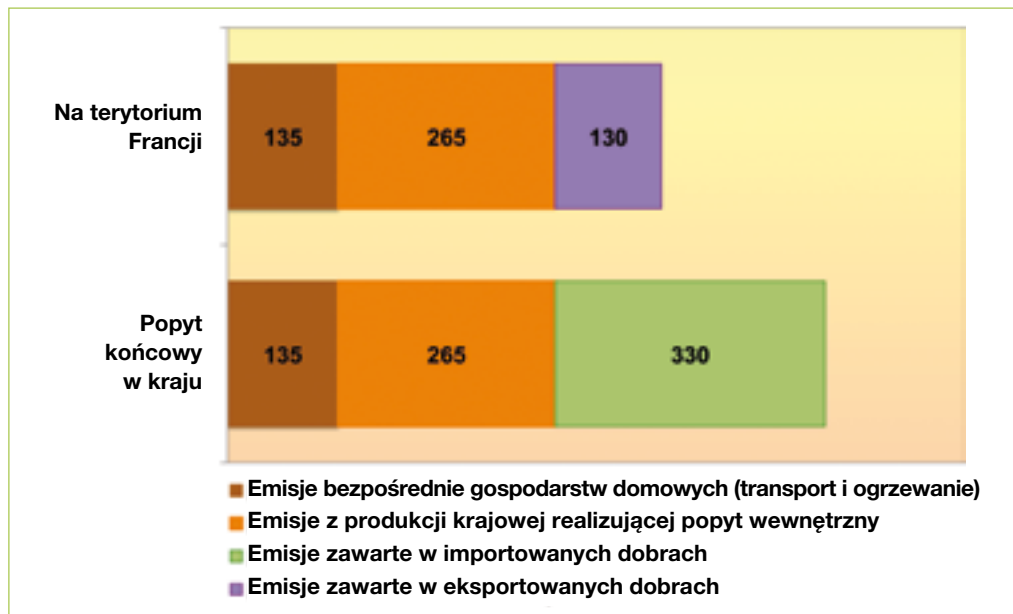
Drugim efektem ubocznym używania na szeroką skalę ogrzewania elektrycznego – stanowiącego prawie połowę zużycia energii przez odbiorców prywatnych – jest spektakularny wzrost szczytowego obciążenia w zimie, gdy przekracza ono trzykrotnie najniższe dzienne obciążenie w okresie letnim. Skutkuje to istotnym wzrostem zużycia paliw kopalnych w celu wytwarzania energii elektrycznej (o ok. 25% od 1990 roku), koniecznością ponownego uruchamiania starych, nawet 40-letnich elektrowni olejowych i szybko rosnącym importem prądu, zwłaszcza pochodzącego z niemieckich elektrowni węglowych. W styczniu 2010 roku Francja stała się w istocie importerem netto energii elektrycznej – był to drugi taki miesiąc (po październiku 2009) w ciągu 27 lat.

Efektywność energetyczna oraz źródła odnawialne są we Francji w dalszym ciągu bardzo słabo rozwinięte. Jest więc logiczne, że zużycie energii na głowę mieszkańca jest w tym kraju znacznie wyższe od średniej w UE czy np. we Włoszech – kraju, który zrezygnował z energii jądrowej po katastrofie w Czarnobylu. W samym 2008 roku w Hiszpanii podłączono do sieci więcej mocy wytwórczych energetyki wiatrowej (4 600 MW) niż we Francji sumarycznie do 2007 roku (4 060 MW).

Błędne jest twierdzenie, że dzięki energetyce jądrowej Francja prowadzi gospodarkę niskowęglową. Z nowych wyliczeń opublikowanych przez francuski rząd<sup>38</sup> wynika, że, uwzględniając emisję dwutlenku węgla związaną z importem towarów (po odjęciu wartości dla eksportu produktów), wartość emisji gazów cieplarnianych na osobę (2005) wzrosła z 8,7 do 12 t CO<sub>2</sub> (eq), osiągając niemal tym samym poziom Niemiec bazujących na energii pochodzącej z węgla<sup>39</sup>. Francja ma duży deficyt handlowy, podczas gdy Niemcy były światowym liderem eksportu do 2009 roku, kiedy to prowadzenie objęły Chiny.

38 Ministerstwo Ekologii (Ministère de l'Écologie), „L’empreinte carbone de la demande finale intérieure de la France”, sierpień 2010.

39 Norweski Kalkulator Śladu Węglowego wykazał, że w 2001 Francja wyemituje 13,1 tCO<sub>2</sub> [ton ekwiwalentu CO<sub>2</sub>] sześciu gazów cieplarnianych, a Niemcy – 15,1 tCO<sub>2</sub>, patrz <http://carbonfootprintofnations.com>.

Wykres 12: Emisja gazów cieplarnianych wynikająca z konsumpcji finalnej we Francji (w t<sub>e</sub>CO<sub>2</sub>)<sup>40</sup>

Źródło: Francuskie Ministerstwo Ekologii, sierpień 2010

### Wariant niemiecki: odejście od energii jądrowej i ekspansja odnawialnych źródeł energii

Przypadek Niemiec stanowi przykład zupełnie odmiennej strategii. Choć do 30% energii elektrycznej pochodzi z elektrowni jądrowych, kraj ten był zawsze mocno uzależniony od węgla kamiennego i brunatnego. W 2000 roku rząd podpisał porozumienie z przedsiębiorstwami eksploatującymi elektrownie jądrowe, a w 2002 roku powstała Ustawa o rezygnacji z energii jądrowej. Równoległe przyjęto przepisy dotyczące taryf gwarantowanych (*feed-in tariffs*) na wprowadzaną do systemu energię ze źródeł odnawialnych. Ustalono ceny gwarantowane dla producentów takiej energii oraz pakiety stymulujące powstawanie rynku, mające na celu wspieranie rozwoju źródeł odnawialnych w sektorze ciepłowniczym. Wprowadzenie jasno określonych perspektyw planowania w ramach procesu odchodzenia od energetyki jądrowej i intensywne wspieranie źródeł odnawialnych stworzyły wspólnie, dynamiczne

otoczenie biznesowe. Regionalne agencje energetyczne, zarządzane przez kraje związkowe (landy), odegrały znaczącą rolę w zakresie wprowadzania ustalonych rozwiązań. Łączna ilość energii produkowanej ze źródeł odnawialnych uległa potrojeniu od końca lat 90. XX wieku. Stworzono także setki tysięcy nowych miejsc pracy, a technologie odnawialne stały się eksportowym przebojem.

Nie wszystko jednak się udało. Wprawdzie ilość energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych, głównie wiatru, zwiększyła się o 70 TWh, czyli pięciokrotnie w latach od 1990 do 2007, ale w tym samym okresie łączne zużycie energii wzrosło o ponad 12% (prawie o 68 TWh). Skutkowało to utrzymaniem w 2007 roku emisji CO<sub>2</sub> w niemieckim sektorze wytwarzania energii na poziomie z 1990 roku. Wynik ten jest szczególnie zaskakujący, jeżeli uwzględnimy fakt, że zjednoczenie Niemiec doprowadziło do „naturalnej” redukcji emisji oraz zużycia energii w wyniku zamykania przestarzałych elektrowni<sup>41</sup> oraz energochłonnych zakładów.

40 Należy zauważyć, że ta kalkulacja uwzględnia jedynie CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O.

41 Najstarszą, eksploatowaną jeszcze w 1989 roku w Berlinie Wschodnim elektrownię węglową uruchomiono w 1919 roku.



Analitycy sektora energetycznego oraz organizacje ekologiczne od dłuższego czasu podnosiły tę kwestię, ale ani poprzedniej „wielkiej koalicji” (CDU/CSU-SPD), ani nowemu rządowi konserwatywnemu (CDU/CSU-FDP) nie udało się wprowadzić choćby minimalnych wymogów w zakresie efektywności energetycznej, przewidzianych w przepisach UE. Jednocześnie możliwość wydłużenia okresu eksploatacji niemieckich reaktorów zagraża restrukturyzacji krajowego systemu energetycznego. Oto podsumowanie zawarte w analizie autorstwa Joachima Nitscha, sporządzonej w 2008 roku na zlecenie niemieckiego Ministerstwa Środowiska:

W przypadku przedłużenia okresu eksploatacji elektrowni jądrowych trzeba by całkowicie zrewidować obecne plany budowy elektrowni opalanych paliwami kopalnymi – tak, aby nie była zagrożona docelowa wartość 30% energii ze źródeł odnawialnych w 2020 roku. Nie byłoby wtedy możliwe osiągnięcie celów w zakresie kogeneracji (CHP). Oznaczałoby to **zasadnicze zakwestionowanie zmian strukturalnych sektora wytwarzania energii** w kierunku znaczącego zwiększenia efektywności energetycznej, znacznie wyższego udziału CHP oraz dynamicznego rozwoju źródeł odnawialnych. System energetyczny nie byłby wtedy raczej w stanie osiągnąć założonych celów z zakresu ochrony klimatu, czyli redukcji emisji CO<sub>2</sub> o 80% do 2050 roku [podkreślenia oryginalne].<sup>42</sup>

Znaczący rozwój źródeł odnawialnych w sektorze energetycznym nie wymaga dodatkowych mocy wytwórczych w elektrowniach podstawowych, pracujących przez cały rok przy wysokim poziomie wykorzystania ich potencjału wytwórczego, lecz raczej instalacji potrafiących współpracować z elektrowniami pracującymi w sposób nieciągły<sup>43</sup>. „Przedłużenie

okresu eksploatacji elektrowni jądrowych pozostawiłoby na rynku duże moce wytwórcze, które w innych okolicznościach byłyby stopniowo zastępowane instalacjami CHP”, podkreśla Instytut Wuppertalski<sup>44</sup>. Kontynuacja eksploatacji elektrowni jądrowych utrudniałaby także rozwój miejskich sieci grzewczych.

Bezpośrednia rywalizacja energii ze źródeł odnawialnych, jądrowych i innych elektrowni systemowych prowadzi coraz częściej do powstawania absurdalnych sytuacji na rynku. W Niemczech energia odnawialna ma zagwarantowany ustawowo wyższy priorytet w zakresie wprowadzania jej do sieci niż energia atomowa czy węglowa. Jednak w październiku 2008 roku ilość energii wiatrowej była tak duża, że część energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł nieodnawialnych trzeba było „sprzedać po cenach ujemnych” na giełdzie energetycznej, ponieważ nie dało się odpowiednio szybko ograniczyć poziomu mocy wytwarzanej przez elektrownie jądrowe i węglowe. Sytuacja ta zaistniała pomimo faktu, że 8 GW mocy wytwórczej siłowni atomowych było wtedy odłączonych od sieci ze względu na prace konserwacyjne<sup>45</sup>. Od tego czasu ujemne ceny energii elektrycznej, dozwolone przez prawo zaledwie od sierpnia 2008 roku, występują coraz częściej na niemieckim rynku energetycznym. W przeciągu sześciu miesięcy, między sierpniem 2009 a lutym 2010, ceny energii były na minusie przez 29 dni (patrz poniższy wykres). Ujemne ceny osiągają zdumiewający poziom: 4 października 2009 roku producent energii musiał zapłacić do 1 500 EUR/MWh (15 eurocentów/kWh), by zbyć swoją energię elektryczną.

Niemiecka strategia odchodzenia od energii jądrowej jest bez wątpienia komplementarna w stosunku do wprowadzania na rynek bardzo elastycznych systemów, opartych na inteligentnej kombinacji źródeł rozproszonych.

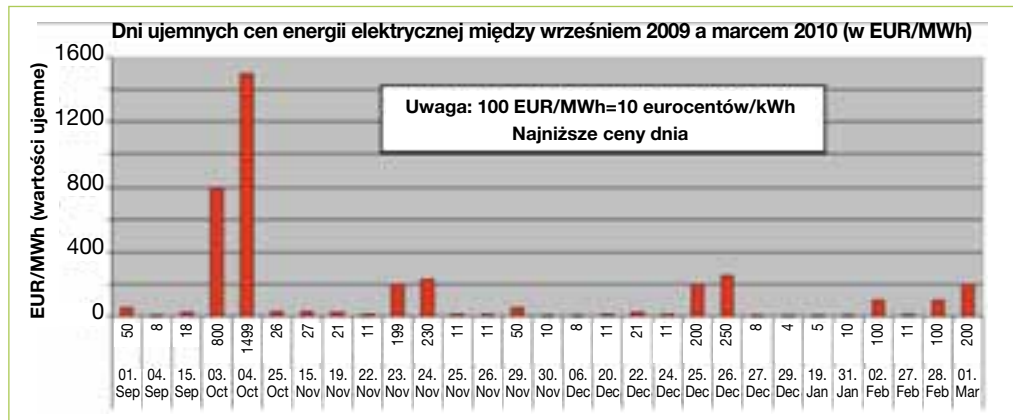
42 Joachim Nitsch, „Leitstudie 2008 - Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas”, opracowanie na zlecenie Federalnego Ministerstwa Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Reaktorów, październik 2008.

43 Zauważmy, że praktycznie wszystkie elektrownie pracują w sposób mniej lub bardziej nieciągły – także elektrownie jądrowe, odłączane od sieci na kilka tygodni w roku w celu wymiany paliwa oraz poddawane naprawom czy modernizacjom, trwającym niekiedy ponad rok.

44 Manfred Fischeidick i in., „Hindernis Atomkraft – Die Auswirkungen einer Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke auf erneuerbare Energien”, opracowanie na zlecenie Federalnego Ministerstwa Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Reaktorów, Wuppertal Institut, kwiecień 2009.

45 *Ibid.*

**Wykres 13: Ujemne ceny energii elektrycznej na niemieckiej giełdzie energii w EUR/MWh od września 2009 do marca 2010**



Źródła: H. Alt, „Warum negative Strompreise an der Strombörse?“, FH-Aachen, marzec 2010

## Źródła odnawialne w Hiszpanii w obliczu ograniczeń obecnego systemu

Hiszpański operator systemu przesyłowego Red Eléctrica (REE) wydał nad ranem 24 lutego 2010 roku dyspozycję ograniczenia na kilka godzin o 800 MW mocy wytwarzanej przez instalacje wiatrowe. Przyczyną takiej decyzji był fakt, że o godzinie 1.30 w nocy elektrownie wiatrowe dostarczały do systemu 11 961 MW (44,5% całego ówczesnego zapotrzebowania w wysokości 26 674 MW). Po interwencji REE wytwarzaną moc ograniczono do 10 852 MW. Siłownie wiatrowe pracowały poniżej swoich możliwości do godziny 6.30 rano, gdy zapotrzebowanie na energię zaczęło rosnąć. Elektrownie jądrowe wytwarzały jednak w tym czasie energię elektryczną na niezmiennym poziomie.

## Nowe podejście

Jedną z najistotniejszych kwestii o znaczeniu systemowym jest wpływ dalszego istnienia elektrowni jądrowych – przedłużania ich eksploatacji i budowania nowych obiektów – na proces wprowadzania innowacji. Jest to ważne nie tylko ze względu na techniczne aspekty wytwarzania energii i ciepła, lecz także w kontekście innowacyjnych powiązań decentralizacji zużycia energii

oraz zarządzania obciążeniem w elektrowniach wirtualnych. Galvin Electricity Initiative, założona w 2005 roku przez Roberta Galvina, byłego prezesa firmy Motorola, zwraca uwagę na następujący fakt:

Przestarzały, zawodny, niewydajny, niepewny i niekompatybilny z potrzebami gospodarki cyfrowej system energetyczny Stanów Zjednoczonych pilnie wymaga modernizacji. Korzysta on z technologii pochodzącej sprzed lat 50. XX wieku i kilkudziesięcioletnich urządzeń bliskich awarii. O ile elementy te mogą i zostaną wymienione, o tyle naród stoi przed niespotykaną szansą przebudowania i zmiany amerykańskiej sieci energetycznej w sposób wyjątkowo korzystny dla konsumentów, środowiska i gospodarki. (...) Jednak przemysł przez ostatnich ponad 50 lat nie zdołał wdrożyć znaczących innowacji, głównie z powodu struktur regulacyjnych niedostosowanych do potrzeb XXI wieku.<sup>46</sup>

Ta opinia znajduje zastosowanie w odniesieniu do europejskiej sieci, jak i wielu innych uprzemysłowionych krajów na świecie.

Wirtualne elektrownie (*Virtual Power Plants, VPP*) – oparte na tworzeniu tzw. klastrów i centralnym zarządzaniu rozproszonym wytwarzaniem energii w małych instalacjach wykorzystujących

46 The Galvin Initiative, „Transforming the Grid: An Executive Summary”, patrz <http://galvinpower.org/about-galvin/transforming-grid>.

źródła odnawialne oraz CHP – należą do najbardziej obiecujących koncepcji dla przyszłości energetyki. Kolejnym etapem nowego podejścia do energetyki jest uwzględnienie rozproszonych możliwości jej magazynowania, takich jak akumulatory samochodowe czy układy magazynowania energii odnawialnej. Jest to przeciwieństwo wizji opartej na energetyce jądrowej. Włączając jakieś urządzenie elektryczne, konsumenci energii mają uruchamiać proces jej wytwarzania i zużycia, zgodnie ze zoptymalizowaną sytuacją w sieci (równowaga popytu / podaży / ceny). Konsumenci energii stają się jej producentami, stąd powstał termin „prosument” („prosumer”). Większość inwestycji w nową moc produkcyjną w krajach takich jak Niemcy pochodzi obecnie od gospodarstw domowych, a nie zakładów użyteczności publicznej. W tym celu będą potrzebne istotne zmiany w sieci. Europejska Grupa Regulatorów Energii Elektrycznej i Gazu (European Regulators Group for Electricity and Gas) stwierdza w swoim dokumencie konsultacyjnym:

Przyszłe sieci elektroenergetyczne powinny na wszystkich poziomach napięcia łączyć źródła wytwarzania, zróżnicowane pod względem stosowanej technologii i wielkości instalacji. Niektóre z tych źródeł mogą oferować moc wytwórczą na stabilnym poziomie, a inne być mocno zależne od chwilowej fizycznej dostępności odnawialnych nośników energii pierwotnej (np. energetyka wiatrowa). (...) Aby zaspokoić popyt na energię przy zachowaniu optymalnego poziomu wytwarzania i mocy sieci energetycznej, potrzebne będzie znaczne zwiększenie zakresu monitoringu systemu oraz inteligentnej kontroli. Stanie się to możliwe dzięki ewolucji sieci elektroenergetycznych w kierunku krótkich sieci inteligentnych.<sup>47</sup>

Podstawową różnicę w porównaniu z tradycyjnymi systemami przesyłu i dystrybucji stanowi tu zastosowanie w sieci energetycznej

rozwiązań z zaawansowanych sieci komunikacyjnych. Poważnym wyzwaniem będzie integracja wspomnianych systemów komunikacji na poziomie średnich i niskich napięć oraz wykorzystanie ich synergii w połączeniu z inteligentnym pomiarem po stronie konsumenta. Aby osiągnąć ten cel, potrzebne będą nie tylko nowe systemy elektroniczne, lecz także zmiany w zakresie regulacji. Im szybciej chce się wprowadzić inteligentne sieci, tym szybciej regulatorzy powinni „znaleźć rozwiązania zachęcające do wprowadzania śmielszych innowacji na odpowiednio dużą skalę, przy zachowaniu właściwego poziomu ochrony interesów konsumentów i zapewnieniu odpowiadającego wymogom ekonomicznie efektywnego rozwoju sieci”<sup>48</sup>.

Niekorzystające z energii jądrowej Włochy były prekursorem w dziedzinie inteligentnego pomiaru. Już w 2006 roku włoscy regulatorzy zapowiedzieli obowiązkową dla wszystkich konsumentów instalację inteligentnych liczników do końca 2011 roku. Jeszcze szybciej technikę inteligentnego pomiaru wprowadziła Szwecja – osiągając 100% pokrycia kraju w lipcu 2009 roku. Teraz Szwecja pomaga sąsiadom – Danii, Finlandii i Norwegii – w przyspieszeniu instalacji takich urządzeń<sup>49</sup>. „Jądrowa” Francja dopiero rozpocznie testy w 2010 roku, instalując 300 tys. inteligentnych liczników w dwóch regionach kraju. Tymczasem konsorcjum ESMIG (European Smart Metering Industry) powiększyło liczbę członków z 5 założycieli w 2008 roku do 32 w lipcu 2010 roku, zrzeszając największe firmy elektroniczne i telekomunikacyjne w Europie. Większość uprzemysłowionych państw rozpoczęła projekty demonstracyjne, a niektóre kraje rozwijające się są w fazie przygotowań do ich wprowadzenia. W marcu 2010 roku północnoamerykańska Agencja ds. Rozwoju Międzynarodowego (US Agency for International Development) opublikowała „Wizję inteligentnej sieci dla sektora energetycznego Indii”.

47 Europejska Grupa Regulatorów Energii Elektrycznej i Gazu (ERGEG), „Position Paper on Smart Grids – An ERGEG Public Consultation Paper”, European Regulators Group for Electricity and Gas, Bruksela, 10 grudnia 2009.

48 *Ibid.*

49 „Technology Action Plan – Smart Grids”, raport przygotowany przez Włochy i Koreę Południową na Forum Głównych Gospodarek ds. Energii i Zmian Klimatu (Major Economies Forum on Energy and Climate), grudzień 2009.

Przemysł elektrycznych urządzeń domowych czyni szybkie postępy. Whirlpool jako pierwszy ogłosił, że do 2015 roku wszystkie produkty z elementami elektroniki będą dostosowane do inteligentnej sieci.

Obecnie realizuje się różne modele rozwoju rozproszonego wytwarzania energii z udziałem odnawialnych źródeł. W kilku państwach buduje się wirtualne elektrownie i mikrosieci, które znacznie obniżają straty przesyłu i dystrybucji<sup>50</sup>. W maju 2010 roku Galvin Electricity Initiative zamieściła na swojej stronie Microgrid Hub: „Inteligentne mikrosieci są idealnym sposobem na integrację zasobów odnawialnych na poziomie społeczności i umożliwienie konsumentom wzięcia udziału w produkcji energii elektrycznej. Stanowią one tym samym elementy Systemu Doskonałej Energii (Perfect Power System)”<sup>51</sup>. System opracowany przez Galvin Electricity Initiative jest „innovacyjną strategią biznesowo-technologiczną dla inteligentnej sieci”. Instytut Technologii Uniwersytetu Illinois wszedł ostatnio w fazę implementacji demonstracyjnego projektu rzeczywistych rozmiarów dla kampusu uniwersyteckiego.

W lipcu 2010 roku podczas spotkania ministrów ds. energii z całego świata (Clean Energy Ministerial) w Waszyngtonie powołano „International Smart Grid Action Network (ISGAN) w celu przyspieszenia rozwoju i rozmieszczenia inteligentnych sieci na całym świecie”. Termin „sieć inteligentna” bywa jednak różnie używany. Istotną kwestią jest to, czy niektóre jej komponenty (w szczególności inteligentne liczniki) wdrażane są jako wygodne dopełnienie starego makrosystemu

odgórniego, czy udoskonala się je z myślą o wykorzystaniu ich pełnego potencjału. To nieuchronnie oznaczałoby przejście na system energetyczny opierający się na mikrosieciach. O ile to tylko możliwe, byłyby one łączone w klastry w celu zwiększenia komplementarności i stabilności systemu.

Podobnie jak Francja, Wielka Brytania postrzega inteligentne sieci raczej jako modernizację istniejącego systemu niż jako narzędzie do przeprowadzenia zasadniczych zmian systemowych i przejścia na gospodarkę bazującą na efektywności energetycznej i źródłach odnawialnych. Wręcz przeciwnie: brytyjski Departament Energii i Zmian Klimatu (Department of Energy and Climate Change) prognozuje nawet stały wzrost zużycia energii.

Do 2050 roku będziemy musieli produkować więcej energii elektrycznej niż dziś, ale w dużym stopniu bez emitowania gazów cieplarnianych. Będziemy potrzebować energii ze źródeł niskoemisyjnych, takich jak źródła odnawialne, siłownie jądrowe oraz elektrownie opalane paliwami kopalnymi, wyposażone w system CCS (*carbon capture and storage*).<sup>52</sup>

Mimo istniejących jeszcze pewnych braków w stanie wiedzy są jednoznaczne dowody na to, że pewne systemowe skutki infrastruktury opartej na energetyce jądrowej stanowią bariery dla rozwoju usług dla społeczeństwa opartych na efektywności energetycznej i energii odnawialnej, a w niektórych przypadkach – szczególnie gdy udział źródeł odnawialnych rośnie – także dowody na to, że obie te opcje wzajemnie się wykluczają.

50 Przykłady: Dardesheim w Niemczech i Hoogkerk („Power Matching City”) w Holandii. W Stanach Zjednoczonych Kalifornijska Komisja ds. Energii (California Energy Commission, CEC) zatwierdziła ostatnio projekt Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego w kwestii dotacji małych przedsiębiorstw energetycznych dostarczających swoim klientom energię ze źródeł odnawialnych (ang. *Renewable Energy Secure Communities*). Ma to służyć rozwojowi i integracji miejscowej produkcji energii odnawialnej z użyciem technologii geotermalnych, pomp ciepła, oczyszczonych ścieków, ogniw fotowoltaicznych i energii wiatrowej w połączeniu z możliwościami składowania energii na miejscu, modernizacją systemu oświetlenia i klimatyzacji budynków i stacjami ładowania samochodów elektrycznych.

51 <http://galvinpower.org/microgrids>.

52 Departament Energii i Zmian Klimatu (Department of Energy and Climate Change), „Developing a UK Smart Grid”, [http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what\\_we\\_do/uk\\_supply/network/smart\\_grid/smart\\_grid.aspx](http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/uk_supply/network/smart_grid/smart_grid.aspx).





## Harmonogram inwestycji

### Konieczność szybkiego podjęcia działań na rzecz ochrony klimatu

Istnieje rosnąca – obecnie prawie powszechna – zgoda co do tego, że antropogeniczne emisje gazów cieplarnianych, zwłaszcza dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) z sektora energetycznego, wywołują zmiany w klimacie. Cztery Raport Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) stwierdza, że „ocieplenie się systemu klimatycznego nie budzi wątpliwości” oraz istnieje więcej niż 90-procentowe prawdopodobieństwo, że zjawisko to jest skutkiem działań człowieka od początków rewolucji przemysłowej. W XX wieku temperatury przy powierzchni Ziemi wzrosły o 0,6 stopnia Celsjusza. Kontynuacja obecnych sposobów wykorzystywania energii i użytkowania gruntów może doprowadzić do powstania takiej koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze, że do końca XXI wieku temperatura przy powierzchni Ziemi wzrośnie o dodatkowe 6 stopni Celsjusza. Miałyby to katastrofalne konsekwencje dla całej ludzkiej populacji oraz ekosystemów Ziemi.

W celu uniknięcia najgroźniejszych konsekwencji zmian klimatycznych wspólnota międzynarodowa

ustaliła „cel 2 stopni”, czyli program ograniczenia emisji, który ma nie dopuścić do wzrostu średniej temperatury na Ziemi o więcej niż 2 stopnie Celsjusza w porównaniu z okresem sprzed rewolucji przemysłowej. Cel ten uzyskał poparcie licznych gremiów międzynarodowych, m.in. Unii Europejskiej i IPCC, a niedawno został potwierdzony w Porozumieniu z Kopenhagi („Copenhagen Accord”), w którym czytamy: „Jesteśmy zgodni co do tego, że potrzebne jest istotne ograniczenie emisji – zgodnie z wiedzą naukową i ustaleniami zawartymi w Czwartym Raportie IPCC – mające na celu taką ich redukcję, aby globalny wzrost temperatury utrzymał się na poziomie poniżej 2 stopni Celsjusza. Podejmujemy na rzecz realizacji tego celu działania zgodne ze stanem wiedzy naukowej oraz zasadą równości”<sup>53</sup>.

Do osiągnięcia wspomnianego celu niezbędna jest olbrzymia redukcja emisji gazów cieplarnianych – o ponad 80% do 2050 roku. Znaczenie ważniejsze od celów długoterminowych są w wielu przypadkach cele krótkoterminowe. Szybkie przejście na nowe technologie i zmiana zachowań będą dowodem na wykonalność zadań w zakresie ograniczenia emisji i pozwolą uniknąć inwestowania w energochłonne

i wysokoemisyjne sektory. Należy też mieć jednak na uwadze, że opóźnienia w redukcji emisji doprowadzą w przyszłości do konieczności ich jeszcze większego obniżenia znacznie wyższym kosztem.

## Czas potrzebny na osiągnięcie efektu skali (nowe technologie, doświadczenia i oczekiwania)

### Energia jądrowa

Przy uwzględnieniu konieczności szybkiej redukcji emisji okazuje się, że czas potrzebny do wprowadzenia nowych technologii na szeroką skalę jest niezwykle ważnym i bardzo niedocenianym czynnikiem. Istnieją dwie zasadnicze fazy realizacji inwestycji w przypadku elektrowni: wstępna faza przygotowawcza (*pre-development*) i budowa.

Faza przygotowawcza może obejmować szeroką gamę konsultacji, uzyskiwanie niezbędnych zezwoleń budowlanych i eksploatacyjnych, proces wypracowywania konsensusu na szczeblu lokalnym i krajowym oraz organizację źródeł finansowania projektu. W niektórych przypadkach uruchomienie nowej technologii można przyspieszyć, jeżeli zostały już wykonane analizy w zakresie jej bezpieczeństwa. W innych natomiast faza przygotowawcza może trwać dłużej w związku z uwarunkowaniami lokalnymi lub pojawieniem się nowych kwestii wymagających rozpatrzenia. IEA szacuje, że w przypadku elektrowni jądrowej faza przygotowawcza trwa średnio osiem lat<sup>54</sup>. Okres ten uwzględnia jednak czas potrzebny na uzyskanie zgody politycznej i zakłada na danym terenie istnienie infrastruktury przemysłowej, odpowiednich regulacji oraz dostępność wykwalifikowanych pracowników. W przypadku Wielkiej Brytanii ówczesny premier Tony Blair oznajmił w maju 2006 roku, że

kwestia energii jądrowej „powraca ze zdwojoną siłą”, ale miało to miejsce na kilka lat przed rozpoczęciem jakichkolwiek działań w ramach fazy przygotowawczej.

Energetyka jądrowa ma za sobą długą historię opóźnień w budowie obiektów. W analizie Światowej Rady Energetycznej (World Energy Council)<sup>55</sup> opisano globalną tendencję do wydłużania się czasu budowy reaktorów. W okresie od końca lat 80. XX wieku do 2000 roku było to po części spowodowane zmianą postrzegania energii jądrowej przez polityków i opinię publiczną w związku z katastrofą w Czarnobylu, a także zaostrzeniem po katastrofie wymogów prawnych. Jak napisaliśmy w „World Nuclear Industry Status Report 2009”<sup>56</sup>, obliczanie światowej średniej czasu budowy reaktorów – dla ostatnich 16 obiektów podłączonych do sieci byłoby to ok. dziewięciu lat – nie ma większego sensu ze względu na różnice między poszczególnymi krajami. Czas budowy czterech reaktorów w Rumunii, Rosji i na Ukrainie wahał się w przedziale od 18 do 24 lat. Z kolei budowa 12 instalacji, które podłączono do sieci w Chinach, Indiach, Japonii i Korei Południowej, zajęła średnio niewiele ponad 5 lat.

Wydłużanie się czasu budowy można zauważyć w wielu krajach na całym świecie. W Niemczech czas ten wynosił średnio 76 miesięcy w latach 1965–1976 i wzrósł do 110 miesięcy w latach 1983–1989. W Japonii średni czas budowy w latach 1965–2004 wynosił od 44 do 51 miesięcy. W Rosji w okresie 1965–1976 wynosił 57 miesięcy, w okresie 1977–1993 wahał się w przedziale od 72 do 89 miesięcy, ale cztery ukończone od tamtego czasu elektrownie budowano średnio przez ok. 180 miesięcy (15 lat)<sup>57</sup> – w związku ze wzrostem niechęci do energii jądrowej po Czarnobylu, ograniczeniami ekonomicznymi oraz zmianami politycznymi po 1992 roku.

54 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) „Nuclear Power in the OECD”, International Energy Agency, 2001.

55 Światowa Rada Energetyczna (World Energy Council), Alexandro Clerici, i ABB Italy, „European Regional Study Group – The Future Role of Nuclear Energy in Europe”, 13 czerwca 2006; dla danych z okresu po roku 2000 wyliczenia w oparciu o dane z bazy PRIS, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>.

56 Mycle Schneider, Steve Thomas, Antony Froggatt, Doug Koplów, „The World Nuclear Industry Status Report 2009”, opracowanie zlecone przez niemieckie Federalne Ministerstwo Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Reaktorów sierpień 2009.

57 Światowa Rada Energetyczna (World Energy Council) i in., „European Regional Study Group – The Future Role of Nuclear Energy in Europe”, 13 czerwca 2006.

**Tabela 1: Okres budowy elektrowni jądrowych na świecie**

Okres	Liczba reaktorów	Średni czas budowy (w miesiącach)
1965-1970	48	60
1971-1976	112	66
1977-1982	109	80
1983-1988	151	98
1995-2000	28	116
2001-2005	18	82
2005-2009	6	77

Źródła: Clerici, 2006 i IAEA<sup>58</sup>

Pierwszy z najnowszej serii reaktorów tzw. generacji III+ powstaje obecnie w Finlandii<sup>59</sup>. W momencie składania zamówienia na Olkiluoto 3 w grudniu 2003 roku umowa przewidywała podłączenie obiektu do sieci do 1 maja 2009 roku. Według najnowszych danych ukończenie budowy opóźni się co najmniej o trzy i pół roku, a budżet zostanie przekroczony o prawie 100% (ostatnie szacunki mówią o łącznych kosztach w wysokości 5,7 mld EUR lub więcej, przy pierwotnie zakładanych na poziomie ok. 3 mld EUR). Drugi reaktor generacji III+, także typu EPR jak w Finlandii (European Pressurized Reactor, europejski reaktor ciśnieniowy), budowany jest we Francji. Obecnie, po trzech latach prac, budowa Flamanville 3 ma się oficjalnie przedłużyć o kolejne dwa lata i przekroczyła budżet o 2 mld EUR. Problemy z budową spowodowały, że agencja ratingowa Standard & Poor's obniżyła rating producenta reaktorów jądrowych AREVA<sup>60</sup>.

Ze względu na złożoność projektu i koszty budowy reaktory buduje się raczej w seriach, a nie równoległe, tzn. czeka się na zakończenie budowy jednego reaktora przed rozpoczęciem prac przy następnym. Oznacza to dodatkowe lata oczekiwania na nową „flotę” reaktorów, gotowych do podjęcia pracy.

Budowa dużej liczby reaktorów na całym świecie powinna pozwolić na zebranie doświadczeń, których wykorzystanie prowadziłoby w normalnych

warunkach do szybszego rozprzestrzeniania się tej technologii i obniżenia kosztów. W przypadku energetyki jądrowej nie nastąpiło jak dotąd żadne przyspieszenie – częściowo ze względu na złożoność technologii i łańcucha dostaw oraz na różnorodność stosowanych wariantów technicznych. W jednym z dokumentów przygotowanych dla celów „Stern Review” (brytyjskiej analizy rządowej w zakresie ekonomicznych konsekwencji zmian klimatycznych) przeczytać można:

Koszty produkcji energii w przypadku wszystkich technologii mały systematycznie wraz z wprowadzaniem innowacji i osiąganiem efektu skali w dziedzinie wytwarzania i eksploatacji – nie dotyczy to jednak energetyki jądrowej od lat 70. XX wieku.<sup>61</sup>

Stwierdzenie to można zobrazować danymi dotyczącymi dwóch największych programów nuklearnych na świecie: amerykańskiego (wykres 14) i francuskiego (wykres 15). Oba wykazują duży wzrost kosztów budowy, pomimo zgromadzonego już znacznego doświadczenia w tej dziedzinie. W przypadku USA koszty w przeliczeniu na 1 kW mocy zainstalowanej wzrosły w ciągu 25 lat średnio pięciokrotnie, a we Francji – ponad trzykrotnie. Zaznaczone na różowo dane dla Stanów Zjednoczonych także przedstawiają spodziewane koszty elektrowni jądrowych, które zawierają kalkulacje sporządzone

58 *Ibid.* Okres 2005-2009 nie uwzględnia budowy rumuńskiej elektrowni Cernavodă 2, trwającej 279 miesięcy w związku z długą przerwą w pracach.

59 Więcej informacji patrz Steve Thomas, „Ekonomika energetyki jądrowej: aktualizacja”, 2010, www.boell.pl.

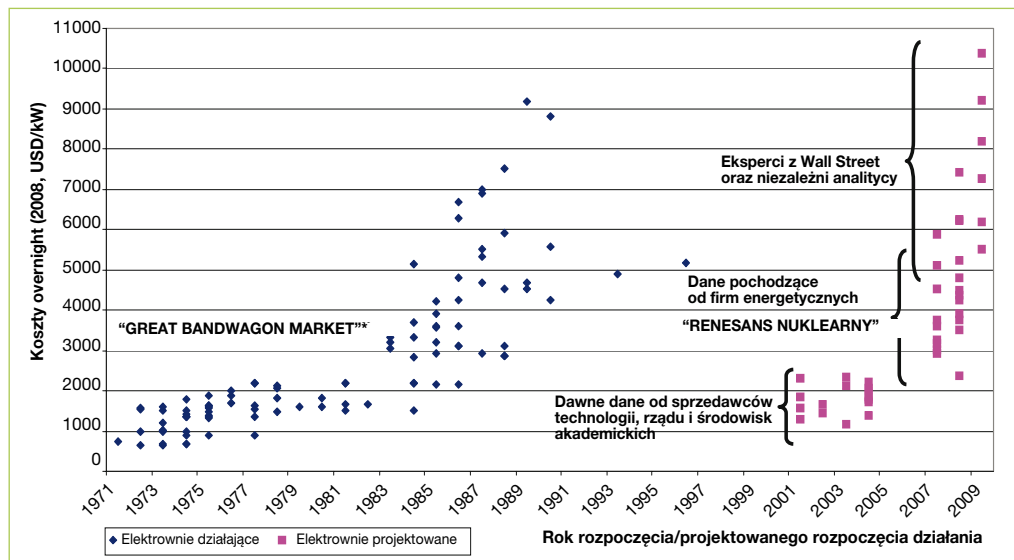
60 Z poziomu A do BBB+.

61 Dennis Andersen, „Cost and Finance of Abating Carbon Emissions in the Energy Sector”, opracowanie uzupełniające do „Stern Review”, Imperial College London, październik 2006, s. 18.

przez analityków niezależnych i ekspertów z Wall Street, wskazujące na kwotę ponad 10 tys. USD/kW. W przypadku Francji jest to dodatkowo o tyle

niezwykłe, że koszty te odnoszą się do jednej firmy, ponieważ tylko jedno państwowe przedsiębiorstwo mogło budować i eksploatować reaktory.

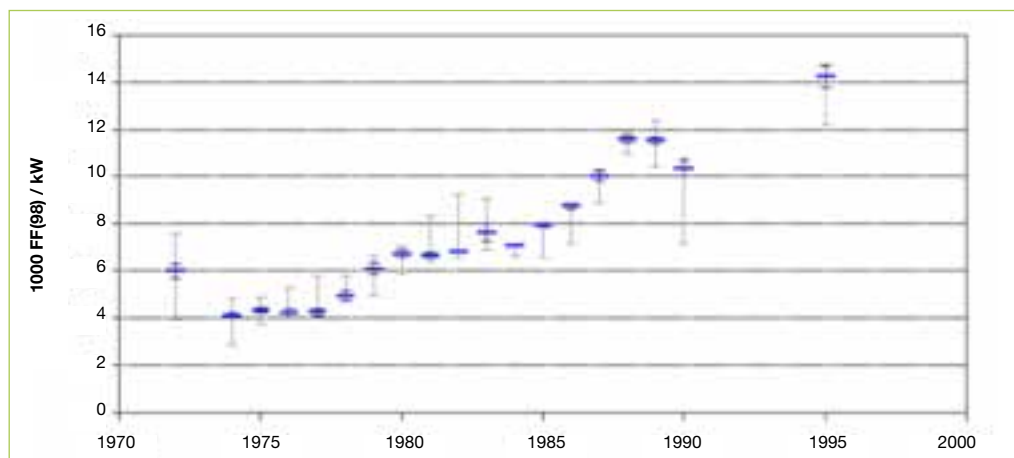
#### Wykres 14: Ewolucja kosztów inwestycyjnych („krzywa doświadczenia”) – elektrownie jądrowe w USA



Źródło: Cooper, 2009<sup>62</sup>

\*W literaturze tematu lata 1963-1967 są często określane jako „The Great Bandwagon Market” (w wolnym tłumaczeniu: „Rynek Wielkiej Rozdmuchanej Koniunktury”). W 1963 funkcjonowała niewielka liczba elektrowni, z których wszystkie otrzymały subwencje od amerykańskiej rządowej Komisji Energii Atomowej (Atomic Energy Commission). To spowodowało, że do końca 1967 roku zamówienia obejmowały już 75 elektrowni o postulowanej mocy 45 GW<sub>e</sub>, z których żadna nie kwalifikowała się od wsparcia przez AEC. Więcej: [http://www.vermontlaw.edu/Documents/Cooper\\_Report\\_on\\_Nuclear\\_Economics\\_FINAL\[1\].pdf](http://www.vermontlaw.edu/Documents/Cooper_Report_on_Nuclear_Economics_FINAL[1].pdf) (przyj. red.).

#### Wykres 15: Ewolucja kosztów inwestycyjnych („krzywa doświadczenia”) – elektrownie jądrowe we Francji



Źródło: Arnulf Grübler, 2009<sup>63</sup>

62 Mark Cooper, „The Economics of Nuclear Reactors: Renaissance Or Relapse?”, Mark Cooper, *Senior Fellow* w Economic Analysis Institute for Energy and The Environment, Vermont Law School, czerwiec 2009.

63 Arnulf Grübler, „An Assessment of the Costs of the French Nuclear PWR Program 1970–2000”, 6 października 2009.



Przedstawiano różne powody, dla których tzw. współczynnik uczenia w odniesieniu do budowy reaktorów jest bardzo niski lub wręcz ujemny: stosunkowo niewielką liczbę zamawianych reaktorów w okresie po latach 70. ubiegłego wieku, powiązanie złożoności elektrowni jądrowych oraz kwestii prawnych i politycznych, a także różnorodność stosowanych rozwiązań technicznych<sup>64</sup>. Z niektórymi z tych czynników będzie się można w przyszłości uporać, ale brytyjska Jednostka ds. Wydajności i Innowacji (Performance and Innovation Unit, PIU) wskazała cały szereg obszarów, na których także w przyszłości elektrownie jądrowe nie będą w stanie konkurować z innymi technologiami w zakresie wartości współczynnika uczenia się:

- energetyka jądrowa to stosunkowo dojrzała dziedzina, w związku z czym „gwałtowne przyspieszenie technologiczne” jest w niej mniej prawdopodobne niż w innych gałęziach energetyki;
- stosunkowo długie czasy budowy i uruchamiania powodują wolny przepływ informacji zwrotnej, więc doświadczenia w zakresie projektowania i eksploatacji pierwszych obiektów są wykorzystywane do ulepszenia następnych z dużym opóźnieniem;
- zakres działania ekonomii skali jest w przypadku elektrowni jądrowych węższy niż w odniesieniu do źródeł odnawialnych, ze względu na mniejszą skalę początkową tych ostatnich i ich potencjalnie szersze zastosowanie (pod względem rodzajów i liczby obiektów).

Ponadto po szczytowym okresie rozwoju energetyki jądrowej ok. 1980 roku w sektorze nastąpiły głębokie zmiany. Wiele czołowych firm z tamtego okresu wycofało się zupełnie z branży, niektóre połączyły się z innymi przedsiębiorstwami tego sektora, a jeszcze inne zajęły się działalnością związaną z demontażem reaktorów i zarządzaniem odpadami, czyli dziedzinami, które w ostatnich latach zyskały na znaczeniu. Doprowadziło to do sytuacji, w której budowę całkowicie nowych elektrowni mogą zrealizować tylko nieliczne firmy z niewielu krajów<sup>65</sup>.

Branża budowy elektrowni jądrowych przechodzi niewątpliwie proces głębokiej reorganizacji i modernizacji. Inwestowanie w zdolności produkcyjne w oparciu o ciężki sprzęt wymaga wielkich nakładów kapitałowych. Producenci nie będą inwestować setek milionów dolarów bez potwierdzonych na kilka lat naprzód zamówień.

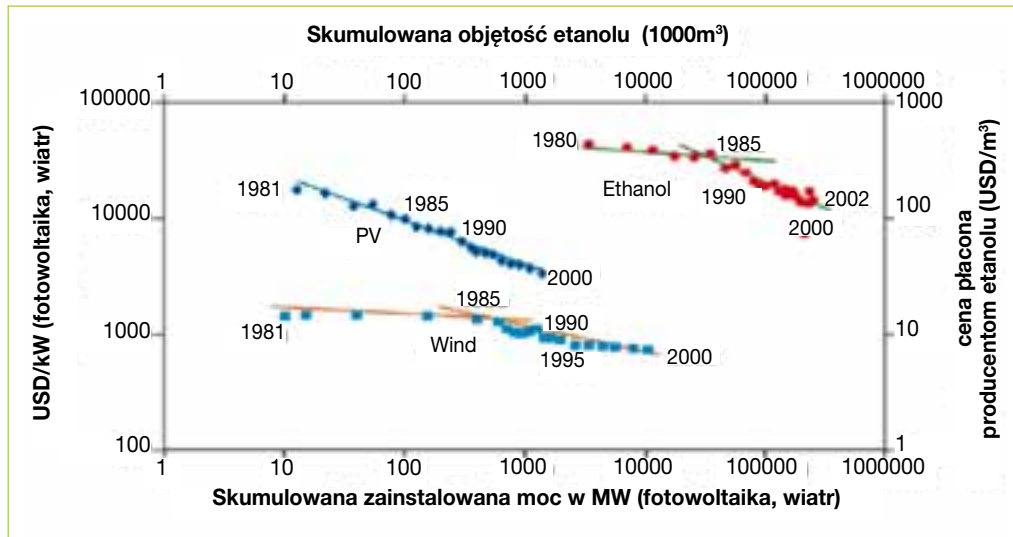
### Źródła odnawialne

Jak widać na wykresie 16, słabe wartości współczynnika uczenia się i negatywny wpływ na opłacalność przedsięwzięć w branży jądrowej nie dają się przełożyć na technologie odnawialne. Rozprzestrzenianie się energii wiatrowej, słonecznej i etanolu prowadziło za każdym razem do istotnego obniżenia kosztów budowy obiektów i produkcji energii.

64 Jednostka ds. Wydajności i Innowacji (PIU), „Energy Review Working Paper, The Economics of Nuclear Power”, Performance and Innovation Unit, 2002.

65 Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA), „International Status and Prospects of Nuclear Power”, International Atomic Energy Agency, 2008.

Wykres 16: Krzywe doświadczenia dla różnych technologii



Źródło: IPCC Fourth Assessment Report, Report 3, Mitigation of Climate Change

W 2002 roku brytyjska rządowa Jednostka ds. Wydajności i Innowacji (PIU) oszacowała koszty produkcji dla różnych źródeł w 2020 roku. Wyniki zaprezentowano w tabeli 2: koszty energii

jądrowej są istotnie wyższe od kosztów energii pozyskiwanej z lądowych i morskich farm wiatrowych oraz porównywalne z energią z roślin energetycznych oraz elektrowni falowych.

Tabela 2: Szacunkowy koszt źródeł energii w 2020 roku

Technologia	Koszt w 2020 roku – pens/kWh	Oczekiwana trafność szacowania	Tendencja kosztowa do 2050 roku
<b>Paliwa konwencjonalne</b>			
Węgiel (IGCC)	3,0-3,5	Umiarkowana	Spadek
Gaz (CCGT)	2,0-2,3	Wysoka	Ograniczony spadek
CCS	3,0-4,5	Umiarkowana	Niepewna
Duże CHP (gaz)	Poniżej 2	Wysoka	Ograniczony spadek
Małe CHP (gaz)	2,5-3,5	Umiarkowana	Ciągły spadek
Jądrowa	3,0-4,0	Umiarkowana	Spadek
<b>Źródła odnawialne</b>			
Farmy wiatrowe lądowe	1,5-2,5	Wysoka	Ograniczony spadek
Farmy wiatrowe morskie	2,0-3,0	Umiarkowana	Spadek
Rośliny energetyczne	2,5-4,0	Umiarkowana	Spadek
Energia fal morskich	3-6	Niska	Niepewna
Ogniwa fotowoltaiczne	10-16	Wysoka	Stąpy spadek

Źródło: PIU, 2002<sup>66</sup>

66 Jednostka ds. Wydajności i Innowacji (PIU), „The Energy Review”, Performance and Innovation Unit, Gabinet Premiera Zjednoczonego Królestwa (The Cabinet Office), luty 2002, s. 199.

W ostatnich latach zaobserwowano wzrost niechęci wobec energetyki wiatrowej w niektórych hrabstwach w Wielkiej Brytanii, co doprowadziło do rezygnacji z projektów i opóźnień w ich realizacji. W Wielkiej Brytanii tylko 25% planowanych lądowych farm wiatrowych otrzymało niezbędne lokalne zezwolenia – spadek z 63% w 2007 roku. Rządowa Strategia w dziedzinie energii odnawialnej („Renewable Energy Strategy”), opublikowana w lipcu 2009 roku, ustaliła docelową wartość mocy zainstalowanej w lądowych elektrowniach wiatrowych na poziomie 14 GW do 2020 roku. Obecnie (stan na połowę roku 2010) w Wielkiej Brytanii w elektrowniach takich jest zainstalowane 3,2 GW, kończy się budowa instalacji o mocy 0,8 GW, a trwa – obiektów o mocy 3,4 GW, co daje razem 7,4 GW, czyli nieco ponad połowę wartości docelowej. Dodatkowo w fazie planowania jest kolejne 7,4 GW – ilość wystarczająca do terminowego osiągnięcia wspomnianego celu (o ile projekty zostaną zatwierdzone)<sup>67</sup>. Nawet większe morskie elektrownie wiatrowe można

zbudować stosunkowo szybko w porównaniu z elektrowniami jądrowymi. W styczniu 2010 roku brytyjski rząd zapowiedział w tej dziedzinie plany obejmujące kolejne 32 GW, w uzupełnieniu do już projektowanych 8 GW, które mają zostać uruchomione do 2020 roku.

Ważne jest odnotowanie różnic w budowie farm wiatrowych i elektrowni konwencjonalnych. Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (European Wind Energy Association, EWEA) porównuje budowę farmy wiatrowej do zakupu floty samochodów ciężarowych – turbiny nabywa się po ustalonej z góry cenie i uzgadnia harmonogram dostaw. Specyfikację infrastruktury elektrycznej też można uzgodnić z wyprzedzeniem. Mogą pojawić się koszty zmienne związane z robotami budowlanymi, ale ta zmienność kosztów będzie bardzo mała w porównaniu z ceną całego projektu<sup>68</sup>. Z szybkiej realizacji projektów energetyka wiatrowa uczyniła główne narzędzie marketingowe<sup>69</sup>.

---

67 Brytyjskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (BWEA), „Wind Farm Planning Approvals by Local Councils Slump to Record New Low of 25%”, oświadczenie prasowe British Wind Energy Association, 20 października 2009.

68 Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (EWEA), „Wind Energy, The Facts: Volume 1, Technology”, European Wind Energy Association, 2003.

69 Firma Vestas, 2009: „Możesz mieć gotową elektrownię wiatrową Vestas w ciągu roku – znacznie szybciej niż elektrownie konwencjonalne, a to oznacza szybki zwrot z inwestycji”, <http://www.vestas.com/en/modern-energy/understanding-modern-energy/fast.aspx>.



## Koszty utraconych korzyści

Szacunki Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) oraz innych podmiotów wykazują istnienie dwóch, poniekąd sprzecznych tendencji. Po pierwsze: pojawi się potrzeba bezprecedensowo dużych inwestycji w sektorze energetycznym w ciągu najbliższej dekady, co wynika z kilku obserwowanych obecnie trendów:

- rosnącego popytu w krajach rozwijających się, zwłaszcza w regionach zurbanizowanych;
- konieczności wyłączenia w krajach OECD dużej liczby elektrowni w związku ze zbliżającym się końcem ich okresów eksploatacji oraz – w niektórych przypadkach – wprowadzaniem przepisów w dziedzinie ochrony środowiska;
- kurczeniem się istniejących rezerw energetycznych oraz rozpoczynaniem eksploatacji nowych złóż surowców energetycznych i źródeł energii.

Jednak z drugiej strony w ciągu kilku ostatnich kilku lat nastąpiło ograniczenie inwestycji w sektorze energetycznym, związane z mniejszą dostępnością i wyższymi kosztami kapitału, zmniejszeniem się popytu na energię (na skutek światowej recesji) oraz obniżką cen energii, prowadzącą do zwiększenia ryzyka finansowego inwestycji. Według wielu analityków prognozujących obecnie koniec recesji dużo dotychczasowych

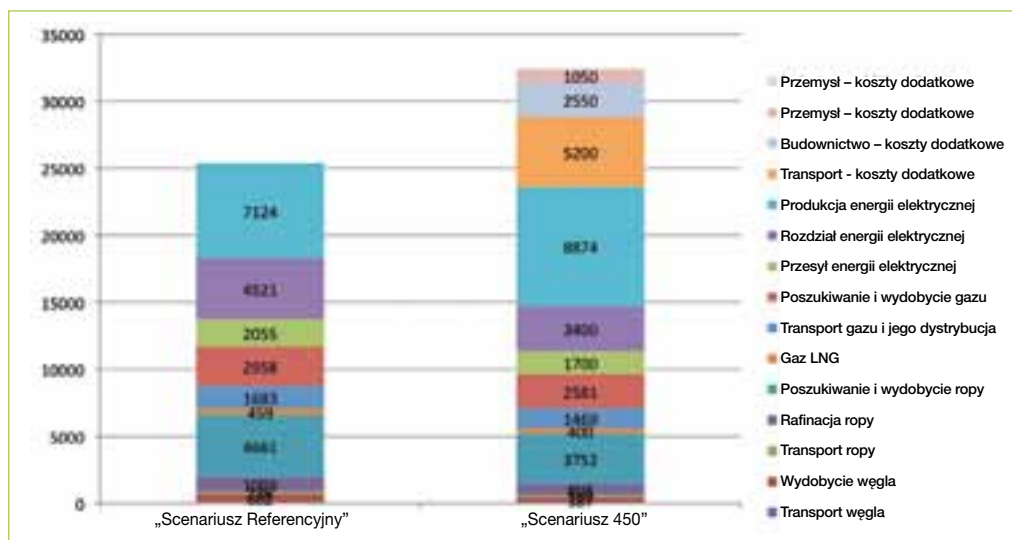
czynników spowalniających lub wstrzymujących inwestycje może częściowo albo całkowicie zniknąć. Zwiększenie poziomu inwestycji w sektorze energetycznym jest więc prawdopodobne i będzie wspierane. Mimo deklarowanego końca recesji zasoby kapitałowe będą jednak ograniczone – zwłaszcza w obszarze inwestycji sektora publicznego. Różne sektory będą też ze sobą ostro konkurować o dostęp do środków na inwestycje.

Zakładając przyspieszenie inwestycji w sektorze energetycznym należy pamiętać, że podejmowane teraz decyzje inwestycyjne wpłyną na kształt sektora, który będzie funkcjonował przez najbliższe kilkadziesiąt lat. Poniższy wykres obrazuje skalę potrzeb inwestycyjnych według dwóch scenariuszy IEA. W „Scenariuszu Odniesienia” zakłada się, że inwestycje osiągną poziom 25,6 bln USD do 2030 roku. Przy założeniu, że wielkość emisji gazów cieplarnianych ma doprowadzić do wzrostu temperatury o nie więcej niż 2 stopnie Celsjusza („Scenariusz 450”), suma inwestycji rośnie o dodatkowe 10,5 bln USD. Większość tych inwestycji będzie realizowana w celu poprawy efektywności energetycznej na poziomie użytkowników końcowych (budynków, samochodów), ale wzrosną też koszty związane z przechodzeniem na inne typy paliw, wytwarzaniem prądu ze źródeł niekopalnych oraz instalacjami CCS (*carbon capture and*

storage). Jednakże te dodatkowe inwestycje spowodują obniżenie popytu na paliwa kopalne, ograniczenie poziomu środków potrzebnych na nowe inwestycje w wydobycie i przesył tych paliw o ok.

2,1 bln USD oraz wydatków na paliwa. IEA przewiduje, że do 2030 roku oszczędności na paliwie osiągną poziom 8,6 bln USD, a w całym okresie eksploatacji obiektów – ok. 17 bln USD.

### Wykres 17: Zmiany w zakresie inwestycji w niskowęglowe sektory energetyki



Źródło: IEA, „World Energy Assessment”, 2009

Przykład ten pokazuje, w jakim stopniu strategiczne cele polityczne wpływają na proces inwestowania. Nieuwzględnianie tego wpływu może doprowadzić do niepowodzenia danej strategii lub do nietrafionych inwestycji.

Tę samą logikę stosuje się wobec sektora elektroenergetycznego. Co oczywiste, wzmożone działania w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej na poziomie użytkowników końcowych mogą obniżyć zapotrzebowanie na poszukiwania i eksploatację złóż paliw kopalnych oraz inwestycje w ich przesył. Największa zmiana zajdzie jednak w relacjach między poszczególnymi źródłami energii, ponieważ zwiększenie inwestycji w jedno z nich obniży zapotrzebowanie na inwestycje w pozostałe.

Właściwie wszystkie scenariusze przewidujące docelowo istotne obniżenie poziomu emisji w sektorze energetycznym zakładają, że – w porównaniu ze źródłami odnawialnymi (bez uwzględniania kwestii oszczędzania energii i podnoszenia efektywności energetycznej) – rola energii jądrowej będzie niewielka. Mimo to twierdzi się, że energię atomową należy

uwzględnić w szeroko rozumianym „pakiecie opcji niskoemisyjnych”, w szczególności razem z instalacjami CCS w elektrowniach opalanych węglem i gazem.

Przekształcanie sektora energetycznego w sektor rzeczywiście niskoemisyjny i zrównoważony będzie wymagać transformacji nie tylko w dziedzinie źródeł energii, lecz także w zakresie sposobów jej dystrybucji i użytkowania. Aby umożliwić te przekształcenia, należy zmienić priorytety inwestycyjne w całym cyklu rozwojowym poszczególnych technologii – od etapu badań i rozwoju do wprowadzania danej technologii na szeroką skalę. W następnej części przedstawiona zostanie analiza poszczególnych etapów oraz porównanie energii jądrowej z odnawialną.

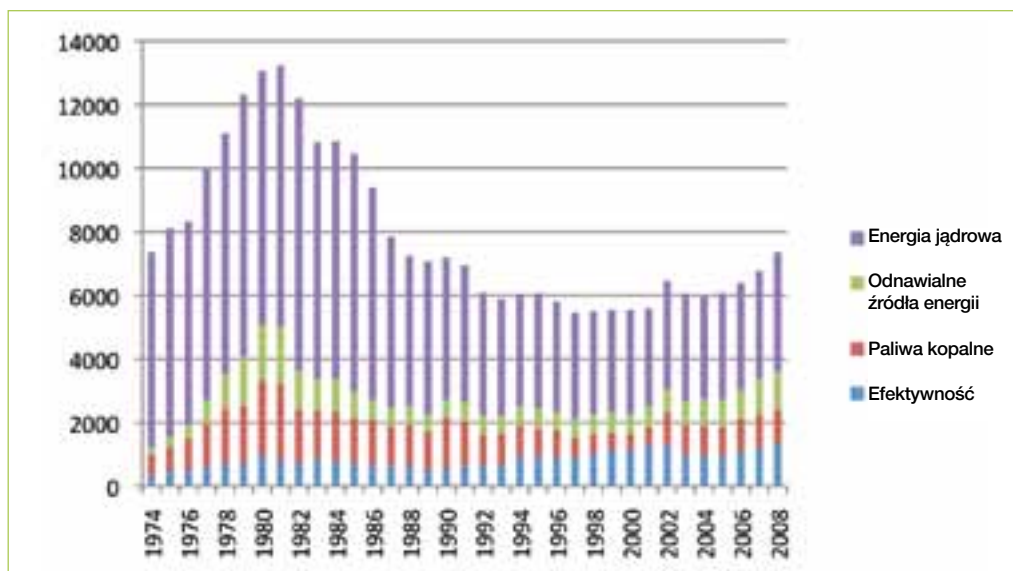
### Badania i rozwój

Niewiele jest dziedzin, w których można dokonać tak bezpośrednich porównań i w których istnieje tak bezpośrednia konkurencja między energetyką jądrową i źródłami odnawialnymi, jak w przypadku rządowych funduszy na badania i rozwój (*Research & Development, R&D*). Pomimo stale

ponawianych apeli o zwiększenie nakładów na R&D w celu rozwiązania problemów energetycznych i klimatycznych, poziom rządowych wydatków na tę dziedzinę obniżył się w wielu krajach niemal o połowę w porównaniu z latami 80. XX wieku. Zjawisko to

wpłynęło na wszystkie źródła energii i jest wyrazem pewnej ogólnej tendencji, w ramach której w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat w sektorze energetycznym maleje rola rządów, przy jednoczesnym wzroście znaczenia sektora prywatnego.

**Wykres 18: Krajoby budżety na badania i rozwój w państwach OECD (w mln USD)**



Źródło: IEA, 2010<sup>70</sup>

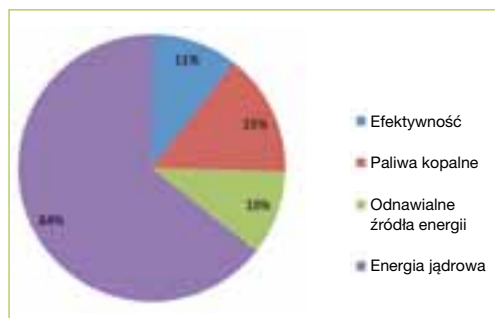
Owo ograniczenie budżetów zmniejszy możliwości i wpływ rządów w dziedzinie rozwoju nowych technologii energetycznych. Z wykresu 19 wynika, że największym beneficjentem rządowych programów R&D jest energetyka jądrowa, na którą przeznaczono w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat prawie dwie trzecie wszystkich wydatków na badania i rozwój. Jest to niezwykła statystyka, związana z działaniem określonych czynników. Po pierwsze, finansowanie badań w sektorze energii jądrowej obejmuje wydatki na rozszczepianie jądra atomowego i fuzję. To właśnie fuzja pochłania obecnie najwięcej środków, ponieważ do priorytetowych zadań zaliczono projekt ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Po drugie, finansowanie badań w energetyce jądrowej, zwłaszcza instalacji pokazowych i pilotażowych, jest drogie i wymaga

zaangażowania nieproporcjonalnie dużych środków, szczególnie gdy uwzględni się brak możliwości szybkiego pozyskiwania energii z nowych obiektów. Złożoność zagadnień technicznych i innowacyjny charakter wspomnianych instalacji pokazowych powodują przekraczanie budżetów i nagminne opóźnienia. W przypadku projektu ITER zakładano w 2006, że koszty budowy wyniosą ok. 5 mld EUR (7,4 mld USD), a koszty 20-letniej eksploatacji – dodatkowe 5 mld EUR. Jednak po wprowadzeniu do projektu istotnych zmian należy się spodziewać co najmniej podwojenia kosztów<sup>71</sup>. Takie przypadki przekraczania zakładanego poziomu kosztów będą prawdopodobnie wpływać w nadchodzących dekadach na ograniczenie dostępności środków rządowych, przeznaczanych na finansowanie innych projektów energetycznych.

70 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), baza danych Budżetu na Badania i Rozwój (Research and Development Budget), 2010, <http://www.iea.org/stats/rd.asp>.

71 *Fusion Dreams Delayed International Partners are Likely to Scale Back the First Version of the ITER Reactor*, „Nature”, 27 maja 2009, s. 488-489.

### Wykres 19: Podział budżetów państw OECD na badania i rozwój poszczególnych technologii (1974-2008)



Źródło: IEA, 2010<sup>72</sup>

### Koszty inwestycyjne

Na rynkach, na których panuje wolna konkurencja, istnieje cały szereg czynników branych pod uwagę przy podejmowaniu decyzji w sprawie wykorzystywania poszczególnych źródeł energii. Szczególnie ważne są koszty produkcji energii, cena, po której można ją sprzedać oraz koszty i ryzyko finansowe, związane z całym procesem przygotowań i eksploatacji.

Energetyka jądrowa przegrywa w zakresie porównań finansowych z większością innych źródeł energii, ponieważ charakteryzuje się wysokim poziomem kosztów początkowych, długimi czasami budowy instalacji oraz – ze względu na złożoność techniczną – trudnościami w dotrzymanywaniu ustalonych budżetów. Historia energetyki atomowej jest pełna przykładów wzrostu kosztów budowanych instalacji, co widać w poniższej ramce. Takie przypadki przekraczania budżetu są ważne nie tylko w odniesieniu do konkretnego projektu, lecz także powodują wzrost kosztów kapitału w przypadku nowych projektów jądrowych oraz wzrost tych kosztów dla przedsiębiorstwa energetycznego w ogóle. IEA stwierdza, że „niepewność w zakresie kosztów budowy jest głównym czynnikiem ryzyka dla inwestorów”<sup>73</sup>.

### Wzrost kosztów projektów jądrowych

Koszty budowy elektrowni jądrowych ukończonych w latach 80. i na początku 90. XX wieku w Stanach Zjednoczonych i większości państw europejskich były bardzo wysokie – i znacznie wyższe niż koszty prognozowane dziś przez nieliczne podmioty budujące elektrownie atomowe i przez całą branżę.<sup>74</sup>

MIT 2003

Doświadczenie uczy, że przedstawiane przez branżę kosztorysy były w przeszłości bardzo niedoszacowane – charakteryzowały się zdumiewającym brakiem dokładności przez ostatnie 40-50 lat.<sup>75</sup>

Jonathan Porritt

*Przewodniczący brytyjskiej Komisji do Spraw Zrównoważonego Rozwoju (Sustainable Development Commission)*

2005

Nie mam powodu, żeby wierzyć ČEZ [czeskie przedsiębiorstwo budujące elektrownię jądrową w Temelinie]. Okłamali mnie dziewięć razy. Nie wiem, dlaczego miałbym im uwierzyć za dziesiątym.<sup>76</sup>

Václav Havel

*Ówczesny prezydent Republiki Czeskiej*

1999

Na wykresie 14, zaczerpniętym z raportu Szkoły Prawa Stanu Vermont (Vermont Law School), widać skalę wzrostu kosztów budowy reaktorów w Stanach Zjednoczonych (w latach 70. i 80. ubiegłego wieku) oraz szybko zmieniające się prognozy kosztów odnoszące się do ostatnich kilku lat. Warto podkreślić, że te ostatnie szacunki nie są rezultatem doświadczeń zebranych w USA (ponieważ nie buduje się tam obecnie żadnych reaktorów), lecz przypuszczalnie bardziej szczegółowych analiz ekonomicznych oraz wpływu doświadczeń z innych części świata.

72 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), baza danych Budżetu na Badania i Rozwój (Research and Development Budget), International Energy Agency, 2010.

73 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), „World Energy Outlook 2009”, International Energy Agency, s. 268.

74 Instytut Technologii w Massachusetts (MIT), „The Future of Nuclear Power”, Massachusetts Institute of Technology, 2003.

75 Cytat z Izby Gmin podczas obrad Komisji Handlu i Przemysłu „Nowe elektrownie jądrowe? Analiza problemu”, Czwarty Raport Sesji 2005–06, tom I.

76 Kancelaria Prezydenta, komunikat prasowy wydany przez Biuro Prasowe, 12 maja 1999.



Wspomnianego wzrostu kosztów budowy często nie uwzględnia się w analizach, dokonywanych w celu oceny kosztów produkcji energii.

IEA podaje np. w swojej ostatniej analizie ekonomicznej, że koszty inwestycyjne bezpośrednie, liczone bez oprocentowania (*overnight costs* – OVN) wahają się w przypadku elektrowni jądrowych w przedziale od 3 200 do 4 500 USD/kW<sup>77</sup>. To wartość znacznie poniżej poziomu oszacowanego w analizie autorstwa m.in. naukowców z Szkoły Prawa Stanu Vermont<sup>78</sup>. Na tej podstawie IEA zakłada, że koszty produkcji energii elektrycznej będą kształtować się na poziomie od 55 do 80 USD/MWh.

Wyższe koszty budowy mają istotny wpływ na całkowity koszt energii jądrowej. Uniwersytet w Vermont zaprezentował opracowanie, w którym wpływ ten został przeanalizowany na podstawie trzech źródeł:

- Z modelu opracowanego przez MIT wynika, że przy wzroście kosztów inwestycyjnych liczonych bez oprocentowania (*overnight costs*) o każdy 1 000 USD, całkowite koszty jednostkowe wytworzenia energii (*busbar costs*)<sup>79</sup> rosną o wartość od 1,8 do 2,4 centa/kWh w zależności od modelu finansowania (przez przedsiębiorstwa użyteczności publicznej bądź na zasadach rynkowych);
- Według Harding Study wzrost całkowitych kosztów jednostkowych wytworzenia energii wynosi w takim przypadku ok. 2,4 centa/kWh;
- Uniwersytet w Chicago podaje w swoim opracowaniu, że wzrost ten wyniósł 3 centy/kWh.

Po uśrednieniu tych liczb otrzymujemy wzrost o 40 USD/MWh – przy założeniu, że za instalowany kilowat kosztował 5 500 USD, co

odpowiadałoby górnej wartości szacowanych obecnie kosztów energii oraz dolnym wartościom, podawanym przez Wall Street i niezależnych analityków (patrz wykres 14). Średnie koszty według IEA wynosiłyby więc od 95 do 120 USD/MWh.

Także Europa musiała zmierzyć się ze wzrostem kosztów powyżej oczekiwanego poziomu. W 2004 roku w pierwszym zamówieniu na reaktor w Olkiluoto (Finlandia) przewidywano cenę ok. 3 mld EUR. Po pięciu latach budowy okazuje się, że do ukończenia projektu pozostają jeszcze ok. trzy lata, mimo że powinno to było nastąpić już w zeszłym roku, a budżet przekroczone o ponad 90%, co oznacza kwotę 5,7 mld EUR.

Wyższe ceny budowy ograniczą także prawdopodobnie możliwości przedsiębiorstw użyteczności publicznej i rządów w zakresie inwestowania w inne elektrownie lub alternatywne strategie zarządzania energią. IEA szacuje obecnie, że zwiększenie skali wykorzystania energii jądrowej pochłonie 16% wszystkich inwestycji. Przy założeniu jednak, że koszty inwestycyjne będą ewoluować zgodnie z aktualnymi amerykańskimi i europejskimi oczekiwaniami, należy spodziewać się albo ograniczenia inwestycji o ok. 40%, albo żądań zwiększenia w podobnej skali puli środków. Każda z tych opcji może przysporzyć trudności sektorowi energetycznemu.

Poniższy wykres, pochodzący z wykonanej w 2002 roku brytyjskiej analizy rządowej, prezentuje koszty redukcji emisji przy przejściu na różne paliwa niekopalne oraz wzroście efektywności energetycznej. Energetyka jądrowa okazała się w tej prognozie znacznie droższa niż wszystkie działania na rzecz podniesienia efektywności energetycznej oraz morska i lądowa energetyka wiatrowa, a porównywalna pod względem kosztów z roślinami energetycznymi i prawdopodobnie tańsza niż energetyka morska.

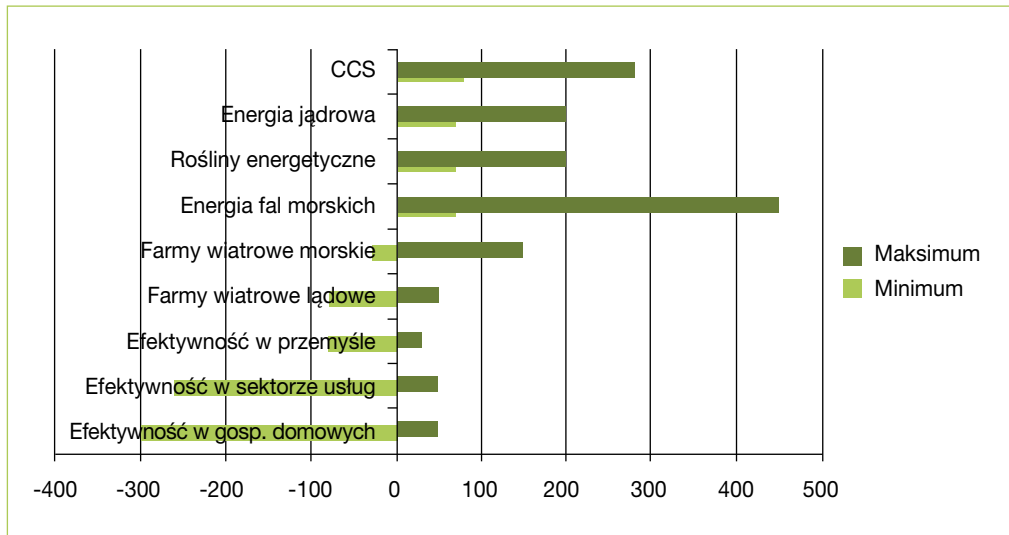
77 Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA), „World Energy Outlook 2009”, International Energy Agency, s. 266.

78 Patrz Citi Investment Research & Analysis, „New Nuclear – The Economics Say No”, listopad 2009.

79 Koszty wyprodukowania 1 kW energii elektrycznej; zawierają koszty kapitałowe, obsługi zadłużenia, eksploatacji, konserwacji i paliwa. Nazwa angielska pochodzi od *busbar*, czyli szyny zbiorczej prowadzącej od generatora do transformatora.



**Wykres 20: Szacunkowe koszty redukcji emisji w Wielkiej Brytanii w 2020 (GBP/tC)**



Źródło: PIU, 2002

Inne, nowsze analizy sugerują, że koszty energii jądrowej i energii ze źródeł odnawialnych mogą osiągnąć poziom prognozowany przez rząd Wielkiej Brytanii. Opracowanie z 2009 roku autorstwa firmy doradczej McKinsey<sup>80</sup>, oceniające koszty redukcji emisji zróżnicowanych technologii popytu i podaży, zawiera stwierdzenie, że „kilka technologii niskoemisyjnych będzie generować podobne koszty redukcji do 2030 roku, co odzwierciedla wysoki poziom niepewności co do technologii, które w końcu <zwyćiężą>”. McKinsey poddaje analizie nowo wybudowane elektrownie jądrowe i różne technologie odnawialne, których koszty redukcji wynoszą od 5 do 20 EUR za tonę ekwiwalentu CO<sub>2</sub> (teCO<sub>2</sub>), w tym geotermia: 5 €/teCO<sub>2</sub>; energia jądrowa: 10 €/teCO<sub>2</sub>; energetyka wiatrowa (niski poziom penetracji): 12 €/teCO<sub>2</sub>; skoncentrowana energia słoneczna: 13 €/teCO<sub>2</sub>; energetyka wiatrowa (wysoki poziom penetracji):

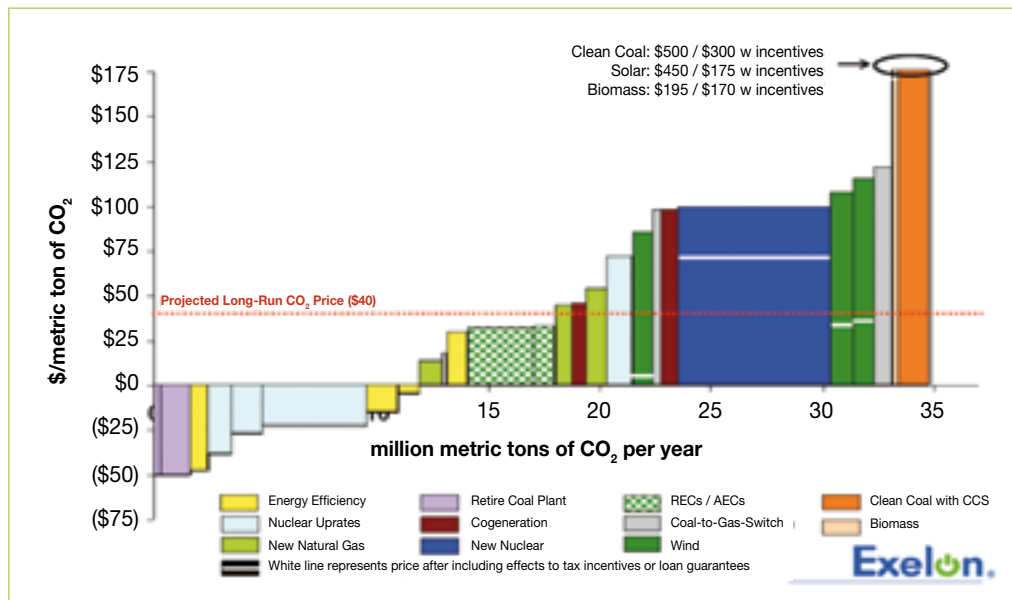
20 €/teCO<sub>2</sub><sup>81</sup>. Jednak w ramach analizy energetyki jądrowej McKinsey przyjmuje wartość 3 000 EUR/kW w 2005 roku dla krajów rozwiniętych (2 000 USD/kW dla krajów rozwijających się). Ta szacunkowa wartość dla mocy zainstalowanej jest niższa od aktualnych szacunków kosztów budowy oraz od danych występujących w niezależnych analizach.

Dyrektor generalny największej amerykańskiej korporacji nuklearnej Exelon oświadczył ostatnio, że „ekonomika rozwiązań niskowęglowych zmieniła się ogromnie” w ciągu jedynie dwóch lat i według kalkulacji firmy koszty redukcji nowych elektrowni atomowych wzrosły ponad dwukrotnie do ok. 100 USD/t CO<sub>2</sub> (patrz poniższy wykres), co stanowi 10 razy więcej niż w szacunkach firmy McKinsey<sup>82</sup>.

80 McKinsey, „Pathway to a Low Carbon Economy – Version 2 of the Global Greenhouse Gas Carbon Abatement Cost Curve”, McKinsey and Company, 2009.

81 *Ibid.*, w oparciu o szacunki z wykazu 8.1.3 na s. 63.

82 John Rowe, „Fixing the Carbon Problem Without Breaking the Economy”, Exelon, 12 maja 2010.

Wykres 21: Kalkulacje Exelon 2010 dla kosztów redukcji emisji (USD/t CO<sub>2</sub>)

Źródło: Exelon, maj 2010

## Infrastruktura i sieci

W najbliższej dekadzie trzeba będzie przyspieszyć inwestycje w infrastrukturę elektroenergetyczną – niezależnie od rodzaju źródeł wytwarzanej energii. IEA przewiduje w opublikowanym w 2009 roku opracowaniu „World Energy Outlook”, że w ramach „Scenariusza Referencyjnego” do 2030 roku w światowym sektorze energetycznym potrzebne są inwestycje na poziomie 13,7 bln USD, z czego 48% ma być przeznaczony na przesył i dystrybucję (2 bln USD na przesył i 4,5 bln USD na dystrybucję). Koszty inwestycji w przypadku systemu, który miałby ograniczyć emisje, byłyby prawdopodobnie jeszcze wyższe.

Istniejąca sieć opiera się głównie na dużych, scentralizowanych wytwórcach energii, używających przewodów wysokiego napięcia w celu jej przesyłania na duże odległości do zakładów przemysłowych i miast, skąd energia trafia przewodami niższego napięcia do użytkownika końcowego. Większość tych sieci wybudowano w czasach, gdy cały sektor energetyczny stanowił własność państwa. W związku z tym nowe elektrownie nie musiały płacić za podłączenie do sieci, dzięki którym mogły funkcjonować.

Konieczność wnoszenia opłat za podłączenie do sieci lub jej rozbudowę może stanowić dodatkowy koszt i obciążenie ekonomiczne dla podmiotów, które wchodzi na rynek z nową mocą wytwórczą w miejscach niepodłączonych do sieci.

Obecny system opiera się głównie na modelu „prognozuj i dostarczaj”, w ramach którego scentralizowane przedsiębiorstwa użyteczności publicznej dbają o nieprzerwane zaspokajanie potrzeb konsumentów w zakresie popytu. Jak już jednak wspomniano w poprzednim rozdziale, taki system jest nieefektywny i nieprzystosowany do wymogów niskoemisyjnego, zrównoważonego sektora energetycznego. Wielkie zmiany w zakresie zasięgu sieci i jej funkcjonowania będą także niezbędne w związku z koniecznością wprowadzania do niej energii ze źródeł odnawialnych, wytwarzanej w instalacjach rozproszonych, o bardzo różnicowanej mocy. W przypadku niektórych technologii – np. morskich farm wiatrowych – nie ma żadnych wątpliwości co do konieczności inwestowania w sieć. Bez inwestycji nie nastąpi rozwój danej technologii.

Potrzeba takich zmian znalazła odzwierciedlenie zarówno w deklaracjach politycznych, jak i propozycjach inwestycyjnych, zwłaszcza w gospodarczych

pakietach stymulacyjnych. W wielu przypadkach brakuje jednak szczegółowych informacji oraz dokładnego wyjaśnienia definicji i zakresu działań, mających wywołać radykalne zmiany. Synonimem tych zmian stał się w szczególności termin „inteligentny” (*smart*), ale jak na razie nie istnieje jego jasna i powszechnie akceptowana definicja. Charakterystycznym przykładem takiego stanu rzeczy jest komunikat prasowy brytyjskiego Departamentu Energii i Zmian Klimatu, wydany tuż przed konferencją klimatyczną w Kopenhadze. W dokumencie tym, zatytułowanym „System energetyczny Wielkiej Brytanii staje się inteligentny” („UK energy system gets smart”) słowa „inteligentny” użyto 22 razy w 19-zdaniowym oświadczeniu<sup>83</sup>.

Krajowe brytyjskie pakiety stymulacyjne, stworzone jako odpowiedź na kryzys, akcentują zarówno działania proekologiczne, jak i szczególną potrzebę inwestowania w „inteligentne sieci”. Jak wynika z analiz londyńskiego banku HSBC, fundusze przyznane na całym świecie na nowe sieci osiągnęły poziom 92 mld USD, chociaż większość z nich – ok. 70 mld USD – dotyczy Chin (zaś łączna kwota na działania proekologiczne wyniosła 430 mld USD)<sup>84</sup>. Wiadomo jednak, że nie wszystkie projekty określane jako proekologiczne i „niskoemisyjne” różnią się znacząco od istniejących planów utrzymania i rozbudowy.

Energetyczny pakiet stymulacyjny UE koncentruje się na „Europejskim energetycznym programie odbudowy” („European Energy Programme for Recovery”), który stworzył podstawy dla przyznawania z unijnego budżetu dużych środków na współfinansowanie kluczowych projektów energetycznych, w ramach budżetu w wysokości 4 mld EUR, przeznaczonego na „ochronę miejsc pracy, nabywanie energii, przyspieszenie rozwoju infrastruktury i tworzenie nowych miejsc pracy w przyszłościowych sektorach niskoemisyjnych”. Największą część środków (2,365 mld EUR, czyli 60% budżetu) skierowano na inwestycje w infrastrukturę gazową oraz elektroenergetyczną, następnie miejsca zajęły projekty CCS (1,05 mld EUR, 26% budżetu) i wreszcie projekty morskiej energetyki wiatrowej (0,565 mld EUR, 14%

budżetu). Udostępniono szczegóły dotyczące finansowanych w ramach programu projektów w dziedzinie CCS i energetyki wiatrowej, nie udostępniono zaś informacji o wciąż rozważanych infrastrukturalnych projektach gazowych i energetycznych. Rozpatrywane projekty nie wydają się związane z energetyką niskoemisyjną, a szczególnie odnawialną, lecz raczej ze wzmocnieniem istniejącego rynku energetycznego<sup>85</sup>.

Ponadto tylko 10% kryteriów branych pod uwagę przy rozpatrywaniu projektów odnosi się do kwestii środowiskowych, a dodatkowo nie ma w tych kryteriach odniesienia do „wpływu działań m.in. na przyrodę, emisje, hałas, użytkowanie gruntów oraz redukcję bądź kompensację negatywnych konsekwencji środowiskowych”<sup>86</sup>. W dziedzinie morskiej energetyki wiatrowej będą współfinansowane trzy duże projekty infrastrukturalne, które otrzymają ok. 310 mln EUR przy szacowanych kosztach całkowitych na poziomie 1,8 mld EUR.

Inwestycje koncentrują się w dalszym ciągu na infrastrukturze przesyłowej w sektorze wysokich napięć, a dogłębnej analizie systemowej w zakresie konfliktogennej dynamiki tych inwestycji nadal brak. Przyznawanie bezwzględniego priorytetu rozrastającym się wysokoenergetycznym – i wysokostratnym – scentralizowanym systemom przesyłu i dystrybucji tworzy skuteczną barierę dla szybkiego wprowadzania wysoce efektywnych, rozproszonych sieci inteligentnych, minimalizujących straty przesyłowe i stanowiących kluczowy element przyszłościowych, nowoczesnych rozwiązań, definiujących na nowo rolę producentów i użytkowników energii.

Przykładowo samochód elektryczny przetwarza prąd na energię mechaniczną znacznie efektywniej niż silnik spalinowy. Ten potwierdzony przez fizykę fakt pozostanie jednak w sferze teorii, dopóki energia elektryczna nie będzie wytwarzana w sposób zrównoważony. Niezbędna jest zmiana orientacji inwestycji infrastrukturalnych i ich ukierunkowanie na zupełnie nowe podejście systemowe. Ciągłe łatanie starej, nieefektywnej infrastruktury nowymi urządzeniami nie zwiększy całkowitej efektywności systemu.

83 <http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/news/pn139/pn139.aspx>, 16 marca 2010.

84 HSBC, „A Climate for Recovery; The Colour of Stimulus Goes Green”, luty 2009.

85 Rozporządzenie (WE) nr 663/2009 Parlamentu Europejskiego i Rady z 13 lipca 2009 ustanawiające program wspomaganie naprawy gospodarczej poprzez przyznanie pomocy finansowej Wspólnoty na projekty w dziedzinie energetyki, L/200/31, 31 lipca 2009.

86 Komisja Europejska, „European Energy Programme for Recovery” [http://ec.europa.eu/energy/grants/docs/eepr/eepr\\_info\\_day\\_presentation\\_interconnections.pdf](http://ec.europa.eu/energy/grants/docs/eepr/eepr_info_day_presentation_interconnections.pdf).

W ostatnich latach w kilku przypadkach pojawiły się już trudności w zakresie wprowadzania do sieci większych ilości wytwarzanej w sposób nieregularny energii ze źródeł odnawialnych. Problemy te zaostrzały się w związku z istnieniem dużych, nieelastycznych elektrowni jądrowych, wymagających *stalego* dostępu do sieci. Rozwój energetyki odnawialnej w ostatnim czasie wykazał, że projekty były realizowane na czas i nie przekraczały budżetu, a podłączanie gotowych obiektów do sieci nie stanowiło żadnego problemu. Kolejnym argumentem za nadaniem wyższego priorytetu energetyce odnawialnej jest fakt, że nie zużywa ona paliw. Bez wprowadzenia zmian systemowych nieefektywne wykorzystywanie źródeł odnawialnych będzie się nasilać. Dlatego niezbędna jest zasadnicza reforma w zakresie zarządzania sieciami, wraz z poważnymi inwestycjami w nową infrastrukturę i opracowywaniem nowych produktów. Proces ten musi opierać się na podniesieniu efektywności dostaw, faworyzującej rozproszone wytwarzanie i użytkowanie energii, wspierającej jej odpowiedzialne zużycie i magazynowanie, integrującej regionalne sieci elektroenergetyczne i tworzącej klastry mikrosieci w celu zredukowania zapotrzebowania na rezerwy mocy wytwórczej oraz – tam, gdzie zachodzi potrzeba – wykorzystującej większe zasoby odnawialne, takie jak energia z morskich farm wiatrowych.

## Mechanizmy rynkowe

Ogólnosiątkowe tendencje do większej liberalizacji rynków doprowadziły w ciągu ostatnich dziesięcioleci do ograniczenia zakresu ingerencji państwa w funkcjonowanie rynku gazu i energii elektrycznej. Nie powstała jednak sytuacja, w której państwo całkowicie „umywa ręce” w dziedzinie dostarczania energii – raczej wprowadza w większym zakresie mechanizmy rynkowe w celu wspierania określonych technologii.

Tych mechanizmów rynkowych użyto ostatnio bardzo skutecznie – w niektórych, ale nie wszystkich przypadkach – do wsparcia rozwoju energetyki odnawialnej. W szczególności na rynku energii elektrycznej wprowadzono takie mechanizmy, jak taryfy gwarantowane na energię odnawialną wprowadzaną do sieci (*feed-in tariffs*) oraz gwarancje udziałów w rynku. Według stanu na początek 2009 roku w co najmniej 73 krajach istniały odpowiednio sformułowane cele strategii

w zakresie wykorzystania energii odnawialnej. Liczba ta obejmuje także cele na szczeblu stanów i prowincji w USA i Kanadzie, ponieważ państwa te nie sformułowały celów ogólnokrajowych<sup>87</sup>. Te mechanizmy polityczne są podstawą sukcesu energii odnawialnej.

Co ważne, w Europie ustalono i potwierdzono prawnie, że mechanizmy te nie stanowią pomocy publicznej. W swoim precedensowym orzeczeniu z 2001 roku Europejski Trybunał Sprawiedliwości stwierdził jasno, że prawidłowo skonstruowane taryfy w zakresie wprowadzania energii odnawialnej do sieci nie są pomocą publiczną, lecz uzasadnionym działaniem mającym na celu wyrównanie kosztów zewnętrznych, nieuwzględnianych przy kalkulacji cen. Wspomniane orzeczenie zostało rozwinięte przez Komisję Europejską, która reprezentuje opinię, że z punktu widzenia efektywności gospodarki liczne niedoskonałości rynku uzasadniają interwencje państwa na rynkach energii odnawialnej<sup>88</sup>. Przedstawiono następujące argumenty:

- „Ponieważ całkowita internalizacja (...) kosztów zewnętrznych wydaje się obecnie politycznie niemożliwa do zrealizowania w większości krajów (...), wspieranie energii odnawialnej – przy uwzględnieniu jej niskoemisyjności – może być usprawiedliwione względami efektywności”
- „Choć niektóre źródła odnawialne, jak elektrownie wiatrowe w najlepszych lokalizacjach, mają strukturę kosztów zbliżoną do źródeł konwencjonalnych, powszechnie uważa się, że energetyka odnawialna nie jest jeszcze technologią konkurencyjną na niechronionym rynku energii elektrycznej, zwłaszcza że funkcjonowanie tego rynku jest wciąż zakłócanie istnieniem dużej liczby bezpośrednich i pośrednich subwencji dla istniejącego systemu elektroenergetycznego i opiera się na infrastrukturze budowanej głównie w czasach, gdy sektor energetyczny był państwowy (...). Mimo dobrych perspektyw długoterminowych źródeł odnawialnych rynek wciąż inwestuje za mało w badania i rozwój, w związku z czym rządy powinny dostarczać bodźców zachęcających do wprowadzania innowacyjnych rozwiązań”
- „Obecne systemy regulacji faworyzują energię konwencjonalną, która dodatkowo przystąpiła w przeszłości w wielkim zakresie do rządowego wsparcia w dziedzinie badań i rozwoju”

87 REN 21, „Renewables Global Status Report 2009 Update: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century”, 2009.  
88 Komunikat Komisji Wspólnot Europejskich, „Wsparcie dla wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych”, SEC(2005) 1571, Com(2005)627 końcowy, grudzień 2005.

### Porównanie poziomu subwencji na energię jądrową w USA

W ciągu początkowych 15 lat funkcjonowania energetyka wiatrowa i jądrowa wyprodukowały porównywalną ilość energii (jądrowa: 2,6 mld kWh; wiatrowa: 1,9 mld kWh), ale subwencje dla energetyki jądrowej ponad 40-krotnie przewyższały subwencje dla wiatrowej (odpowiednio 39,4 mld i 900 mln USD).

Marshall Goldberg, *Federal Energy Subsidies: Not All Technologies Are Created Equal*, „REPP Project Report”, nr 11, lipiec 2000

Brak zamówień na nowe elektrownie jądrowe na większości zliberalizowanych rynków spowodował ograniczone użycie mechanizmów wsparcia dla tej technologii, mimo udostępniania i rezerwowania coraz większych środków na jej finansowanie. Najbardziej wyrazistym przykładem są Stany Zjednoczone, gdzie Ustawa energetyczna z 2005 roku (Energy Act) gwarantuje energetyce jądrowej wsparcie finansowe, które obejmuje:

- obniżkę podatku od wyprodukowanej energii: 1,8 centa za każdą kWh z sześciu nowych reaktorów przez osiem lat – koszt dla skarbu państwa: 5,7 mld USD;
- gwarancje kredytowe dla pierwszych 6–8 reaktorów (o wartości do 18,5 mld USD);
- wsparcie w zakresie zabezpieczenia przed opóźnieniami natury prawnej (wartość: do 500 mln USD dla pierwszych dwóch reaktorów i 250 mln USD dla kolejnych czterech);
- fundusz o wartości 850 mln USD na dalsze badania i rozwój;
- wsparcie w zakresie wygaszania i rozbiórki starych instalacji (do 1,3 mld USD).

W grudniu 2007 roku Christopher Crane, prezes Exelon Generation, jednego z przedsiębiorstw, które zadeklarowały zamiar budowy nowych elektrowni atomowych, powiedział: „Jeżeli do 2009 roku nie ruszą gwarancje kredytowe, nie posuniemy się do przodu”<sup>89</sup>. Znaczenie

tego konkretnego mechanizmu rynkowego stało się jasne w styczniu 2010 roku, gdy prezydent Obama potroił pulę środków finansowych i udostępnił do 54 mld USD w ramach swojego projektu ustawy energetycznej.

Jak już wspomniano, w innych krajach, gdzie funkcjonują zliberalizowane rynki energetyczne, istnieje mniej mechanizmów jawnie przeznaczonych do wspierania tylko energetyki jądrowej. Wypracowano jednak szersze mechanizmy wsparcia, które mogą umożliwić dalsze dofinansowywanie tej branży. Na nieformalnym szczycie w Hampton Court w październiku 2005 roku za kadencji brytyjskiego premiera Tony’ego Blaira, Dieter Helm przedstawił nieformalny dokument zatytułowany „Europejska polityka energetyczna, zabezpieczenie dostaw i sprostanie wyzwaniom zmiany klimatu”<sup>90</sup>. Dokument ten sugerował, że potrzeba inwestycji – w związku z koniecznością zakończenia okresu eksploatacji dużej części obecnych mocy wytwórczych – to idealna okazja do inwestowania w „pozawęglowe źródła energii”. Ponadto w dokumencie znalazło się następujące stwierdzenie: „UE powinna rozważyć rozszerzenie definicji źródeł odnawialnych w kierunku definicji obejmującej różne technologie umożliwiające redukcję emisji”.

Niekiedy podejmowano bardziej zdecydowane próby zmiany klasyfikacji energii jądrowej i zaliczenia jej do źródeł odnawialnych. W amerykańskim stanie Arizona w lutym 2010 roku stoczono sądowy bój o zmianę sformułowania językowego zawartego w projekcie ustawy o energii odnawialnej. W projekcie tym proponowano, aby włączyć energię atomową do definicji energii odnawialnej. Pozwoliłoby to uwzględnić energię jądrową w ramach przewidzianych 15% źródeł odnawialnych, z których przedsiębiorstwa użyteczności publicznej mają pozyskiwać energię. Gdy sporne sformułowanie zostało wycofane z projektu ustawy, gubernator Arizony Jan Brewer złożył oświadczenie: „Jest to jasny i zgodny sygnał dla pracodawców na całym świecie – Arizona pozostaje jedną z najważniejszych lokalizacji dla branży energetyki słonecznej”<sup>91</sup>.

89 *Loan Guarantees Tagged as Key for Nuclear Builds*, „Power, Finance and Risk”, 21 grudnia 2007.

90 Dieter Helm, „European Energy Policy: Securing Supplies and Meeting the Challenge of Climate Change”, [http://www.offnews.info/downloads/european\\_energy.pdf](http://www.offnews.info/downloads/european_energy.pdf).

91 *Bill to Classify Nuclear as Renewable Energy Killed*, „Phoenix Business Journal”, 22 lutego 2010, <http://phoenix.bizjournals.com/phoenix/stories/2010/02/22/daily51.html>.

Komisja Europejska opublikowała 8 marca 2006 Zieloną Księgę „Europejska Strategia na rzecz Zrównoważonej, Konkurencyjnej i Bezpiecznej Energii”<sup>92</sup>, zawierającą następujący fragment na temat technologii niskoemisyjnych:

Ponadto stosowne byłoby uzgodnienie ogólnego celu strategicznego, równoważącego wykorzystanie energii, konkurencyjność i bezpieczeństwo dostaw. Byłby on stworzony na podstawie szczegółowej oceny wpływu i zapewniłby punkt odniesienia, na podstawie którego można byłoby ocenić rozwój różnorodności form energii w UE, co pomogłoby UE w zahamowaniu wzrastającego uzależnienia od importu. **Przykładowo celem takim mogłoby być dążenie do osiągnięcia pewnego minimalnego poziomu całej energii w UE pochodzącego z bezpiecznych i niskoemisyjnych źródeł energii.** Taki punkt odniesienia stanowiłby odzwierciedlenie potencjalnych zagrożeń związanych z uzależnieniem od importu, określałby całościowe dążenie do długoterminowego rozwoju niskoemisyjnych źródeł energii oraz **zezwalałby na określenie zasadniczych działań wewnętrznych niezbędnych dla osiągnięcia tych celów.**

Takie działania proponuje się obecnie w Europie, zaś w lutym 2010 roku brytyjski regulator OFGEM oświadczył, że „istnieje rosnąca zgodność co do tego, że pozostawanie przy obecnym systemie ustaleń rynkowych i innych zachęt nie jest brane pod uwagę” ze względu na bezpieczeństwo dostaw i wymogi środowiskowe<sup>93</sup>. Jednym z działań rozważanych przez OFGEM były przetargi na moc pochodzącą z różnych źródeł, także odnawialnych i jądrowych, w celu zapewnienia możliwości jaśniejszego sygnalizowania inwestorom długotrwałych tendencji.

Używanie mechanizmów rynkowych w celu szerszego rozpowszechnienia energii odnawialnej uznano w Europie za zgodne z prawem, ponieważ mechanizmy te próbują niwelować występujące na rynkach zakłócenia środowiskowe i ekonomiczne.

Ponadto wspierają rozwój nowej technologii, która nie miała szans skorzystać z – kiedyś znacznie większych – środków budżetowych na badania i rozwój oraz z budowy infrastruktury w czasach, gdy system należał do państwa. Takiego uzasadnienia nie da się zastosować w odniesieniu do energetyki jądrowej, ponieważ technologia ta otrzymywała i nadal otrzymuje największą część środków przeznaczonych na badania i rozwój, była faworyzowana w ramach tworzenia infrastruktury i nie ponosi pełnej odpowiedzialności za obecne i potencjalne skutki środowiskowe, które wywołuje. Mimo to obecnie w Stanach Zjednoczonych ponownie podejmuje się działania w kierunku zapewnienia wsparcia finansowego dla technologii jądrowej, podczas gdy w Europie odchodzi się od konkretnych celów w zakresie wprowadzania technologii odnawialnych na rzecz ustalenia celów „niskoemisyjnych”. Takie działania mogą osłabić skuteczność strategii na rzecz energii odnawialnej oraz – co ważniejsze – wywołać u inwestorów wątpliwości co do trwałości zaangażowania rządów w rozwój energii odnawialnej.

W tym rozdziale przeanalizowane zostały koszty utraconych korzyści energetyki jądrowej i odnawialnej. Istnieje jednak cały szereg dodatkowych zagadnień, które wymagają szczegółowych porównań. W opracowaniu autorstwa Marka Jacobsona, opublikowanym w „Energy and Environmental Science”<sup>94</sup>, dokonano analizy różnych źródeł energii i ich potencjału w zakresie ograniczania zmian klimatu i zanieczyszczenia powietrza, a także zapewniania bezpieczeństwa energetycznego. Uwzględniono przy tym także wiele innych czynników: dostawy wody, użytkowanie gruntów, przyrodę, dostępność zasobów, zanieczyszczenia termiczne, zanieczyszczenia wód, rozprzestrzenianie broni jądrowej i niedożywienie. Wnioski z badań profesora Jacobsona pokazują, że energia jądrowa<sup>95</sup> zajmuje miejsce poniżej wszystkich opcji odnawialnych wykorzystywanych do wytwarzania energii elektrycznej. Wśród rozpatrywanych opcji znalazły się ogniwa fotowoltaiczne, koncentracja energii słonecznej, elektrownie wiatrowe, geotermia, elektrownie wodne, falowe, pływowe, jądrowe, węglowe z CCS, biomasa, kukurydza i celuloza.

92 [http://europa.eu.int/comm/energy/green-paper-energy/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/energy/green-paper-energy/index_en.htm).

93 OFGEM, „Action Needed to Ensure Britain’s Energy Supplies Remain Secure”, oświadczenie prasowe, 4 lutego 2010.

94 Mark Z. Jacobson, *Review of Solutions to Global Warming, Air Pollution and Energy Security*, „Energy and Environmental Science”, 1 grudnia 2008.

95 Wpływ polityki w dziedzinie energetyki jądrowej na klimat i środowisko opisano bardziej w artykule Feliksa Matthesa, patrz [http://www.boell.de/downloads/ecology/NIP6\\_MatthesEndf.pdf](http://www.boell.de/downloads/ecology/NIP6_MatthesEndf.pdf).



## Wnioski

Energia jądrowa była i pozostaje beneficjentem wielkich subwencji rządowych. Na jednym z przykładów widać, że w ciągu początkowych 15 lat funkcjonowania energetyka wiatrowa i jądrowa wyprodukowały w Stanach Zjednoczonych porównywalną ilość energii (jądrowa: 2,6 mld kWh; wiatrowa: 1,9 mld kWh), ale subwencje dla energetyki jądrowej ponad 40-krotnie przewyższały subwencje dla wiatrowej (odpowiednio 39,4 mld i 900 mln USD). Nawet dziś, mimo malejącej liczby zamówień na nowe elektrownie atomowe oraz rozwoju innych technologii, energetyka jądrowa ma w dalszym ciągu zagwarantowany dostęp do przeważającej części rządowych funduszy na badania i rozwój.

Ponadto otrzymuje ona duże dotacje pośrednie<sup>96</sup> (na skutek nieuwzględniania kosztów środowiskowych w cenie energii), zwłaszcza w postaci gwarancji rządowych w dziedzinie składowania końcowego i utylizacji odpadów radioaktywnych. Bardziej bezpośrednie formy wsparcia finansowego obejmują ograniczenia i gwarancje rządowe w zakresie ubezpieczeń od odpowiedzialności stron trzecich, gwarancje ze strony agencji kredytów eksportowych, ulgi podatkowe na produkcję i poręczenia kredytów.

Zebrane na całym świecie doświadczenia w zakresie budowy reaktorów potwierdzają tendencję do przekraczania budżetów i powstawania opóźnień. Historia dwóch największych programów nuklearnych na świecie – amerykańskiego i francuskiego – wykazała, że ich koszty wzrosły odpowiednio pięcio- i trzykrotnie. Nie można tego usprawiedliwiać kosztami nowatorskich rozwiązań ani „chorobami wieku dziecięcego” – są to problemy natury systemowej, związane z wielkością, uwarunkowaniami politycznymi i złożonością projektów. Realizacja najnowszych projektów – w fińskim Olkiluoto i francuskim Flamanville – potwierdza, że czynniki te nadal stanowią problem. Wzrost kosztów i opóźnienia przy budowie reaktorów nie tylko pochłaniają coraz więcej funduszy przeznaczonych na inwestycje. Opóźnienia podnoszą poziom emisji w całym sektorze.

Z perspektywy systemowej strategia jądrowa oraz strategia nastawiona na efektywność energetyczną i źródła odnawialne po prostu wzajemnie się wykluczają – nie tylko w dziedzinie inwestycji. Widać to coraz wyraźniej w krajach i regionach, w których źródła odnawialne wytwarzają dużą część energii elektrycznej, np. w Niemczech i Hiszpanii. Poniżej główne powody takiego stanu rzeczy.

<sup>96</sup> Bardziej szczegółowa analiza historii dotacji rządowych do energetyki jądrowej w Niemczech patrz *Green Budget Germany* (2009) – „Staatliche Förderungen der Atomenergie im Zeitraum 1950 bis 2008”.



- **Konkurowanie o ograniczone fundusze na inwestycje.** Każde euro, każdego dolara czy yuana można wydać tylko raz. Środki trzeba więc wydawać na te rozwiązania, które jak najszybciej zagwarantują możliwie największe ograniczenie emisji. Energia jądrowa to nie tylko jedna z najdroższych, lecz także najwolniejsza opcja.
- **Nadmiar mocy osłabia bodźce efektywnościowe.** Scentralizowane, duże jednostki wytwarzania sprzyjają powstawaniu strukturalnego nadmiaru mocy. Nadmiar mocy nie pozostawia miejsca na efektywność.
- **Potrzeba elastycznej, komplementarnej mocy.** Przy podnoszeniu udziału energii odnawialnej będą potrzebne elastyczne instalacje, pracujące przy średnim obciążeniu, a nie pozbawione elastyczności duże elektrownie podstawowe.
- **Przyszłe sieci działają w obie strony.** Inteligentne liczniki, urządzenia i sieci już nadchodzą. Rządząca nimi nowa logika obejmuje zasadniczą zmianę systemu i przekazanie użytkownikowi także funkcji w zakresie wytwarzania i magazynowania. To zasadnicza różnica w porównaniu ze scentralizowanym systemem odgórnym.

Dla celów przyszłego planowania, zwłaszcza w krajach rozwijających się, ważne jest jasne określenie sprzecznych ze sobą cech systemowych dla energetyki jądrowej w opozycji do efektywności energetycznej i źródeł odnawialnych. Wiele efektów systemowych nie jest do dziś odpowiednio udokumentowanych czy wręcz zrozumiałych. Konieczne jest pilne podjęcie badań i opracowanie analiz w tej dziedzinie.

Jest to szczególnie ważne właśnie teraz, ponieważ następna dekada będzie kluczowa dla określenia stopnia zrównoważenia, bezpieczeństwa i rentowności sektora energetycznego przynajmniej na jedno pokolenie. Połączenie poniższych trzech kluczowych przesłanek i spostrzeżeń musi zmienić sposób świadczenia usług energetycznych oraz wytwarzania, przesyłu i użytkowania nośników energii (prądu elektrycznego, wodoru itd.) oraz paliw. Są to:

- rosnąca świadomość potrzeby działań na rzecz ograniczenia zagrożeń związanych ze zmianami klimatu oraz uświadomienie sobie

znaczenia wkładu sektora energetycznego w te działania;

- rosnąca i nasilająca się globalna konkurencja w zakresie dostępu do tradycyjnych zasobów energetycznych oraz brak możliwości zaspokojenia rosnącego popytu odkryciami nowych złóż i zasobów;
- potrzeba przyspieszenia inwestycji w sektorze energetycznym: w krajach OECD ze względu na starzenie się istniejącej infrastruktury, w krajach rozwijających się – ze względu na przyspieszoną urbanizację oraz rosnący popyt na zróżnicowane i rozbudowane usługi energetyczne.

Jak stwierdziła Międzynarodowa Agencja Energetyczna (i inne podmioty), kontynuacja dotychczasowych praktyk nie wchodzi w grę. Energetyka odnawialna odniosła jako branża jeden z największych, jeżeli nie w ogóle największy sukces komercyjny ostatniego dziesięciolecia. W skali globu wydatki w 2009 roku na nową moc wytwórczą pochodzącą ze źródeł odnawialnych, bez dużych elektrowni wodnych, były drugi rok z rzędu wyższe niż na inwestycje w energię pochodzącą z paliw kopalnych. W 2009 roku w Europie zainwestowano w energetykę wiatrową 13 mld EUR, co pozwoliło zbudować elektrownie stanowiące 39% wszystkich nowych instalacji wytwórczych. Już drugi rok z rzędu zainstalowano więcej mocy pochodzącej z elektrowni wiatrowych niż z jakiegokolwiek innej technologii. Źródła odnawialne stanowiły 61% nowej mocy podłączonej w UE do sieci w 2009 roku. Unijny sektor energetyczny w dalszym ciągu odchodzi od węgla, oleju opałowego i energii jądrowej – w przypadku każdej z wymienionych technologii zamyka się więcej mocy wytwórczych, niż buduje i instaluje. Choć oczywiście niektóre kraje osiągają większe sukcesy niż pozostałe we wprowadzaniu źródeł odnawialnych, istnieje globalna tendencja do zwiększania ich udziału, a co najmniej 73 kraje sformułowały strategię osiągania docelowych wartości w tym zakresie. Co istotne, wiele krajów rozwijających się jest na czele stawki w dziedzinie wytwarzania i użytkowania energii odnawialnej. Chiny zajmują już pierwsze miejsce na świecie w dziedzinie słonecznych elektrowni ciepłych, niedługo powinny stać się największym producentem turbin wiatrowych, a w 2009 zanotowały największy wzrost mocy zainstalowanej z farm wiatrowych. W Europie zużycie energii odnawialnej ma wzrosnąć trzykrotnie w najbliższym dziesięcioleciu, a we wszystkich krajach OECD – istotnie się zwiększyć.

Użytkowanie energii odnawialnej wykazało, że branża ta stanowi kluczowy zestaw technologii służących ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych w sektorze energetycznym. Rola tej energii w innych sektorach – transporcie, branży ogrzewania i klimatyzacji – musi jednak dopiero zostać w pełni rozpoznana. Jej udział w zestawieniu wszystkich źródeł jest tu znacznie niższy niż udział w sektorze elektroenergetycznym wielu krajów, jeżeli pominąć tradycyjne i niekomercyjne źródła energii.

Należy jednak uświadomić sobie, że strategię na rzecz energii odnawialnej nie doprowadzą do niezbędnej redukcji emisji bez jednoczesnego podjęcia wysiłków w dziedzinie podnoszenia efektywności energetycznej wszystkich systemów. Niemiecki sektor energetyczny jest dobitnym przykładem na poparcie tej tezy: zużycie energii rosło tam szybciej niż następowało „odwęglanie” kilowatogodzin i zniwelowało prawie wszystkie pozytywne dla środowiska efekty udanych programów w dziedzinie energii odnawialnej. Początek wspomnianych wysiłków powinno stanowić opracowanie planu długoterminowych inwestycji infrastrukturalnych, zwłaszcza w dziedzinie urbanistyki, konstrukcji budynków i użytkowania gruntów. Nie stać nas na dalsze kreowanie sztucznych potrzeb transportowych, powstających w wyniku budowania biurowców i centrów handlowych tam,

gdzie nie ma domów mieszkalnych. Nie mamy ani wystarczająco dużo czasu, ani zasobów, żeby marnować je, inwestując najpierw w energochłonne budynki, a potem (ewentualnie) – w ich modernizację.

Zaufanie do trwałości i skuteczności rządowych strategii ma decydujące znaczenie w kontekście przyciągnięcia do sektora efektywności energetycznej i energii odnawialnej także inwestorów prywatnych. Należy utrzymać w dłuższej perspektywie wysoką „rangę inwestycyjną”<sup>97</sup> strategii rozwoju tego sektora. Najlepiej byłoby, gdyby te strategię służyły wskazaniu szans i celów każdego sektora energii odnawialnej, z uwzględnieniem sytuacji rynkowej i stadium rozwoju poszczególnych technologii, aby zapewnić dostęp do odpowiednich (ale nie nadmiernie rozbudowanych) mechanizmów wsparcia. Stosunkowo niski udział energii odnawialnej (poza energią wodną) w światowej produkcji energii wskazuje z jednej strony na istniejący potencjał rynkowy, z drugiej zaś na skalę niezbędnych inwestycji krótko- i długoterminowych. Dlatego potrzebne są jasne, stabilne sygnały, świadczące o trwałości zaangażowania rządów w ten sektor. Wysyłanie sprzecznych sygnałów poprzez wysuwanie propozycji łączenia strategii w zakresie energii odnawialnej z celami „niskoemisijnymi” stworzy nastrój niepewności i niewątpliwie opóźni bądź wstrzyma inwestycje.

**Antony Froggatt** jest *Senior Research Fellow* w Chatham House (Królewski Instytut Spraw Międzynarodowych, Londyn), gdzie specjalizuje się w zagadnieniach związanych ze zmianami klimatu, polityką energetyczną UE oraz energią jądrową. Od ponad 20 lat współpracuje regularnie z organizacjami pozarządowymi i think tankami w kwestiach związanych z unijną polityką energetyczną. Doradca europejskich rządów, Komisji Europejskiej i Parlamentu Europejskiego oraz podmiotów komercyjnych. W Chatham House był współautorem opracowań na temat synergii i konfliktów w dziedzinie strategii energetycznej i klimatycznej oraz rozwoju sektora niskoemisyjnego w Chinach.

**Mykle Schneider** pracuje w Paryżu jako niezależny międzynarodowy konsultant w dziedzinie strategii energetycznych i nuklearnych. Obecnie sprawuje funkcję doradcy w ufundowanym przez Amerykańską Agencję ds. Rozwoju Międzynarodowego (USAID) programie ECO-Asia poświęconemu efektywności energetycznej i polityce na rzecz energii odnawialnej. W latach 1983–2003 dyrektor wykonawczy energetycznego serwisu informacyjnego WISE-Paris i redaktor naczelny internetowego „Plutonium Investigation”. W latach 2000–2009 doradca niemieckiego Ministerstwa Środowiska. Od 2004 roku prowadzi w Ecole des Mines w Nantes (Francja) wykłady o strategiach na rzecz środowiska i energii (Environment and Energy Strategies Lecture) w ramach programu międzynarodowych studiów magisterskich International Master of Science for Project Management for Environmental and Energy Engineering. W latach 2006/2007 członek konsorcjum konsultantów, oceniających dla Komisji Europejskiej kwestię finansowania demontażu instalacji jądrowych i zagospodarowania odpadów. Świadczył usługi doradcze i dostarczał informacji wielu klientom: Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA), Greenpeace International, UNESCO, World Wide Fund for Nature (WWF), Komisji Europejskiej, Głównej Dyrekcji ds. Badań Parlamentu Europejskiego oraz Francuskiemu Instytutowi Ochrony Radiologicznej (IRSN). W 1997 roku został uhonorowany nagrodą Right Livelihood Award („alternatywnym Noblem”) wraz z Jinzaburo Takagim za wspólną pracę nad kwestiami związanymi z plutonem.

97 Patrz Kirsty Hamilton, „Unlocking Finance for Clean Energy: The Need for <Investment Grade> Policy”, grudzień 2009, [http://www.chathamhouse.org.uk/files/15510\\_bp1209cleanenergy.pdf](http://www.chathamhouse.org.uk/files/15510_bp1209cleanenergy.pdf); Hamilton jest pracownikiem naukowym Chatham House (Królewski Instytut Spraw Międzynarodowych).

Energia jądrowa jako „technologia pomostowa”? W wietrzne dni, w okresie niskiego zapotrzebowania na energię, już dziś dużą część popytu w Niemczech pokrywa się ze źródeł wiatrowych. Ponieważ ze względów ekonomicznych w elektrowniach jądrowych (a także w dużych elektrowniach węglowych) nie ogranicza się krótkoterminowo wytwarzanej mocy, nadwyżki energii trzeba – ze stratą – eksportować za granicę. W tym szaleństwie jest więc metoda. Nie przeanalizowano do tej pory gruntownie wielu kwestii systemowych pod kątem (braku) kompatybilności scentralizowanego wykorzystywania energii jądrowej z rozproszonym wytwarzaniem energii, efektywnością energetyczną i wykorzystaniem źródeł odnawialnych. Jakie są konsekwencje dla rozwoju sieci i w jaki sposób konkretne wybory w zakresie charakterystyki sieci wpływają na strategię inwestowania w wytwarzanie energii? W jakim zakresie

wielkość jednostki wytwarzającej energię jest współodpowiedzialna za istnienie strukturalnego nadmiaru mocy wytwórczej i zniechęca tym samym do działań w zakresie podniesienia efektywności energetycznej? Jak fundusze i dotacje rządowe stymulują długoterminowe procesy decyzyjne? Czy duże elektrownie wykorzystujące źródła odnawialne wywołują takie same efekty systemowe, jak duże elektrownie węglowe i jądrowe? Niniejsze opracowanie przedstawia realia i wskazuje kwestie, którymi trzeba się pilnie zająć. Jest rzeczą oczywistą, że korzystanie z energii jądrowej nie zagwarantowało powszechnego i sprawiedliwego dostępu do usług energetycznych w krajach, które zdecydowały się korzystać z tej energii. Czy jednak strategia jądrowa hamuje rozwój czystej energetyki, opartej na efektywności energetycznej i źródłach odnawialnych? Istnieją mocne dowody na to, że tak właśnie jest.

**HEINRICH BÖLL STIFTUNG**  
WARSZAWA

ul. Żurawia 45, III p., 00-680 Warszawa  
T 22 59 42 333 F 22 59 42 337  
E [hbs@boell.pl](mailto:hbs@boell.pl) W [www.boell.pl](http://www.boell.pl)

