



Elektrownia Bełchatów

# TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA JEST NIEZBĘDNA I MOŻLIWA

Czy neutralność klimatyczna jest celem osiągalnym dla Polski oraz co oznacza i z czym się wiąże to cywilizacyjne wyzwanie, odpowiada **dr hab. inż. Bolesław Zaporowski** z Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej.



## Jaka była bezpośrednia przyczyna zwrócenia uwagi na to, że wysoka konsumpcja paliw kopalnych stanowi zagrożenie dla ludzkości?

**BOLESŁAW ZAPOROWSKI:** Po II wojnie światowej, a szczególnie po 1950 roku, w większości krajów świata nastąpiło bardzo duże przyspieszenie rozwoju gospodarczego. Było ono spowodowane naturalnym dążeniem do nadrobienia strat poniesionych w czasie wojny, a także wcześniejszych, z czasu wielkiego kryzysu gospodarczego lat 1929–1933. Wiązało się to z dużym wzrostem zużycia naturalnych źródeł energii (energii pierwotnej), szczególnie paliw kopalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny. W wyniku ich spalania nastąpił bardzo szybki wzrost emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery. Z poziomu około 6 mld ton CO<sub>2</sub> w 1950 roku wzrósł on do około 43 mld ton CO<sub>2</sub> w 2019 roku. W konsekwencji została zakłócona równowaga między emisją a pochłanianiem CO<sub>2</sub> w ekosystemie i wzrost koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze z poziomu 315 ppm (*parts per milion* – cząstek na milion) w 1950 roku do poziomu 415 ppm w 2019 roku. W 1900 roku, uznawanym za początek okresu produkcji i użytkowania w szerokim zakresie energii elektrycznej, emisja CO<sub>2</sub> do atmosfery wynosiła około 2 mld ton CO<sub>2</sub>, a koncentracja CO<sub>2</sub> w atmosferze około 288 ppm.

Na początku proces wzrostu koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze i jego wpływu na klimat toczył się niepostrzeżenie. Dopiero w 1988 roku Światowa Organizacja Meteorologiczna (World Meteorological Organization – WMO) i Organizacja Narodów Zjednoczonych (ONZ) powołały Międzyrządowy Zespół ds. Zmiany Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), który miał bliżej rozpoznać ten problem.

Na 14. Światowej Konferencji Energetycznej (World Energy Congress) w Montrealu (1989), która odbyła się pod hasłem „Energy for Tomorrow”, przyjęto zasadę, że kierunki rozwoju energetyki powinny być rozważane w trzech aspektach: efektywności energetycznej, wpływu na środowisko i efektywności ekonomicznej. W skrócie nazwano je „trzy E” (*efficiency, ecology, economy*). Istotną zmianą było dodanie nowych aspektów do najważniejszej dotychczas efektywności energetycznej.

Na podstawie raportu IPCC Zgromadzenie Ogólne ONZ w 1990 roku przyjęło rezolucję w sprawie rozpoczęcia procesu międzynarodowych negocjacji w sprawie przeciwdziałania zmianom klimatu. 9 maja 1992 roku w siedzibie ONZ w Nowym Jorku międzynarodowy zespół specjalistów z 35 państw, w tym z Polski, zakończył prace nad Ramową Konwencją Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmiany Klimatu (United Nations Framework Convention on Climate Change), która została wyłożona do podpisu 4 czerwca 1992 roku na konferencji ONZ „Środowisko i Rozwój” w Rio de Janeiro. Ze strony polskiej konwencję podpisał 21 marca 1994 roku minister

spraw zagranicznych Andrzej Olechowski, a ratyfikował 16 czerwca 1994 roku prezydent Lech Wałęsa. Konwencja weszła w życie 24 października 1994 roku i jest zobowiązującym międzynarodowym aktem prawnym (Dz.U. z 1996 roku nr 53, poz. 238). Zaczyna się od słów: „Uznając, że zmiany klimatu Ziemi i ich negatywne skutki są wspólnym problemem ludzkości...”, co świadczy o zrozumieniu znaczenia tego problemu przez światowych przywódców.

Najwyższym organem Konwencji są coroczne konferencje Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmiany Klimatu (Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change). Przedmiotem obrad rządów w czasie cyklicznych spotkań jest treść dokumentów określających wdrażanie przez państwa zobowiązań wynikających z Konwencji. Jej nadrzędnym celem jest ustabilizowanie koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze na bezpiecznym poziomie. Dotychczas odbyło się 25 takich konferencji, począwszy od 1995 roku do 2019 roku. W 2020 roku z powodu pandemii spotkanie odwołano. Na przełomie listopada i grudnia 2021 roku przedstawiciele rządów mają się zebrać po raz 26. w Glasgow. W Polsce odbyły się trzy konferencje Stron Ramowej Konwencji ONZ poświęcone zmianom klimatycznym: 13. w 2008 roku w Poznaniu, 19. w 2013 roku w Warszawie i 24. w 2018 roku w Katowicach. Najważniejsze decyzje zostały podjęte na 3. Konferencji w Kioto (1997), na której przyjęto tzw. Protokół z Kioto, i na 21. Konferencji w Paryżu (2015), na której osiągnięto tzw. Porozumienie paryskie (Paris Agreement).

Protokół z Kioto zobowiązywał kraje, które go ratyfikowały, do redukcji emisji gazów cieplarnianych w okresie 2008–2012 poniżej bazowego poziomu emisji. Dla większości państw bazowym poziomem była emisja w 1990 roku, a dla Polski w 1988 roku. Polska była zobowiązana do redukcji emisji o 6 proc. poniżej tego poziomu. Protokół z Kioto wszedł w życie 16 lutego 2005 roku. Do końca 2005 roku dokument ratyfikowało 157 krajów, które tym samym stały się jego stronami. Protokół z Kioto był pierwszym krokiem do właściwych negocjacji międzynarodowych w sprawie zmian klimatu, na których rezultat świat musiał czekać aż do 2015 roku, do 21. Konferencji Stron Ramowej Konwencji ONZ w Paryżu. To właśnie wtedy zawarto pierwsze w historii powszechne, prawnie wiążące porozumienie klimatyczne, które może uchronić świat przed skutkami zmian klimatu. Jego realizacja ma zatrzymać średni wzrost temperatury na Ziemi poniżej 2 st. C w porównaniu z temperaturą naszego globu w okresie przedprzemysłowym. Są jednak podejmowane wysiłki, aby ten wzrost nie był większy niż 1,5 st. C. W Europie prace dotyczące obserwacji, zbierania danych i analiz w dziedzinie zmian klimatu są prowadzone m.in. w ramach zarządzanego przez Unię Europejską programu Copernicus przez



**dr hab. inż.  
Bolesław Zaporowski**

Jest emerytowanym profesorem Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej, członkiem Komitetu Problemów Energetyki przy Prezydium Polskiej Akademii Nauk i Komitetu Elektrotechniki przy IV Wydziale Nauk Technicznych Polskiej Akademii Nauk. Specjalizuje się w zagadnieniach technologii wytwarzania energii elektrycznej.  
boleslaw.zaporowski@put.poznan.pl

europijską służbę monitorowania zmiany klimatu (Copernicus Climate Change Service – C3S). Wyniki tych prac są wykorzystywane m.in. przez Europejskie Centrum Średnioterminowych Prognoz Pogody (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF). Copernicus Climate Change Service przekazała informację, że 2020 rok (obok 2016) był najcieplejszym rokiem w historii pomiarów, a średnia temperatura na Ziemi była w tym roku już wyższa o 1,25 st. C w porównaniu z temperaturą okresu przedprzemysłowego.

Porozumienie paryskie zostało przyjęte przez 189 krajów przez aklamację w ostatnim dniu Konferencji w Paryżu, 12 grudnia 2015 roku. Polska podpisała je w siedzibie ONZ w Nowym Jorku 27 kwietnia 2016 roku, a Sejm przyjął ustawę o jego ratyfikacji 6 października w tym samym roku. Porozumienie weszło w życie 4 listopada 2016 roku, po jego ratyfikacji przez 55 krajów mających ponad 55-proc. udział w globalnej emisji CO<sub>2</sub>. Przed 21. Konferencją Stron Ramowej Konwencji ONZ kraje przedkładały plany redukcji emisji CO<sub>2</sub> w różnej wysokości. Na kolejnych konferencjach doszło jednak do ich ujednoczenia w postaci zobowiązania uzyskania neutralności klimatycznej,

Większość krajów, w tym państwa członkowskie Unii Europejskiej, zamierza uzyskać stan neutralności klimatycznej do 2050 roku.

to znaczy stanu, w którym wystąpi równowaga emisji i pochłaniania CO<sub>2</sub>. Większość krajów, w tym państwa członkowskie Unii Europejskiej, zamierza uzyskać ten stan do 2050 roku. W skali świata oznacza to zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> z obecnego poziomu około 43 mld ton CO<sub>2</sub> do około 4,5 mld ton CO<sub>2</sub> w 2050 roku. Stan ten ma być osiągnięty dzięki poważnej redukcji emisji CO<sub>2</sub> we wszystkich dziedzinach transportu, przemysłu i rolnictwa, a redukcji emisji CO<sub>2</sub> do zera przy wytwarzaniu energii elektrycznej i prawie do zera przy wytwarzaniu ciepła. W 2019 roku energia elektryczna w Polsce była wytwarzana w ponad 73 proc. z węgla, a tylko w około 15 proc. z odnawialnych źródeł energii (OZE).

**Wiemy już, że transformacja energetyczna jest konieczna nie tylko ze względu na cele i zobowiązania klimatyczne, ale i wymagania rynku. Czy pana zdaniem jest ona wykonalna?**

Odpowiedź na to pytanie zależy od tego, do jakiej części naszej planety ją odniesiemy. Porozumienie

paryskie dotyczy całego świata. Stan energetyki w poszczególnych regionach świata jest zróżnicowany i ściśle związany z ich sytuacją ekonomiczną oraz stanem zasobów naturalnych źródeł energii (energii pierwotnej). Stan sektora wytwórczego energii elektrycznej w poszczególnych krajach najlepiej charakteryzują ich systemy elektroenergetyczne. Światowa Rada Energetyczna (World Energy Council) corocznie od 10 lat dokonuje oceny systemów elektroenergetycznych w ponad 130 krajach świata. Stosuje przy tym trzy kryteria oceny: bezpieczeństwo dostawy energii elektrycznej (*energy security*), dostępność energii elektrycznej, mierzoną ceną energii elektrycznej, odniesioną do dochodu narodowego na jednego mieszkańca w danym kraju (*energy equity*) i zrównoważony wpływ na środowisko (*environmental sustainability*).

Na czele listy rankingowej systemów elektroenergetycznych 2020 roku znalazły się Szwajcaria i zaraz za nią Szwecja. W 2019 roku energia elektryczna była w tych krajach wytwarzana w 98,8 proc. w źródłach zeroemisyjnych, w tym 30–40 proc. w elektrowniach jądrowych. Dalsze miejsca na tej liście zajmują: Francja, Brazylia, Finlandia, Kanada, Słowacja, Belgia, Słowenia, Węgry i Hiszpania. Energia elektryczna w źródłach zeroemisyjnych jest w tych krajach wytwarzana od 59,2 proc. w Hiszpanii do 88,8 proc. we Francji. Transformacja energetyczna powinna w nich przebiec względnie szybko i bez ponoszenia wysokich kosztów.

Polska na liście rankingowej systemów elektroenergetycznych 2020 roku zajmuje 41. miejsce na świecie, a 26. (przedostatnie przed Cyprem) wśród państw członkowskich Unii Europejskiej. Dlatego transformacja energetyczna w naszym kraju musi być procesem czaso- i kapitałochłonnym. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że nasz kraj jest dużym (piątym w Unii Europejskiej i 25. w skali światowej) producentem i konsumentem energii elektrycznej i ma w tej dziedzinie znaczne opóźnienia, gdyż na liście potencjału ekonomicznego zajmuje wyższe, 21. miejsce na świecie, mierzone rocznym PKB.

Transformacja energetyczna w Polsce jest wykonalna, ale będzie wymagała znacznych środków finansowych na rozwój zeroemisyjnych technologii wytwarzania energii elektrycznej. Trzeba jednak pamiętać, że wiele państw świata ma dużo gorszą sytuację ekonomiczną, a Polska może dodatkowo liczyć na wsparcie w ramach sprawiedliwej transformacji energetycznej Unii Europejskiej. Dzięki temu powinno się nam udać tak jak innym państwom UE skutecznie przeprowadzić transformację energetyczną. W skali światowej w ramach polityki solidarności Porozumienie paryskie przewiduje powstanie specjalnego funduszu na pomoc w transformacji energetycznej krajom rozwijającym się. Jednak Polska już na początku 2020 roku została zaliczona do krajów rozwiniętych.





### Jakie warunki technologiczne w sektorze energetycznym muszą być spełnione, żeby Polska mogła dojść do neutralności klimatycznej?

Najważniejszym problemem, który musi znaleźć rozstrzygnięcie w najbliższych miesiącach, aby w Polsce została otwarta „brama” na drodze do neutralności klimatycznej, jest wprowadzenie w życie uchwalonej przez Radę Ministrów 2 lutego 2021 roku „Polityki energetycznej Polski do 2040 roku” oraz uzgodnienie z Komisją Europejską „Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030”, przesłanego do Brukseli w grudniu 2019 roku. Dokumenty te nakreślają drogę długoterminowej strategii budowy bezpiecznego i zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego, zapewniającego bezpieczeństwo elektroenergetyczne kraju, oraz poważnej redukcji emisji CO<sub>2</sub> we wszystkich działach gospodarki. Z tym problemem jest związana „Opinia Komitetu Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk w sprawie wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce”. Dowodzi ona, że przy braku wystarczających zasobów energii wodnej w Polsce, które pozwoliłyby na budowę elektrowni wodnych dużej mocy, budowa bezpiecznego i zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego musi być oparta na OZE i zeroemisyjnych elektrowniach jądrowych. Osiągnięcie neutralności klimatycznej w Polsce około 2050 roku będzie możliwe, jeżeli zostaną wdrożone decyzje przede wszystkim o budowie bezpiecznego i zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego oraz o poważnej redukcji emisji CO<sub>2</sub> przy wytwarzaniu ciepła, w transporcie i we wszystkich gałęziach przemysłu i rolnictwa.

### Poza uzależnieniem od węgla, czym jeszcze wyróżnia się polski rynek energetyczny na tle Europy?

Jeżeli rynek energetyczny rozumiemy szeroko, jako dział gospodarki zajmujący się wytwarzaniem i dostawą energii elektrycznej i ciepła do przemysłu, transportu, usług i ludności, a także paliw do transportu kołowego i lotnictwa, to polski sektor energetyczny ma kilka cech wyróżniających na tle Europy. Pierwsza

z nich dotyczy podsektora wytwarzania i dostawy ciepła. W Polsce, we wszystkich dużych i średnich miastach oraz w większości małych, a także w wielu zakładach przemysłowych istnieją systemy ciepłownicze, które razem tworzą Krajowy System Ciepłowniczy. Charakteryzuje go centralne wytwarzanie ciepła i dostarczanie go do odbiorców za pomocą sieci ciepłowniczych. W większości krajów europejskich przeważa indywidualne wytwarzanie ciepła. Ciepło wytwarzane centralnie i dostarczane do odbiorców za pomocą sieci ciepłowniczych nazywamy ciepłem systemowym albo sieciowym. Rocznie wartość centralnie wytwarzanego ciepła systemowego w Polsce wynosi około 480 000 TJ, czyli około 133,3 TWh. W 2019 roku wartość ta wynosiła 475 477,8 TJ (132,1 TWh). Około 65 proc. ciepła systemowego jest wytwarzane w Polsce w skojarzeniu z energią elektryczną. Aby system ciepłowniczy można było nazwać efektywnym energetycznie, wartość ciepła wytwarzanego w kogeneracji z energią elektryczną powinna wynosić co najmniej 75 proc. Ewentualnie w 50 proc. ciepło systemowe powinno być wytwarzane z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła systemowego odbywa się w tzw. kogeneracyjnych blokach energetycznych, które pracują równocześnie w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym i w jednym z kilkuset (około 400) systemów ciepłowniczych, o różnej mocy cieplnej. Współpraca Krajowego Systemu Elektroenergetycznego z Krajowym Systemem Ciepłowniczym stawia temu pierwszemu dodatkowe wymagania co do ciągłości i stabilności pracy, a w konsekwencji bezpieczeństwa pracy. Najważniejszym kryterium pracy bloku kogeneracyjnego jest bowiem praca z mocą cieplną w skojarzeniu zgodną z zapotrzebowaniem na moc cieplną w systemie ciepłowniczym, która w większości typów bloków kogeneracyjnych wymusza pracę z odpowiednią mocą elektryczną w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym. Wymaga to regulacji mocy w innych jednostkach wytwórczych pracujących w Krajowym Systemie

Farma morskich elektrowni wiatrowych



AKEI1505B, FREEPK.COM

#### Elektrownia jądrowa

Elektroenergetycznym, tak by suma mocy elektrycznej wszystkich jednostek wytwórczych była w każdej chwili równa zapotrzebowaniu na moc.

Dodatkowo Polski System Elektroenergetyczny ma stosunkowo słabe połączenia sieciowe z systemami elektroenergetycznymi krajów sąsiednich, co utrudnia w sytuacjach awaryjnych korzystanie z ich pomocy.

Polska energetyka na tle Europy wyróżnia się niestety także dość zużyтыми jednostkami wytwórczymi, pracującymi w elektrowniach i elektrociepłowniach. Spośród 91 parowych bloków opalanych węglem kamiennym i brunatnym pracującymi w elektrowniach aż 41 pracuje w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym już ponad 40 lat. Czas pracy kogeneracyjnych bloków parowych pracujących w elektrociepłowniach jest średnio jeszcze dłuższy. W ciągu ostatnich 30 lat nie było w polskiej energetyce ciągłości odnowy parku bloków wytwórczych. Po 1988 roku była przerwa w procesie budowy nowych bloków w elektrowniach aż do 1994 roku. W latach 1994–1997 oddano do eksploatacji cztery nowe bloki w elektrowni Opole. Po tej inwestycji znowu nastąpiła przerwa do 2008 roku, gdy oddano nowy blok parowy na parametry nadkrytyczne w elektrowni Pątnów. W ostatnich 12 latach oddano do eksploatacji tylko sześć bloków parowych na parametry nadkrytyczne. Ta nieciągłość inwestowania w źródła wytwórcze w polskiej elektroenergetyce spowodowała zakłócenia w procesie regularności starzenia się bloków energetycznych i wyłączania ich z ruchu oraz powstawanie, w pewnych okresach, niedoboru mocy dyspozycyjnej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym, szczególnie jednostek wytwórczych centralnie dysponowanych (JWCD). Obecnie mamy do czynienia z kumulacją starzenia

się jednostek wytwórczych i koniecznością wyłączania dużej ich liczby z ruchu w krótkim czasie. Konieczność transformacji energetycznej źródeł wytwórczych w polskiej energetyce jest spowodowana zatem nie tylko powstałym problemem związanym ze zmianami klimatu, ale i z zestarzeniem się parku źródeł wytwórczych.

Właściwością, która odróżnia polską energetykę od energetyk większości krajów Europy, jest również stosunkowo niskie zużycie energii elektrycznej na jednego mieszkańca, nawet przy podobnym poziomie dochodu narodowego w innych państwach. W państwach członkowskich Unii Europejskiej wskaźnik ten wyniósł w 2019 roku średnio 6305 kWh/mieszkańca, a w Polsce 4477 kWh/mieszkańca. Największe było w Szwecji i wynosiło 16 779 kWh/mieszkańca. Może to spowodować w najbliższych latach zwiększone zapotrzebowanie na moc elektryczną w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.

#### Czy istnieją techniczne ograniczenia dla wprowadzenia energetyki jądrowej do miksu energetycznego Polski?

Wdrożenie energetyki jądrowej w każdym kraju jest dużym wyzwaniem technologicznym, ekonomicznym i cywilizacyjnym. Problemy związane z wdrażaniem energetyki jądrowej były poważniejsze w początkowym okresie jej rozwoju na świecie, czyli w drugiej połowie ubiegłego wieku. Dzisiaj, gdy na świecie pracuje ponad 440 bloków jądrowych o łącznej mocy ponad 493 GW, możemy mówić o dużym doświadczeniu w budowie i eksploatacji elektrowni jądrowych. W ostatnich 20 latach opracowano konstrukcje nowoczesnych i najbardziej bezpiecznych reaktorów wodno-ciśnieniowych (tzw. PWR – *pressurized water reactor*) generacji III+ i zebrano doświadczenie, w jaki sposób najlepiej je budować i eksploatować.

Dla Polski, która przygotowuje się do wprowadzenia energetyki jądrowej, są to korzystne warunki zewnętrzne. Istnieje jednak wielka odpowiedzialność krajowego przemysłu i krajowego budownictwa przemysłowego dotycząca przygotowania się do podjęcia zadań związanych z wdrożeniem energetyki jądrowej. Około dwóch trzecich zadań inwestycyjnych związanych z wdrożeniem energetyki jądrowej w naszym kraju może być zrealizowana przez przedsiębiorstwa krajowe. Dotyczy to szczególnie wielu zadań budowlanych związanych z fundamentami pod reaktor i maszynownię, obudowę bezpieczeństwa i układ chłodzenia. Mogą one być z powodzeniem wykonane przez krajowe przedsiębiorstwa budownictwa przemysłowego, takie jak Polimex-Mostostal SA, Mostostal Warszawa SA czy Budimex SA, posiadające wysokie kwalifikacje i doświadczenie w budowie parowych bloków energetycznych o jednostkowej mocy rzędu 1000 MW. Mamy też duży potencjał konstrukcyjny i wykonawczy, jeśli chodzi o wytwornice pary w fir-



mie Rafako. Zadaniem nowym i wymagającym wieloletniego przygotowania jest zapewnienie bezpiecznej eksploatacji jądrowych bloków energetycznych. Poziom technologiczny, ekonomiczny i cywilizacyjny naszego kraju oraz wielkość Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, według mnie, pozwolą Polsce te zadania z powodzeniem wykonać.

### **Czy istniejące dziś technologie produkcji i dystrybucji OZE są wystarczające do zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego mieszkańcom Polski i przemysłowi?**

Za bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej do przemysłu, transportu, usług i ludności odpowiedzialne jest państwo, które aby móc ten obowiązek wypełniać, musi mieć do dyspozycji sprawnie i bezpiecznie pracujący Krajowy System Elektroenergetyczny. W nowej rzeczywistości energetycznej świata, po przyjęciu przez prawie wszystkie kraje Porozumienia paryskiego, nowoczesne systemy elektroenergetyczne muszą spełniać trzy kryteria. Są to: bezpieczeństwo dostawy energii elektrycznej, umiarkowane jej ceny (co zależy od niskich kosztów produkcji) i zrównoważony wpływ jej produkcji na środowisko. Z tego wynika, że nowoczesny system elektroenergetyczny musi charakteryzować się wysokim bezpieczeństwem pracy, zeroemisyjnością pracujących w nim źródeł energii elektrycznej i wysoką efektywnością ekonomiczną. Innymi słowy, taki system musi być bezpieczny i zeroemisyjny oraz dostarczać energię elektryczną odbiorcom po możliwie niskiej cenie. Taki właśnie system elektroenergetyczny musi zostać zbudowany w Polsce w ciągu najbliższych 30 lat.

### **Czy może on powstać w oparciu o źródła wytwórcze wykorzystujące wyłącznie OZE? Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk stwierdził, że w polskich warunkach naturalnych, bez znaczących zasobów energii wodnej, jest to niemożliwe w wymaganym czasie.**

W Polsce, podobnie jak w większości krajów, spośród różnych rodzajów OZE, przede wszystkim energia wiatru i słońca jest obecnie i będzie w przyszłości wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej, a w znacznie mniejszym stopniu energia wody i biomasy. Źródła energii elektrycznej, w których jako energia pierwotna jest wykorzystywana energia wiatru i słońca, charakteryzują się stosunkowo niskimi wartościami czasu wykorzystania mocy zainstalowanej (*capacity factor*). Wynoszą one dla warunków meteorologicznych panujących w Polsce: dla morskich elektrowni wiatrowych około 3400 godz./rok, lądowych elektrowni wiatrowych około 1900 godz./rok i elektrowni fotowoltaicznych około 950 godz./rok. Jeżeli w systemie elektroenergetycznym pracowałyby wyłącznie źródła energii elektrycznej charakteryzujące się takimi parametrami ciągłości pracy, to nie będzie

on w stanie zapewnić ciągłości (bezprzerwowego) zasilania odbiorców. Trudność polega na magazynowaniu energii elektrycznej w ilościach pozwalających na bezpieczną i stabilną pracę systemu elektroenergetycznego. Można to robić tylko, wykorzystując konwersję energii elektrycznej na inne postacie energii, najlepiej wodnej lub chemicznej, w postaci elektrowni wodnych pompowo-szczytowych lub magazynów elektrochemicznych albo magazynów wodoru. Do budowy elektrowni pompowo-szczytowych są potrzebne odpowiednie warunki naturalne do budowy górnego i dolnego zbiornika wody i bardzo duże środki finansowe. W przypadku magazynów elektrochemicznych, a szczególnie wodorowych, straty energii w procesach wielokrotnej jej konwersji oraz koszt potrzebnych urządzeń do konwersji energii sprawiają, że dla potrzeb współpracy z systemem elektroenergetycznym w wymaganym dla transformacji energetycznej czasie, według mnie, nie uzyskają one dojrzałości komercyjnej, zwłaszcza jeśli chodzi o kryterium efektywności ekonomicznej. Natomiast magazyny elektro-

Żaden przemysłowo rozwinięty kraj, posiadający podobne warunki naturalne jak Polska, na razie nie zamierza zbudować bezpiecznego i zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego wyłącznie w oparciu o OZE.

chemiczne już znajdują zastosowanie w transporcie i w mniejszym zakresie w elektroenergetycznych sieciach dystrybucyjnych a technologia wodorowa, poza zastosowaniami w technologiach przemysłowych, wkracza do transportu i w przyszłości może znaleźć również zastosowanie w energetyce rozproszonej. Dlatego, biorąc powyższe pod uwagę, żaden przemysłowo rozwinięty kraj, posiadający podobne warunki naturalne jak Polska, na razie nie zamierza zbudować bezpiecznego i zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego wyłącznie w oparciu o OZE. Wyjątkiem są Niemcy, które zamierzają jednak mocno wspomagać się elektrowniami wykorzystującymi gaz ziemny, który stosowany do produkcji energii elektrycznej powoduje emisję CO<sub>2</sub> na poziomie 45 proc. emisji źródeł wykorzystujących węgiel. Czyli nie jest to technologia zeroemisyjna. Jedynym odnawialnym źródłem energii, które pozwalałoby na ciągłą i bezpieczną pracę systemu elektroenergetycznego, są duże zasoby energii wodnej, których Polska nie posiada. Z krajów europejskich warunki takie ma m.in. Norwegia.

ROZMAWIAŁA DR JUSTYNA ORŁOWSKA