

Prof. dr hab. inż. Andrzej Gardzilewicz

Trochę dziegciu w Zielonym Ładzie 2050

Energetyka to moja pasja, całe zawodowe życie. Nie jestem papierowym tygrysem, znam mnie inżynierowie większości polskich elektrowni. Sto moich opatentowanych pierścionków, wdrożonych na 200 MW turbinach parowych, przekazywało do niedawna do krajowej sieci więcej energii niż cała krajowa fotowoltaika. Od lat biorę udział w dyskusji dotyczącej przyszłości polskiej energetyki, starając się bezstronnie weryfikować zmiany i nowe propozycje rozwiązań zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym.

Onegdaj, gdy stawałem przeciw atakom na elektrownię atomową w Żarnowcu, posądzony byłem o poparcie dla radzieckiej technologii, a przecież projektowane według dokumentacji ABB turbiny wykonano w fabryce elbląskiej, reaktory w czeskiej Skodzie, a automatykę u Siemens. Po fatalnie przygotowanym referendum w 1990 r. budowę wstrzymano, straciliśmy 2 mld dolarów. Ostatnio, kiedy w trakcie wykładu na Politechnice Gdańskiej na temat stanu polskiej energetyki ostrzegałem, że trzeba zachować pewną ostrożność przy likwidacji elektrowni węglowych, znowu naraziłem się na okrzyki audytorium, że jestem nieukiem.

Tymczasem akceptuję proekologiczne zmiany w energetyce, ale sprzeciwiam się propagowaniu rozwiązań niesprawdzonych i niektórym katastroficznym przepowiedniom. Jeszcze w szkole uczyłem się praw Malthusa,

który już w 1798 r. prognozował, że przy rosnącej populacji zabraknie żywności. Obecnie już o nim nikt nie pamięta, a rozwiązaniem stała się zielona rewolucja. Potem przyszły raporty Klubu Rzymskiego (1968), w których wieszczono, że przy rabunkowej gospodarce na świecie zabraknie paliw i energii, ale i ten kryzys udało się zażegnać. Teraz, jak większość ludzi z niepokojem obserwuję wielką degradację ziemskiego środowiska. W szczególności groźny wydaje się być pochodzący ze spalania wzrost ilości dwutlenku węgla, odpowiedzialny w dużej mierze za ocieplenie klimatu na Ziemi. Informował o tym dość dawno klimatolog Charles Keeling (1958), ale dopiero kiedy wzrost temperatury stał się niebezpieczny dla życia, przyszły ostrzeżenia Al Gore (2004) i uchwały Międzynarodowych Konferencji, z tą najważniejszą w Paryżu (2015). Pozyskały one akceptację większości państw, ale tym razem koniecz-

ny proces transformacji energetycznej napotkał olbrzymie trudności. Proponowane w zastępstwie źródła fotowoltaiczne i wiatru okazały się ograniczone w dostępie. Słońce przecież nie zawsze świeci, wiatr nie zawsze wieje. Przy nierozwiązanym problemie magazynowania energii elektrycznej, komplikowało to istniejące procesy jej wytwarzania i było powodem znacznego wzrostu kosztów. Pisałem o tym w artykule, opublikowanym w magazynie „Nowa Energia” jeszcze w 2009 r.

Od tego czasu degradacja ziemskiego środowiska znacznie przyspieszyła, podczas gdy udział źródeł odnawialnych w światowym bilansie energetycznym sięga ledwie 25% i to pozyskanych w większości z elektrowni wodnych zbudowanych w XX w. Zagrożenie dla ludzi wydaje się być znacznie większe niż się spodziewano, świat rzeczywiście staje przed katastrofą. Przy braku wiążących

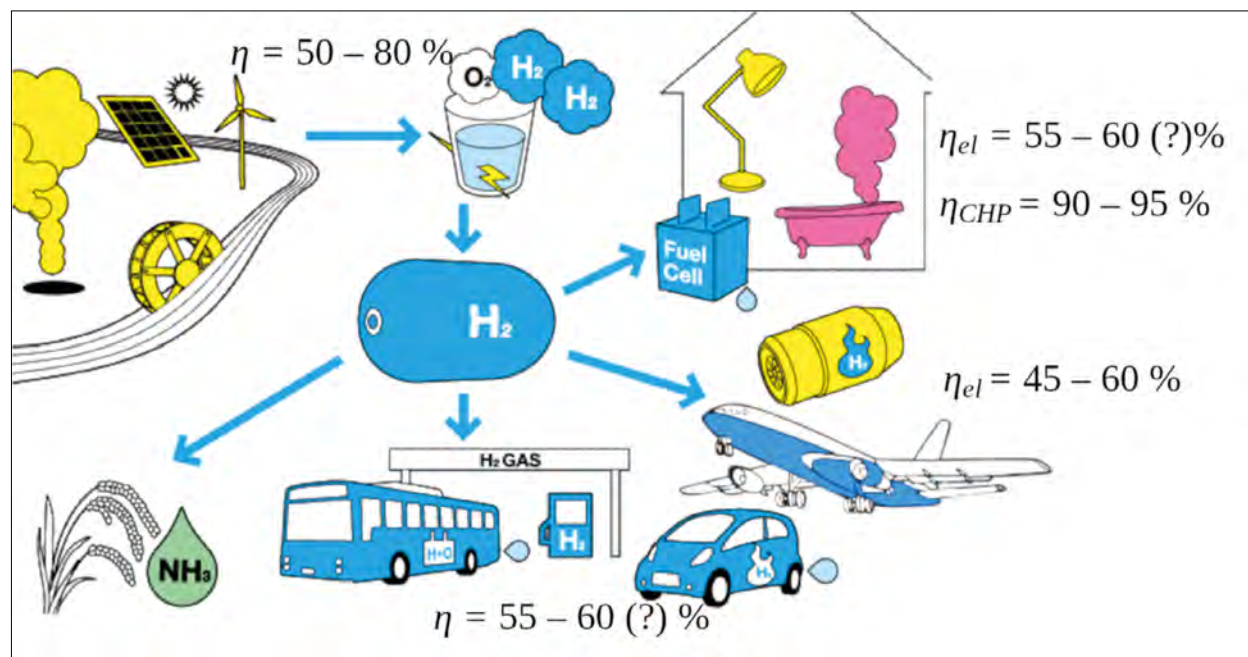
decyzji we wdrażaniu czystych technologii, rolę lidera zmian przejęła Unia Europejska. Najpierw w Brukseli powstał plan ograniczenia emisji dwutlenku węgla przyjęty w Pakiecie 3x20, a potem w oparciu o dobrą koniunkturę gospodarczą Komisja Europejska przedłożyła do zatwierdzenia obowiązek neutralności klimatycznej w programie Zielonego Ładu. Zgodnie z nim kraje UE do końca 2050 r. pragną przeprowadzić na swoim terenie całkowitą dekarbonizację.

Niestety opracowywane reguły tego programu nie dla wszystkich są czytelne. Warto zatem wyjaśnić, co właściwie znaczy ta karbonizacja i jakie na obecną chwilę są możliwości jej realizacji. Otóż w zamysle autorów, to będzie całkowite wyeliminowanie procesu spalania węgla, ropy i gazu i to nie tylko z istniejących elektrowni, ale także z ciepłownictwa, transportu, przemysłu, rolnictwa. Zamierzenia niezwykle ambitne, ale w trosce o środowisko bogate kraje zachodniej Europy szykowały się do tego od dawna. W większości zamknięto już elektrownie węglowe, które z powodzeniem zaczęły być zastępowane przez elektrownie

jądrowe. Wreszcie sięgnięto po czystą energię nie tylko wody, ale właśnie wiatru i słońca. Już na starcie natrafiono na problemy, bo zakaz spalania paliw kopalnych eliminuje miks energetyczny źródeł odnawialnych i konwencjonalnych, tak dobrze sprawdzony w istniejących systemach zasilania. Do tego trzeba dołączyć kłopoty z zamiennikami naturalnych paliw dla ogrzewania i transportu, przede wszystkim powietrznego. Te trudności są głównym powodem, że wymagania Zielonego Ładu spełnia na razie jedynie technologia wodorowa. W procesie spalania eliminuje ona całkowicie dwutlenek węgla, a równocześnie wodór można łatwo magazynować i wykorzystywać także w lotnictwie. Niestety ten gaz w stanie wolnym nie egzystuje na ziemi, a przy jego pozyskaniu w czystej postaci trzeba włożyć więcej energii niż się potem uzyska. Taki wodór, zwany zielonym, otrzymuje się z elektrolizy wody, oczywiście przy wykorzystaniu energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Jego przewagą jest wysoka, 3-krotnie większa od gazu ziemnego, wartość opałowa, ale potem trzeba go spalić, z czym stale są kłopoty

eksploatacyjne, a do tego dochodzą dodatkowe straty w procesach przetwarzania na energię dla człowieka użyteczną. Gamę możliwości wykorzystania wodoru w szeroko pojętej energetyce obrazowo przedstawił J. Hislop w „Energia News” (2018), co pokazano na rys. 1.

Po udanych próbach, przede wszystkim w transporcie, technologia wodorowa zafascynowała wielu, ale kolejne wdrożenia nie są już tak obiecujące. Głównym przeciwwskazaniem w jej stosowaniu jest relatywnie niski poziom odzyskania energii pierwotnej, a także wysokie koszty rozprowadzenia gazu. Aktualnie na świecie produkcja wodoru sięga ledwie kilkaset mln m³ i to głównie szarego, zabrudzonego, a przecież przy jego szerokim zastosowaniu sięgać powinna bilionów. Dla pozyskania tak wielkiej ilości gazu trzeba będzie instalować w elektrowniach odnawialnych moce zdecydowanie większe niż dotąd. To będą miliony gigawatów, a takiemu gwałtownemu przyrostowi towarzyszyć mogą nieznane problemy wynikające ze skali realizacji tak wielkich przedsięwzięć. Tymczasem do tej pory nie ma



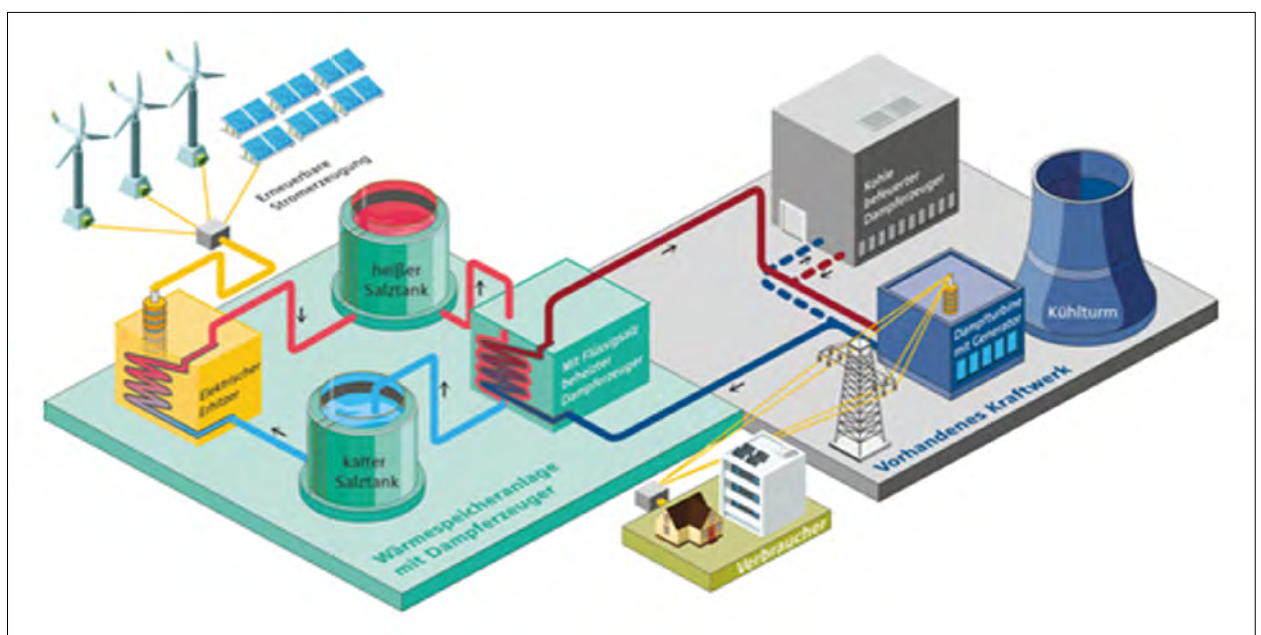
Rys. 1. Możliwości wykorzystania technologii wodorowej w energetyce wg J. Hislopa *Energia News*, 28 august 2018

odpowiedzi, jak zmieni się temperatura wokół gigantycznej liczby instalowanych elektrowni słonecznych, nie wiadomo, jak zmienią się deszczowe wiatry Golfstromu, gdy na drodze staną miliony wiatraków. Do tego dołączą problemy materiałowe, przecież w odnawialnych źródłach, jak i ogniwach wodorowych stosowane są pierwiastki ziem rzadkich, których już brakuje na ziemi.

Nic dziwnego, że nie przerwano prowadzonych prac w poszukiwaniu innych, tańszych rozwiązań. Z jednej strony dotyczą one procesu magazynowania energii elektrycznej, gdzie największe nadzieje wiąże się stale z produkcją akumulatorów, stosowanych powszechnie w transporcie samochodowym. Z drugiej zaś strony, nie rezygnuje się z budowy elektrowni jądrowych. Są niezawodne w eksploatacji, nie emitują dwutlenku węgla, gotowe do pracy ze źródłami odnawialnymi. Istniejące rozwiązania bardzo dobrze się sprawdziły, a po awariach w Czarnobylu i w Fukushima, pozyskały konieczne zabezpieczenia. Co prawda zwiększyły się koszty inwestycyjne, ale przy niskich cenach paliwa uranowego, zwracają się one już po 30-letniej eks-

ploatacji. Zwraca uwagę, że przy lokalizacji elektrowni jądrowych nad brzegiem morza można ograniczyć zużycie tak cennej dla ludzi wody pitnej. Przy trwałym kryzysie ekonomicznym wstrzymuje się ich budowę, bo na starcie trzeba inwestować wielkie pieniądze. Niemcy, gdzie jest wielu przeciwników tego typu siłowni, przystąpiły nawet do wyłączenia wyeksploatowanych bloków, ale panuje przekonanie, że inwestorzy czekają na bardziej sprawne reaktory czwartej generacji, które pozwalają głębiej przepalać uran. Radioaktywne odpady będą świecić nie 200 000 lat jak dotychczas, a tylko 200. Budzi optymizm, że tego typu pilotowe rozwiązania są na świecie z powodzeniem już uruchamiane. Ostatnio w modernizację siłowni atomowych włączył się amerykański multimiliarder Bill Gates, który jak donoszą media, bliski jest uruchomienia małych reaktorów (Small Modular Reactor), nawet kilkudziesięciu megawatowych. Mają być bardziej elastyczne w pracy i znacznie tańsze w eksploatacji, co skłania do zaangażowania wielkich pieniędzy także i naszych miliarderów, Sotowowa i Solorza.

Opisane trudności i nie rozwiązane do końca problemy energetycznej transformacji są przyczyną, że na świecie nie zamyka się jednak elektrowni konwencjonalnych, co w szczególności dotyczy elektrowni gazowych najmniej zagrażających degradacji środowiska. Bo chociaż gaz jest drogi, te elektrownie inwestycyjnie są najtańsze, doskonale przystosowane do współpracy z istniejącą siecią elektryczną, a - po odkryciach nowych złóż - praktycznie niezagrożone w bliskiej eksploatacji. Niemcy zakładają kolejny rurociąg Nord Stream 2, który dostarczy im wielkich ilości gazu aż z Syberii. Ciekawe, że nie zrezygnowano tam też z węgla brunatnego. Ostatnią elektrownię w Nadeln IV uruchomiono przecież w 2020 r. Żadną miarą nie jest to bojkot Zielonego Ładu. Nasi sąsiedzi z Zachodu przewidują, że po wygaszeniu w 2039 r. kotłów parowych, energię węgla uda się zastąpić energią ciekłej solanki, podgrzanej do wysokiej temperatury w wymiennikach ciepła zasilanych prądem elektrycznym ze źródeł odnawialnych (rys. 2.). I w tym przypadku przeprowadzone próby budzą optymizm, tym większy, że magazynowanie ciepła w solance



Rys. 2. Schemat przekształcenia elektrowni węglowej w magazyn energii cieplnej
 Źródło: <https://www.en-former.com/en/coal-fired-power-plant-as-large-heat-storage-facility/> 2021

nie jest jedynym pomysłem zastąpienia węgla w takich elektrowniach. Zwraca uwagę, że wyeksploatowane wyrobiska węgla brunatnego wypełnia się już wodą, rekultywując zniszczone środowiska rolnicze. Wody na pewno nie zabraknie dla ludzi mieszkających nie tylko w pobliżu, na utworzonych sztucznych jeziorach już żeglują jachty i powstają ośrodki turystyczne.

Polska do tak drastycznych zmian nie była i nadal nie jest przygotowana. Węgiel w naszej energetyce od lat spełniał ważną rolę i tej hegemonii nie udało się zmienić w przemianach 89 r. Trzeba jednak zauważyć, że przeprowadzone modernizacje istniejących elektrowni węglowych, a także budowa najnowocześniejszych bloków nadkrytycznych pozwoliły znacząco podnieść potrzebą w kraju moc, a przy tym znacznie ograniczyć zapylenie i szkodliwe emisje. Zainwestowano spore pieniądze w elektrownie gazowe, biopaliwowe, a także w pierwsze panele fotowoltaiczne i farmy wiatraków na lądzie. To był duży sukces Polski na przełomie wieków, dzięki czemu 3-krotnie zmalało wydobycie węgla, przy 6-krotnym ograniczeniu zatrudnienia w górnictwie. Tymczasem zmienił się rząd, dla którego kluczowe znaczenie miała polityka prospołeczna. Gdy przyszedł kryzys i w kasie zaczęto brakować pieniędzy, wstrzymano finansowanie wielu inwestycji, co szczególnie dotknęło energetykę. Przyjęte naprędce uchwały praktycznie zastopowały rozwój OZE, w niebyt odeszły plany rozwoju energetyki jądrowej. Poszliśmy na zwanie z Europą, która w tym czasie szykowała plany Zielonego Ładu. Węta w Parlamencie Europejskim oziębily kontakty z największymi krajami Unii, do swoich racji nie znalaziono obrońców.

Mimochodem wpadliśmy w Czarną Dziurę, ale przecież naszej sytuacji nie można porównywać z Norwegią, czy Austrią, które energię elektryczną uzyskują przede wszystkim z wody. Nie można Polski odnosić do potentatów atomowych: Francji i Szwecji, czy państw, które prąd produkują w oparciu o morskie

złoża gazu. Wreszcie trudno porównywać nas z Niemcami, z krajem o podobnych uwarunkowaniach geograficznych i geologicznych, ale znacznie bogatszym. Dla ograniczenia tylko o połowę emisji dwutlenku węgla Niemcy wydadzą aż 1.7 biliona euro. Właśnie wysokie koszty są powodem, że większość państw na świecie nie przyłącza się do tak ostrych planów dekarbonizacji. Nie zgadzają się na nie Stany Zjednoczone, chociaż zachowują przewagę w wielu technologiach energetycznych i ograniczyły wyziewy CO₂ o mld ton rocznie. Przy sporych zasobach paliw nie chcą naruszać swych konsumpcyjnych przyzwyczajzeń. Tani węgiel w gospodarce dalej preferują Chiny i Indie, które przejęły większość energochłonnej produkcji na świecie. Nawet Japonia, po katastrofie elektrowni atomowej w Fukushima, zaczęła sprowadzać węgiel z Australii, który zasila oddane do eksploatacji 22 bloki tysięcy megawatowe. Mając bogate złoża ropy i gazu, na wielką energetykę odnawialną nie stawia Rosja, ani też państwa Bliskiego Wschodu, ani tym bardziej biedne kraje Azji, Afryki, Ameryki Łacińskiej. Według raportu Global Coal Plant Tracker aktualnie na świecie dalej pracuje 2500 elektrowni węglowych, a ponad 200 jest w budowie. Gra idzie o wielkie pieniądze, a na rynku na którym stale brakuje energii panuje chaos. Racjonalne oceny wprowadzanych nowych technologii utrudniają koszty, których porównanie utrudniają różne definicje, a także stosowane dopłaty, taryfy i kary.

Dla przykładu o zawrót głowy przyporządkowują jednostkowe ceny za kilowatogodzinę, które w zależności od tego skąd, dla kogo i kiedy mają być dostarczone - różnią się nawet rząd wielkości. Hurtowe ceny w Polsce tej energii kształtują się obecnie na poziomie 30 gr/kWh i już są wyższe od europejskich. Ale na naszych rachunkach detalicznych, po uwzględnieniu przesyłu i podatków, ta kilowatogodzina sięga 65 gr/kWh, gdy Niemiec i Duńczyk aktualnie płaci 2 razy więcej. To oczywiste, bo energia odnawialna jest droższa od konwencjonal-

nej, przecież bezpośrednio u producenta w elektrowni w Bełchatowie do niedawna płacono 15 gr/kWh, podczas gdy prosumer fotowoltaiki dostaje po korzystnym przewartościowaniu 50 gr/kWh, nie wliczając w to beneficji inwestycyjnych.

Zapewne to było głównym powodem, że w Unii Europejskiej te rozbieżności zdecydowano się uporządkować, z preferencją czystej energii. To właśnie dlatego wprowadzono opłaty dotyczące emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Początkowo wynosiły one 10 euro za tonę, już powiększono je do 60, a mówi się, że wkrótce przekroczą wartość 100 Euro. To dużo, 45 gr za kilowatogodzinę, gdyż przy produkcji 1000 kWh prądu elektrycznego z węgla emituje się do atmosfery niemal tonę CO₂. Co prawda wpłacane pieniądze mają potem pozostać w dyspozycji płatników, do wykorzystania na nowe technologie, ale dla Polski, będzie to równoważne ze znaczną podwyżką kosztów energii. Ta podwyżka jest trudna do oceny, bo u nas jeszcze nie opracowano prognoz inwestycyjnych dotyczących wypełnienia zadań Zielonego Ładu 2050. Dotychczasowe analizy i ekspertyzy były wycinkowe, zawierały wiele nieścisłości i przekłamań, a do tego miały w większości inną cezurę czasu. Tendencyjnie zawyżano w nich sprawności nowych rozwiązań, zwykle nie dopracowanych technologii. Między bajki można włożyć podawane szeroko informacje, że zainstalowana w polską fotowoltaikę moc 5000 MW zastąpiła elektrownię Bełchatów. **Moc to nie energia!** To najczęściej powtarzany błąd tych rozważań. Dla przypomnienia warto zauważyć, że w tej elektrowni spala się dziennie 4000 wagonów węgla, aby je wyeliminować, trzeba zainstalować w fotowoltaice moc 10 razy większą, co jest równoważne energii spalanej wierzby rosnącej na 3 mln hektarów lub pozyskaniu gazu z odchodów pół mld świń.

Te mankamenty dopiero w ostatnim czasie rozpoczęto korygować. Pierwsze oszacowania kosztów dekarbonizacji podane przez Ministerstwo Energetyki przekraczają 500 mld euro. To szoku-

je. Zapewne to koszty leżały u podstaw przygotowania wyważonego raportu Komitetu Problemów Energetyki PAN, w którym w ciągu najbliższych 30 lat zachowano miejsce na węgiel. Także Polski Rząd w prezentowanym ostatnio programie polityki energetycznej (PPE) nie eliminuje węgla... i gazu, ale te plany ograniczono ostrożnie do 2040 r. W tym kontekście umiarkowany optymizm budzi powrót Polski do dialogu z krajami UE, który został zasygnalizowany w 2018 r., na XII Europejskim Kongresie Gospodarczym w Katowicach. Dobrze zostały tam przyjęte nasze propozycje farm wiatrowych na Bałtyku i intensyfikacja budowy instalacji fotowoltaicznych. Z dużym uznaniem odnotowano zamianę węglowego bloku w Ostrołęce na gazowy oraz ponowne otwarcie się na energetykę jądrową. Nadzieje wzbudzają także rozmowy z górnikiem, dotyczące zamknięcia polskich kopalni węgla jeszcze przed 2049 r. Mimo trudności finansowych, Polska nie będzie przeciwna koniecznym zmianom, dzięki czemu udało się w Brukseli zatwierdzić budżet UE na lata 2021-2027. Największe środki przewidziano tam co prawda na walkę z koronawirusem, ale sporo zarezerwowano też na przyszłe transformacje energetyczne. Jak podaje, w prowadzonym blogu, były komisarz UE Janusz Lewandowski, pozyskamy na energetykę co najmniej 7,5 mld euro. To tylko kropla w morzu naszych potrzeb, bowiem, jak pisze autor, wydatki państw Unii w programie Zielonego Ładu Komisja Europejska ocenia na 250 mld euro rocznie. Do 2050 r. będzie to z górą 7 bilionów euro, co warto zapamiętać, w dużej mierze te gigantyczne pieniądze dotyczyć przecież będą naszego kraju.

Wymienione przesłanki są dostatecznym powodem, aby na obecnym etapie przeprowadzić bardziej dokładne kalkulacje kosztów Zielonego Ładu, które z analiz wyeliminują mrzonki i pozwolą zrationalizować wybór przyszłych realizacji. Pozycją wyjściową dla przeprowadzenia takich obliczeń jest oczywiście roczne zużycie energii. To zużycie

w Polsce szacuje się na 500 TWh, co określono z bieżących bilansów elektroenergetyki i informacji dotyczących ilości paliw wykorzystywanych w transporcie, ciepłownictwie, przemyśle, rolnictwie. Założono, że do 2050 r. zużycie energii można ograniczyć do 300 TWh, co wynika przede wszystkim z oszczędności w zero emisyjnym budownictwie i z przyjęcia efektywnych metod przetwarzania energii w transporcie. Warto podkreślić, że przyjęta wartość dobrze koresponduje z ograniczonymi w ostatnim okresie prognozami Niemiec. Znajomość zużycia pozwala przeprowadzić obliczenia mocy urządzeń wybranych technologii, które jak wiadomo stanowią zasadniczą część przyszłych kosztów inwestycyjnych. Hipotetyczne testy oceny mocy rozpoczęto od obliczeń urządzeń czystej technologii wodorowej, która chociaż jest niedopracowana, gwarantuje już całkowitą eliminację paliw kopalnych. Dla uproszczenia przy wyborze źródeł zasilania w tej technologii zdecydowano na energię pozyskaną ze słońca i wiatru, jako że energia wodna, geotermalna, a także biopaliwa mają u nas spore ograniczenia. Warto poznać charakterystyczne wyniki, które wybrano z testów w nieco przerysowanej formie. I tak w przypadku zastosowania zasilania tylko fotowoltaicznego obliczono, że uwzględniając konieczne w bilansie rezerwy, trzeba by zainstalować w Polsce gigantyczną moc 720 GW, co

wynika z 50% sprawności elektrolizy i tylko 10% dostępności paneli do sieci elektrycznej. Przy kosztach inwestycji 3 000 zł/kW, jakie przewidywane są w 2050 r., to będzie wielki wydatek przekraczający 2 biliony zł. Poraża, że to będą setki milionów paneli fotowoltaicznych, których instalacja zajmie 5% powierzchni kraju, a do tego doliczyć przecież trzeba koszty magazynów wodoru i budowy sieci jego rozproszczenia. Wykorzystanie w produkcji wodoru jedynie energii z morskich farm wiatrowych o prawie 4-krotnie większym dostępie do sieci, daje redukcję do 180 GW, co przekracza nasz dostępny potencjał wiatru na morzu, ale i na lądzie!!! Przy zaniżonych kosztach jednostkowych urządzeń do 12 000 zł/kW, to podobny wydatek, jak dla fotowoltaiki, ale trzeba go dodatkowo powiększyć o koszty połączenia wielu tysięcy wiatraków na morzu z elektryczną siecią na lądzie. Wynikające stąd wnioski to zimny kubek wody nie tylko dla ekologów, ale i propagatorów technologii wodorowej.

Nasuwa się zatem pytanie: jakie w tym momencie przyjąć rozwiązania inwestycyjne dla polskiego Zielonego Ładu 2050? Przed podjęciem decyzji dotyczącej wyboru przyszłych wariantów dokonano krótkiego przeglądu energetycznych prognoz transformacji europejskich liderów. Okazało się, że większość krajów stawia nie tylko na źródła odnawialne, ale na energetykę jądrową, a z uwagi



foto. Noah Bischer on Unsplash

na koszty, udział technologii wodorowej w krajowych bilansach 2050 nie przekracza 10-20%. Niemcy wyprodukowaną energię ze źródeł odnawialnych planują przekazywać w większości bezpośrednio do sieci elektrycznej, a dla tańszego magazynowania intensywnie rozwijają akumulatory nie tylko elektryczne, ale ciepłe i wodne szczytowo-pompowe. W coraz większym stopniu wykorzystuje się tam źródła energii rozproszonej w lokalnych centrach biomasy, biogazu i śmieci. Przy ograniczonym do 2050 r. zużyciu energii do poziomu 600 TWh, nawet przy maksymalnym wykorzystaniu potencjału ich odnawialnych źródeł na poziomie 300 GW, nie wystarcza to im do domknięcia bilansu. Nie dziwi, że przy planowanym wyłączeniu istniejących elektrowni jądrowych, w tych prognozach utrzymuje się stale rezerwę na energię z elektrowni gazowych. To tłumaczy dlaczego dla Niemców tak ważne było teraz dokończenie inwestycji rurociągu Nord Stream 2. Na przeciwnym biegunie jest Francja, która już dawno zainwestowała w atom, dzięki czemu praktycznie wyeliminowano tam spalanie węgla. Elektrownie jądrowe o mocy sięgającej 70 GW produkują rocznie prawie 400 TWh, co w bilansie na obecną chwilę stanowi 70% energii elektrycznej. Przy podobnym do niemieckiego zużyciu energii, w oparciu o odnawialne źródła już w najbliższym czasie Francuzi mogą wypełnić normy Zielonego Ładu 2050. Problemem może być potrzeba przeprowadzenia renowacji, a w przyszłości też wymiany wielu bloków jądrowych, które zbliżają się do kresu swej eksploatacji.

Z polskiej perspektywy koncepcja francuska wydaje się być bliższa. Przy eliminacji węgla, braku własnego gazu, przy naturalnych ograniczeniach źródeł odnawialnych, budowa elektrowni jądrowych jest już w Polsce przesądzona. Pierwsze bloki powstaną zapewne w pasie nadmorskim, ale potem niewykluczona jest ich budowa w miejscach elektrowni w Pątnowie, czy nawet w Bełchatowie... Dla kraju będzie to nie tylko skuteczna eliminacja emisji dwutlenku węgla, ale

też pozyskanie stabilnych źródeł, które przy stosunkowo niewielkich kosztach modernizacji można będzie dostosować do istniejącego miksu energetycznego. Szacunkowe obliczenia pokazują jednak, że przy zastosowaniu modelu francuskiego dla wypełnienia norm Zielonego Ładu 2050 trzeba zbudować elektrownie jądrowe o mocy sięgającej 50 GW, co nawet dla fanatyków tej technologii jest wielkością praktycznie nierealną. W przyszłej polityce energetycznej kraju przyjęto w niniejszych testach wykorzystać również doświadczenia niemieckie, stawiając w większej mierze na źródła odnawialne oraz rozproszone, z pewną rezerwą też na wodór. Przy zainstalowaniu w fotowoltaikę i farmy wietrzne na morzu i lądzie po 50 GW oraz urządzeń energetyki rozproszonej na poziomie 10 GW, co nie kłóci się z naszymi możliwościami, obliczono, że dla zamknięcia bilansu Zielonego Ładu powinno wystarczyć zbudowanie elektrowni jądrowych o mocy 20 GW. W tym względzie duże nadzieje może budzić wykorzystanie technologii małych reaktorów modułowych w miejskich elektrociepłowniach, co w dużej mierze powinno w przyszłości rozwiązać problemy ogrzewania wielkich budynków. To będzie w sumie 130 GW, trzy razy więcej od mocy zainstalowanej teraz w elektrowniach węglowych i gazowych, które do tego czasu powinny być już zlikwidowane. Nawet przy wysokich jednostkowych kosztach inwestycyjnych elektrowni jądrowych 25 000 zł/kW, ten wariant finansowo wypada najkorzystniej rzędu 1,5 biliona zł, co ważne przy mniejszych kosztach modernizacji sieci. Co ciekawe, propozycja jakościowo nie odbiega od rządowych planów PPE, chociaż niepokój budzą dość duże różnice zanotowane zarówno w zużyciu energii, jak i mocy instalowanych urządzeń, w stosunku do proponowanych na 2040 r. Oczywiście wyniki tych jakże zgrubnych kalkulacji można kwestionować, że nie uwzględniają postępu technicznego, że w poszukiwaniu rozwiązań dostatecznie nie wykorzystano procesów cyfryzacji. To prawda, ale niniejsze testy

przeprowadzono dla zużycia energii na osobę znacznie mniejszego w stosunku do najbogatszych krajów świata, a także nie uwzględniono klimatyzacji i wentylacji, nieodzwonnych w budownictwie w dobie gwałtownego ocieplenia ziemskiego klimatu. A pamiętać przy tym trzeba, że te koszty nie uwzględniają koniecznych modernizacji sieci energetycznych i procesów magazynowania.

Trudno być optymistą, jeśli do 2020 r. Polska nie wyprodukowała 15% zielonej energii obiecanej w UE w Pakiecie 3x20, kiedy w praktyce nie odnosi się do europejskiego planu Fit for 55. Nie budzą optymizmu informacje, że aktualnie pracuje w polskiej sieci elektrycznej zaledwie 10 GW elektrowni odnawialnych, a w ciągu 20 lat przewiduje się tę realizację zwiększyć jedynie dwa razy; jeśli do tej pory w Polsce nie zbudowano żadnej elektrowni jądrowej, a pierwsze bloki mocy 6000 MW mają być instalowane dopiero po 2033 r.; jeśli nie rusza na wielką skalę preferowana przez wielu energetyka rozproszona. Podawane z wielkim szumem dziesiątki mln dolarów przeznaczonych na technologię wodorową, póki co traktować można jako otwarcie kolejnego startup-u podobnego do grantów perowskitowych, cudownej wersji polskiej fotowoltaiki. Do wdrożenia takich pomysłów na wielką skalę droga niestety daleka. Tutaj nie wystarczy chęć, ani najbardziej wyszukane zakłady. Warto przypomnieć euforię w poszukiwaniu gazu łupkowego, nieudane w praktyce rozwiązania gazyfikacji węgla, próby wykorzystania polskiej geotermii, magazynowanie dwutlenku węgla w pokopalnianych niszach, czy wreszcie dosypywanie biopaliw do fluidalnych kotłów węglowych. Problemu transformacji energetycznej nie rozwiążą także stosowane, głównie w Unii Europejskiej, coraz wyższe kary za emisje dwutlenku węgla, które dotkną nie tylko mieszkańców, ale hutnictwo, cementownie, zakłady chemiczne, które bronią się przed zalewem tanich produktów z Chin, Indii. Dalej łatwiej górnikom dorzucać pieniądze na wypłaty w deficytowych ko-

palniach, niż przygotować nowe miejsca pracy. Taniej zakładać małą, stale dofinansowywaną fotowoltaikę, niż budować pracujące w sieci olbrzymie elektrownie słoneczne i potężne morskie farmy wiatraków o średnicach śmigieł znacznie większych od boiska piłkarskiego. To jest jakieś rozdwojenie jaźni, kiedy zamiast wyprodukować milion elektryków, sprowadziliśmy do Polski miliony, dziesięć razy tańszych aut z zachodu, które powinny być już tam zutyliżowane; kiedy zaczynamy budowę wielkiego lotniska, a świat przygotowuje się do ograniczenia transportu samolotowego.

Już teraz nasuwają się zasadnicze pytania skierowane do decydentów: jakie przyjąć w Polsce technologie w 2050 r.? Skąd pozyskać na nie środki finansowe? Czy dopuścić na wielką skalę import prądu elektrycznego? Wreszcie: jak prowadzić z Brukselą merytoryczne rozmowy w pozyskaniu dodatkowych funduszy i ewentualnie na uzyskanie prolongaty dotyczącej zmian terminów 2050? W polityce negocjacyjnej nie można dopuszczać do takiej wpadki, jaka się zdarzyła w Turowie. Konflikty trzeba rozwiązywać w dialogu, zaraz na starcie. Tej kopalni i zmodernizowanej niedawno elektrowni nie można przecież zamknąć, w Czechach i w Niemczech pracuje dalej kilka podobnych. Pośpiech, jak w żydowskim dowcipie, jest potrzebny przy łapaniu pcheł, ale kiedy nie ma pieniędzy i nie ma jednoznacznych rozstrzygnięć, co i gdzie budować, musimy w postępowaniu zachować ostrożność. W czasie wojny babcia mówiła mi: nie wylewaj brudnej wody, kiedy nie masz czystej. Póki co, nie można bezmyślnie ograniczać funduszy przeznaczonych na utrzymywanie w stałym pogotowiu pracujących elektrowni węglowych. W Australii, w południowym stanie Adelajdy, gdy nagle niebo zasłoniły chmury, ucichł wiatr i padł system rozproszonej energetyki, nastąpiła totalna katastrofa, bo nie udało się uruchomić żadnej, rezerwowej elektrowni węglowej, nie ruszyła do pracy ani jedna turbina. Co znaczy brak prądu w gniazdkach elektrycznych,

informował mnie polski emigrant i bliski kolega. Awaria, która ostatnio dotknęła zabezpieczenia elektrowni Betchatów pokazała profesjonalizm polskiej obsługi technicznej. Dobrze, że naszych energetyków nie dotknął wszechogarniający elektrownie węglowe marazm.

Ten stan niepewności i wyczekiwania obejmuje teraz swym zasięgiem całą świat. Wielu liczy na ludzką inwencję i wierzy w boską interwencję. Mimo niepowodzeń dalej trwają próby rozpalenia słońca na ziemi dla zrealizowania kontrolowanej fuzji jądrowej deuteru i trytu. W Ameryce budowane są potężne instalacje laserowe, gdzie - jak podano z hukiem - osiągnięto krótkotrwały próg koniecznego zapłonu. W pobliżu Marsylii zaczęto składać kolejny raz Eksperymentalny Reaktor Termonuklearny (ITER). To projekt największy w dziejach, który prowadzi: USA, UE, Rosja, Chiny, Indie, Japonia i Korea Płd. Wylano morze betonu, położono kilometry prętów stalowych, reaktor ma być rozpalony za pięć lat, przybliżone koszty to 25 mld euro. Póki co, nie ma odpowiedzi, czy człowiek jest w stanie dotrzeć do tego taniego źródła nieograniczonej energii? Jeśli ITER spłonie, jak mityczny Ikar, zapewne trzeba będzie narzucić na świecie ograniczenia nie tylko w konsumpcji energii, ale zapewne i w... demografii.

Sir David Attenborough, wielkiej sławy uczony w przygotowanym dla Prezydenta Obamy raporcie o stanie świata, obok ostrzeżeń dotyczących degradacji środowiska ocenił, że ziemia może zagwarantować godziwą egzystencję dla co najwyżej 5 mld ludzi. Żyło nas wtedy 7 mld, a populacja stale rosła. Jeśli zatem nie będziemy się wzajemnie zabijać,

nie zniszczą nas epidemie, nie uda się też wyekspediować ludzi w kosmos, to już teraz trzeba przystąpić do racjonalnej kontroli urodzin. Szkopuł w tym, że to się kłóci się z kanonami większości religii.

Mimo kasandrycznych przepowiedni jestem przekonany, że prądu elektrycznego nie zabraknie. Polska nie może jednak stanąć przeciw zmianom w energetyce, tak ważnych dla przyszłości świata. Neutralność klimatyczna kosztuje i wymagać będzie od nas sporych wyrzeczeń i zaciskania pasa. Wiedzą o tym od dawna urzędnicy w Brukseli, wiedzą już po części rządzący, a powinni przyjąć to do wiadomości także ekolodzy i protestująca w dobrej wierze młodzież. Znacznie ostrożniejsza musi być opozycja, formułująca propozycje bez podania informacji, skąd na nie wziąć pieniądze. Trudności przecież nie znikną po zmianie władzy. Słońce, co prawda świeci za darmo, ale my musimy sobie uświadomić, że realizacja Zielonego Ładu to będzie nie tylko wzrost cen energii elektrycznej, ale drożej przyjdzie także płacić za jazdę samochodem, latanie samolotem, za mieszkanie, chleb, mięso.

W oczekiwaniu na rozsądne decyzje polskiego Rządu, na wynegocjowanie z Unią Europejską racjonalnego programu, takiego który uda się nam zrealizować do 2050 r., a także na efektywne i tańsze źródła energii, przestańmy niszczyć i zaśmiecać ziemskie środowisko, likwidujemy węglowe kopciuchy, przykręcajmy grzejniki, gaśmy niepotrzebne światło, no i chodźmy też piechotą... Niestety Zielonego Ładu 2050 nie da się zrealizować bez obniżenia poziomu życia ludzi na świecie. □

**Prof. dr hab. inż.
Andrzej Gardzilewicz**

Emerytowany profesor Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku, Kerownik Zakładu Aerodynamiki Turbin, wykładowca akademicki na Politechnice Gdańskiej i WSG w Bydgoszczy. Długoletni konsultant elbląskiej fabryki turbin: Zamech, ABB i Alstom. Doradca Rządu Meksykańskiego w dziedzinie energetyki geotermalnej UNIDO, agencji ONZ. Założyciel i wieloletni dyrektor spółki z o.o. Diagnostyka Maszyn.