

Transkrypcja wystąpienia

ENERGETYKA

Dr hab. inż. Bartosz Ceran, prof. PP

Transkrypcja wystąpienia, które odbyło się podczas IV cyklu spotkań organizowanych w ramach projektu Kto pyta nie błądzi – Nauka dostarczy odpowiedzi. Wystąpienie miało miejsce 8 kwietnia 2025 roku.

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Dzień dobry państwu. Cieszę się, że będę mógł wam przedstawić mity na temat energetyki. I zacznę od krótkiego wprowadzenia, od prostego pytania: czy używacie urządzeń, które potrzebują do swojego działania energii elektrycznej? Jakie to urządzenia potrzebują energii elektrycznej? Lodówka – co jeszcze? No, telefon. Oczywiście, że telefon. Co jeszcze? Dobrze, co jeszcze? Mikrofalówka – co jeszcze? Dobrze, dalej. Dobra, no nie wymieniliście takiego urządzenia jak odkurzacz. Wniosek – pewnie go nie używacie. W związku z tym trzeba czasem posprzątać w pokoju, prawda? To też jest urządzenie elektryczne. Powiedzcie mi, skąd bierze się energia do zasilania tych urządzeń? Jak myślicie? Z elektrowni. Czym jest elektrownia? To zakład, który zajmuje się generowaniem pewnego nietypowego produktu, który nazywamy energią elektryczną. I ta energia elektryczna przesyłana jest liniami

przesyłowymi. To są często tak zwane linie napowietrzne, które są zawieszone na słupach, idą przez pola – pewnie nieraz widzieliście, jak przecinają krajobraz. Powiedzcie mi, jakie znacie rodzaje źródeł energii elektrycznej? Co może tę energię wytwarzać, oprócz elektrowni konwencjonalnych? Proszę? Wiatraki – dobrze. Co jeszcze? Biomasa – świetnie. Co jeszcze? Węgiel – świetnie. Co jeszcze? Elektrownie wodne – doskonale. Co jeszcze? Dobrze. A coś takiego, co montuje się na dachach domów? Fotowoltaika. Kto ma fotowoltaikę? Przyznać się! O, część z was ma. No właśnie – to też źródło energii elektrycznej, którą potocznie nazywamy prądem. Są różne rodzaje tych źródeł. Jakie waszym zdaniem są najlepsze? Dlaczego najlepsza jest atomowa? Bo jest najbardziej wydajna – dobra odpowiedź. Jakies inne źródła byście jeszcze podali? Wodna – dlaczego jest najlepsza? Co jeszcze? Dobrze. A powiedzcie mi: czy wiecie, z czego głównie w naszym kraju wytwarzana jest energia elektryczna? Co jest głównym źródłem prądu w Polsce? Węgiel. Cały czas węgiel. Powiem wam tak: każda technologia ma swoje wady i zalety. Wymieniliście praktycznie wszystkie źródła. Nie ma czegoś takiego jak perfekcyjna technologia produkcji energii. Wokół każdej z nich narodziło się kilka mitów. A ponieważ jestem inżynierem, energetykiem, i od lat pracuję na Politechnice Poznańskiej – chciałbym te mity wam przybliżyć.

MIT 1

Czy panele fotowoltaiczne działają tylko w pełnym słońcu?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Pierwsze pytanie: czy panele fotowoltaiczne, które – jak sądzę – znakomita większość z was tutaj posiada, działają tylko przy pełnym słońcu? Jak uważacie? Przy niepełnym słońcu też będą działały, ale nie tak samo dobrze... Będą po prostu mniej wydajne, prawda? A kiedy nie będą działały w ogóle? Gdy nie ma słońca? W nocy? Nie widać słońca, prawda? Jeśli nie ma promieniowania słonecznego, to te panele po prostu nie będą funkcjonowały. Z tego względu, że są to przetworniki energii słonecznej na energię elektryczną. Zaliczamy je do tak zwanej grupy odnawialnych źródeł energii. Co to znaczy, że źródło jest odnawialne? Czy to znaczy, że jak się urwie łopata, to odrośnie? Nie. Odnawialne oznacza, że zasoby energii pierwotnej – z naszego punktu widzenia – są teoretycznie niewyczerpalne. Mówimy tu o energii wiatru i energii słonecznej. Czy panele działają tylko przy pełnym słońcu? Już sobie powiedzieliśmy, że nie. Generalnie panele fotowoltaiczne mają zdolność produkcji energii elektrycznej – którą bardzo często potocznie nazywamy prądem. Rodzice mówią: „przyszedł rachunek za prąd”, choć chodzi oczywiście o energię elektryczną, którą zużywamy na zasilanie tych urządzeń, o których

mówiliście wcześniej. Kiedy mówimy „pełne słońce”, mamy na myśli natężenie promieniowania słonecznego. Do powierzchni Ziemi dociera w takim dniu – na przykład w czerwcu lub lipcu – około tysiąca watów na metr kwadratowy. To są dni słoneczne, bezchmurne – i właśnie w takich warunkach panele działają najwydajniej. Zasada jest prosta: im wyższe nasłonecznienie, tym bardziej efektywna praca paneli. Ale jest jeszcze jeden parametr: temperatura panelu. I tu działa odwrotna zależność – im wyższa temperatura, tym niższa efektywność produkcji energii elektrycznej. Jeśli mamy dzień gorący, panele się nagrzewają – i przez to tracą część swojej produktywności. Im niższa temperatura pracy, tym lepiej dla wydajności. Natomiast im mocniej świeci słońce, tym więcej energii panel może wygenerować. Jeśli macie panele w domach – u rodziców – warto sprawdzić, jakie to są modele, poszukać ich kart katalogowych i zobaczyć, co ciekawego pisze producent. W kartach znajdziemy m.in. tak zwaną krzywą mocy – wykres pokazujący zależność wydajności od natężenia promieniowania. Dla promieniowania tysiąca watów na metr kwadratowy panel o mocy 280 watów osiąga swoją maksymalną wydajność – to jest właśnie ten piękny, bezchmurny dzień. Ale przecież nie zawsze jest bezchmurnie. Pojawiają się chmurki, słońce świeci słabiej – i wtedy natężenie promieniowania spada. Panel nadal pracuje, ale mniej wydajnie. Przykładowo: przy promieniowaniu 200 watów na metr kwadratowy taki sam panel może produkować już tylko około 50 watów. W związku z tym możemy się domyślić, w jakim okresie roku panele produkują najwięcej energii elektrycznej – to czerwiec, lipiec, sierpień. A kiedy najmniej? Grudzień, styczeń, luty. To nie znaczy, że wtedy nie działają wcale – po prostu działają dużo mniej efektywnie. W nocy natomiast nie działają w ogóle, bo natężenie promieniowania wynosi wtedy zero. Wróćmy jeszcze do kwestii temperatury. W kartach katalogowych podaje się dane z warunków laboratoryjnych – przy temperaturze panelu 25 stopni Celsjusza. Ale w rzeczywistości ta temperatura może być dużo wyższa, co również obniża wydajność. Jak wygląda rozkład promieniowania słonecznego w ciągu roku? Ile mamy godzin od Sylwestra do Sylwestra? Jeśli to policzyć – 24 godziny razy 365 dni – to wychodzi 8760 godzin. I przez cały ten czas natężenie promieniowania zmienia się – styczeń, potem okres wiosenny, wakacyjny, jesienny. Największe wartości przypadają właśnie na miesiące letnie – tak jak mówiliście. I zobaczcie: na wykresie pojawiają się charakterystyczne skoki i doliny – dzień, noc, dzień, noc. A teraz pytanie: czy da się zbudować system energetyczny, który opiera się wyłącznie na fotowoltaice? Czy potrzebujemy energii także w nocy? No właśnie – potrzebujemy. Co przede wszystkim? Światła. Nikt nie chce chodzić po ciemku. Telefon też musi być naładowany. Jeśli spojrzymy na to z perspektywy miesięcy – kwiecień, maj, czerwiec, lipiec, sierpień – to są te miesiące, w których fotowoltaika osiąga najwyższą produktywność. Natomiast grudzień i styczeń to okresy najśłabsze. Dlatego pierwszy mit uznajemy za obalony: panele

fotowoltaiczne działają nie tylko w pełnym słońcu. Działają również wtedy, gdy jest pochmurno – ale po prostu z mniejszą wydajnością. Druga sprawa to kwestie sieciowe. Żeby instalacja fotowoltaiczna mogła oddawać energię do sieci, musi być spełniony warunek napięcia. Jeśli napięcie przekroczy wartość 253 woltów – na przykład, gdyby wszyscy w okolicy mieli panele – to operator energetyczny może automatycznie odciąć tę instalację. Tak to wygląda w praktyce.

MIT 2

Czy energia jądrowa jest niebezpieczna i nie ma przyszłości?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: To było pierwsze źródło, zaliczane do grupy źródeł odnawialnych. Jest przyjazne czy nieprzyjazne? Przyjazne, tak? Nie emituje żadnych spalin, zanieczyszczeń i tak dalej. Drugą, i mówiliście nawet, że ona jest najlepsza – z czym się zgadzam – to energetyka jądrowa. Z czym się wam kojarzy energetyka jądrowa? Z jakim spektakularnym zdarzeniem z historii? Z Czarnobyłem, tak? Większość ludzi cały czas patrzy na aktualną energetykę jądrową przez pryzmat tamtego zdarzenia. Pytanie jest takie: czy energetyka jądrowa ma przyszłość, tak? No, wtedy projekt był zły, budowa miała wady konstrukcyjne, no i jeszcze operatorzy wykonali czynności, których wykonywać nie powinni. Nie budujemy na Zachodzie tego typu reaktorów, tej technologii, którą mieli w Czarnobyli, tak? To jest pierwsza zasada. Problem z Czarnobyłem – wstrzymaliśmy projekt budowy pierwszej elektrowni jądrowej po tym zdarzeniu. Kto wie, gdzie Polska miała mieć pierwszą elektrownię jądrową? W jakiej miejscowości? Kojarzycie? Nie? W Żarnowcu, tak? W miejscowości Żarnowiec miała powstać pierwsza elektrownia. Ten projekt został właśnie wstrzymany po Czarnobyli. Bezpieczna? Tak. To jest w tej chwili najbezpieczniejszy sposób wytwarzania energii elektrycznej. To jest technologia, która jest niezależna, tak? W sposób nieuzależniony od warunków pogodowych. Dla niej nie ma znaczenia, czy jest ciemno, czy jasno, tak? Jest problem – trzeba je zutylizować. Zaraz do tego dojdę. Natomiast jeżeli chodzi o bezpieczeństwo wytwarzania energii elektrycznej, tak? To nie było żadnego przypadku związanego chociażby z promieniowaniem, tak? W sensie przypadku śmiertelnego. Zawsze trzeba zachować, tak, tak zwane zasady BHP. No od tego są szkolenia, tak? Od tego są szkoły, tak zwane inżynierskie. No zostaje się potem inżynierem i operatorem w takiej. Główne mity, tak? Główne mity, które tutaj są powtarzane przy energetyce jądrowej. Po pierwsze – że ona wytwarza dużą ilość odpadów radioaktywnych. No, wytwarza odpady radioaktywne, tak jak powiedziałem. Każda technologia ma. W tym około 96% – tak? Czyli bardzo dużo – nadaje się do kolejnego recyklingu. 4% to są tak zwane odpady, tak? Plus

minus, które stanowią istotny kłopot. Gdybyśmy przeliczyli sobie, że wszyscy korzystamy z energii elektrycznej tylko i wyłącznie z elektrowni jądrowej, to w ciągu całego naszego życia - tak - każdy z nas wytworzyłby ilość odpadów, które byłyby wielkości tego wskaźnika, tak? Możemy sobie też policzyć, jak elektrownie węglowe emitują dwutlenek węgla, produkując energię elektryczną w procesie spalania węgla i jak zanieczyszczają powietrze. Jeżeli chodzi o jakość powietrza - czy czystość powietrza wokół elektrowni jądrowej - to są obiekty przemysłowe, wokół których powietrze jest jednym z najczystszych. Z tego względu, tak, po wielu latach atakowania energetyki jądrowej - po pomiarze sobie jakości powietrza - zmienili zdanie na temat energetyki jądrowej i wspierają rozwój tej technologii. Czy elektrownia jądrowa emituje szkodliwe promieniowanie do otoczenia? Czy w elektrowni jądrowej jesteście narażeni na działanie dodatkowego promieniowania? Jak myślicie? Dlaczego nie? Bo jest oczywiście zabudowana. Są tak zwane bariery, tak? To promieniowanie poza reaktor się nie wydostanie. Źródło promieniowania jest otoczone chłodziwem, pomieszczeniem technologicznym, pomieszczeniem ruchowym i dalej. Bardzo ładnie widać tutaj takie komory, przez które wchodzi czy wychodzi z terenu elektrowni. To jest taka kabina, do której człowiek wchodzi, tak? Jest skanowany: góra - dół. Jeżeli na ubraniu, na skórze coś zostanie wykryte, tak? No to nie zostaniecie po prostu z terenu elektrowni wypuszczeni. Trzeba wrócić, wziąć prysznic, wejść jeszcze raz. Bardzo fajnie ta procedura wejścia-wyjścia wygląda. Jesteśmy zamykani w jednej kabinie, skanowani z przodu, z tyłu, tak? No i otwiera się bramka - albo na teren elektrowni, albo ta, którą wyjdziemy na zewnątrz. Tak więc to promieniowanie nie wydostaje się na zewnątrz. No i to, co się stało - ten wybuch - on jest często mylony z wybuchem jądrowym. Nieśluszenie. Mówi się, że elektrownia jądrowa może wybuchnąć. To teraz byśmy musieli zdefiniować, tak? Co to jest reaktor. Reaktor jest urządzeniem, które służy do prowadzenia kontrolowanej reakcji rozszczepienia. Natomiast bomba jądrowa służy do zainicjowania niekontrolowanej reakcji rozszczepienia, w wyniku której uwalniają się olbrzymie ilości energii - z charakterystycznym grzybem atomowym. Tutaj już słusznie powiedzieliście, że przez nieprawidłowe działania operatorów tej feralnej nocy - no i doprowadzili do skrajnego stanu, w którym całe to chłodziwo w reaktorze właściwie odparowało. Czyli zamieniło się w parę. A para, jak wiecie, wywiera większą siłę - w zbiorniku zamkniętym - na jego wewnętrzne ściany. No i ona spowodowała wybuch termiczny. Para wodna w wysokiej temperaturze wchodzi w reakcję z cyrkonem - wydziela się wodór. A wodór, jak się zmiesza z tlenem, to już ma taką właściwość, że jest silnie wybuchowy. Druga eksplozja, która wysadziła cały budynek nr 4 - to był tak zwany wybuch chemiczny. To był efekt pogwałcenia wszelkich procedur. Bardzo bolesna lekcja, która nas kosztowała zatrzymanie w Żarnowcu. Natomiast powiedzieliście, że większość energii w Polsce jest produkowana z węgla. I my chcemy - z wielu powodów,

m.in. środowiskowych – ograniczyć emisję dwutlenku węgla i walczyć o lepszą jakość powietrza. No to te źródła musimy mieć. Okazuje się, że budowa elektrowni jądrowej i zastępowanie starych elektrowni węglowych dużo lepiej wpływa na zmianę współczynnika emisyjności. Skoro w elektrowni jądrowej nie powstaje dwutlenek węgla w reakcji spalania, czyli emisyjność tego źródła wynosi zero – to po prostu go nie ma, bo nie wykorzystujemy procesu spalania w ogóle. I to jest dosyć istotny aspekt. Chcemy mieć energię dla przyszłych pokoleń – na wiele, wiele długich lat. Jeden gram – taka mała pastylka uranu – to jest energetycznie równoważne około trzem tonom węgla. Trzy tony – czyli trzy tysiące kilogramów węgla – to jeden gram uranu. To są właśnie te źródła, które w tej chwili budujemy. Polska planuje w 2028 roku rozpocząć budowę pierwszej elektrowni jądrowej, którą planujemy zakończyć w roku 2036. Ponieważ nasz majątek wytwórczy – oparty na węglu – po prostu się kończy. W związku z powyższym, tak, elektrownie jądrowe będą źródłami w naszym przyszłym systemie elektroenergetycznym.

MIT 3

Czy produkcja paneli słonecznych i turbin wiatrowych jest bardziej szkodliwa dla środowiska niż ich używanie?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Wejdźmy do turbin. Turbina wiatrowa jest źródłem odnawialnym. Pracuje zawsze wtedy, kiedy chcemy, czy wtedy, kiedy ma do tego odpowiednie warunki? Tak, te warunki to jest duża wietrzność, tak? Musi być wietrzny dzień, żeby ona produkowała energię elektryczną. Produkcja paneli słonecznych i turbin wiatrowych – czy jest bardziej szkodliwa dla środowiska niż ich używanie? Po pierwsze, czy ona emituje jakiś dwutlenek węgla? Czy jest tam realizowane spalanie? Okej. W związku z powyższym – nie. W eksploatacji nie. Natomiast tutaj też mamy ten sam problem, który był w energetyce jądrowej: co zrobimy z taką turbiną, kiedy jej czas życia – dwadzieścia lat – minie i ona już nie nadaje się do dalszej eksploatacji? Zostawiamy ją w krajobrazie, tam, gdzie stała wcześniej? Co trzeba zrobić? Zrealizować demontaż, tak? I to jest w tej chwili wyzwanie, przed którym stoi energetyka odnawialna. Wszystkie komponenty do tej turbiny trzeba też wyprodukować. Oczywiście sama turbina nie emituje dwutlenku węgla, ale jeżeli zakładamy, że każdy komponent został wyprodukowany w sposób emisyjny, to znaczy: był zasilany energią elektryczną z systemu. A skoro był zasilany energią z systemu, to część tej energii jest obciążona emisją. Głównym źródłem tej emisji są wciąż elektrownie węglowe – wykorzystujące węgiel kamienny czy węgiel brunatny. W związku z powyższym możemy sobie policzyć, ile CO₂ przypada na kilowatogodzinę energii z takiej

turbiny wiatrowej. 11 gramów CO₂ na kilowatogodzinę, około 44 gramy CO₂ na kilowatogodzinę – w zależności od komponentu. Dla porównania: elektrownia węglowa emituje około 800 gramów na kilowatogodzinę. Dużo bardziej zanieczyszcza powietrze swoją pracą niż te źródła odnawialne. Natomiast problemem – oprócz tego, że praca tych urządzeń jest uzależniona od warunków pogodowych – jest też utylizacja wyeksploatowanych komponentów branży energetyki odnawialnej. Około 80 do 90 procent instalacji możemy poddać recyklingowi. Turbina – to jest generator elektroenergetyczny, który tam stoi i produkuje energię. Natomiast problem stanowią łopaty. Łopaty zbudowane są z polimerów zbrojonych włóknami, najczęściej szklanymi. Technologia ich recyklingu jest w tej chwili dopiero wprowadzana i testowana. I to jest duże wyzwanie. No bo oprócz tego, że trzeba to zrobić, to jeszcze liczba turbin, które za chwilę trzeba będzie poddać recyklingowi, stanowi w tej chwili duże wyzwanie dla sektora energetycznego. Widzicie więc, że eksploatacja turbin wiatrowych nie wpływa negatywnie na środowisko. Natomiast utylizacja – to już tak. Zarówno panele, jak i turbiny, pracują przez około 20 lat. Po 20 latach coś trzeba z tym zrobić. Bo to jest też problem związany z eksploatacją źródeł tak zwanych odnawialnych.

MIT 4

Czy jeśli coś jest „energooszczędne”, to można tego używać bez ograniczeń?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Powiedzieliście, że macie różne urządzenia w domu i wykorzystujecie je, tak? Wymieniona była lodówka i tak dalej. Powiedzcie, jak oszczędzić rachunki za energię elektryczną? Czy wasi rodzice są zadowoleni, czy nie? A o co marudzą? O cenę marudzą. O cenę energii, nie? Lepiej korki wykręcić, ale to nie jest oszczędzanie, tak? Bo to jest odcięcie się od energii elektrycznej. Myślę, że sąsiad się kapnie. Słuchajcie, czy jeżeli wymienię urządzenie, na przykład żarówkę na energooszczędną, to czy ja mam już oszczędność z energii? Nie. Oczywiście, że nie. Ponieważ rachunki – które tak potocznie przyjmujemy jako „rachunki za prąd” – wynikają z tego, że energia elektryczna to jest moc urządzenia razy czas. Na przykład miałem żarówkę o mocy 100 watów, a zmieniłem na 50-watową, ale używam jej dwa razy dłużej – no to energia będzie pi razy oko tyle samo. W związku z powyższym muszę racjonalnie oszczędzać tę energię. Jakie byście proponowali metody oszczędzania energii elektrycznej? Ładujecie telefony? Jak się telefon naładuje, to ładowarka zostaje w listwie, czy ją wyciągacie? Czy komputer – listwa często

jest włączona? Ta dioda się świeci? Wyłączać. Kto zostawia światło w pokoju, w którym nie ma nikogo? Ja. No właśnie. Kto zostawia włączony telewizor, którego nie ogląda? Ja. Tak, to też jest. Urządzenia współczesne gospodarstwa domowego, na przykład AGD, mają tak zwaną funkcję eko, z której warto korzystać. Jeżeli mamy zmywarkę czy pralkę, to wtedy i tylko wtedy, kiedy jest pełna, tak? To są też metody oszczędzania energii. Przy czym oszczędność nie może obniżać naszego komfortu życia. To nie chodzi o to, że ja pójdę po ciemku w nocy po schodach i sobie nie zapalę światła i się za chwilę przewrócę – to nie jest oszczędność energii elektrycznej, tak? Jeżeli potrzebuję sobie oświetlić ten obiekt, przez który chcę przejść, to należy to zrobić. Ale właśnie urządzenia na czuwaniu – tak zwanym standby – te diody, które się świecą, załączone listwy, zostawione ładowarki od telefonów – to są rzeczy, które wpływają na zużycie energii elektrycznej. W związku z powyższym, jeżeli coś jest energooszczędne, to nie znaczy, że ja to mogę używać bez ograniczeń. Są pewne metody racjonalnego użytkowania energii elektrycznej w domu, co wpłynie mi summa summarum na rachunki, które dostaję od operatora. W związku z powyższym, jeżeli żarówka jest energooszczędna, to nie znaczy, że 24 godziny na dobę ma świecić w moim domu – w dzień, kiedy jest słońce. Jest to wtedy niepotrzebne.

MIT 5

Czy energetyka węglowa w Polsce jest tania i niezastąpiona?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Energetyka węglowa w głównej mierze w tej chwili jest tą technologią, która produkuje nam tę energię elektryczną, czyli: węgiel – prąd. Co się takiego stało, że chcemy od tej energetyki węglowej nagle odejść? Ona przez wiele, wiele lat, tak, stanowiła podstawę w tym kraju i nagle musimy od niej odejść. Jak myślicie, co jest przyczyną tego, że chcemy odejść od energetyki węglowej? Dobra – węgiel. Druga sprawa? Środowisko, czyli dwutlenek węgla, tak. Normy środowiskowe, wejście do Unii Europejskiej swego czasu, tak, no i nastawienie się na tę transformację. A druga sprawa – zasoby węgla. To nie jest tak, że na wiele, wiele pokoleń do przodu tego węgla wystarczy. Pamiętajcie o tym przeliczniku: jeden gram uranu to około trzy tony węgla – bardzo duża przewaga. Rzeczywiście, produkcja z węgla była produkcją najtańszą, ale te czasy się skończyły – tak – przez emisję dwutlenku węgla. Jeżeli spalimy jeden kilogram węgla, który zawiera pierwiastek C – mówię o spaleniu – to wytworzymy ponad trzy kilogramy CO₂. To wpływa na taki jednostkowy koszt liczony w produkcji energii. Mamy tutaj pięć rodzajów kosztów, które musimy ponieść – one wpływają na koszty produkcji, a te z kolei przenoszone są na

końcowe rachunki. Po pierwsze: koszty uprawnień do emisji dwutlenku węgla – to jest ta składowa, która właściwie spowodowała, że udział energetyki węglowej będzie w kolejnych latach się zmniejszał w produkcji energii elektrycznej. Trzeba na przykład turbiny czy generatory wyremontować – to są koszty remontów. Są też koszty budowy elektrowni, koszty paliwa – za węgiel też trzeba zapłacić, trzeba go dostarczyć z kopalni do elektrowni – no i koszty obsługi, czyli wypłaty dla inżynierów i operatorów, którzy obsługują te wszystkie urządzenia. Jak myślicie – pracują od ósmej do szesnastej, czy od szóstej do czternastej? Tylko od dwudziestej do pierwszej? No właśnie – elektrownia pracuje dwadzieścia cztery godziny na dobę, siedem dni w tygodniu, cały czas na trzy zmiany. W związku z powyższym – zawsze ktoś w tej elektrowni musi pełnić dyżur i wykonywać pracę. To jest odkrywka – po węglu brunatnym. Produkcja energii z węgla brunatnego jest najtańsza – najtańsza, bo mamy metodę odkrywkową. Warstwa po warstwie – górnik nie musi schodzić pod ziemię, węgiel nie jest transportowany na duże odległości, elektrownia z reguły budowana jest przy odkrywkach. W Polsce – na węglu brunatnym – działa elektrownia w Bełchatowie, oczywiście. W Bełchatowie – to jest największa elektrownia. Koszty produkcji energii elektrycznej są porównane ze średnią ceną sprzedaży energii na rynku w 2022 roku. Mamy cztery źródła: blok na węgiel brunatny, blok węglowy na węgiel kamienny, blok na paliwo gazowe i blok jądrowy. Zielone pole na wykresie to koszty emisji dwutlenku węgla. We wszystkich tych przypadkach – czy te zielone słupki zwiększyły koszt produkcji, czy zmniejszyły? Zwiększyły – o 50%. Ponieważ emisja tony CO₂ to około 90 euro – taki jest koszt za emisję jednej tony dwutlenku węgla. Żółte pole – to jest cena paliwa. Węgiel brunatny – najtańszy. Węgiel kamienny – troszeczkę droższy, bo koszty wydobycia są większe. Drogim paliwem jest gaz, tak? Przejście na gaz też spowoduje wzrost cen energii, bo gaz jest po prostu drogi. Natomiast ostatni słupek – to jest atom. Atom nie ma zielonego pola. Dlaczego? Nie emituje dwutlenku węgla, ponieważ tam nie ma paliwa węglowego, węglowodoru – w związku z powyższym nie ponosimy kosztów emisji. Pracuje stabilnie, niezależnie od warunków pogodowych, tak? I jeżeli chcemy realnie wpłynąć na obniżenie cen energii elektrycznej dla odbiorców końcowych, to powinniśmy elektrownie węglowe zastępować elektrowniami jądrowymi, które będą pracowały przez cały rok – na pokrycie naszego zapotrzebowania. To spowoduje, że będziemy mieli system niskoemisyjny. Bo w tej chwili, tak, w Europie mamy jedną z bardziej emisyjnych produkcji energii elektrycznej. Więc czasy, w których energetyka węglowa była tania, już odeszły – i od tej technologii po prostu odchodzimy – w stronę energetyki jądrowej i odnawialnej. Tak to będzie musiało wyglądać.

MIT 6

Czy energetyka wodorowa to przyszłość?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Powiedźcie mi, pojawiła się jeszcze jedna rzecz - kto z was zauważył takie ciekawe autobusy w Poznaniu? Jeżdżą z napisem „jestem wodorowy”. No właśnie. Jak działa autobus na wodór? Wodór i co jeszcze? Tak, maszynki i konwerter wodoru - zaraz wam pokażę. To jest ogniwo - ogniwo paliwowe. Będzie, tak, coraz szersze zastosowanie znajdowało jako paliwo czy jako nośnik energii. Natomiast wodór nie zastąpi nam energetyki, to nie będzie główne paliwo, które może być stosowane w energetyce zawodowej. Wodór, pomimo swoich zalet ekologicznych - tak - pod względem technicznym, jeżeli chodzi o eksploatację, ma swoje fizykochemiczne właściwości i zagadnienia bezpieczeństwa, które są zupełnie inne w stosunku do konwencjonalnych paliw, które znamy. Jakie podstawowe właściwości wodoru byście wymienili jako charakterystyczne? No, głośniej. Ma bardzo niską gęstość - tak - w porównaniu z innymi paliwami. Ma bardzo niską gęstość. Wysoką przenikalność - łatwo przenika przez materiały - tak, no i tworzy z tlenem zagrożenie związane z wybuchem, w zależności od procentowego stężenia w mieszaninie z tlenem. Wodór w energetyce jest stosowany od lat - na przykład ma bardzo dobrą przewodność cieplną i służy do chłodzenia wirników generatorów - tak - tam dobrze się sprawdza. No i ponieważ nie zawiera pierwiastka C, to nie emituje CO₂, więc jest przyjazny dla środowiska. Natomiast jego produkcja - czy jest tania? Nie. W związku z powyższym, tak, nie zastąpimy energetyki węglowej energetyką wodorową. To nie jest tak, że zbuduję wielką elektrownię na wodór - bo ona będzie po prostu nieopłacalna. Jest możliwość, żeby do bloków gazowych dokładać ten wodór do paliwa gazowego i w ten sposób zmniejszyć emisyjność tej technologii - chodzi o obniżenie kosztów emisji. Ale pamiętajcie, że już wam pokazywałem: w tych technologiach gazowych koszty też wpływają na podbicie cen energii. Więc jeśli chodzi o sektor energetyczny - to elektrowni systemowych wodoru nie zastąpi. Zostają technologie gazowe albo jądrowe, tak? Wodór nie będzie paliwem podstawowym w produkcji energii elektrycznej - tak jak obecnie jest węgiel w wielu technologiach. Autobus ma ogniwo paliwowe w sobie - tak? Ogniwo paliwowe to jest takie urządzenie, które zamienia wodór na energię elektryczną. No i ta energia elektryczna jest dostarczana do silnika elektrycznego, który wtedy wykonuje ruch obrotowy - i ten ruch napędza pojazd. Więc wodór znajdzie zastosowanie w transporcie - co już widzimy - i w energetyce rozproszonej, co też już możecie zaobserwować. Takie autobusy poruszają się po naszym mieście.

MIT 7

Czy wodór jest najlepszym rozwiązaniem dla każdego sektora?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: Więc to jest pierwsza kwestia, że on tutaj nie będzie głównym. I drugie pytanie dotyczące wodoru, nad którym też troszeczkę się zastanowimy – czy wodór jest najlepszym rozwiązaniem dla każdego sektora? Nie – właśnie ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne, tak – nie jest najlepszym rozwiązaniem. Jest trudnym paliwem, tak? Nie wszędzie, nie wszędzie będzie najlepszy. Mówię „niestety”, dlatego że ze względów środowiskowych on jest gazem bardzo dobrym, tak? Natomiast ze względów technicznych i ekonomicznych – kosztownym, jeżeli chodzi o jego wykorzystanie. To jest trudny gaz w eksploatacji – ma małą gęstość, ma wysoką przenikalność, bardzo niską energię zapłonu. Taka iskra spod sweterka wystarczy w odpowiednich warunkach, żeby spowodować zapłon, tak? Więc daje nam to pewne ograniczenia dla instalacji wodorowych. No i taki też historyczny przykład z energetyki wodorowej – taki, w cudzysłowie, „Czarnobyl wodoru” – to sterowiec Hindenburg, tak? Był wypełniony wodorem, służył do podróży międzykontynentalnych. Doszło do wycieku, nastąpiło wymieszanie z powietrzem, po przejściu iskry nastąpił zapłon i spalanie. No i spowodowało to tragedię – tam około 46 osób z 90 zginęło w tym wypadku. To jest historyczny przykład. Ale jest też coś bardziej współczesnego – 2019 rok. Skoro rozwija się wodór, to muszą powstawać stacje tankowania wodoru. Niestety, czasami kończy się to źle. To jest eksplozja stacji w Norwegii – 2019 rok. Tam zawór nie spełnił swojej roli, wodór przez ten zawór przedostał się, doszło do wymieszania się z tlenem, no i powstały warunki, które zakończyły się eksplozją i wysadzeniem tej stacji. Wodór jest po prostu silnie wybuchowy. W związku z powyższym – czysty wodór to nie zawsze jest najlepsze rozwiązanie. Może warto byłoby szukać czegoś, gdzie stosunek C do H (węgla do wodoru) będzie tak dobrany, że ostateczna emisja będzie mniejsza, ale paliwo będzie bardziej przyjazne technicznie. Jeżeli mówimy o czystym, zielonym wodrze, to produkujemy go przez elektrolizę wody – bo wiecie, że wodoru mamy dużo, ale w postaci cząsteczki H_2O , czyli wody, dobrze wam znanej. I teraz – żeby wyprodukować jeden kilogram wodoru, musimy poświęcić około 77 kilowatogodzin energii. A z tego jednego kilograma wodoru, w ogniwie paliwowym, odzyskam z powrotem około 16 kilowatogodzin energii. Co generuje oczywiście bardzo duże straty. Natomiast pojawiają się i autobusy wodorowe, i samochody wodorowe, i stacje tankowania wodoru. Jakie one mają przewagi nad innymi? Będą miały większy zasięg – tak – z tego względu, że mogą magazynować więcej energii w mniejszej masie paliwa. Możemy też rozpatrywać inne paliwa – na przykład etanol zamiast

czystego wodoru. Etanol to związek węglowodorowy, jest paliwem płynnym – ma problemy eksploatacyjne, ale nie zeruje emisji CO₂. Zmniejsza ją, ale jej nie zeruje. Więc nie zawsze wodór jest tym najlepszym rozwiązaniem – trzeba brać pod uwagę aspekty techniczne i ekonomiczne. I teraz – skoro chcemy odejść od węgla, a mamy znakomitą większość bloków węglowych, z czego większość ma już ponad 50 lat – to te bloki już przeżyły swój najlepszy czas. W związku z powyższym nadają się do wyłączenia. A chcemy mieć energię – to musimy budować nowe źródła. A z tych, które wymieniliśmy – zostają źródła jądrowe i odnawialne.

MIT 8

Czy możliwe jest zbudowanie systemu elektroenergetycznego tylko na panelach PV i turbinach wiatrowych?

Dr hab. inż. Bartosz Ceran: I teraz pytanie jest takie: czy ja mogę zbudować system elektroenergetyczny, w którym są tylko źródła wiatrowe i fotowoltaiczne? Dlaczego to nie jest dobry pomysł? No właśnie – już powiedzieliście, że oba źródła są uzależnione od warunków pogodowych, tak? A my chcemy mieć energię wtedy, kiedy jej potrzebujemy – kiedy jemy, gotujemy, pracujemy – a nie tylko wtedy, kiedy źródło będzie nam ją dostarczać. W związku z powyższym – tak – zbudowanie systemu tylko na źródłach tak zwanych niesterowalnych nie jest najlepszym pomysłem technicznym. Potrzebna jest część źródeł, które będą pracowały stabilnie, które będą pełniły funkcję źródeł sterowalnych i nad którymi będziemy mieli kontrolę. System zbudowany w 100% na tych dwóch technologiach – to jest system, którym bardzo trudno zarządzać i utrzymać jego stabilną pracę. To jest mit powtarzany często przez ludzi, którzy nie studiowali zasad działania systemów elektroenergetycznych. Bo jest coś takiego jak operator systemu – i operator ten codziennie rozwiązuje bardzo ważne zadanie: w kraju potrzebujemy energii – znane jest zapotrzebowanie, czyli obciążenie – i musi odpowiednio ustawić wszystkie elektrownie mocowo. W każdej chwili suma wszystkich mocy odbieranych musi być równa sumie mocy wszystkich pracujących elektrowni. To było jeszcze dość proste, kiedy elektrownie były sterowalne – można było zwiększać i zmniejszać ich obciążenie. Ale dziś mamy dwie grupy źródeł – te, które są niesterowalne – i one pracują w sposób losowy i zmienny. W związku z powyższym to zadanie stało się dzisiaj dużo trudniejsze. Jeżeli bilans mocy zostaje zachowany, mówimy, że system pracuje stabilnie. Jeżeli dojdzie do odchylenia – przeciwwagi z jednej lub drugiej strony – może dojść do wyłączenia odbiorców. A moce odnawialne rosną. Obecnie mamy już

30 gigawatów, czyli 30 tysięcy megawatów mocy zainstalowanej w źródłach niesterowalnych. 10 GW to są turbiny wiatrowe, tak – i one cały czas się pojawiają – a 20 GW to źródła fotowoltaiczne – zarówno duże systemowe farmy, jak i instalacje przydomowe, u wielu odbiorców indywidualnych. Jak myślicie – więcej zużywamy zimą czy latem? Zimą – dlaczego? Bo ogrzewanie. Ogrzewanie jest w okresie zimowym znacznie większe niż w okresie letnim. Sama pora dnia ma znaczenie – w okresie nocnym zużywamy mniej niż w dziennym, ale nadal musimy dopasować pracę elektrowni do aktualnego zapotrzebowania. Jeżeli popatrzymy na pokrycie obciążenia przez turbiny wiatrowe i fotowoltaikę razem – to zwróćcie uwagę, że są okresy, w których nie mamy pokrytego zapotrzebowania, i inne – w których mamy nadprodukcję. W takim trybie nie da się prowadzić systemu elektroenergetycznego. Bo z jednej strony muszę mieć źródło, które pokryje obciążenie, a z drugiej – nadmiar energii muszę gdzieś odprowadzić, żeby zachować bilans, o którym mówiłem. W związku z tym wnioski są takie: aby zachować w pełni sterowalne warunki pracy systemu, potrzebujemy minimum 9 GW źródeł sterowalnych. A są trzy typy źródeł systemowych, które są w pełni sterowalne: bloki węglowe – od których chcemy odchodzić, bloki gazowe – które generują najdroższą energię, i bloki jądrowe – które nie emitują CO₂, a ich produkcja energii jest ekonomicznie najbardziej uzasadniona. I teraz – z punktu widzenia ekonomicznego – trzeba odpowiedzieć na pytanie: które technologie nas interesują? Jeżeli przewymiarujemy system, czyli postawimy dużo elektrowni wiatrowych i fotowoltaicznych, to w okresie niedoboru i tak będą musiały wchodzić do pracy bloki węglowe albo inne. Przykład – przyszedł taki okres w listopadzie, że przez dwa tygodnie po prostu nie wiało. Wszystkie turbiny wiatrowe stały. W okresie nadmiaru energii musimy ją „wypychać” do krajów sąsiednich – co oczywiście wiąże się z tym, że temu sąsiadowi trzeba będzie zapłacić, żeby przyjął naszą energię. I taki wniosek końcowy: każda technologia energetyczna ma swoje wady i zalety. Bloki węglowe – emitują CO₂, energia z nich będzie droższa ze względu na paliwo. Bloki jądrowe – mają problem z odpadami radioaktywnymi. Odnawialne źródła – problem z recyklingiem oraz ich stochastyczny, losowy charakter pracy. A jak myślicie – mamy w Polsce dobre warunki wodne, żeby budować energetykę wodną? Nie – nie mamy wystarczających. Główne rzeki, które mamy, nie są w stanie zapewnić zaspokojenia zapotrzebowania na energię elektryczną w skali kraju. I na koniec jeszcze dwa dodatkowe pytania. Dlaczego w Polsce jest tak mało elektrowni wiatrowych? Do 2016 roku ich rozwój był bardzo dynamiczny. W 2016 roku pojawiła się tak zwana ustawa odległościowa – zgodnie z którą w odległości od zabudowań równej dziesięciokrotności wysokości wiatraka można dopiero postawić turbinę wiatrową. To mocno ograniczyło rozwój energetyki wiatrowej. Druga sprawa – system elektroenergetyczny ma określone możliwości techniczne, o których wcześniej mówiłem – i nie jest w stanie przyjmować tak

dużej ilości energii z tego typu źródeł. A jak wyglądają jeszcze inne źródła w Polsce – co to jest źródło geotermalne? Tak, to źródło ciepłych wód. Warunki, które mamy, to około 80-120 stopni Celsjusza. Te źródła można wykorzystać do produkcji ciepła – tylko do celów grzewczych. Nie zamienimy tej energii na energię elektryczną w sposób opłacalny. Przy tak niskiej geotermii w Polsce mówimy wyłącznie o produkcji ciepła – nie o produkcji energii elektrycznej, potocznie zwanej prądem. Czy macie jeszcze jakieś pytania do mnie na temat tych technologii? Dziękuję uprzejmie.

---KONIEC---



Zabrania się powielania, kopiowania, przedruku treści zawartych w dokumencie, zarówno w całości, jak i w części, bez zgody autora.