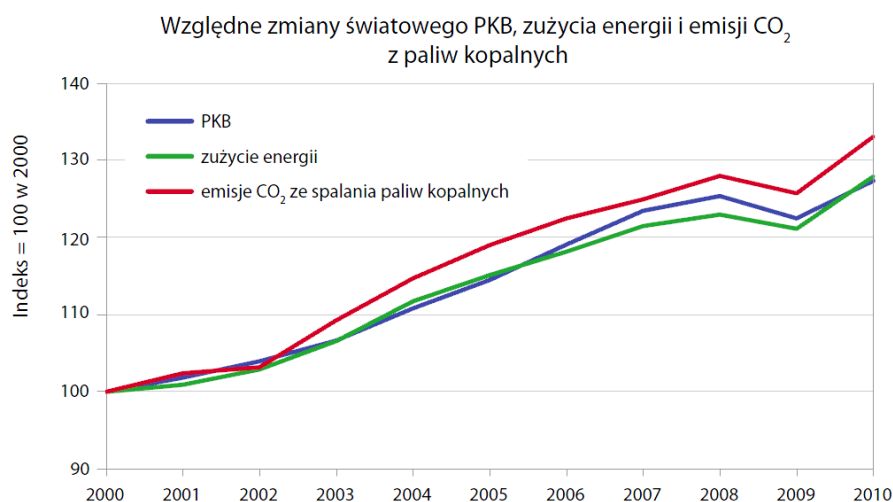


## Wprowadzenie

Oparliśmy działanie naszej gospodarki na paliwach kopalnych – ropie, węglu i gazie, dających nam ponad 80 procent energii. To nie tylko bardzo wydajne źródło energii, ale też jej magazyn – szczególnie ropę i węgiel możemy gromadzić w dowolnie małych lub dużych porcjach i użyć ich wtedy, kiedy chcemy. Jednak korzystanie z paliw kopalnych ma swoją cenę. I nie chodzi tu tylko o emisje tlenków siarki i azotu, pyłów i metali ciężkich, czy szkody związane z wydobyciem (wystarczy pomyśleć o wydobyciu ropy w Nigerii, eksploatacji piasków roponośnych czy odkrywkach węgla brunatnego) lub wypadkami (tu również lista jest długa, od katastrof w kopalniach, po wycieki ropy z tankowców czy platform wiertniczych), ani nawet problemy geopolityczne związane z konkurowaniem i konfliktami o zasoby. Nie chodzi też o wpływ emisji dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych na zmiany klimatu, które, przy obecnym kursie, w ciągu dziesięcioleci doprowadzą klimat Ziemi do stanu, w jakim planeta nie była od dziesiątek milionów lat, z szeregiem poważnych „efektów ubocznych”, od przesunięcia się stref klimatycznych, przez wzrost poziomu wody, aż po możliwość destabilizacji pokładów hydratów metanu i odtlenienia oceanów prowadzących do wymarcia większości zamieszkujących naszą planetę gatunków.

Kluczowy problem jest mniej uchwytne: stworzyliśmy gospodarkę wymagającą do istnienia wykładniczego wzrostu, opartą na infrastrukturze zależnej od paliw kopalnych. Światowe PKB, zużycie energii i emisje CO<sub>2</sub> idą ręką w rękę.



Zmiany światowego [realnego PKB](#), [zużycia energii](#) i [emisji CO<sub>2</sub> ze spalania paliw kopalnych](#) w ostatniej dekadzie.

Tymczasem łatwe złoża ropy, węgla i gazu już w dużym stopniu wyczerpaliśmy. Po to, aby utrzymać i zasilać obecny system, coraz szybciej i bez oglądania się na koszty uboczne sięgamy po coraz trudniejsze złoża – po ropę w Arktyce, piaski roponośne czy gaz łupkowy.

Koszty finansowe i środowiskowe pozyskiwania paliw kopalnych są coraz wyższe. Na sam import ropy Polska przeznaczona dziś już 5% PKB, z czego ponad 90% idzie do Rosji. Stagnacja podaży tego surowca w zderzeniu z rosnącym popytem ze strony Chin i Indii zwiastują dalszy długoterminowy wzrost cen. Sytuacja na światowym rynku węgla, w związku z gwałtownym wzrostem jego zużycia przez Chiny, również prowadzi do wniosku, że paliwo to będzie coraz droższe.

Dziś paliwa kopalne, których koszty zdrowotne, środowiskowe i klimatyczne nie są uwzględniane w rachunkach za prąd czy paliwo, wciąż są najtańsze. Jednak jeśli zwiędzeni ich obecną wciąż niską ceną będziemy inwestować w infrastrukturę z epoki paliw kopalnych, znajdziemy się w pułapce. Gdyby ceny ropy wzrosły trzykrotnie, to za sam import tego surowca musielibyśmy wystać za granicę 15% naszego PKB, co odpowiadałoby prawie całości wpływów budżetu państwa. Szybko nasz kraj stałby się bankrutem. Jakie więc mamy możliwości stworzenia systemu energetycznego, który (choć dziś droższy od opartego na paliwach kopalnych), zapewni nam trwałą i zrównoważoną przyszłość, czyli taką, w której zaspokoimy nasze potrzeby, ale nie kosztem przyszłych pokoleń – nie kosztem degradacji środowiska, wyczerpania krytycznie ważnych zasobów i gospodarczego upadku kraju? Decyzje, które podejmiemy przygotowując się na zakończenie epoki paliw kopalnych, powinny brać pod uwagę nie tylko finansowy koszt budowy alternatywnej infrastruktury energetycznej, ale też możliwości wytwarzania energii na skalę naszych potrzeb i koszty środowiskowe.

Analizując, jakie mamy możliwości wytwarzania energii z alternatywnych źródeł energii, porównajmy je z naszym obecnym zużyciem energii, weźmy też pod uwagę skalę instalacji. Polskie zużycie energii pierwotnej wynosi około 80 kWh na osobę dziennie (kilowatogodzina to jednostka energii, którą można mierzyć nie tylko energią elektryczną, ale też każdą inną, na przykład energia zawarta w litrze ropy to 10 kWh), z czego około 30 kWh przeznaczamy na wytworzenie 11 kWh prądu.





Dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

## Lądowe farmy wiatrowe

Zabudowanie 10% powierzchni Polski (czyli powierzchni odpowiadającej dużemu województwu) farmami wiatrowymi opartymi na wiatrakach o wysokości 100 m pozwoliłoby na wytworzenie 30 kWh prądu. Oznaczałoby to podwojenie obecnej światowej mocy farm wiatrowych.

Ponieważ musimy się liczyć z tym, że wiatr nie zawsze będzie wiał, musielibyśmy poradzić sobie z przerwami w dostawach energii z tego źródła – możemy to zrobić na kilka sposobów:

- Możemy zainwestować w europejską supersieć energetyczną. Jeśli nie wieje w Polsce, to może wieje w Portugalii, Grecji lub Finlandii; a jeśli nie wieje, to świeci słońce lub mamy zebraną gotową do spalania biomasę lub wodę w zaporach elektrowni wodnych, gotowych wprowadzić energię do europejskiej sieci. Ale na razie europejska supersieć energetyczna znajduje się dopiero w sferze projektowania. Warto zaznaczyć, że nasza obecna sieć energetyczna jest niezdolna do poradzenia sobie z transmisją energii z tak nieprzewidywalnych źródeł energii jak wiatraki. Jednak, biorąc pod uwagę, że jest ona stara i zdekapitalizowana, tak czy inaczej trzeba ją będzie zbudować praktycznie od nowa.
- Możemy też część energii gromadzić w akumulatorach milionów samochodów elektrycznych – ale jeszcze ich nie ma.
- Możemy zbudować zapasowe źródła energii, które będziemy uruchamiać, kiedy nie będzie wiatru. Obecnie zwykle funkcję tę pełnią elektrownie gazowe, ale mogą to być też elektrownie na biomasę czy elektrownie wodne, szczególnie szczytowo-pompowe. Podczas wietrznych dni, te elektrownie wodne gromadziłyby wodę (lub wręcz, z pomocą nadmiaru prądu z farm wiatrowych, pompowały wodę do górnego zbiornika), a podczas ciszy brały produkcję prądu na siebie. Musimy mieć jednak na uwadze, że jeśli chcielibyśmy magazynować energię z pomocą elektrowni szczytowo-pompowych, to zgromadzenie zapasu energii na 5 dni flauty wymagałoby 500-krotnego zwiększenia rezerw energii magazynowanych w polskich elektrowniach szczytowo-pompowych – doliny górskie masowo zamienilibyśmy w zbiorniki elektrowni szczytowo-pompowych.
- Alternatywnie możemy też wrócić do zwyczajów z dawnych czasów, kiedy to młyny wiatrowe meły ziarno wtedy, kiedy wiał wiatr. W tym scenariuszu energochłonne zakłady przemysłowe uruchamiałybyśmy jedynie podczas wietrznej pogody.

Na to wszystko nakładają się problemy z wydobyciem metali ziem rzadkich (w tym przypadku neodymu) do produkcji magnesów turbin wiatrowych. Wydobycie metali ziem rzadkich jest bardzo uciążliwe środowiskowo i wiąże się z powstawaniem olbrzymich ilości toksycznych odpadów. W związku z tym 97% wydobycia tych metali ma miejsce w Chinach, które mają tym samym monopol na ich wydobycie, a na domiar złego ograniczają ich eksport, woląc zarabiać na sprzedaży urządzeń, a nie surowca.

Gdybyśmy ruszyli z programem masowej budowy farm wiatrowych wiele osób narzekałoby, że nie podoba im się widok za oknem (ale na komin elektrowni węglowej też by pewnie narzekały), lub że obawiają się hałasu (choć nowoczesne turbiny wiatrowe są bardzo ciche, w każdym razie z punktu widzenia mieszkańców miast, bo hałas pochodzący od ruchu drogowego jest wielokrotnie większy).

„Farmy wiatrowe mogą też stanowić zagrożenie dla ptaków. Oszacowano, że w Danii rocznie turbiny wiatrowe zabijają 30 000 ptaków. Jednocześnie wiatraki generują 19% elektryczności. Horror! Może powinniśmy więc zakazać wiatraków? Jednakże wiemy również, że ruch samochodowy zabija w Danii jeden milion ptaków rocznie. Trzydzieści razy większy horror! Trzydzieści razy więcej powodów, żeby zakazać samochodów!” – możemy przeczytać w książce "[Zrównoważona energia - bez pary w gwizdek](#)" prof. Davida MacKaya. Tu nie ma po prostu idealnych rozwiązań – po prostu skala naszej działalności jest tak wielka, że wszystko co robimy, w mniej lub bardziej poważny sposób odbija się na środowisku.

## Przybrzeżne elektrownie wiatrowe

Nad morzem wiatr wieje mocniej, budowa farm wiatrowych nie spotka się też z gwałtownymi protestami okolicznych mieszkańców. Gdybyśmy zabudowali farmami wiatrowymi 40% polskich wód terytorialnych (zostawiając wolne kanały dla żeglugi i obszary dla rybołówstwa), pozwoliłoby to nam wytworzyć 35% całości obecnej polskiej produkcji elektryczności (co odpowiada 5% całości energii pierwotnej). Pomijając brak protestów społecznych związanych z widokiem z okna i hałasem reszta problemów wspomnianych przy lądowych farmach wiatrowych pozostaje.

## Energia słoneczna i biopaliwa

Możemy wykorzystywać energię słoneczną na kilka sposobów:



- do podgrzewania wody w domach i ich ogrzewania (za pomocą umieszczonych na dachach kolektorów słonecznych, tzw. solarów). Umieszczenie na dachach instalacji o powierzchni 10 m<sup>2</sup> na osobę dałoby średnio połowę energii potrzebnej do ogrzewania domów – jednak większość z tego latem (kiedy ciepło nie jest potrzebne), a bardzo mało zimą (kiedy ogrzewanie jest potrzebne) – chyba, że domy będą posiadać akumulator ciepła, gromadzący energię latem, a ogrzewający dom zimą. To instalacje proste technologicznie, których budowa i eksploatacja nie wiąże się z istotnymi kosztami środowiskowymi, na razie jednak, ze względu na niską cenę ogrzewania węglowego czy gazowego, nie rozpowszechnione.

- do wytwarzania prądu na potrzeby domowe (za pomocą umieszczonych na dachach paneli fotowoltaicznych, tzw. ogniw słonecznych). Umieszczone na dachach instalacje o powierzchni 10 m<sup>2</sup> na osobę dałoby 5 kWh na osobę dziennie, czyli połowę energii elektrycznej zużywanej obecnie w Polsce (ponieważ tylko ¼ energii elektrycznej jest zużywana w domach, a większość w przemyśle, więc z nadatkiem zaspokoiliby to całość potrzeb domowych). Koszt prądu wytworzonego w ten sposób przy obecnych cenach instalacji byłby jednak 4-krotnie wyższy od prądu z elektrowni konwencjonalnych. Trzeba wziąć też pod uwagę, że produkcja niektórych rodzajów paneli słonecznych wiąże się z uciążliwymi środowiskowo procesami produkcyjnymi, podobnie jest też z akumulatorami, które musiałyby stanowić nieodłączny element tych instalacji.

- budując farmy paneli fotowoltaicznych. Do wytworzenia 30 kWh prądu na osobę dziennie (czyli takiej ilości, jak z farm wiatrowych na łądzie) należałoby zabudować farmami słonecznymi 1,2% powierzchni Polski. Miejsca by wystarczyło, ale koszt tego projektu przy obecnych cenach paneli zamknąłby się kwotą pół miliona złotych na osobę. Problemy z magazynowaniem prądu byłyby podobne jak w przypadku wielkich farm wiatrowych, a nawet, ze względu na znaczny spadek dostępnej energii promieniowania słonecznego zimą, byłyby one większe.

- przechwytyjąc energię słoneczną za pomocą roślin, czyli upraw energetycznych. Rośliny te można spalić w elektrowni (podobnie jak węgiel) lub przerobić na biopaliwa i spalić w tej postaci (podobnie jak ropę). W celu pozyskania zbliżonej energii, jak z opisanych wcześniej farm wiatrowych, musielibyśmy przeznaczyć pod uprawy energetyczne całość ziem rolnych w Polsce, rezygnując zupełnie z produkcji żywności. W obliczu jej rosnących cen, zbliżającego się strukturalnego kryzysu żywnościowego i codziennej śmierci z głodu 20 tysięcy osób, jest to pomysł dość wątpliwy – wytworzenie etanolu na jedno tankowanie samochodu wymaga zużycia kukurydzy w ilości pozwalającej na wykarmienie człowieka przez rok. Tworząc olbrzymie pola monokultur upraw energetycznych wyeliminowalibyśmy ponadto istniejące ekosystemy pól, łąk i pastwisk, a spalając zebrane z pól rośliny w horyzoncie pokolenia moglibyśmy doprowadzić do wyjałowienia gleb (można tego jednak uniknąć, dbając o powrót materii organicznej na pola, na przykład promując zastosowanie dostarczających nawozu biogazowni). Warto zauważyć, że o ile pozostałe alternatywne źródła energii dostarczają prądu bądź ciepła o niskiej temperaturze, z roślin można pozyskać energię w postaci chemicznej, przydatnej w transporcie, nie tylko drogowym, ale też lotniczym i morskim.

Można też zainwestować w budowę elektrowni słonecznych nie w Polsce, lecz w miejscach, w których nasłonecznienie jest znacznie większe, na przykład na południu Europy, w Afryce Północnej i na Bliskim Wschodzie. W takich warunkach dobrze sprawdzają się elektrownie słoneczne CSP, w których z pomocą śledzących Słońce luster koncentruje się energię słoneczną, wytwarzając w ten sposób parę napędzającą turbinę generatora prądu. To instalacje relatywnie tanie, nie wymagające zaawansowanej technologii i nie wiążące się ze znaczącymi szkodami środowiskowymi. Trzeba mieć jednak na uwadze, że do zasilenia w ten sposób Polski należałoby zabudować lustrami teren wielkości województwa (około 15 000 km<sup>2</sup>). Warto zauważyć, że gromadzenie ciepła jest znacznie łatwiejsze od gromadzenia prądu i już teraz istnieją instalacje elektrowni słoneczne potrafiące gromadzić energię w postaci rozgrzanej soli i zapewniające działanie generatora prądu nawet przez kilkanaście godzin bez słońca. Instalacje słoneczne mogą też z powodzeniem dostarczać ciepła dla procesów przemysłowych (warto zauważyć, że ciepło stanowi 2/3 energii zużywanej w przemyśle Unii Europejskiej).

## Hydroenergetyka

Gdybyśmy postawili tamy na wszystkich rzekach, w ogóle nie oglądając się na względy środowiskowe, udałoby nam się wytworzyć w ten sposób około 1,5 kWh prądu na osobę dziennie. Mało. Cóż, Polska (w odróżnieniu np. od Norwegii), ma dość słabe warunki do rozwoju tego rodzaju energetyki.

Również budowa sztucznych zbiorników wiąże się z kosztami środowiskowymi. Gdybyśmy podjęli wielkoskalową budowę elektrowni wodnych, na pewno pojawiłoby się wielu oponentów wskazujących, że taki program oznaczałby przesiedlenie dziesiątek tysięcy ludzi, zatopienie wielu cennych przyrodniczo terenów, zabytków i cmentarzy, blokadę tras migracji ryb, zagrożenie zalaniem w przypadku pęknięcia tamy, gromadzenie się osadów itp. Z drugiej strony wiele osób uważa, że górskie jeziora: Solińskie czy Czorsztyńskie – kiedy już powstały – zmieniły okolicę na lepsze, łagodząc mikroklimat, stymulując rozwój turystyki, dając możliwości wypoczynku nad wodą oraz zapewniając ochronę przeciwpowodziową.

## Geotermia



Optymistycznie rzecz biorąc, moglibyśmy z pomocą wód geotermalnych ogrzewać domy na połowie Polski. W niektórych miejscach może być to nawet rozsądne i opłacalnie ekonomicznie rozwiązanie (szczególnie biorąc pod uwagę wyeliminowanie szkód związanych z tzw. niską emisją z piecyków domowych, opalanych węglem i śmieciami). Być może jednak nie będzie to konieczne – umiemy budować domy nie potrzebujące praktycznie energii do ogrzewania – owszem, wybudowanie domu w standardzie pasywnym jest u nas o 25% droższe niż normalnego, co oznacza, że zamiast 125 m<sup>2</sup> będziemy mieć tylko 100 m<sup>2</sup>, ale w Niemczech różnica cen wynosi już tylko 5%.

Temperatura wód geotermalnych jest zbyt niska, by wytwarzać w ten sposób prąd lub zapewnić wysokotemperaturowe ciepło dla procesów przemysłowych. Inną strategią wykorzystania energii geotermicznej jest potraktowanie ciepła jako zasobu do eksploatacji nieźrównoważonej, zalegającego w pokładach gorących suchych skał, zwanych HDR (Hot Dry Rock). Są to położone na dużej głębokości (minimum 5000 metrów) skały nieprzepuszczające wody (przede wszystkim granity), przykryte skałami o słabym przewodnictwie ciepła. Wykonujemy najpierw odwiert o głębokości 5–10 km, a następnie, wpompowując do niego wodę, hydraulicznie kruszymy skały. Później do popękanej strefy przewiercamy się drugi raz. Teraz możemy już uruchomić proces: wpompowujemy wodę w jeden z odwiertów, a z drugiego odbieramy rozgrzaną parę wodną, którą możemy wykorzystać do produkcji elektryczności lub ogrzewania. Według raportu MIT z 2006 roku, przy nakładach na badania i rozwój na poziomie 1 mld USD (co odpowiada cenie jednej elektrowni węglowej), istnieją realne możliwości zainstalowania do 2050 roku elektrowni o mocy 100 GW, a w dłuższym horyzoncie czasowym dostępna dla współczesnej technologii moc to nawet 12000 GW, czyli ponaddziesięciokrotnie więcej, niż wynosi moc wszystkich elektrowni w USA.

Podczas odwiertów mogą wystąpić wstrząsy powodujące lekkie uszkodzenia budynków, jednak nie będą one większe niż te związane z obecną działalnością kopalń. Poza tym minusów w zasadzie nie ma (zakładając, że robimy to dobrze i np. nie wpuszczamy wody słodkiej, a nie wylewamy solanki) – tylko koszt i fakt, że nie w każdym miejscu są do tego dobre warunki.

## **Pływy i Fale**

Tutaj sprawa jest prosta. Na Bałtyku pływy są tak małe, a energia fal tak niska, że budowa takich instalacji nie ma żadnego sensu energetycznego.

## **Energia jądrowa**

Elektrownie jądrowe mają sporo zalet i gorących zwolenników. Mają też kilka wad i równie gorących przeciwników. Jak to więc z nimi jest?

Elektrownie jądrowe dają stabilną, dużą moc przy małej powierzchni instalacji. Cena prądu (choć wysoka) pozostaje na akceptowalnym poziomie, a wysoki koszt samej elektrowni jest kompensowany relatywnie niskim kosztem paliwa.

Ilość zużywanego paliwa i odpadów jest bardzo mała – elektrowni jądrowej o mocy 1000 MW wystarcza rocznie 30 ton paliwa, a wytwarzane przez rok pracy wysokoaktywne odpady promieniotwórcze mają objętość kilku metrów sześciennych i nie są po prostu wyrzucane do otoczenia, lecz zamienia się je w szklane bloki, pakuje się je do pancernych kontenerów, a następnie zakopuje w wybranych pokładach geologicznych setki metrów pod ziemią.

Elektrownie jądrowe nie emitują gazów cieplarnianych (choć są emisje związane z budową i wydobywaniem rud uranu), mogą też dostarczać energię w sposób nieprzerwany (z czym ma problem wiele odnawialnych źródeł energii, jak farmy wiatrowe czy słoneczne).

Jest to sprawdzona i bezpieczna technologia – w całej historii energetyki jądrowej jedynym poważnym wypadkiem, niosącym za sobą ofiary śmiertelne (pomijając poparzenia czy przygniecenia przez elementy konstrukcyjne), była katastrofa w Czarnobylu. Bezpośrednio śmierć poniosło 57 osób, jednak rozproszone w wypadku izotopy promieniotwórcze odpowiadają za choroby (głównie raka) u znacznie większej liczby ludzi. Oficjalne analizy WHO, UNSECAR i IAEA mówią zwykle o kilku tysiącach przedwczesnych zgonów, choć opracowania wydane przez Lekarzy Przeciw Wojnie Nuklearnej, Greenpeace czy Nowojorską Akademię Nauk podnoszą tę liczbę do dziesiątek, a nawet setek tysięcy ofiar. Jednak nawet gdyby przyjąć te radykalne, wysokie oszacowania liczby ofiar Czarnobyla (czyli aż do katastrofy w Fukushima całej energetyki jądrowej), to w skali świata nie są to wcale tak wielkie liczby. Na świecie z głodu co roku umierają miliony ludzi, a w wypadkach samochodowych ginie ponad milion ludzi. Na korzyść energetyki jądrowej przemawia także porównanie z liczbą ofiar energetyki węglowej. Tylko w chińskich kopalniach, według danych oficjalnych, co roku giną tysiące górników, a zanieczyszczenia produkowane przez energetykę i przemysł węglowy na obszarach zamieszkałych przez miliony ludzi, powodują skrócenie ich życia nawet o kilka lat. Należy też zauważyć, że nowoczesny, moderowany wodą reaktor w sytuacji nagłego wzrostu mocy zamiast eksplodować – jak w Czarnobylu – samoczynnie wygasza swoją moc bez żadnych uszkodzeń.

Jednak entuzjazm dla energetyki jądrowej stopniowo przygasa. Obecnie zamyka się bloki energetyczne o większej mocy niż oddaje do użytku nowych – udział energetyki jądrowej w produkcji elektryczności, który jeszcze w roku 1993 wynosił 18%, w 2008 roku spadł do 14%. Spadek mocy wytwarzanej w elektrowniach jądrowych wynika z szeregu problemów, z którymi boryka się dzisiejsza energetyka jądrowa,



bazująca na zasilanych uranem  $^{235}\text{U}$  lekkowodnych reaktorach ciśnieniowych LWR. W dużym stopniu wynika to z oporu społeczeństw, którym elektrownie jądrowe kojarzą się z technologią wojskową, Czarnobylem i odpadami promieniotwórczymi. Te ostatnie, choć powstają w niewielkiej ilości, mają bardzo długi czas życia – zanim stanowiące część odpadów promieniotwórcze aktywności staną się nieszkodliwe, muszą minąć dziesiątki tysięcy lat. To przerzucanie problemu na przyszłe pokolenia. Po takim czasie nikt nie będzie już wiedział, gdzie znajdują się odpady.

Dochodzą do tego uzasadnione obawy związane z możliwością rozpowszechniania się broni nuklearnej. Gdyby wszystkie kraje na świecie zaczęły budować elektrownie jądrowe wraz z zakładami wzbogacania uranu, wiele z nich mogłoby nie oprzeć się pokusie wzmocnienia swojej pozycji z pomocą bomb atomowych. Możliwość dostania się materiałów rozszczepialnych (lub nawet głowic atomowych) w ręce terrorystów także stanowi poważne ryzyko.

Elektrownie atomowe są drogie w budowie – co w dużym stopniu wynika z niewielkiego wolumenu produkcji i wynikającej z tego niestandardowej konstrukcji każdej elektrowni (jednak gdyby ruszyła masowa produkcja zestandaryzowanych reaktorów, ich cena mogłaby znacząco spaść).

Kluczową kwestią dla przyszłości energetyki jądrowej są ograniczone zasoby uranu. Dla obecnie działających reaktorów uranu wystarczy na następnych kilkadziesiąt lat. Kilkukrotne zwiększenie zainstalowanej mocy – co pozwoliłoby (wraz z istniejącymi odnawialnymi źródłami energii) na zaspokojenie obecnego zapotrzebowania na prąd bez zużycia paliw kopalnych – oznaczałoby jednak wyczerpanie rezerw uranu w ciągu dekady lat. To bardzo niewiele, nie daje też praktycznie marginesu pozwalającego na znaczące zwiększenie mocy elektrowni jądrowych.

Nawet kilkukrotne zwiększenie rezerw, przy jednoczesnym zwiększeniu mocy elektrowni jądrowych tak, żeby zaspokajały chociaż kilkanaście procent światowego zapotrzebowania na energię, oznaczałoby wyczerpanie się zasobów uranu w ciągu kilkadziesiąt lat.

Opierając nasz system na zaawansowanych technicznie elektrowniach jądrowych musimy też pamiętać o tym, że elektrownie jądrowe to skomplikowana i delikatna technologia, do bezpiecznego działania wymagająca bardzo starannej obsługi, co niestety nie zawsze ma miejsce. Do katastrofy w Czarnobylu doszło właśnie w wyniku szeregu poważnych błędów w obsłudze reaktora (swoją drogą bardzo wrażliwego na takie błędy). Jednak zaniedbania, pomijanie procedur bezpieczeństwa, ignorowanie usterek i sygnałów alarmowych oraz wprowadzanie w błąd opinii publicznej, do których dochodziło nie tylko w Rosji, ale nawet w tak znanych z dobrej organizacji i staranności krajach jak Wielka Brytania czy Japonia. W Polsce nie ma elektrowni jądrowych, jeśli jednak mają powstać to lepiej, żeby procedury bezpieczeństwa były traktowane poważnie, a nie tak jak na przykład w kopalniach węgla, gdzie mierniki metanu – aby nie przeszkadzały w pracy – są przewieszane pod strumień czystego powietrza wypływający z przewodów wentylacyjnych lub zaklejane taśmą izolacyjną, a ich odczyty alarmowe są nagminnie ignorowane.

Czy to znaczy, że energetyka jądrowa nie ma sensu? Owszem ma, ale jeśli na poważnie myślimy o tym źródle energii, to powinniśmy zrobić to inaczej niż dziś.

Jak? Zadajmy sobie pytanie, jaką energetykę jądrową chcielibyśmy widzieć.

Chcielibyśmy dysponować praktycznie nieograniczonymi zasobami paliwa na skalę co najmniej tysięcy lat, nawet przy wzroście średniego zużycia energii na osobę na świecie do poziomu europejskiego. Chcielibyśmy, by energetyka jądrowa była bardziej przyjazna środowisku, w szczególności nie wymagała destrukcyjnego dla środowiska wydobycia surowców i nie tworzyła długo żyjących odpadów. Chcielibyśmy, żeby bezpieczeństwo było zapewnione przez podstawowe prawa fizyki, a nie skomplikowane i zawodne systemy bezpieczeństwa. Chcielibyśmy, żeby cykl paliwowy sam w sobie zapobiegał rozprzestrzenianiu się broni jądrowej. Chcielibyśmy, żeby reaktory miały wysoką wydajność energetyczną, mogły być nie tylko wielkie, ale też małe, a cała technologia była prosta w konstrukcji, tania i możliwa do wdrożenia na skalę, która zrobi różnicę w zaopatrzeniu świata w energię.

Zarówno ci, którzy wyrażają obawy przed budową dzisiejszych reaktorów, jak i ci, którzy mówią „budujmy”, woleliby widzieć taką energetykę. Ale czy to nie gruszki na wierzbie? Czy to w ogóle jest możliwe? A jeśli tak, to dlaczego energetyka jądrowa nie wygląda w ten sposób?

Jest to możliwe, jednak dla reaktorów o zupełnie innej konstrukcji oraz dla zupełnie innego cyklu paliwowego, np. dla reaktorów IV generacji wykorzystujących ciekłe sole toru. Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej i nie boisz się dawki technikałów, zajrzyj np. do „[Energii nuklearnej inaczej](#)”.

Chcę podkreślić, że takich reaktorów nie produkuje żadna firma – technologia jest teoretycznie opracowana i wygląda obiecująco, jednak jej doszlifowanie i rozpowszechnienie na skalę, która mogłaby „zrobić różnicę”, to horyzont 20 i więcej lat.





Dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

## Podsumowanie

Poza biomasą wszystkie źródła energii, o których mówiliśmy, dostarczają albo elektryczności albo ciepła. Tymczasem cała nasza obecna infrastruktura transportowa bazuje na ropie, a nie na elektryczności i należałoby ją dopiero przebudować. Tak więc projekt przebudowy naszego systemu energetycznego to nie tylko kwestia wybudowania elektrowni i wygenerowania odpowiedniej ilości elektryczności.

To wielkie wyzwanie, ale im dłużej czekamy, tym będzie ono trudniejsze. Każda decyzja, jaką podejmiemy, będzie wiązać się z koniecznością przyjęcia na siebie mniejszych bądź większych kosztów – finansowych, środowiskowych czy społecznych. Tu nie ma białych lub czarnych technologii, wszystkie są szare – choć pod różnymi względami w różnym stopniu.

Wchodząc w okres rosnących cen paliw kopalnych, powinniśmy pamiętać o tym, że źródło energii wytwarzające ją drożej i przy większej pracochłonności (co czyni je mniej konkurencyjnym z mikroekonomicznego punktu widzenia), może być opłacalne z perspektywy makroekonomicznej – ponieważ pieniądze nie opuszczają kraju, lecz zostają w naszej gospodarce, dając tak potrzebne nam miejsca pracy.

Można zbudować wiele różnorodnych planów energetycznych, należy jednak pamiętać o tym, aby plan taki „spinał się liczbowo”. Nie wystarczy kilkanaście wiatraków tu, elektrownia wodna tam i kilka solarów na dachach. Mówimy o rewolucji energetycznej.

W dyskusji na ten temat pełno jest emocji i machania rękami, nie ma tylko zrozumiałych liczb, umożliwiających rzeczową dyskusję i realistyczne zbudowanie planu energetycznego. Potrzebujemy liczb podanych w sposób prosty i zrozumiały, a także łatwych do porównania i zapamiętania. Dopiero mając w ręku rzetelną informację liczbową, będziemy w stanie odpowiedzieć na pytania:

- Czy kraj taki jak Polska może normalnie funkcjonować, korzystając jedynie ze swoich własnych odnawialnych źródeł energii?
- Czy udałoby się powstrzymać kryzys energetyczny, gdyby każdy przykręcił ogrzewanie w swoim domu o 1°C, jeździł mniejszym samochodem i wyjmował z gniazdka ładowarkę do telefonu, gdy tylko ten się naładuje?
- Czy podatek nałożony na paliwa powinien znacząco wzrosnąć? Czy dopuszczalna prędkość na drogach powinna być o połowę mniejsza?
- Czy ktoś, kto broni energetyki wiatrowej i wypowiada się przeciwko elektrowniom atomowym, staje się automatycznie „wrogiem publicznym nr 1”?
- Czy jeśli zmiany klimatu są „zagrożeniem większym niż terroryzm”, to rządy nie powinny wpisać do kodeksów karnych „głoryfikowania podróży” i wprowadzić praw przeciwko „promowaniu konsumpcji”?
- Czy przerzucenie się na „bardziej zaawansowane technologie” pozwoli nam wyeliminować emisje dwutlenku węgla bez zmiany naszego stylu życia?
- Czy powinno się zachęcać ludzi, by jedli więcej posiłków wegetariańskich?
- Czy na Ziemi jest siedem razy więcej ludzi niż być powinno?

Jeśli chcesz znać odpowiedź na te pytania, polecam darmową książkę "[Zrównoważona energia - bez pary w gwizdek](#)" prof. Davida MacKaya, fizyka z Cambridge. Znajdziesz w niej czytelne i przekonujące porównanie możliwości wytwarzania energii z różnych źródeł, zestawione z różnymi obszarami jej zużycia - wszystko w jednolitych, łatwych do porównania jednostkach, z prostymi obliczeniami umożliwiającymi zrozumienie dlaczego tak jest, jaka będzie skala instalacji i co możemy zrobić, żeby zużywając mniej energii mieć podobne usługi energetyczne (ciepło w domu, światło, mobilność itp.). Polskie wydanie książki zostało uzupełnione o obliczenia dla naszego kraju – wreszcie można więc zobaczyć, na ile energii z różnych źródeł możemy liczyć u nas.

Książka jest wyjątkowa pod jeszcze jednym względem. Większość publikacji na ten temat, albo obejmują tylko niewielki wycinek tematu, albo spłaszczają i upraszczają temat aż do poziomu bezużyteczności, albo też mają formę opasłych i nie nadających się do czytania raportów naukowych. David MacKay dokonał rzeczy wybitnej – napisał doskonałą merytorycznie książkę, dzięki której wszystkie informacje o możliwościach wytwarzania energii są w jednym miejscu, którą czyta się jak kryminał.

