



## Kryzys klimatyczny: co teraz?

### Climat Change: What Happens Now?

*Dr Lars Schernikau \**

**Treść:** E-odpady to najszybciej rozwijająca się kategoria odpadów na świecie, osiągająca 50 milionów ton rocznie. Większość zachodnich odpadów elektronicznych jest „eksportowana” do Afryki i Azji. Wysypiska, takie jak słynne wysypisko Dandora w Nairobi (Kenia) lub wysypisko Agbogbloshie w Ghanie, na północny zachód od miasta Akra, są oznaką kapitulacji przed kryzysem recyklingu, o którym ludzie rzadko słyszą. Jednak to, o czym ludzie słyszą, to kryzys klimatyczny. Wygląda na to, że paliwa kopalne (konkretnie węgiel) i emitowany przez nie dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>) są nowym wrogiem świata. Ten nowy wróg doprowadził narody, banki i korporacje przemysłowe do ścigania każdego źródła energii odnawialnej, jakie tylko mogą zdobyć. Miliardy, a wkrótce tryliony euro - głównie pieniądze podatników - są wydawane na budowę nowych farm wiatrowych, paneli słonecznych i pojazdów elektrycznych. Kredyty węglowe są przedmiotem handlu, konsultanci publikują wspaniałe raporty, dziennikarze przechodzą od jednego katastroficznego raportu do drugiego, a pieniądze nadal przepływają z jednej ręki do drugiej (zwykle od biednych do bogatych).

**Abstract:** E-waste is the fastest growing waste category globally, topping 50 million tpy. The majority of western electronic waste is ‘exported’ to Africa and Asia. Dumps such as the famous Dandora dump in Nairobi (Kenya), or Ghana’s Agbogbloshie dump, northwest of Accra’s city are a sign of the capitulation to a recycling crisis that people rarely hear of. What people do hear about however, is the climate crisis. It appears that fossil fuels and the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) they emit are the world’s new enemy, specifically coal. This new enemy has led nations, banks and industrial corporations to run after every source of renewable power they can get their hands on. Billions and soon trillions of Euros – mostly taxpayers’ money – is being spent on building new wind farms, solar panels and electric vehicles. Carbon credits are traded, consultants issue glossy reports, journalists go from one catastrophic news report to another, and money continues to flow from one hand to another (usually from poor to rich).

#### **Słowa kluczowe:**

*Klimat, E-odpady, źródła energii odnawialnej*

#### **Keywords:**

*Climat, E-waste, source of renewable power*

### **1. Wprowadzenie**

Stałem przed miejskim składowiskiem śmieci Mwakirunge na obrzeżach Mombasy, w Kenii. Przede mną widziałem afrykańskie dzieci i kobiety przeszukujące częściowo trujące odpady elektroniczne w poszukiwaniu metali szlachetnych. Kiedy wróciłem do domu, przeprowadziłem poszukiwania i dowiedziałem się, że e-odpady są najszybciej rosnącą kategorią odpadów na świecie, z więcej niż 50 mln ton rocznie. Większość odpadów elektronicznych świata zachodniego jest «eksportowana» do Afryki i Azji. Słynne składowiska odpadów, takie jak składowisko Dandora w Nairobi (Kenia) lub składowisko Agbogbloshie na północny zachód od miasta Akra (Ghana) są dowodem kapitulacji przed kryzysem systemu recyklingu, o którym prawie nikt nie słyszy. To, o czym ludzie jednak słyszą, to kryzys klimatyczny. Wydaje się, że paliwa kopalne i przede wszystkim węgiel, ale także gaz i produkty naftowe oraz powodowana przez nie emisja

dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) to nowy wróg świata. Doprowadziło to do tego, że całe narody, banki i korporacje przemysłowe gonią za każdym źródłem energii odnawialnej, jaki im się oferuje. Biliony euro - głównie od podatników - płyną na budowę nowych farm wiatrowych, elektrowni słonecznych i pojazdów elektrycznych. Istnieje handel certyfikatami emisji dwutlenku węgla, konsultanci sporządzają lśniące raporty, dziennikarze prześcigają się w rozpowszechnianiu wiadomości o katastrofach a pieniądze nadal przepływają z jednej kieszeni do drugiej (zwykle od biednych do bogatych).

Mimo że koszty energii rosną, w prasie przeczytać można, że energia wiatrowa oraz energia słoneczna są, lub niedługo będą, tańsze niż energia ze źródeł konwencjonalnych. Niektóre z prognoz przewidywały ceny energii słonecznej na poziomie 0,03 USD/kWh. Czy to może być prawdą? A co z odpadami?

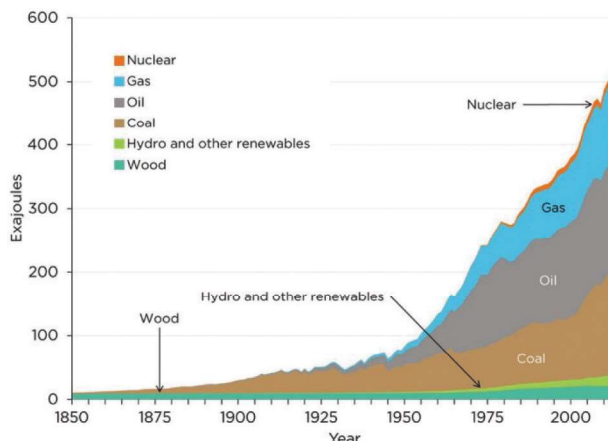
W dalszej przyszłości nasza planeta prawdopodobnie będzie w dużej mierze zasilana ze źródeł odnawialnych, jednak czy obecnie prowadzone prace na pewno są dobre dla środowiska? Czy dzisiejsza technologia wiatrowa i słoneczna jest rozwiązaniem naszych problemów energetycznych?

\* ) ekonomista w zakresie energii i przedsiębiorca, Szwajcaria/Singapur



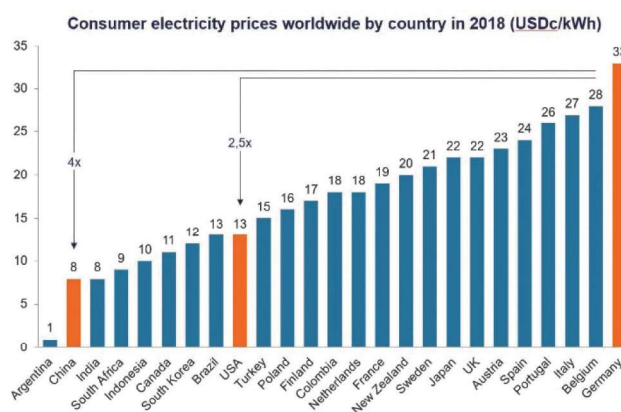
Rys. 1. Palenie przewodów elektrycznych w celu odzyskiwania miedzi, Agbogbloshie, Ghana

Fig. 1. Burning electrical wires to recover copper at Agbogbloshie, Ghana



Rys. 2. Wykres produkcji energii na świecie. Źródło: Statistical ... 2018, Grubler 1998

Fig. 2. Graph on global energy. Source: Statistical ... 2018, Grubler 1998.



Rys. 3. Ceny prądu na świecie bez podatku VAT. Źródło: Statista 2019

Fig. 3. Global prices for power excluding VAT. Source: Statista 2019.

Na Ziemi żyje dziś prawie 8 mld ludzi, a 80% światowego zapotrzebowania na energię jest zaspokajane przy pomocy węgłowodorów lub „paliw kopalnych”. W roku 2018 wiatr i energia słoneczna stanowiły około 2% produkcji energii, podczas gdy „niekopalna” reszta to przede wszystkim energia atomowa, wodna i pochodząca z biomasy. Zaledwie 100 lat temu na ziemi żyły 2 mld. ludzi. Spośród dzisiejszych 8 mld przynajmniej 3 mld mają nieregularny dostęp do prądu lub nie mają go wcale. Ponadto, w ciągu najbliższych 50 lat przybędą nam kolejne 3 mld ludzi. W sumie daje to 6 mld nowych konsumentów energii elektrycznej. Nie dość, że liczba ludzi będzie rosła, to ludzie będą dalej potrzebowali nowych gadżetów, samolotów, samochodów i podróży kosmicznych. Przeciętne zużycie energii per capita drastycznie wzrośnie, a wraz z nim ilość produkowanych przez nas elektrośmieci.

## 2. Energia wiatrowa i słoneczna są szkodliwe przy masowych zastosowaniach

Energia słoneczna i wiatrowa nie są niczym nowym. W tych dwóch źródłach energii nie ma też nic nadzwyczajnego czy rewolucyjnego. Jednak w ciągu ostatnich dekad ich wydajność znacznie wzrosła - tak naprawdę jesteśmy blisko

osiągnięcia fizycznej granicy ich możliwości. Według granicy Schokleya-Queissera ogniwa krzemowe (PV) są w stanie przekształcić w elektrony maksymalnie 33% docierających do nich fotonów, a nowoczesne ogniwa PV osiągają poziom 26%. Według prawa Betza łopaty wiatraków mogą przejść do 60% obecnej w powietrzu energii kinetycznej, a nowoczesne wiatraki osiągnęły poziom 45%. W energetyce nie ma prawa Moore'a. Nie możemy tutaj oczekiwać postępu analogicznego do tego co obserwujemy w komputerach. Koszty nie będą spadać wiecznie - najwyższa pora zastosować całościowe ujęcie energii słonecznej i wiatrowej, a także wszystkich innych form pozyskiwania energii.

Niniejszy artykuł zwraca uwagę na konieczność wsparcia praktycznie każdego kilowata energii słonecznej i wiatrowej w przypadkach zastosowania ich na dużą skalę w celu zastąpienia paliw kopalnych. Energia wiatrowa i słoneczna z natury stanowią nieciągłe źródła energii. Oznacza to, że działają one wyłącznie, gdy wieje wiatr lub gdy świeci słońce. Nie istnieje dość duży obszar, który byłby stale nasłoneczniony lub wietrzny. Co kilka lat cała Ameryka północna doświadcza całego dnia lub dwóch bez wiatru i słońca.

Obecne porównania cen energii oparte o metodę LCOE (*levelized cost of energy*) nie uwzględniają następujących danych, koniecznych do wykonania wiarygodnego porównania:

- koszt energii konwencjonalnej lub zapasowych akumulatorów,
- straty energii konwencjonalnej, wynikające z mniejszego zużycia,
- koszt dodatkowych połączeń wzajemnych,
- koszty utrzymania sieci o dużej zmienności nakładu energetycznego,
- energia i materiały potrzebne do wyprodukowania potencjału generowania energii słonecznej i wiatrowej (por. zwrot energii w stosunku do energii inwestowanej),
- koszty i energia potrzebne do recyklingu odpadów pochodzących z odnawialnych źródeł energii.

Straty wydajności oraz koszt zapasowej energii konwencjonalnej tłumaczą, dlaczego po osiągnięciu pewnego poziomu całkowity koszt energii rośnie wraz z rosnącą liczbą instalacji wiatrowych lub słonecznych. Ten poziom zależy od kraju i regionu, jednak jedno jest pewne: Niemcy już dawno przekroczyły ten poziom, co widać po wysokich cenach energii (rys. 3). Rys. 4 przedstawia mylące porównania kosztów według LCOE oraz dokładniejsze porównanie VALCOE autorstwa IEA.

W styczniu 2020 r. prestiżowy japoński Institute of Energy Economics (IEEJ) opublikował raport „IEEJ Outlook 2020”, w którym wyrażono obawy przed wzrostem kosztów integracji energii odnawialnej, konkludując, że LCOE nie jest w stanie uchwycić faktycznego kosztu energii wiatrowej i słonecznej.

Niemcy zdały sobie sprawę z tego, że pomimo wielkiego nakładu energii wiatrowej i słonecznej, dalej potrzebują energii konwencjonalnej. Na koniec 2019 r. zdolności produkcji energii wiatrowej i słonecznej osiągnęły 110,5 GW, czyli 50,3% całkowitej niemieckiej produkcji energii. Według doniesień Fraunhofer ISE udział energii wiatrowej i słonecznej w produkcji energii elektrycznej brutto w Niemczech w 2019 r. wynosił 28,6 % oraz zaledwie 4,9% w całkowitej energii pierwotnej w Niemczech.

Niemcy zdecydowały się odejść od węgla oraz od atomu. Energia wiatrowa i słoneczna nie są jednak wystarczającymi źródłami energii, niezależnie od tego jak wiele instalacji wybudujemy.

Niemcy zdecydowały się więc na budowę nowych elektrowni opalanych gazem. Pomimo obecnej nadpodaży ciepłego gazu ziemnego (LNG) i związanych z tym rekordowo niskich cen, gaz jest zazwyczaj droższy od węgla oraz trudniejszy i droższy w transporcie - wymaga on rurociągów lub instalacji LNG, oraz jego przechowywanie jest ogólnie trudniejsze i bardziej niebezpieczne. Dlaczego więc Niemcy zamknęły swoje istniejące elektrownie węglowe i budują nowe, opalane gazem? W większości przypadków odpowiedzią będą emisje gazów cieplarnianych, ponieważ energia gazowa emituje o około połowę mniej CO<sub>2</sub>/kWh niż spalanie

węgla. Mniej znanym faktem jest jednak to, że dostarczanie gazu wiąże się z wyciekami metanu (gaz o 84 razy silniejszym efekcie cieplarnianym od CO<sub>2</sub> w przeciągu 20 lat oraz 28 razy silniejszym efekcie w przeciągu 100 lat) w czasie produkcji, przetwarzania i transportu gazu.

Udowodniły to liczne badania, w tym niemieckie badanie międzynarodowej firmy Pöyry (2016), dotyczące „Porównania emisji gazów cieplarnianych w elektrowniach opalanych węglem i gazem”. Zauważyło to również czasopismo Bloomberg w artykule ze stycznia 2020, w którym omówiono wycieki metanu związane z wykorzystaniem LNG.

Emisje metanu są bardzo zróżnicowane, jednak w wielu przypadkach emisje gazów cieplarnianych są poważniejsze przy spalaniu gazu niż w przypadku węgla, co udokumentowało badanie sponsorowane przez Total Gas z roku 2016. Według badania „istnieje 95-procentowe prawdopodobieństwo, że amerykański gaz łupkowy może emitować więcej gazów cieplarnianych niż węgiel kamienny z Kolumbii”.

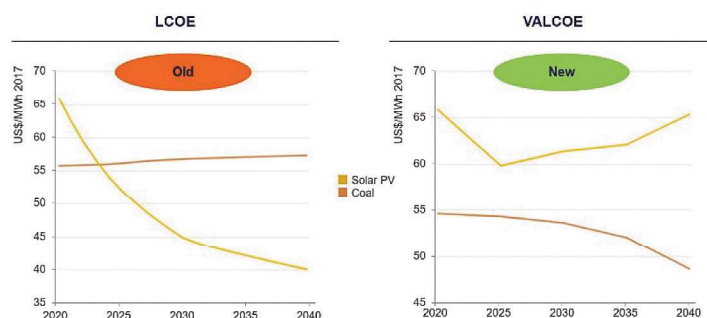
Rys. 5 przedstawia ten fakt i porównuje bezpośrednie emisje (w czasie spalania) z emisjami pośrednimi (w czasie produkcji i transportu):

- gaz emituje o około połowę mniej CO<sub>2</sub> w porównaniu ze spalaniem węgla,
- gaz emituje więcej odpowiedników CO<sub>2</sub> (głównie w postaci metanu) w czasie jego produkcji i transportu,
- w zależności od typu i umiejscowienia turbiny oraz źródła i typu gazu, suma emisji odpowiedników CO<sub>2</sub> w przypadku gazu jest równa emisjom przy spalaniu węgla lub jest od nich wyższa.

Gaz jest dobrym i potrzebnym energetyce paliwem, ale jeśli wierzymy w to, że globalne ocieplenie jest skutkiem działalności człowieka, musimy być spójni i nie wydawać pieniędzy podatników na wypieranie węgla gazem, gdy nawet orędownicy energii z gazu przyznają, że nie będzie miało to pozytywnego wpływu na „klimat”. Emisje metanu nie są mierzone ani opodatkowane... Czy to jest uczciwe wobec węgla, środowiska i podatników?

### 3. Akumulatory nie nadają się do zastosowań na dużą skalę

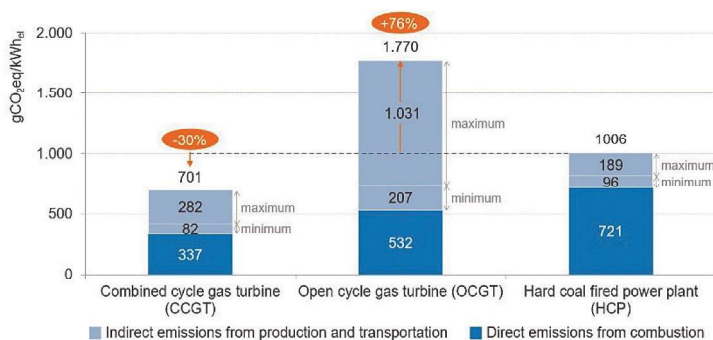
Jeśli nie gaz to co? Można zapytać: „A co z tymi wspaniałymi akumulatorami?”. Czy opłacalny i niezawodny system magazynowania energii może być rozwiązaniem problemu nieciągłości energii wiatrowej i słonecznej? W ciągu ostatnich lat akumulatory zyskały na wydajności, a nowy trend stawiania na pojazdy elektryczne przyciągnął znaczne inwestycje do budowy „gigafabryk” akumulatorów na całym świecie.



Rys. 4. LCOE i VALCOE ogniw słonecznych oraz elektrowni węglowych w Indiach. Źródło: IEA; Brent Wanner WEO Energy Analyst, 12 February 2019

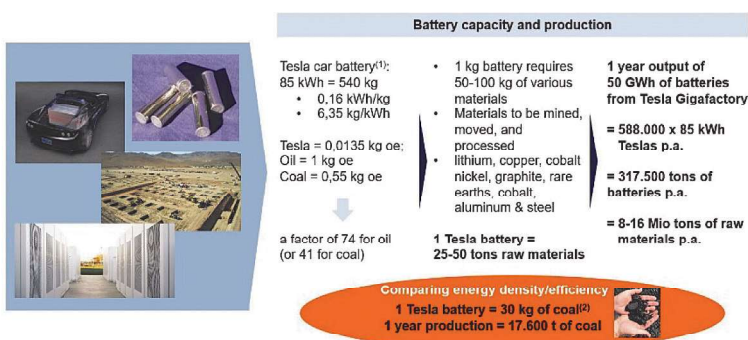
Fig. 4. LCOE and VALCOE for solar PV and coal-fired power plants in India. Source: IEA; Brent Wanner WEO Energy Analyst, 12 February 2019





Rys. 5. Węgiel i gaz ziemny – emisje gazów cieplarnianych przy trybie częściowego obciążenia. Źródło: Pöyry 2016

Fig. 5. Coal vs natural gas – greenhouse gas emissions during partial load operation. Source: Pöyry 2016



Rys. 6. Gęstość energii akumulatorów Tesla i ich wpływ na środowisko. Prawa autorskie Tesla

Fig. 6. Energy density and environmental impact of Tesla's batteries. Images copyright of Tesla

Jedną z największych fabryk akumulatorów jest należąca do firmy Tesla, warta 5 mld USD, superfabryka w Nevadzie, która w 2020 roku ma wyprodukować akumulatory o łącznej pojemności 50 GWh. Berlińska superfabryka 4 znacznie produkcję akumulatorów do samochodów elektrycznych w 2021 - 2022 roku. Fabryki te dostarczają akumulatory do pojazdów elektrycznych na całym świecie oraz wyprodukują zapasowe akumulatory dla domów. Jak jednak przedstawia się ich wpływ na środowisko i ekonomię?

Rys. 6 podsumowuje wyzwania środowiskowe stojące przed dzisiejszymi akumulatorami. Trzy główne problemy każdej technologii akumulatorów to gęstość energetyczna, wymagania materiałowe oraz recykling.

### 3.1. Gęstość energetyczna

Węglowodory są obecnie jednym z najwydajniejszych sposobów przechowywania energii. Najbardziej zaawansowane akumulatory mogą zmagazynować dzisiaj zaledwie 1/40 energii przechowywanej w węglu. Liczba ta uwzględnia wynoszącą około 40% wydajność elektrowni węglowych. Akumulator Tesla 85 kWh o wadze 540 kg może zmagazynować równowartość energii z 30 kg węgla. Taki akumulator musi następnie zostać naładowany (zwykle z sieci energetycznej) podczas gdy węgiel jest już „naładowany”.

Ponadto, łatwo policzyć, że cała roczna produkcja superfabryki akumulatorów Tesli byłaby w stanie zasilac całe Stany Zjednoczone przez zaledwie 6 minut. Niestety, dzisiejsze

akumulatory również nie mogą być rozwiązaniem problemu nieciągłości energii.

### 3.2. Wymogi materiałowe i recykling

Następnie należy omówić kwestię środków i materiałów potrzebnych do wyprodukowania akumulatora. Według umiarkowanych obliczeń każdy akumulator Tesli na 85 kWh wymaga od 25 do 50 ton surowca, który należy pozyskać, przetransportować i przetworzyć. Te materiały obejmują miedź, nikiel, grafit, kobalt, jak też pewne ilości litu i materiałów ziem rzadkich. Aluminium i miedź są również potrzebne do produkcji osłon oraz przewodów. Jeśli porówna się te 25-50 t zapotrzebowania materiałowego na jeden akumulator z 30 t węgla, to jest to współczynnik 800-1 700! Ponadto, do zbudowania jednego akumulatora Tesli potrzebne jest 10 - 18 MWh, co skutkuje 15 - 20 tonami emisji CO<sub>2</sub>, przy założeniu, że 50% energii pochodzi ze źródeł odnawialnych.

Temat recyklingu powoli trafia do mediów głównego nurtu (por. artykuł w magazynie Bloomberg z lutego 2020). Na wysypiska oraz do przepełnionych zakładów recyklingu trafiają pierwsze duże partie wycofanych lub nieużywalnych farm wiatrowych. Nie istnieje jeszcze tania metoda recyklingu łopat turbin wiatrowych, którą można by było zastosować na dużą skalę. Obecnie produkowane elektrośmieci już teraz są krytycznym problemem na wysypiskach wokół Akry w Nairobi i Mombasy w Kenii, które to miasta muszą zmagać się z odpadami z bogatszych krajów. Wyobraźmy

sobie co będzie, gdy miliony wycofanych akumulatorów z samochodów elektrycznych za 10 - 20 lat osiągnie koniec swojej żywotności. Będzie to katastrofa ekologiczna. Nie dysponujemy dostatecznymi mocami, środkami ani energią, aby przeprowadzić recykling tych częściowo toksycznych odpadów. Doprowadzi to do tego, że dzieci Mombasy dalej będą pracować przy oddzielaniu cennych metali od niebezpiecznych odpadów elektronicznych.

#### 4. Podsumowanie

Niepokojące jest to, że młodym ludziom w szkołach wpaja się strach przed ociepleniem, powodowanym przez spalanie paliw kopalnych. Przez ostatnie 150 lat temperatura wzrosła o ok. 1°C. Przynajmniej część tego ocieplenia jest zjawiskiem naturalnym, spowodowanym przez słońce, ponieważ wciąż wychodzimy z małej epoki lodowcowej, która zakończyła się ok. 300 lat temu. Druga połowa może być „skutkiem działalności człowieka». Termin ten obejmuje ciepło pochodzące ze zużytej energii, które jest uwalniane do biosfery, oraz CO<sub>2</sub>. Rzadko mówi się o spowodowanym przez większą zawartość CO<sub>2</sub> w atmosferze dodatkowym zazielenianiu oraz związanym z tym wzroście biomasy. Nie czeka nas katastrofa, ale prawdziwi truciele środowiska oraz produkowane przez człowieka odpady są problemem - i to tutaj należy kierować zasoby.

W sprawie globalnego ocieplenia i nadchodzącej katastrofy IPCC pisze tak:

- IPCC 2018 Special Report 15, punkt A2.1: „Dotychczasowe emisje antropogeniczne (w tym gazy cieplarniane, aerozole i ich prekursorzy) nie powinny spowodować ocieplenia przekraczającego 0,5°C w ciągu najbliższych dwóch - trzech dekad (wysoka pewność) czy w skali wieku (średnia pewność)».
- IPCC 2018 Third Assessment Report 14, strona 771: „Musimy zdać sobie sprawę z tego, że w przypadku badań i modeli klimatycznych mamy do czynienia ze sprzężonym, nieliniowym, chaotycznym systemem, długoterminowe prognozy warunków klimatycznych w przyszłości nie są zatem możliwe».
- O tuningowaniu modeli klimatycznych, które są jedyną podstawą dzisiejszej polityki energetycznej, pisał w kwietniu 2020 r. niemiecki Instytut Maxa Plancka: «Mówiąc ogólnie, tuning można traktować jako zmiany dokonane w modelu w celu uzyskania określonych właściwości, a bez tuningu modele klimatyczne odeszłyby od obserwowanego stanu klimatu Ziemi» oraz «Kiedy stanęliśmy przed systemem modelowym, który z pewnością nie będzie w stanie odtworzyć instrumentalnego zapisu ocieplenia, wybraliśmy wyraźne podejście, jeśli wcześniejszy trend temperatury jest celem tuningu».

Nawet jeśli ludzie wierzą, że katastrofalne zapowiedzi globalnego ocieplenia to właściwe podejście do kwestii śro-

dowiska, niniejszy artykuł pokazuje, że podczas gdy energia wiatrowa i słoneczna mogą być skuteczne w zastosowaniach takich jak podgrzewanie basenu i mogą znaleźć miejsce w energetyce, nie są one w stanie zastąpić energii konwencjonalnej i nigdy im się to nie uda. Potrzebujemy „Nowej Rewolucji Energetycznej”. W przyszłości energia może być zupełnie nowa, być może z większym udziałem źródeł odnawialnych i atomu, będzie to jednak miało niewiele wspólnego z wiatrem czy pojazdami elektrycznymi. Aby nowa rewolucja energetyczna była możliwa, musimy zainwestować w edukację oraz kluczowe badania (generowanie energii, magazynowanie, nadprzewodniki itp.) przy jednoczesnym inwestowaniu w zwiększenie wydajności energii konwencjonalnej i ograniczenie jej wpływu na środowisko. Jest to najrozsądniejsza ścieżka do uratowania planety przed szkodliwym wpływem naszego istnienia.

Cytując Michaela Shellenbergera (2019) „Bohatera Środowiska 2008” z artykułu opublikowanego w magazynie Forbes z 6 maja: „Energia odnawialna nie może zasilać nowoczesnej cywilizacji, ponieważ nie do tego została stworzona. Pytanie brzmi, dlaczego ktoś może myśleć inaczej?”

*Lars Schernikau jest ekonomistą w obszarze energii i od ponad 15 lat przedsiębiorcą w biznesie surowcowym. Wcześniej pracował dla Boston Consulting Group w USA i w Niemczech. Opublikował dwie książki w 2010 i 2017 roku, w których rzuca światło na rolę węgla energetycznego na dzisiejszych rynkach energii i analizuje globalny popyt i podaż w świecie o zwiększonych wymaganiach w zakresie zrównoważonego rozwoju. Oprócz jego zaangażowania w przemysł surowcowy regularnie występuje na konferencjach i warsztatach energetycznych i surowcowych na całym świecie. Doradza też wybranym rządom, bankom i korporacjom, szczególnie w Azji, w zakresie polityki energetycznej.*

#### Literatura

- GRUBLER A. 1998 - Technology and Global Change. International Institute for Applied Systems Analysis Laxenburg, Austria
- Pöyry - Vergleich der Treibhausgasemissionen von Kohle- und Gaskraftwerken, 05.2016
- SHELLENBERGER M. 2019 - The Reason Renewables Can't Power Modern Civilization Is Because They Were Never Meant To. Forbes 6.05
- Statista 2019 - <https://www.statista.com/>
- Statistical Review of World Energy, 2018 p.p. 36-41

Artykuł wpłynął do redakcji – lipiec 2020

Artykuł akceptowano do druku – 18.08.2020