

Marek Bartosik

HOMO SAPIENS W ENERGETYCZNEJ SZKOLE PRZETRWANIA. BILANS ENERGETYCZNY I ZWIĄZANE Z NIM ZAGROŻENIA

*Homo sapiens in energetic survival school
Energy balance and related dangers*

Streszczenie

W artykule przeanalizowano źródła energii pierwotnej, ich wystarczalność i dywersyfikację w skali lokalnej i globalnej. Energia warunkuje możliwości rozwoju cywilizacji. Scharakteryzowano rezerwy i zasoby geopaliw: ropy naftowej, gazu ziemnego, węgla, uranu i hydratów metanu. Przedyskutowano prognozę zapotrzebowania na energię pierwotną w skali globalnej i lokalnej oraz narastające zagrożenie kryzysem energetycznym wskutek zużywania paliw kopalnych i ograniczania dostaw energii. Opisano zagrożenia i remedia związane z bezpieczeństwem energetycznym świata w perspektywie wielu pokoleń. Przeanalizowano preferencje i stimulatory w polskiej polityce energetycznej dla strategii przetrwania kryzysu, w tym problem dekarbonizacji polskiej elektroenergetyki na tle europejskiej polityki klimatycznej, osiągalność źródeł gazu jako efektywnego paliwa dla energetyki i polski program energetyki jądrowej EJ. Wskazano wybrane problemy odnawialnych źródeł energii OŹE, w tym problem skali zamienności geopaliw przez EJ i OŹE. Przedstawiono główne obszary globalnych i lokalnych działań antykryzysowych oraz zarys polskiej strategii antykryzysowej, w tym powołanie Centrum Narodowego Bezpieczeństwa Energetycznego.

Słowa kluczowe: bilans energetyczny, zagrożenia, geopaliwa, źródła energii pierwotnej, bezpieczeństwo energetyczne.

Wprowadzenie

Energia pierwotna, przetwarzana na inne rodzaje energii, jest niezbędna do istnienia cywilizacji ludzkiej, zwłaszcza w jej formie technicznej. Jej dostępność lub brak determinują w skali globalnej i lokalnej rozwój cywilizacyjny, warunkują funkcjonowanie nowoczesnego społeczeństwa. Wystarczy sobie wyobrazić co by było, gdyby jej zabrakło. Obecnie głównymi źródłami tej energii są nieodnawialne paliwa kopalne¹, tj. są skończone i ulegają wyczerpaniu, a same źródła odna-

¹ Paliwa kopalne (geopaliwa, paliwa energetyczne) stałe, płynne i gazowe – wszelkiego rodzaju: węgiel, ropa naftowa, gaz naturalny, uran (perspektywicznie z uwzględnieniem toru jako materiału paliworodnego).

wialne (słoneczne, wiatrowe, wodne) nie mogą sprostać wzrastającym potrzebom. Zagrożenie globalnym i lokalnym kryzysem energetycznym wzrasta tak powoli, że praktycznie nie dociera do świadomości społecznej.

Energochłonność gatunku Homo sapiens

Zużycie energii pierwotnej (EP) wzrosło w 2018 r. o 2,9%, czyli było prawie dwukrotnie większe niż 10-letnia średnia wynosząca 1,5% rocznie. Zużycie wszystkich paliw kopalnych wzrosło szybciej niż ich 10-letnie średnie.

Wzrost zużycia poszczególnych paliw kopalnych w 2018 r. wyniósł:

- ropy o 1,5% (ponad 1,4 mln b/d (baryłek dziennie) przy wzroście ceny o 32%,
- gazu ziemnego o 5,3% (najszybciej od 35 lat),
- węgla o 1,4% (dwukrotnie szybciej od 10-letniej średniej),
- związana z tym emisja CO₂ wzrosła o 2% (najszybciej od 7 lat),
- zużycie energii jądrowej wzrosło o 2,4% (najszybciej od 2010 r.).

Wzrost zużycia energii odnawialnej wyniósł 14,5%, tj. 71 Mtoe (nieco mniej od średniej historycznej), w tym energii słonecznej 30 Mtoe, wiatrowej 32 Mtoe, wodnej 12,9 Mtoe.²

Bilans zużycia energii pierwotnej pozyskiwanej z różnych źródeł został pokazany w tablicy 1.

Tablica 1. Bilans zużycia energii pierwotnej pozyskiwanej z różnych źródeł (2018)

Źródło EP	Ropa	Gaz	Węgiel	Atom	Woda	Odnawialne	Razem
ŚWIAT	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Zużycie [Mtoe]	4662.1	3309.4	3772.1	611.3	948.8	561.3	13864.9
Zużycie [%]	33,63	23,86	27,21	4,41	6,84	4,05	100
Zużycie [%]	Kopaliny: (1+2+3) → 84,70 ; (...+4) → 89,11				(5+6) → 10,89		100
UE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Zużycie [Mtoe]	646.8	394.2	222.4	187.2	78.0	159.6	1688.2
Zużycie [%]	38,31	23,35	13,17	11,10	4,62	9,45	100
Zużycie [%]	Kopaliny: (1+2+3) → 74,83 ; (...+4) → 85,93				(5+6) → 14,07		100

² Mtoe – milion ton ekwiwalentu ropy. Dla bezpośredniego porównania zasobów poszczególnych geopaliw o różnych wartościach opałowych sprowadzono je do wspólnego przelicznika w postaci Mtoe.

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

Tablica 1. (cd.)

Źródło EP	Ropa	Gaz	Węgiel	Atom	Woda	Odnawialne	Razem
POLSKA	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Zużycie [Mtoe]	32,8	17,0	50,5	–	0,4	4,4	105,2
Zużycie [%]	31,18	16,16	48,10	0	0,38	4,18	100
Zużycie [%]	Kopaliny: $(1+2+3) \rightarrow 95,44;$				$(5+6) \rightarrow 4,56$		100

Źródło: EP wg źródeł. ŚWIAT, UE, POLSKA. Dane wg BPSR2019 [18], opr. własne.

Około 2/3 tego wzrostu zużycia energii pierwotnej EP spowodowały Chiny, USA i Indie. W USA wzrost zużycia EP był największy od 30 lat. Najbardziej wzrosło zużycie gazu ziemnego (ponad 40% całkowitego wzrostu zużycia EP).

Światowe zasoby paliw kopalnych

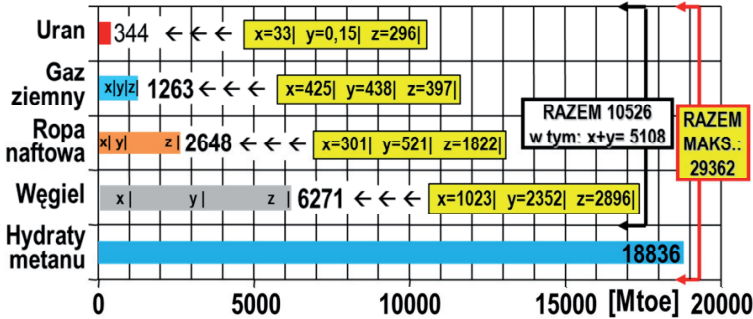
Oprócz źródeł EP pokazanych w tablicy 1, uwzględniono potencjalne możliwości energetyczne hydratów metanu³. Jest to dotychczas nieeksploatowane, ogromne źródło energii pierwotnej i cenny surowiec chemiczny. Wiedza o ich zasobach oraz eksploatacji jest jeszcze w powijakach, jakkolwiek prowadzone są intensywne badania w tym zakresie.

Światowe zasoby naturalnych hydratów metanu w latach 90. XX w. oceniano na prawie dwa razy tyle, co pozostałych geopaliw łącznie [1, 3, 24]. Następnie zasoby zaczęto korygować w dół albo w górę. Wobec tych niejasności, do obliczeń przyjęto zasoby z lat 90.

Zestawienie światowych zasobów paliw kopalnych pokazano na rys. 1, przedstawiającym własny podział i oszacowanie obcych danych, z różnych publikacji, stosownie do opisu pod rysunkiem. Największe są rozbieżności danych o zasobach uranu. Wg opinii autora kategorie x oraz y zasobów można uznać za istniejące z wysokim prawdopodobieństwem 95% (analogicznie do danych USGS), przy czym kategoria x to zasoby możliwe do uzasadnionej ekonomicznie eksploatacji w obecnych warunkach technologicznych, natomiast kategoria z to zasoby raczej hipotetyczne (jw. – 5%).

³ Gazohydraty tworzą się w określonych zakresach temperatury i ciśnienia, składają się z cząsteczek gazu zamkniętych w sieci krystalicznej wody. Uwzględniono tylko hydraty metanu (inne hydraty pominięto). Są one bardzo wydajnym źródłem metanu, ponieważ 1 m³ hydratu złożony z ok. 0,79 m³ wody i ok. 0,21 m³ gazu zawiera ok. 164,6 Nm³ metanu. Ponad 53% węgla organicznego na ziemi zawierają hydraty metanu.

Rys. 1. Światowe zasoby paliw kopalnych. 1 Mtoe (megatona ekwiwalentu ropy)
= 1 000 000 toe.



Uran, zasoby: x – udokumentowane, y – szacunkowe ($p \geq 95\%$); z – nieudokumentowane. ($p \leq 5\%$).

Węgiel, zasoby: x – udostępniowane, y – udokumentowane; z – nieudokumentowane.

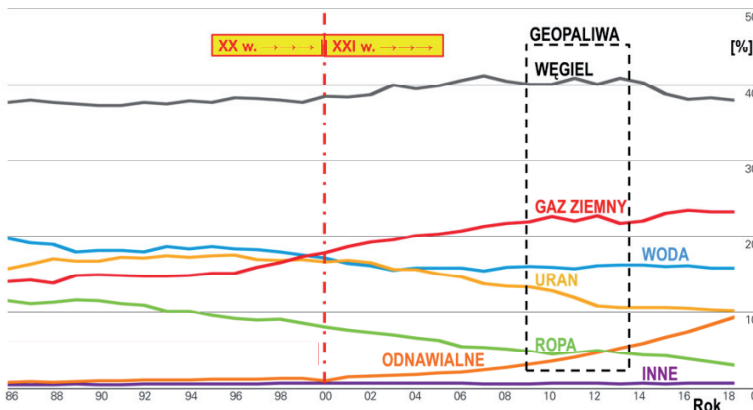
Ropa i gaz (rezerwy i zasoby udokumentowane): x – konwencjonalne, y – niekonwencjonalne; z – nieudokumentowane.

Źródło: oszacowanie własne. Średnie przeliczniki: wg World Energy Council. Dane: [10, 25 (bez U)].

Prawie 90% energii pierwotnej mamy z nieodnawialnych geopaliw. W Polsce ponad 95%. Dla tej „cywilizacji kopalinowej” nie mamy sensownej alternatywy.

Energia elektryczna to najszlachetniejsza forma energii warunkująca możliwości rozwoju cywilizacji ludzkiej. Może być wytwarzana z każdego źródła energii pierwotnej, z różną efektywnością. W ujęciu historycznym na przełomie stuleci udział tych źródeł w generacji energii elektrycznej pokazany jest na rys. 2.

Rys. 2. Procentowy udział w globalnej produkcji energii elektrycznej w latach 1986–2018



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BPSR2019 [18].

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

Dominuje węgiel, wzrasta udział gazu i źródeł odnawialnych, maleje udział ropy naftowej oraz energetyki jądrowej i wodnej. Takie są dzisiejsze realia. Zawsze aktualne pozostaje proste pytanie: **kiedy się skończą wszystkie geopaliwa przy takim zużywaniu zasobów?**

Kryzys energetyczny w debacie publicznej

Rzeczywisty obraz sytuacji jest z wielu względów zniekształcany lub ukrywany przez polityków oraz przez lobby paliwowo-energetyczne.

Szybkość wzrostu zagrożenia kryzysowego zależy od bardzo wielu czynników, zwłaszcza od zasobności i dostępności kopalnych źródeł energii pierwotnej przetwarzanej na elektryczną, rozwoju odnawialnych źródeł energii OZE, rozwoju technik wytwarzania, przesyłu, rozdziału, magazynowania, a nadto rozwoju energooszczędnych technologii użytkowania i racjonalnego wykorzystania energii. Dlatego przeciwdziałanie kryzysowi musi być strategiczne w skali globalnej, tj. zintegrowane, wielostronne, konsekwentne i długoterminowe. Może to opóźnić nadejście kryzysu, ale go nie eliminuje. Potrzebne są jakościowo nowe rozwiązania.

Opracowywane (nie tylko w Polsce) strategie, programy, założenia i prognozy energetyczne są zazwyczaj nazbyt krótkookresowe (typowo do 2030 r.), z reguły powstają przy założeniu powszechnej dostępności węgla, ropy, gazu ziemnego, paliw jądrowych „wobec dużych zasobów światowych”, których zużywane rezerwy będą się jakoś uzupełniać wskutek bliżej nieokreślonych odkryć zasobów własnych lub na rynkach światowych. Pomijany jest z reguły nader złożony problem wystarczalności i dostępności tych zasobów.

Żyjemy więc praktycznie w ułudnym świecie o rzekomo nieograniczonych zasobach po przystępnych cenach, podczas gdy nowe dane, coraz bardziej niepokojące, nie docierają do świadomości społecznej oraz do rządzących i nie wywołują dostatecznej reakcji obronnej.

Problematyka światowego kryzysu energetycznego jest od lat znana z licznych publikacji. Zawarte w nich trafne diagnozy i prognozy są niestety jak dotąd zamiatane pod dywan. Liczne głosy ekspertów w tej sprawie nie spotykają się ze zrozumieniem, bo są to problemy trudne i kosztowne oraz niepopularne politycznie, a niekiedy niekorzystne dla wpływowych międzypaństwowych organizacji oraz koncernów paliwowych lub energetycznych. Wystarczy przypomnieć historię prac Klubu Rzymskiego, założonego w 1968 r. i jego trzech raportów.

1972: I RAPORT „Granice wzrostu” – ostrzeżenie przed globalnym kryzysem ekonomicznym oraz energetycznym w pierwszej połowie obecnego stulecia.

1974: II RAPORT „Ludzkość w punkcie zwrotnym” – globalne zagrożenia i ich rozmiary (wzrost liczby ludności, zużywanie zasobów naturalnych, dysproporcje rozwojowe, ...).

1976: III RAPORT „O nowy ład międzynarodowy” – określenie 29 problemów globalnych ważnych dla gospodarki, w tym **niedoceniecie tych problemów przez elity polityczne.**

Raporty wywołały szeroką dyskusję dzielącą komentatorów i decydentów na dwie grupy: mniejszą – zwolenników i większą oraz głośniejszą – przeciwników tezy o możliwości globalnego kryzysu energetycznego. W Polsce jest podobnie. Ponad 10-letnie prace autora i współpracowników [1–17] zostały zakończone opracowanym na zlecenie SEP Raportem „Energia Elektryczna Dla Pokoleń” (REEDP), przyjętym 11 kwietnia 2016 r. przez II Kongres Elektryki Polskiej i wspartym wspólną uchwałą XXV Kongresu Techniki Polskiej oraz III Światowego Zjazdu Inżynierów Polskich z 17 czerwca 2016 r. Prace nad REEDP podjęto w grudniu 2014 r. przez 11-osobowy Komitet ds. Raportu pod kierownictwem Autora. REEDP [11], opublikowano w formie książkowej, elektronicznej (CD), a następnie w postaci serii 6 artykułów [12–17]. Jest to studium wielopokoleniowej strategii rozwojowej, obejmującej problematykę zapewnienia podstaw bezpieczeństwa energetycznego Polski w realiach XXI w. Raport ma charakter ekspercki, a jego adresatami byli i są główni decydenci polityczni: Prezydent, Sejm i Senat, Premier i Rada Ministrów, właściwe urzędy centralnej administracji państwowej, a nadto właściwe instytucje ze sfery B+R, podmioty gospodarcze i organizacje pozarządowe. Wszyscy otrzymali Raport i dodatkowo specjalne jego skróty. Żadne konkretne działania nie zostały dotychczas podjęte.

Co gorsza, niektóre podejmowane działania są niezgodne z ustaleniami ekspertów podanymi w REEDP, a dodatkowo wbrew interesom narodowym bywają obciążane „poprawną politycznie” hałaśliwą rusofobią.

Od czasów Klubu Rzymskiego to nic nowego. Sygnały ostrzegawcze specjalistów i instytucji śledzących wystarczalność⁴ globalnych źródeł energii pierwotnej są z reguły zagłuszane pustosłowiem („40 lat straszą i nic”, „będą nowe odkrycia”, „podniesie się poziom technologiczny”, „energetycznych surowców wystarczy na setki (ew. tysiące) lat”, „Polska na węglu stoi” etc. Groźna jest naiwna wiara w niewyczerpywalność ziemskich zasobów geopaliw, a także lekceważenie ograniczeń technicznych i ekonomicznych ich eksploatacji.

Nierzetelność danych o zasobach geopaliw utrudnia prognozy (polityka, lobbing, biznes).

Wyjątkowo kosztowne oszustwo wszech czasów dokonane przez OPEC wykrył zespół prof. D. Kinga⁵. Ujawnił on, że w połowie lat 80. XX wieku światowe rezerwy ropy zostały **zawyżone o ok. jedną trzecią przez OPEC** z powo-

⁴ Wystarczalność każdego geopaliwa jest definiowana jako R/P [lat] (rezerwy do produkcji rocznej).

⁵ Prof. David King z zespołem, Oksford, były doradca rządu UK ds. nauki – raport dot. rezerw ropy.

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

du rywalizacji członków kartelu o zdobycie jak największego udziału w rynku, bowiem tzw. kwoty produkcyjne były przyznawane proporcjonalnie do posiadanych rezerw. Statystyki tego nie ujawniają (m.in. koncern British Petroleum; Energy Information Administration EIA z ministerstwa energii USA; Międzynarodowa Agencja ds. Energii MAE; World Oil – publikacja branżowa). MAE, utrzymywana z opłat członków (tj. światowych koncernów energetycznych), uchyliła się od ustosunkowania się do tych zarzutów. Sprawa przedostała się na krótko do wiadomości publicznej [19] i została szybko wyciszona [10]. Podobne informacje podają inne źródła [19].

Wg Kinga, podawane w statystykach konwencjonalne rezerwy ropy należy **obniżyć** z 1150–1350 mld baryłek do 800–950 mld baryłek. Wówczas ich wystarczalność będzie znacznie mniejsza, niż przewidują prognozy. Kryzys może więc nastąpić znacząco szybciej.

Żaden kraj na świecie nie może i nie powinien realizować swej polityki energetycznej w oderwaniu od problemu globalnego kryzysu energetycznego, bo żaden nie przetrwa tego sam. W skali globalnej nie jest istotne, o ile dziesiątek lat będzie się różnił okres destrukcji cywilizacyjnej w poszczególnych krajach lub regionach, ale czy ludzkość potrafi i zdąży znaleźć skuteczne metody zażegnania globalnego kryzysu energetycznego. Dotyczy to także Polski. Należy się jednak liczyć z ryzykiem, że solidarność europejska w obliczu głodu energetycznego może okazać się wysoce iluzoryczna.

Cytowany Raport „Energia Elektryczna Dla Pokoleń” REEDP [11] i wskazane w nim bardzo bogate materiały źródłowe (103 poz. lit.; 13 ustaw i rozporządzeń RM dotyczących energetyki jądrowej EJ; 8 zał. głównych, 10 dokumentów źródłowych i ekspertyz UE i RP) są ważnym źródłem informacji w niniejszej publikacji, będącej **kolejną szansą** dotarcia zagrożenia kryzysowego do świadomości społeczeństwa i decydentów politycznych.

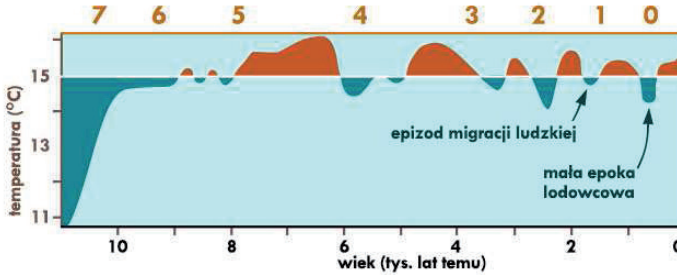
Wykorzystywanie trzech geopaliw: węgla, ropy i gazu, a zwłaszcza węgla we wszystkich dziedzinach naszego życia (w tym do produkcji energii elektrycznej) jest często demonizowane propagandowo jako główne źródło emisji CO₂ i globalnego ocieplenia.

Ocieplenie klimatu jest głównie faktem polityczno-propagandowym przypisywanym wzrostowi stężenia CO₂ wskutek jego emisji przy spalaniu geopaliw. Sam problem globalnego ocieplenia z naukowego punktu widzenia jest dyskusyjny, bo dane i ich interpretacje są często sprzeczne, ale dla wielu jest to ważne narzędzie polityczne lub biznes.

Wszystko już było – bez oddziaływań antropogennych, co pokazano na rys. 3.

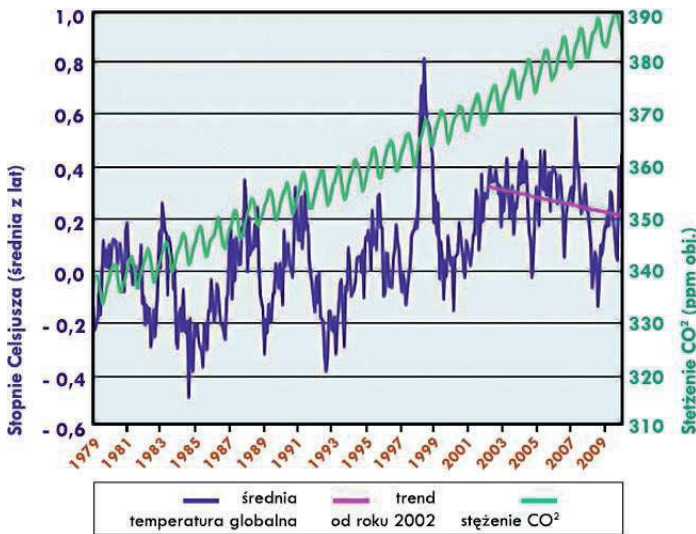
Wg Marksa [20]⁶, naturalne zmiany klimatu, tak obecnie, jak w holocenie, nie wykazywały żadnej zależności od zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, która przez większość holocenu była stabilna. Stan obecny jest pokazany na rys. 4.

Rys. 3. Temperatura holocenu i zimne wydarzenia Bonda⁷



Źródło: (Gregory, 2010), [20].

Rys. 4. Temperatura dolnej troposfery a zawartość CO₂ w latach 1979–2010



Źródło: [20].

⁶ Prof. Leszek Marks, Państwowy Instytut Geologiczny. Temperatury określone na podstawie badań rdzeni lodowych pobranych z lodowców i określaniu wzajemnych relacji izotopów tlenu 18O oraz 16O.

⁷ Cykliczne raptowne ochłodzenia w rejonie północnego Atlantyku, spowodowane m.in. zmianami radiacji słonecznej, reorganizacją cyrkulacji atmosferycznej, wpływem cyklu księżycowego oddziałującego na wielkość pływów albo zmianę cyrkulacji w północnym Atlantyku, ale są one synchroniczne również z okresami osłabienia monsunów azjatyckich, okresami suszy na Bliskim Wschodzie oraz transformacją zbiorowisk roślinnych w Ameryce Północnej.

 CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

Zwiększenie stężenia CO₂ w atmosferze w minionych kilkunastu latach nie znajduje odzwierciedlenia w zmianach temperatury dowodząc, że zależy ona przede wszystkim od zmiennych czynników naturalnych. W tym kontekście należy postrzegać nadgorliwość antyemisyjną, a zwłaszcza antywęglową, polityki Unii Europejskiej, opartą na niekompletnych i częściowo błędnych przesłankach. Realia zestawiono poniżej.

- ▶ **UDZIAŁ GAZÓW SZKLARNIOWYCH W EFEKCIE CIEPLARNIANYM GEC:**
 - ogółem (100%), w tym głównie: H₂O (para wodna) → 95%; CO₂ → **3,62%**,
 - pozostałe (podtlenek azotu, metan, freony i in.) → 1,38%,
 - ze źródeł antropogenicznych: H₂O: 0,001%; CO₂: **0,117%** (0,00117). ❶
- ▶ **UDZIAŁ UE W GLOBALNEJ EMISJI CO₂ W 1990 r. → 19%** (0,19). ❷
 - Strategia UE: **do 2030 r. redukcja emisji CO₂ o 40%** do 11,4% (0,114). ❸
- ▶ **OSZACOWANIE WPLYWU STRATEGII UE NA GEC:**
 - 1990 → udział UE w GEC [%]: 0,117×0,19 = **0,0222%** (0,0002), ❶ × ❷
 - 2030 → udział UE w GEC [%]: 0,117×0,19×0,6 = **0,0134%** (0,0001). ❶ × ❷ × ❸
- ▶ **Bilans GEC po 40 latach (2030–1990): 0,0134–0,022 = -0,0086%** (-88 × 10⁻⁶)
- ▶ **KOSZTY ANTYWĘGLOWEJ STRATEGII UE.**

Od 2005 r. ceny energii elektrycznej: w UE – wzrost ok. +37%, w USA – spadek ok. -4%.

Dane wg PIG, AGH, MAE, WEO 2009, oszacowanie własne.

Nie ma przekonujących dowodów naukowych o efekcie cieplarnianym wywołanym emisją CO₂ wskutek spalania geopaliw. Wymuszana przez UE dekarbonizacja energetyki jest szkodliwa gospodarczo dla całej UE, w tym zwłaszcza dla Polski.

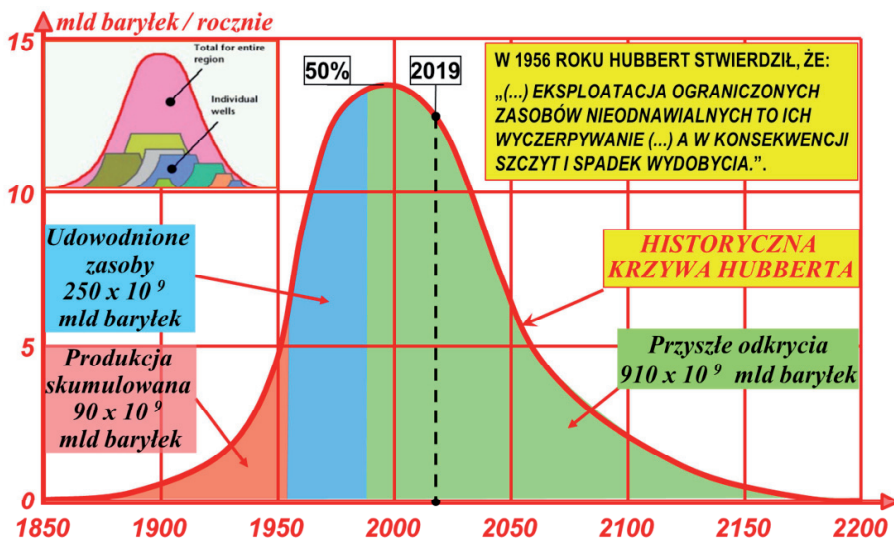
Metodologia analizy zagrożenia kryzysowego

- ▶ **Model Hubberta**⁸, opracowany pierwotnie dla ropy naftowej, pokazano na rys. 5.

W następnych latach model Hubberta został uogólniony dla wszystkich geopaliw oraz innych zasobów nieodnawialnych. Stał się narzędziem prognozowania ich zużycia.

⁸ Teoria Hubberta (1956). Peak oil (szczyt wydobywania ropy naftowej) – moment odpowiadający zużyciu ok. 50% zasobów ropy w danym złożu, w którym wydobywanie ropy naftowej osiągnie maksimum i rozpocznie się nieodwracalny spadek wydobywania.

Rys. 5. Istota kryzysu geopaliwowego – teoria Hubberta. Krzywe dla ropy naftowej



► Energetyczna stopa zwrotu EROEI⁹

Energetyczna stopa zwrotu $EROEI = E_r/E_i > 1$, tj. energia E_r zawarta w wyprodukowanym geopaliwie musi być zawsze większa od energii E_i potrzebnej do jego wyprodukowania. Jest to nieprzekraczalna granica energetycznej opłacalności, determinująca racjonalność pozyskiwania geopaliw za pomocą niezbędnych technologii ich wydobywania i przetwarzania. Przy $E_r/E_i < 1$ każda cena geopaliwa jest bez znaczenia, bo zawsze jest strata energii zamiast jej zysku. EROEI maleje z upływem czasu. Jest to efekt wyczerpywania się złóż łatwo dostępnymi, wzrostu cen energii i kosztów wydobywania. Przykłady zestawiono w tabelicy 2.

Tabelica 2. Przykładowe wartości uśrednione EROEI

Źródło	Ropa 1/2	Gaz	Węgiel	EJ-r	EJ-f	Biopaliwa	Wiatraki	Solary	Wodór
EROEI	5/1,5	30	30	4	0,65	1,5 ÷ 2	0,03 ÷ 2	0,8 ÷ 1,7	0,8

Uwagi: Ropa 1 – lekka, pierwotnie EROEI = 100, w I dekadzie XXI w.: 3 w USA, 10 w Arabii Saudyjskiej. Ropa 2 – ciężka, z piasków i łupków. Węgiel: 80 ÷ 100 w latach 40, 30 w latach 70. minionego wieku. EJ – energia jądrowa: r – rozszczepienia atomów, f – fuzji jądrowej. Solary (ogniwa fotowoltaiczne): starsze typy bliżej 0,8, nowsze > 1. *Brak danych do aktualizacji.* • Wodór nie jest źródłem energii, a jedynie nośnikiem energii.

Źródło: dane sprzed 2007 r. [1].

⁹ EROEI = E_r/E_i – Energy Returned On Energy Invested – energia zwrócona E_r do zainwestowanej E_i .

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

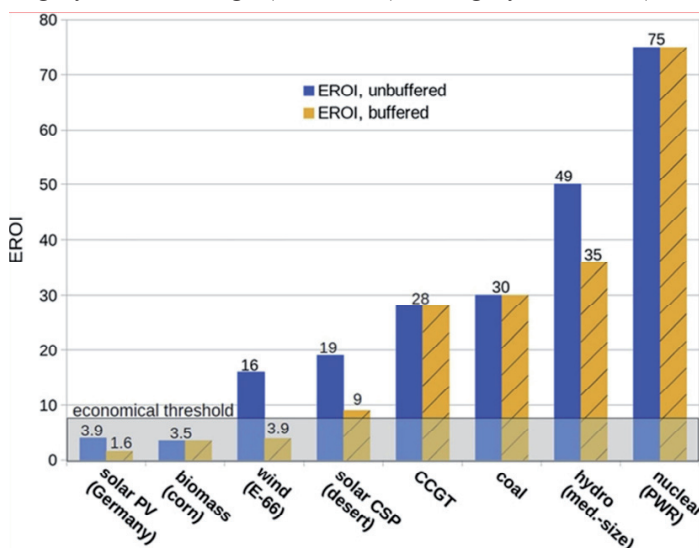
Możliwość magazynowania energii ma duży wpływ na wartość EROEI dla niektórych źródeł energii pierwotnej, przetwarzanej na elektryczną za pomocą określonych urządzeń. Pokazano to na rys. 6 [21].

► Wystarczalność nieodnawialnych zasobów geopaliw

Wartości EROEI bez magazynowania (rys. 6) są dla większości źródeł zbliżone do wartości z tablicy 2, z wyjątkiem EJ. Możliwości magazynowania poprawiają EROEI w przypadkach energii elektrycznej generowanej przy wykorzystaniu ogniw fotowoltaicznych, biomasy, wiatru i wody. W Polsce z technologii o relatywnie dużej wartości EROEI rozwinięte są elektrownie węglowe i w małym stopniu CCGT. Reszta jest słabo rozwinięta, technologie magazynowania nie są skutecznie rozwijane, zaś rozwój EJ-r od lat pozostaje w sferze ogólnikowych deklaracji.

Gdy EROEI tak zmaleje, że pozyskiwanie geopaliw stanie się nieopłacalne energetycznie, w skali globalnej nasza cywilizacja techniczna straci swój energetyczny napęd i jej rozwój może się gwałtownie załamać.

Rys. 6. Wartości EROEI (= EROI, dane z 2013 r. dla różnych źródeł: bez magazynowania energii (unbuffered) i z magazynowaniem (buffered))



PV – nowoczesne niemieckie ogniwa fotowoltaiczne; biomasa kukurydziana (corn); E-66 – turbiny wiatrowe Enercon 1,5 MW; CSP – specjalne ogniwa fotowoltaiczne pracujące na Saharze; CCGT – turbiny gazowe o cyklu kombinowanym; PWR – reaktory wodne ciśnieniowe.

Źródło: [21].

Problematyka progu ekonomicznego (economical threshold) wykracza poza zakres niniejszego artykułu i została pominięta.

Wystarczalność globalna R/P i lokalna R/Z zasobów geopaliw

W drugiej połowie XX w. ludzkość zużyła więcej energii, niż wszystkie poprzednie pokolenia w całej poznanej dotychczas historii ludzkości [10]. Decydujące są dwa czynniki: lawinowy wzrost liczby ludzi (tablica 3, [22]) oraz wzrost zużycia energii pierwotnej per capita, wywołany potrzebami rozwojowymi w każdej dziedzinie cywilizacji technicznej. Towarzyszyło temu wejście do eksploatacji na nieznaną dotychczas skalę kolejno węgla, ropy, gazu i uranu. Skończona wystarczalność ich nieodnawialnych zasobów jest definiowana jako prognozowana liczba lat do całkowitego zużycia każdego lub wszystkich geopaliw.

Tablica 3. Eksplozja demograficzna ludzkości

Liczba ludzi (mln)	10	500	1000	5000	6000	8000	9000
Rok	5000 pne	1500	1820	1987	1999	2024	2043
Podwojenie po latach:	5000	1500	320	b.d.	b.d.	50	b.d.
+1 miliard po latach:	b.d.	b.d.	b.d.	13	12	12	19
W 2018 ludność świata liczyła ponad 7,6 mld. Średni przyrost roczny 76 mln osób.							

W 10-leciu 2007–17 średnioroczne tempo wzrostu zużycia energii pierwotnej per capita wynosiło **0,3%** [18]. W 2018 r. zużycie wyniosło **76 GJ/p.c.**, a roczne tempo wzrostu **1,8%**.

Wystarczalność zasobów jest zazwyczaj określana w latach, jako iloraz r/p lub R/P (rezerw R do produkcji rocznej P). Można ją szacować w skali lokalnej lub globalnej.

Wystarczalność globalna zasobów (rezerw globalnych do światowej produkcji rocznej) dobrze odwzorowuje rzeczywistość. **Wystarczalność lokalna** (np. w danym kraju) może być fałszywie interpretowana w odniesieniu do bezpieczeństwa energetycznego tego kraju. Bezpieczeństwo energetyczne de facto zależy od możliwości zaspokojenia potrzeb kraju z zasobów własnych, w przypadku długookresowego albo trwałego ograniczenia lub braku możliwości importu geopaliw. Lepiej te możliwości pokazuje wskaźnik wystarczalności R/Z (tj. iloraz rezerw lub zasobów **R** oraz **zużycia** rocznego **Z**). Różnice dla Polski opisano niżej.

Oszacowanie wystarczalności globalnej R/P wszystkich geopaliw

Dla oceny zagrożenia globalnym kryzysem energetycznym niezbędne jest łączne oszacowanie wystarczalności wszystkich geopaliw. Wielowariantowe symulacje tego problemu [10] umożliwiły określenie granic okresu wystarczal-

 CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

ności geopaliw, liczonego od bazowego 2000 r., za pomocą metod uwzględniających średnioroczną stopę procentową wzrostu zużycia energii pierwotnej (jako % składany albo % liniowy), a porównawczo R/P (zasoby/roczna produkcja). Uwzględniono trzy kategorie zasobów: eksploatacyjne, niekwalifikowane jako eksploatacyjne oraz prognostyczne (wg USGS odpowiednio: *reserves*, *resources*, *prognostic resources* [23]). Wg jednakowej procedury oszacowano trzy warianty łącznej wystarczalności energii pierwotnej E_p :

E_{p1} – dla zasobów gazu, ropy, węgla (kamiennego z brunatnym) i uranu w CPO¹⁰,

E_{p2} – jak E_{p1} z uwzględnieniem hydratów metanu,

E_{p3} – jak E_{p2} , ale dla zasobów uranu + toru w przypadku CPZ¹¹ w reaktorach powielających.

Spśród uzyskanych wyników, kierując się zasadą przezroczności, należy przyjmować wartości najmniejsze, uzyskane dla rocznej stopy wzrostu energii wg danych z minionego trzydziestolecia, jako % składanego. Wówczas warianty wystarczalności łącznej wynoszą:

$$E_{p1} = 76 \div 155 \text{ lat}, \quad E_{p2} = 139 \div 205 \text{ lat}, \quad E_{p3} = 176 \div 362 \text{ lata}.$$

Wobec rozbieżności danych do obliczeń należy podkreślić, że powyższe warianty są **zgrubnym oszacowaniem**, dokładność roczna granic wynika tylko ze sposobu obliczeń, brak danych do określenia strefy ich rozrzutu. Metodę obliczeń podano w [10; 23].

Dołne granice przedziałów wystarczalności dotyczą udokumentowanych rezerw istniejących z wysokim prawdopodobieństwem $p \geq 95\%$, górne zasobów całkowitych, w tym domniemanych, tj. istniejących z małym prawdopodobieństwem $p \leq 5\%$, lub hipotetycznych.

OZE zaspokajają niespełna 9% globalnego zapotrzebowania na energię, z czego prawie 7% to hydroenergetyka. Brak pełnych danych dotyczących roli biomasy w globalnej gospodarce energetycznej. Problem wystarczalności nie dotyczy OZE.

Oszacowanie wystarczalności lokalnej R/P i R/Z wszystkich geopaliw

W Polsce zużycie energii pierwotnej w 2018 r., jak podano w tablicy 1, wyniosło 105.2 Mtoe (0,8% zużycia światowego), w tym 95,44% (90,3 Mtoe) pochodziło ze źródeł nieodnawialnych, a ok. 4,56% (4,8 Mtoe) ze źródeł odnawialnych, w tym wody.

¹⁰ CPO/Z – cykl paliwowy otwarty/zamknięty. CPO umożliwia wykorzystanie ok. 0,7–3% energii uranu.

¹¹ CPZ umożliwia wykorzystanie ok. 60–70% (a nawet > 90%) energii uranu i toru (reaktory powielające).

Tablica 4. EP wg geopaliw w Polsce oraz ich wystarczalność

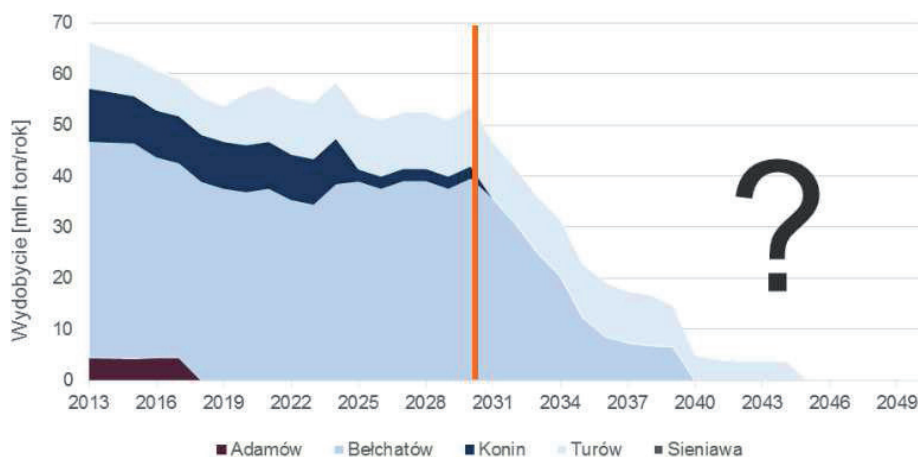
Źródło EP	Ropa	Gaz (PIG)	Węgiel (PIG)	
			kamienny	brunatny
Rodzaj geopaliwa	wszystkie	wszystkie	kamienny	brunatny
Zasoby wydobywalne R	23,4 mln ton	140,6 mld m³	3,7 mld ton* 58,6 mld ton**	23,5 mld ton
Produkcja roczna P	0,7 mln ton	5,1 mld m ³	65,8 mln ton	61,1 mln ton
Zużycie roczne Z	20,9 mln ton	13 mld m³	74,18 mln ton	61,1 mln ton
Wystarczalność R/P	33,4 lata	28 lat	56 lat	~30 lat → rys. 7
Wystarczalność R/Z	1,1 roku	10,8	50	

* przemysłowe, ** bilansowe, 2015. Dane z wielu źródeł i lat (BPSR, PIG, AGH, ME).

Źródło: opracowanie własne, dane z lat 2014–2018.

W przypadku węgla brunatnego brak jednolitych danych dla wielu zasobów (wielorakość odmian, nadkładów, nawodnienia, udostępniania, koncesjonowania, warunków eksploatacji i in.). Przykładowe zobrazowanie wystarczalności złóż obecnie eksploatowanych pokazano na rys. 7. Są jednak możliwości wydłużenia tego okresu wskutek uruchomienia nowych złóż, wokół czego są znane kontrowersje społeczne i polityczne [26].

Rys. 7. Prognoza wystarczalności zasobów węgla brunatnego w istniejących kompleksach górniczo-energetycznych



Wiele źródeł podaje, że maleje wydobycie węgla kamiennego, wzrastają jego koszty i cena, maleje sprzedaż, wzrasta import. Konkurencyjność rynkowa

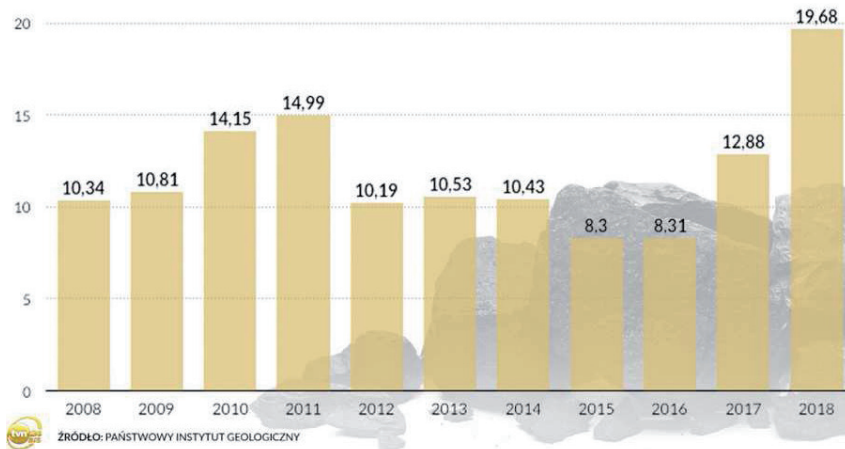
CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

polskiego węgla staje się coraz słabsza. Rekord importu padł w 2018 r., co pokazano na rys. 8.

Znane powiedzenie „Polska na węglu stoi” zdaje się odchodzić w przeszłość.

W porównaniu z paliwami węglowymi, stan zasobów gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce (a także uranu po uruchomieniu polskiej elektrowni jądrowej) stwarza konieczność zaopatrywania się w te surowce za granicą.

Rys. 8. Zmiany importu węgla kamiennego do Polski w 10-leciu 2008–2018 (w milionach ton)



Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny.

Polskie złoża uranu nie są eksploatowane i nic nie wskazuje na to, żeby w dającej się przewidzieć przyszłości ich wydobycie stało się ekonomicznie opłacalne. *Zasoby światowe U – patrz rys. 1, ich wystarczalność uwzględniono w E_{p1} (CPO) i E_{p3} (CPZ).*

Na terytorium Polski nie ma zasobów hydratów metanu. Uwarunkowania prawne eksploatacji złóż na wodach eksterytorialnych nie są odrębnie uregulowane.

W powyższej sytuacji wnioski dotyczące perspektywicznego bezpieczeństwa energetycznego Polski nie napawają optymizmem.

Wizjonerski zamęt strategiczny

Wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju jest pojmowany dość wąsko, głównie jako ograniczenie uzależnienia Polski od importu surowców energetycznych z Rosji. Inne aspekty, w tym problematyka globalnego i lokalnego kryzysu geopolitycznego, nie są traktowane jako równie strategiczne. Aż nazbyt wielu decydentów wie, że lepiej dziś otwarcie o tym nie dyskutować, bo problemy

i decyzje są trudne i odpowiedzialne, a efekt dla kraju i społeczeństwa, zwane-go elektoratem, jest zawsze bolesny. Najbezpieczniej obwieścić swój dokument strategiczny.

Polityk energetycznych była w Polsce obfitość, bo w minionym 30-leciu licznie pojawiały się Polityki Energetyczne, ostatnio zwane PEP, z horyzontem **20- lub 30-letnim**, zarówno w roku 1990 jak i 1995, 2000, 2002, 2005, 2006, 2008, 2010, 2015 (PEP 2050) [28], a ostatnio w 2019 r. PEP 2040 [27]. Deklaratywnie we wszystkich takich dokumentach polska polityka energetyczna ma zmierzać do realizacji celu, wyrażanego w strategiach UE, o przekształceniu Europy w gospodarkę o niskiej emisji CO₂ oraz niezawodnym, zrównoważonym i konkurencyjnym zaopatrzeniu w energię.

Średni czas życia strategicznego dokumentu to ok. **3 lata**. Jak tu oceniać jego realizację?

Za główny element bezpieczeństwa energetycznego uważana jest **dywersyfikacja** wszystkiego, co można w tym pojęciu ulokować w interesie dostatecznie wpływowych grup nacisku politycznego lub ekonomicznego, przykładowo dywersyfikacja: geopaliw, ich źródeł, kierunków importu, dostawców, technologii oraz infrastruktury wytwórczej, przetwórczej, przesyłowej, magazynowej lub rozdzielczej energii itp. [29]. Realnie strategiczny element jest jeden: **dywersyfikacja strategicznych źródeł geopaliw**. Reszta to problemy wtórne.

Dywersyfikacja po polsku

Oszacowanie wystarczalności lokalnej R/P i R/Z geopaliw w Polsce jednoznacznie wykazało, że Polska jest krajem ubogim pod względem geopaliw energetycznych, niezbędnych dla zapewnienia wielopokoleniowego bezpieczeństwa energetycznego. Mityczne dane o ropie i gazie z łupków niewiele mogą poprawić sytuację strategiczną. W nieco mniejszym stopniu dotyczy to węgla. W sytuacji Polski prognozowanie (wg teorii Hubberta) lokalnych efektów „peak oil, gas, coal and uranium” jest bezcelowe.

Dla zidentyfikowania **strategicznych źródeł geopaliw** przyjęto dwa kryteria: zasobności i wystarczalności źródła. Wyniki oszacowania przedstawiono na rys. 9. Wnioski są jednoznacznie. We wszystkich trzech przypadkach geopaliw strategiczna może być jedynie współpraca z wybranymi krajami Bliskiego Wschodu oraz Rosją z wybranymi krajami stowarzyszonymi w WNP. Na całej reszcie powiązań nie można budować strategii bezpieczeństwa energetycznego, a jedynie rozwijać kontakty biznesowe.

Polska postępuje w tych sprawach w sposób nieracjonalny, wynikający z dominacji politycznych fobii nad pragmatycznymi kalkulacjami. Przykładem może być sprawa importu gazu. Polska ma naturalne położenie tranzytowe w kierunku W-Z między UE i Rosją. Na tranzyście można zarabiać, gdy się jest

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

wiarygodnym partnerem. Magistrala Jamał-Europa od 1999 r. jest tego dowodem (2 tys. km, przebiega przez Rosję, Białoruś, Polskę i Niemcy, 33 mld m³ gazu rocznie). W polskiej polityce zagranicznej nie brakowało licznych akcentów antyrosyjskich (np. w czasie konfliktów Gruzja – Osetia/Abchazja (2008), Rosja – Ukraina (2013), aneksji Krymu (2014) etc.). Polska nie wyraziła zgody na budowę tzw. „pieremyczki” (łącnika sieci rurociągów między Białorusią a Słowacją, z obejściem Ukrainy), a także ostatecznie przegrała swoje szanse tranzytowe wskutek odrzucenia oferty bliźniaczego gazociągu Jamał 2. W ten sposób skutecznie doprowadziliśmy do zbudowania przez Rosję Nord Stream 1, a następnie bezskutecznie kontestowanego przez Polskę Nord Stream 2.

Rys. 9. Strategiczne dla UE i Polski źródła geopolitów



Źródło: opracowanie własne, dane wg BPSR.

Wg PEP 2040 [27], reakcją Polski ma być zbudowanie tzw. Bramy Północnej, składającej się z Korytarza Norweskiego (połączenia Norwegii, Danii i Polski w 2022 r. przez rurociąg Baltic Pipe) oraz rozbudowa terminalu LNG i połączeń z państwami sąsiadującymi. Dywersyfikacja ma polegać na dostawach **gazu norweskiego**.

Wg rys. 9, WNP (z Rosją na czele) ma **bez mała 30%** światowych zasobów gazu, a wg [18] Norwegia **0,8%**, o wystarczalności **13,3 lat**.

W praktyce już wcześniej, niż po 10 latach eksploatacji Baltic Pipe, pojawi się problem: Czyj gaz i skąd będzie do Polski importowany oraz komu zapłacimy za dostawy i tranzyt?

Kolejnym sposobem dywersyfikacji ma być reanimacja Polskiego Programu Energetyki Jądrowej **PPEJ**, realizowanego w latach 80. i zlikwidowanego w 1990 r. po katastrofie w Czarnobylu. Po **2025 r.**, gdy zostanie już w pełni wprowadzony w UE obowiązek zakupu uprawnień do emisji CO₂, ze względów ekologicznych i z potrzeby dywersyfikacji paliwowej będzie w Polsce konieczny udział energetyki jądrowej w grupie elektrowni systemowych. Uruchomienie w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej jest planowane dopiero po **2035 r.** [29]. Uran jest dostępny na rynkach światowych po bardzo różnych cenach.

Możliwości i kierunki działań opóźniających kryzys [11, 12, 16, 27, 30, 31]

W minionym 10-leciu spośród różnych Polityk Energetycznych Polski można wyróżnić cztery zróżnicowane scenariusze, proponowane z ewolucyjnymi zmianami przez kolejne Rządy. To „podejście scenariuszowe” uwypukla niestabilność koncepcji rozwojowych, wywołującą wariantowość dokumentów, zaciemniającą intencje ich twórców i utrudniającą prognozowanie konkretnych efektów proponowanych działań.

Do kolejnych wersji dokumentów nie wprowadzono zmian dostatecznych dla eliminacji wielu błędów i wad, zgłaszanych przez ekspertów podczas konsultacji społecznych.

► **Scenariusz węglowy:** utrzymanie do 2050 roku dominującej roli węgla kamiennego i brunatnego z nowych złóż w energetyce. Pomija się przy tym znany fakt, że w górnictwie węgla kamiennego polski szczyt wydobycia (*tj. coal peak*) dawno minął, wydobywanie będzie coraz trudniejsze i droższe, a EROEI coraz mniejsze. Najtańszy węgiel już dawno wykopano i można oczekiwać raczej zamykania kolejnych nierentownych kopalń. Nadto scenariusz ten zwiększa niespójności polskiej polityki energetycznej z polityką UE.

► **Scenariusz jądrowy:** wybudowanie do 2035 r. bloków jądrowych o łącznej mocy 6000 MWe. Przewidywany okres życia bloku to minimum 60 lat, a możliwa będzie bezpieczna praca przez 80 lat. Będą one cennym uzupełnieniem polskiego systemu energetycznego, zapewniając wytwarzanie około 48 TWh rocznie, co będzie stanowiło około ¼ przewidywanego na 2050 r. zapotrzebowania energii elektrycznej w Polsce. Scenariusz ten podnosi konkurencyjność gospodarki i bezpieczeństwo energetyczne. W fazie budowy elektrowni wymaga on dużych nakładów finansowych, prawie takich jak budowa instalacji OZE (w przeliczeniu

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

na moc średnią w ciągu roku), ale za to zapewnia stabilną i tanią produkcję energii elektrycznej przez przynajmniej trzy pokolenia.

Najtańsza energia pochodzi z elektrowni jądrowych, z uwzględnieniem wszystkich kosztów związanych z pozyskaniem paliwa, unieszkodliwianiem odpadów radioaktywnych, likwidacją elektrowni oraz kosztów współpracy z systemem elektroenergetycznym.

Całość procesu inwestycyjnego w przypadku pierwszego bloku jądrowego w danym kraju może trwać 10–15 lat¹², chociaż sama budowa kolejnych bloków tego samego typu w już wybranej lokalizacji to 5–6 lat, ale wymaga na początku dużych nakładów.

Elektrownie jądrowe podczas pracy nie powodują emisji gazów cieplarnianych.

Trudności: niedobór kadr zdolnych do poprowadzenia budowy i późniejszej bezpiecznej eksploatacji; niepełne, niejasne i niedookreślone podstawy formalnoprawne oraz zasady finansowania i kredytowania; przewlekłe procedury działań administracyjnych i uzgodnień międzynarodowych itp. Istnieje też możliwość zmian polityki UE wobec energetyki jądrowej. Próby reanimacji PPEJ od 2011 r. są jak na razie nieskuteczne, kolejne terminy uruchomienia elektrowni w 2024 r., a potem w 2027 r. są nierealne, nie ma nawet zatwierdzonych lokalizacji.

► **Scenariusz „gaz + OZE”:** prognozowana rozbudowa bazy wytwórczej dla zapewnienia wzrostu udziału energii z gazu ziemnego i OZE w bilansie mocy do 2040 r. (tablica 5).

Tablica 5. Moc zainstalowana netto wg technologii, do 2040 r. (w MW)

Tablica 5. Moc zainstalowana netto wg technologii, do 2040 r. [MW]		Rok	2020	2025	2030	2035	2040
Gaz ziemny	elektrownie		1 500	2 000	4 700	7 900	9 700
	elektrociepłownie		1 350	1 520	2 200	2 330	2 745
OZE	elektrownie	fotowoltaiczne	900	5 200	10 200	15 200	20 200
	elektrownie	wiatrowe lądowe	6 400	7 000	6 000	2 100	800
	elektrownie	wiatrowe morskie	0	0	4 600	6 100	10 300
	elektrownie	pozostałe*	3 400	3 800	4 100	4 300	4 300

*biomasa, biogaz, woda

Geotermia w Polsce nie ma znaczenia energetycznego, lokalnie ma ciepłownicze.¹³

¹² <https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Infrastructure/2014-03-NIDS-Brochure.pdf>

¹³ Woda geotermalna do produkcji energii musi mieć temperaturę ponad 100°C, uzyskiwaną tylko w rejonach hipertermicznych lub semitermicznych o gradiencie temperatury > (40–80) K/km, których w Polsce nie ma.

Postulatом zwiększania udziału niestabilnych OZE w Krajowym Systemie Energetycznym KSE nie towarzyszy strategia zapewnienia stabilności KSE.

Wątpliwości co do realności tego scenariusza wynikają z braku pozytywnych wyników poszukiwań gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych (gaz łupkowy i szczelinowy). W scenariuszu brak odniesienia do roli i rozwoju metod magazynowania energii (patrz rys. 6).

Niestabilna jest polityka Rządu. Ze względów politycznych w 2016 r. praktycznie uniemożliwiono odbudowę i budowę nowych elektrowni wiatrowych lądowych po 2025 r, na rzecz rozwoju wiatrowych ferm morskich (obecnie nieistniejących). Nie ma to uzasadnienia ekonomicznego. Była to najtańsza technologia produkcji energii elektrycznej w Polsce, którą na dodatek mogli w zdecydowanej większości dostarczać inwestorzy prywatni, ale rozwój wszystkich technologii OZE zależy od utrzymywania systemu wsparcia (politycznego i subsydiowania w różnych formach). Ze względu na przerywany charakter pracy, małą gęstość energii oraz duże zapotrzebowanie terenu, słoneczne i wiatrowe OZE nie są konkurencyjne ekonomicznie w warunkach gospodarki rynkowej. Uśmiercenie lądowych elektrowni wiatrowych może Polskę drogą kosztować, bo może skutkować nieosiągnięciem przez Polskę **do 2020 roku 15% udziału OZE** w miksie energetycznym, który wynika z unijnego pakietu klimatyczno-energetycznego. Polska może to rekompensować poprzez zakup energii z OZE z innych krajów, co może kosztować budżet państwa nawet **8 mld złotych rocznie, stwierdza raport NIK** [30]. Tak się może skończyć przysłowiowa walka z wiatrakami.

Państwa Europy Zachodniej rozwijają skutecznie obie technologie, ale autonomiczne decyzje Polski formalnie nie są niespójne z polityką energetyczną i klimatyczną UE.

► **Scenariusz zrównoważony (podstawowy):** zakłada dominację (ale stopniowo malejącą) węgla jako podstawy bezpieczeństwa energetycznego kraju, umiarkowany wzrost znaczenia gazu, zwiększenie udziału OZE do co najmniej 10% w transporcie i 15% w bilansie energii pierwotnej oraz ok. 15% udziału energetyki jądrowej. W polskich realiach gospodarczych oznacza to możliwość rozwoju każdej z technologii. Scenariusz obejmuje „kontynuację dotychczasowych trendów i realizację podjętych decyzji w zakresie rozwoju sektora energetycznego” w Polsce i jest traktowany jako „droga rozwojowa obciążona najmniejszym ryzykiem podjęcia złych decyzji”. Wynika stąd wniosek, że Rząd nie chce się narazić żadnej grupie lobbującej za rozwojem poszczególnych źródeł energii. Taka polityka to brak polityki.

Techniki **magazynowania energii** nie są w Polsce dostatecznie rozwinięte. Magazynami systemowymi są tylko wodne elektrownie szczytowo-pompowe (sześć elektrowni: Czorsztyn, Dychów, Porąbka, Solina, Żarnowiec, Żydowo, o łącznej mocy 1,76 GW), pneumatycznych w Polsce nie ma. Spośród wyspecja-

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

lizowanych zasobników o innych przeznaczeniach powszechnie są użytkowane elektrochemiczne, niekiedy wspomagane superkondensatorami, pozostałe rodzaje (kinetyczne, nadprzewodnikowe, ogniwa paliwowe) praktycznie nie mają w Polsce zastosowań rynkowych, a jedynie badawcze.

Strategia przetrwania – preferencje i stymulatory w polskiej energetyce

Opisane scenariusze działania nie usuwają zagrożenia globalnym kryzysem energetycznym. Preferowany scenariusz zrównoważony musi być przekształcony w wieloletnią strategię przetrwania opóźniającą nadejście kryzysu energetycznego, dającą bezcenny czas na znalezienie nowych rozwiązań dla uniknięcia energetycznej katastrofy cywilizacyjnej. Wymaga to systemowych preferencji i stymulatorów w polskiej energetyce.

W zakresie technologii znanych i obecnie stosowanych:

- stymulowanie ekonomiczne technologii energooszczędnych we wszystkich dziedzinach;
- systemowe wspieranie rozwoju odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza elektrycznej;
- systemowe wspieranie metod racjonalizacji użytkowania energii;
- rozwój i upowszechnianie rozwiązań inteligentnych sieci elektrycznych,;
- przyspieszanie decyzji politycznych i realizacyjnych o wprowadzeniu EJ w Polsce oraz o odtworzeniu i rozwoju krajowego potencjału badawczego w zakresie EJ;
- rozważne stymulowanie rozwoju energetyki jądrowej EJ, przy użyciu najlepszych z dotychczas wykorzystywanych reaktorów energetycznych III generacji o cyklu paliwowym otwartym CPO; jest to konieczny etap przejściowy, pozwalający odtworzyć i rozbudować polski przemysł pracujący dla EJ, ale nie docelowy (ze względu na małe wykorzystywanie energii rozszczepienia uranu); stymulowanie rozwoju prędkich reaktorów powielających IV generacji, o cyklu paliwowym zamkniętym CPZ z wielokrotnym recyklingiem paliwa (patrz przypisy dolne 10 i 11).

W zakresie technologii badanych i rozwojowych:

- wejście Polski do GIF – Międzynarodowego Forum Generacji IV (reaktorów prędkich);
- ekspertyza realności, uwarunkowań i opłacalności w Polsce przeskoku technicznego do reaktorów IV generacji, dla skrócenia etapu EJ z reaktorami III generacji;
- systemowe preferencje i stymulowanie rozwoju technologii wodorowych w gospodarce i nauce, w celu przygotowania nowych rozwiązań technicznych

i technologicznych, m.in. w zakresie ogniw paliwowych, w tym dla systemów i środków transportu.

Może to dać relatywnie długi czas na docelowe wyeliminowanie problemu kryzysowego.

W zakresie rozpoznanych technologii przyszłości:

- przyspieszanie prac nad magnetyczną fuzją jądrową jako praktycznie niewyczerpalnym źródłem energii pierwotnej i technologiami wodorowymi jako jej nośnikami, dla zastąpienia paliw ropopochodnych lub węglpochodnych;
- wspieranie eksperymentów z zakresu tzw. zimnej fuzji jądrowej (reakcji jądrowej o niskiej energii), na zasadach wykraczających poza obecny zakres ryzyka naukowego.

Fuzja jądrowa FJ jest jedyną znaną szansą zażegnania kryzysu energetycznego poprzez opanowanie magnetycznej fuzji jądrowej jako taniego źródła energii pierwotnej.¹⁴ Z punktu widzenia dających się przewidzieć potrzeb, zasoby paliw dla FJ (deuteru i trytu otrzymywanego z litu) są praktycznie niewyczerpywalne, a odpadem jest nieszkodliwy hel.

Budowa i upowszechnienie takich reaktorów w skali globalnej wymaga jednak rozwiązania wielu problemów oraz pokonania poważnych trudności naukowych, technicznych i technologicznych, w tym materiałowych. W 1985 r. zainicjowany został międzynarodowy program **ITER**¹⁵, mający zapoczątkować możliwości wprowadzania tej technologii na masową skalę jeszcze w pierwszej połowie XXI wieku. Dopiero wynikiem projektu ITER mają być dane bazowe do budowy pokazowej elektrowni termojądrowej DEMO (3–4 GW). Ma to przyczynić się do urzeczywistnienia zrównoważonych i pewnych dostaw energii UE za około pięćdziesiąt lub sześćdziesiąt lat, po penetracji rynku przez komercyjne reaktory syntezy jądrowej.

To bardzo długi czas, ok. 80% okresu wystarczalności E_{p1} wszystkich znanych i dostępnych geopaliw. Nie można obecnie stwierdzić, że np. hydraty metanu (patrz E_{p2}) pozwolą przetrwać przez ten okres bez poważnego wstrząsu cywilizacyjnego.

Konkurencyjnym do tokamaka ITER reaktorem z FJ jest amerykański **Polywell**.¹⁶ Badania prowadzone są z przerwami od 1983 r., wyniki częściowo zastrzeżone. **Wyścig trwa.**

¹⁴ Brak akcji ciągłej obecnie wyklucza fuzję laserową z zastosowań energetycznych.

¹⁵ ITER International Thermonuclear Experimental Reactor. Międzynarodowa Organizacja ITER została ustanowiona dopiero w 2007 r. W 2011 rozpoczęto wylewanie fundamentów pod kompleks ITER. Pierwszy zapłon przewidywano na rok 2019, następnie na grudzień 2025 (koniec budowy i przejście do eksploatacji).

¹⁶ Polywell – koncepcja i zasady budowy odmienne od ITER; projekty finansowane przez US Navy. [10, 32].

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

Zimna fuzja jądrowa CF (cold fusion): tzw. reakcja jądrowa o niskiej energii (ang. LENR) jest hipotetyczną metodą fuzji jąder atomowych, przeprowadzaną w temperaturze znacznie niższej niż dla znanych obecnie reakcji termojądrowych. Opisywane są metody chemiczne (elektrolityczna, katalityczne), fizyczne (piroelektryczna, magnetyczna, ultradźwiękowa zwana sonofuzją) etc.

Najnowsze doniesienia o CF dotyczą urządzenia **E-Cat** (Energy Catalyzer), dokonującego zimnej fuzji niklu i wodoru, w obecności katalizatora o utajnionym składzie, z wytworzeniem miedzi oraz z wydzieleniem energii cieplnej, zamienianej następnie na energię elektryczną. Sprawa jest niejasna. Autorzy unikają niezależnej weryfikacji naukowej i recenzowanych publikacji, ale uzyskali patent amerykański i oferują urządzenia o mocy do 1 MW oraz okresie działania 30 lat, jako rozwiązanie rynkowe, które miało być gotowe w latach 2012–2013. Planowano rozpocząć masową produkcję urządzeń komercyjnych do końca 2011 r. Nie napotkano informacji rynkowych o sprzedaży i eksploatacji takich reaktorów. **Czas pokaże realną wartość wynalazku i jego twórców.**

Nawet przy założeniu pełnego sukcesu CF, ze względu na małą skalę, nie stanowi obecnie sensownej alternatywy dla użytkowanych technologii energetycznych.

Problem skali zamienności geopaliw przez EJ oraz OZE

Przy założeniu całkowitego wyeliminowania w skali globalnej i lokalnej węgla, ropy oraz gazu i zastąpieniu ich w stuleciu 2005–2105 przez OZE oraz EJ po połowie (pomijając problemy wystarczalności) i przyjmując 2% wzrost rocznego zużycia energii, liczby potrzebnych reaktorów o mocy 1 GW zestawiono w tablicy 6. Problemu OZE nie da się tak oszacować. W wyjściowym 2005 r. musiałyby być na świecie **7500**, a w Polsce **60** reaktorów.

Tablica 6. Realia rozwojowe energetyki jądrowej

Hipotetyczne przejście na energetykę odnawialną i jądrową w proporcji 50% / 50%				
	ŚWIAT		POLSKA	
Rok	2005	2105	2005	2105
Roczne potrzeby energetyczne*	480 EJ/r.	3500 EJ/r.	100 TWh	729 TWh
Potrzebna moc zainstalowana	15000 GW	115000 GW	120 GW	880 GW
Liczba reaktorów o mocy 1 GW	7500	50000	60	440

* Przy rocznej stopie wzrostu 2%. E (eksa) = 10^{18} = **1 trylion J**. T (tera) = 10^{12} = **1 bilion Wh**.

Dla utrzymania tego udziału EJ w bilansie energetycznym należałoby przez 100 lat budować **na świecie 500, a w Polsce 5 reaktorów rocznie**, utrzymując prócz tego w ruchu wszystkie już istniejące reaktory i wymieniając zużyte.

Warto w tym miejscu zakwestionować obiegowy mit, że zasoby uranu w ziemi i wodzie morskiej wystarczą na tysiące lat. Uranu jest dużo, ale większość jest niewydobywalna. Zawartość uranu w ziemskiej skorupie kontynentalnej wynosi średnio 2,8 ppm U, a w wodzie morskiej 0,0003 ppmU. Tzw. bariera mineralogiczna ~100 ppmU (0,01%) determinuje strukturę złoża i energetyczną stopę zwrotu EROEI. Poniżej tej bariery uran jest praktycznie nieosiągalny do celów energetycznych. Nie da się przepompować oceanów ani przekopać kontynentów. Możliwe do wykorzystania zasoby uranu są szacowane bardzo różnie. Wg raportu WNA¹⁷ [36] w 2017 r. światowe zasoby uranu wynosiły 6,14 Mt (30% w Australii).

Skumulowana produkcja uranu w latach 1945–2018 wynosiła 2,9 Mt (w tym Kanada 0,5 Mt). Wg MAEA (Red Book 2018) zasoby prognostyczne to 10,653 Mt (o cenie do 260 USD/kg).

Komisja Europejska jeszcze w roku 2001 stwierdziła, że przy obecnym poziomie zużycia uranu jego znane zasoby wystarczą na 42 lata, a z uwzględnieniem rezerw wojskowych i innych źródeł na 72 lata. Obecnie ok. 10% energii elektrycznej pochodzi z elektrowni jądrowych, a ponad 60% z pozostałych geopaliw (rys. 2). W przypadku ich braku, sześciokrotne zwiększenie mocy EJ oznaczałoby wyczerpanie zasobów uranu w ciągu 12 lat.

Poprawy sytuacji można oczekiwać po wdrożeniu nowych typów reaktorów IV generacji pracujących w CPZ. Obecnie w reaktorach z CPO wykorzystuje się do 0,7–2% energii uranu, a w prędkich z CPZ **60–70%** (w zależności od strat przy recyklingu paliwa i in.). Ale wdrożenie reaktorów IV generacji w energetyce jest prognozowane dopiero po ok. 2040 r. Wystarczalność zasobów uranu w przypadku CPZ (dla 2% przy CPO) może być **30–35** razy większa, tj. w granicach **360–420 lat**, ale tylko przy założeniu, że cała energia jądrowa będzie przetwarzana w elektryczną, a reszta potrzeb znika. Jest to kompletnie nierealne.

Niedobór geopaliw oznacza niedobór **energii pierwotnej EP**, nie tylko elektrycznej EE, Udział EJ w produkcji EP wynosi tylko ok. 5%¹⁸. Jej 5-krotne zwiększenie dla zaspokojenia tylko 25% światowego zapotrzebowania EP, zmniejsza wystarczalność do **70–90 lat**.

A potrzeby rosną. Np. nie ma obecnie źródła taniej energii do produkcji na masową skalę wodoru do celów transportowych zamiast paliw ropopochodnych itp.

¹⁷ WNA – World Nuclear Association. MAEA – Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (ang. IAEA – International Atomic Energy Agency) – Red Book 2007.

¹⁸ Wg BPSR w 2017 r.: energia pierwotna EP = 162134,4 TWh, a elektryczna EE = 25551,3 TWh. EE/EP=16%.

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

Nawet kilkukrotne zwiększenie rezerw uranu, przy jednoczesnym wzroście mocy zainstalowanej reaktorów dla wypełnienia luki energetycznej po geopolitykach, oznaczałoby wyczerpanie się zasobów uranu w ciągu kilkudziesięciu lat.

Energia jądrowa rozszczepienia EJ-r może dać tylko jakiś czas na przetrwanie cywilizacji.

Bezrefleksyjna propaganda na rzecz rozwoju OZE zamiast geopolityk zazwyczaj pomija problem dużej materiałochłonności OZE i dostępności oraz wystarczalności źródeł materiałów potrzebnych przy wprowadzaniu OZE w skali masowej. Drastyczne przykłady skali tego problemu zaprezentowane m.in. przez badaczy z CERN, zestawiono w tabelicy 7.

Tablica 7. Roczne potrzeby paliwowe dla różnych rodzajów źródeł energii (elektrownia o mocy 1000 MW = 1GW)

Źródło energii	Wartość opałowa	Potrzeby	Dla porównania
Biomasa (drewno)	16 MJ/kg	2000 km ² upraw	3 jeziora Bodeńskie
Wiatr	–	2700 wiatraków po 1,5 MW	486 km ² – jeziora mazurskie
Słońce (fotowoltaika)	–	23 km ² paneli na równiku	2555 boisk piłkarskich
Biogaz	17 – 27 MJ/m ³	gnojowica z 20 000 000 świń	0,2 – 0,3m ³ gazu /świnie/dzienie
Gaz ziemny	35 MJ/m ³	1,2 km ³	47 piramid Cheopsa
Ropa naftowa	45 – 46 MJ/kg	1 400 000 ton	10 000 000 barytek (po159 l)
Węgiel kamienny brunatny	13 – 30 MJ/kg 9 MJ/kg	2 500 000 ton	26 260 wagonów towarowych
Rozszczepianie jąder atomów	500 000 MJ/kg	35 ton dwutlenku uranu 210 ton rudy uranowej	1 czołg średni T-54 roczne chińskie zużycie złota

Źródło: CERN, Energy, Powering Your World (2000). Uzupełnienia własne. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Europejski Ośrodek Badań Jądrowych).

Takie są potrzeby OZE dla mocy **tylko 1 GW**. Przy założeniu np. przejścia wyłącznie na OZE, dla potrzebnej mocy zainstalowanej jak w tabelicy 6, trzeba odpowiednie dane porównawcze z tabelicy 7 pomnożyć dla świata przez **15000**, dla Polski przez **120**.

Dobitym przykładem dla Polski może być hipotetyczne przejście **tylko użytkowników komunalnych** na energię słoneczną. Przyjmując uśrednione w skali kraju orientacyjne założenia wg danych z 2010 r.: energia per capita 20kWh/dobę, czas efektywnego naświetlania 50%, ceny i parametry instalacji z 2010 r., potrzebna moc per capita ok. 4 kW, można oszacować potrzeby i koszty takiego systemu (dane orientacyjne):

- dane jednostkowe: 1 panel 210W / 1,5m² / 18,5kG + infrastruktura (w tym zasobnik);
- dane per capita (przy 4kW): ok. 20 kpl. jw. ► panele o pow. 30m² / 370kG + infrastruktura;

- w skali kraju: 800 mln paneli o pow. **1200 km²** i wadze **15 Mt** + infrastruktura i zasobniki.

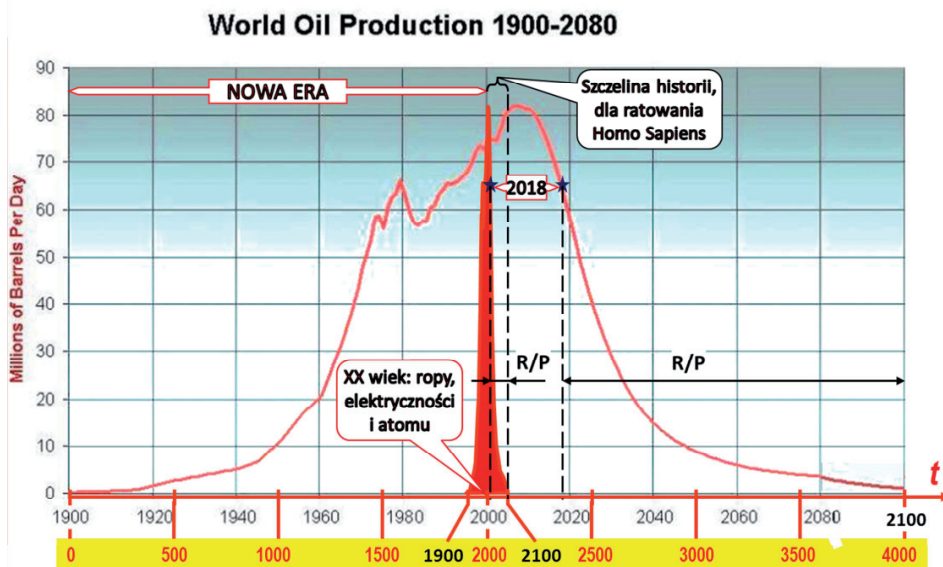
Koszt w skali kraju: **ponad 5 bln zł** (1 bilion = 10¹² zł).

Na zakończenie warto dodać, że w przypadku fotowoltaiki współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej jest na poziomie **zaledwie 10%**.¹⁹

Ku przestrodze

Wyobraźnia społeczności międzynarodowej jest nieprzygotowana do tego, by pojąć jak mało czasu w skali cywilizacyjnej nam zostało. Rys. 10 dobitnie ukazuje ten czas.

Rys. 10. Historyczna krzywa Hubberta dla ropy naftowej w dwóch skalach czasu: nowej ery oraz ± stulecia. Szczelina historii dla zażegnania kryzysu energetycznego to okres wystarczalności R/P dla ropy, nieco dłuższy kolejno dla gazu, ropy, węgla i uranu. W skali cywilizacyjnej ± 100 lat to mało.



Nowa era cywilizacji ludzkiej liczy już 2000 lat. Z tego przez 19 stuleci wystarczała nam energetycznie biomasa. W XIX w. sięgnęliśmy po węgiel, a w XX po resztę geopaliw. Mając skończone ich zasoby, umiemy z nich korzy-

¹⁹ Dane dla warunków oraz zmienności nasłonecznienia w Niemczech, w Polsce warunki są podobne.

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

stać rabunkowo, bez należytej wyobraźni i troski o przyszłe pokolenia. Niebawem ruszymy po gazohydraty, zapewne z podobnym skutkiem. To kwestia czasu. Mając dwa gigantyczne źródła energii: słońce i ziemię, nie umiemy z nich efektywnie korzystać. Chcemy przecież przetrwać nie tylko przez następne 2000 lat.

Drogi do uniknięcia globalnego kryzysu energetycznego nie są obecnie znane. Jediną rozpoznaną technologią, mogącą wyeliminować kryzys, jest fuzja jądrowa, o ile nośniki jej energii będą dostosowane do perspektywicznych potrzeb naszej cywilizacji technicznej.

Konieczne są całkowicie nowe rozwiązania, wymagające wykorzystania całego geniuszu ludzkiego i zbiorowego wysiłku cywilizacyjnego. Czasu na pokonanie jednej z głównych barier antyrozwojowych stojących przed Polską i światem mamy coraz mniej.

Nosimy dumnie miano HOMO SAPIENS! Musimy to jeszcze udowodnić!

Centrum narodowego bezpieczeństwa energetycznego

W istniejącej sytuacji, a także w kontekście geograficznego i geopolitycznego usytuowania Polski w Europie, dla zażegnania zagrożenia kryzysem energetycznym polska strategia i polityka energetyczna, w tym zwłaszcza bezpieczeństwo energetyczne, powinny stać się główną determinantą naszej polityki gospodarczej oraz zagranicznej. Działania strategiczne w tym zakresie powinny być jednolicie koordynowane przez ustawowo powołany centralny urząd administracji państwowej/rządowej, z odpowiednio wysokimi kompetencjami i środkami finansowymi. Centrum musi mieć ekspercki i ponadczasowy charakter oraz stabilnie i trwale funkcjonować ponad podziałami politycznymi.

Powinno zapewniać wsparcie kolejnych rządów w sprawach programowania strategicznego i prognozowania rozwoju w zakresie szeroko pojętej energetyki, działać w ścisłej współpracy z podmiotami sektorów związanych z energetyką.

Takie narodowe centrum powinno być głównym organem w zakresie bezpieczeństwa energetycznego Polski, kształtującym otoczenie regulacyjne, zdolnym do zapewnienia integracji i synergicznego współdziałania podmiotów państwowych, samorządowych, gospodarczych, naukowych, edukacyjnych oraz środowisk pozarządowych, na rzecz opracowania, rozwoju i wdrażania polskiej strategii energetycznej, a także do inspiracji działań międzynarodowych dla eliminowania zagrożeń energetycznych.

Docelowo mogłoby stać się załącznikiem międzynarodowej organizacji wyspecjalizowanej w globalnej działalności antykryzysowej. Zasady funkcjonowania i finansowania tego typu instytucji są znane w praktyce międzynarodowej.

Tylko na takich zasadach można będzie zbudować w Polsce wielopokoleniową strategię zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju i polityki jej

wdrażania, przy możliwie pełnym zrozumieniu i poparciu obywatelskim, a także skutecznie występować na forum międzynarodowym z propozycjami inicjującymi kierunki i metody oddalania, a docelowo wyeliminowania zagrożenia kryzysem energetycznym w skali lokalnej i globalnej.²⁰

Bibliografia

- [1] Bartosik M.: Globalny kryzys energetyczny – mit czy rzeczywistość? Wybrane możliwości działań antykryzysowych w elektrotechnice. X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna NOWOCZESNE URZĄDZENIA ZASILAJĄCE W ENERGETYCE, Politechnika Warszawska, Zakopane, 14–16.03.2007.
- [2] Bartosik M.: Globalne uwarunkowania polityki energetycznej. Wyczerpywanie źródeł energii pierwotnej. Biuletyn Techniczno-Informacyjny SEP nr 3/2007 (38), ISSN 1428–8966, 09.2007.
- [3] Bartosik M.: Globalny kryzys energetyczny – mit czy rzeczywistość? Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033–2097, R. 84 NR 2/2008.
- [4] Bartosik M.: Program Wieloletni Doskonalenie systemów wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej w celu poprawy ich właściwości ekonomicznych, technicznych i środowiskowych jako element przeciwdziałania globalnemu kryzysowi energetycznemu. Nowa Elektrotechnika, czerwiec 2008, nr 6 (46), s. 2–18.
- [5] Bartosik M.: Ziemia w pułapce energetycznej. Biuletyn Techniczno-Informacyjny Zarządu O/Łódzkiego SEP, 2010, nr 2, s. 6–16.
- [6] Bartosik M.: Ziemia w pułapce energetycznej. ENERGETYKA, 2010, nr 9, s. 583–593.
- [7] Bartosik M.: Kryzys energetyczny – mit czy rzeczywistość. Odnawialne źródła energii – wyzwania nowoczesnej gospodarki. Warszawa 2010, s. 1–4.
- [8] Bartosik M.: Sytuacja energetyczna Świata. Sesja Jubileuszowa 90-lecia Toruńskiego O/SEP, 2011, s. 5–30.
- [9] Bartosik M.: Cz. 1: Ziemia w pułapce energetycznej, s. 1–12; Cz. 2: Główne założenia energetycznej strategii antykryzysowej. Diagnostyka i szanse terapii w ujęciu syntetycznym, s. 1–3; Cz. 3: Ziemia w pułapce energetycznej. Wystarczalność światowych źródeł energii pierwotnej, s. 1–27; Konferencja Międzynarodowa Odnawialne źródła energii przyszłością nowoczesnej gospodarki. Warszawa, 22–23.09.2011.
- [10] Bartosik M.: Apetyt energetyczny cywilizacji a szanse jej przetrwania. Artykuł w monografii PAN „Czy kryzys światowych zasobów?”. Wydawnictwo: PAN, Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Warszawa, 2014, ISBN 979-83-7151-591-0, s. 47–87.
- [11] Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M.P., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szelaąg A.. Praca zbiorowa pod red. Marka Bartosika. Raport Energia Elektryczna Dla Pokoleń. Warszawa: Centralny

²⁰ Artykuł ma charakter ekspercki, akcenty polityczne wynikają z charakteru problemu i jego wagi społecznej.

CZY ŚWIAT NALEŻY URZĄDZIĆ INACZEJ SCHYLEK I POCZĄTEK

- Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw, www.cosiw.pl 2016, 127 s. Dostępny także: <http://www.kongres-sep.sep.com.pl/raport.html>
- [12] Praca zbiorowa jw. pod red. Marka Bartosika. Bezpieczeństwo elektroenergetyczne dla pokoleń. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, rocznik 92, nr 8, s. 268–282.
- [13] Praca zbiorowa jw. pod red. Marka Bartosika. Polityka i porządek prawny w polskiej energetyce na tle polityki Unii Europejskiej. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, rocznik 92, nr 9, s. 287–295.
- [14] Praca zbiorowa jw. pod red. Marka Bartosika. Wytwarzanie energii elektrycznej – diagnoza i terapia. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, rocznik 92, nr 10, s. 277–287.
- [15] Praca zbiorowa jw. pod red. Marka Bartosika. Przesył energii elektrycznej – potrzeby, prognozy i bariery. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, rocznik 92, nr 11, s. 295–300.
- [16] Praca zbiorowa jw. pod red. Marka Bartosika. Magazynowanie energii elektrycznej i gospodarka wodorowa. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, rocznik 92, nr 12, s. 332–340.
- [17] Praca zbiorowa jw. pod red. Marka Bartosika. Nauka – edukacja – przemysł: synergiczna współpraca dla innowacyjności. Przegląd Elektrotechniczny, 2017, rocznik 93, nr 1, s. 339–345.
- [18] BP Statistical Review of World Energy, Full Report, 2019.
- [19] Mórrigan, Tariel (2010). Peak Energy, Climate Change, and the Collapse of Global Civilization: The Current Peak Oil Crisis. 2nd edition. Global Climate Change, Human Security & Democracy. Orfalea Center for Global & International Studies. University of California, Santa Barbara.
- [20] Marks L.: Zmiany klimatu w holocenie – ostatnie 11 700 lat. <https://www.jednaziemia.pl/planeta-dzisiej/43-dzisiej/zmiany-klimatu/3847-holocen-ostatnie-11700-lat.html> (dostęp: 23.10.2019 r.).
- [21] Keith Pickering GETTING TO ZERO: Is renewable energy economically viable? July 08, 2013. <https://www.dailykos.com/stories/2013/07/08/1221552/-GETTING-TO-ZERO-Is-renewable-energy-economically-viable> (dostęp: 23.10.2019 r.).
- [22] https://pl.wikipedia.org/wiki/ludność_świata
- [23] Nieć M.: Międzynarodowe klasyfikacje zasobów złóż kopalin. Metody unifikacji. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, v. 24, p. 267–275.
- [24] U.S. Geological Survey. Marine and Coastal Geology Program. Gas (Methane) Hydrates – A New Frontier. <http://marine.usgs.gov/fact-sheets/gas-hydrates/title.html>
- [25] Rogner HH: Assessment of World Hydrocarbon Resources, Annual Rev. of Energy and Environment, 1997.
- [26] Ministerstwo Energii: Program dla sektora górnictwa węgla brunatnego w Polsce na lata 2018–2030, z perspektywą do 2050 r, https://www.gov.pl/documents/33372/436746/Program_GWB_2018.pdf
- [27] Ministerstwo Energii: Projekt „Polityki energetycznej Polski do 2040 roku”. PEP2040 <https://www.gov.pl/web/energia/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-zapraszamy-do-konsultacji>
- [28] Świrski K. Transition Technologies SA. Komentarze. CIRE, 9.04.2015. <https://www.cire.pl/item,109158,13,0,0,0,0,0,polityka-energetyczna-polski-do-2050-pep-2050-ma-byc-ogloszona-dopiero-pod>

- [29] Wnioski z analiz prognostycznych w zakresie bilansu elektroenergetycznego do 2040 r. (do PEP 2040). <https://www.gov.pl/attachment/3c8a2fd6-a0a4-4b7f-b301-0b8569f1eaf7>
- [30] Raport NIK: Rozwój sektora odnawialnych źródeł energii. KGP.430.022.2017. Nr ewid. 171/2017/P/17/020/KGP 6.08.2018.
- [31] Ministerstwo Gospodarki: Projekt Polityki Energetycznej Polski (PEP) do 2050 r. Opubl. 7.08.2015.
- [32] Nicholas A. Krall. The Polywell; A spherically convergent ion focus concept. „Fusion Technology”. 1 (22), s. 42–49, 1992. ISSN 07481896
- [33] <http://pages.csam.montclair.edu/~kowalski/cf/index.html> <http://pages.csam.montclair.edu/~kowalski/cf/09sciam.html>
- [34] FCCG Reno Presentation RS038-00 2001, ANS Winter Meeting Reno, NV; Nov. 13, 2001.
- [35] Chwaszczewski S. i in: Polityka Energetyczna, Tom 10, Zeszyt Specjalny 2, 2007.
- [36] WNA Supply of Uranium 2019. <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium.aspx>

Homo sapiens in energetic survival school Energy balance and related dangers

Abstract

The article analyzes primary energy sources, their sufficiency and diversification on a local and global scale. Energy conditions the development possibilities of civilization. Reserves and resources of geofuels: crude oil, natural gas, coal, uranium and methane hydrates were characterized. The forecast of primary energy demand on a global and local scale as well as the growing threat of energy crisis due to the use of fossil fuels and reduction of energy supplies were discussed. Threats and remedies related to the world's energy security were described in the perspective of many generations. Preferences and stimulators in Polish energy policy for the crisis survival strategy were analyzed, including the problem of decarbonisation of the Polish power industry against the background of the European climate policy, the availability of gas sources as an effective fuel for the energy sector and the Polish nuclear energy program EJ. Selected problems of renewable energy sources RES, including the problem of the scale of interchangeability of geofuels by EJ and RES are indicated. The main areas of global and local anti-crisis activities were presented, as well as an outline of the Polish anti-crisis strategy, including the establishment of the National Energy Security Center.

Keywords: energy balance, threats, geofuels, primary energy sources, energy security.