

Jak mierzyć postępy transformacji energetycznej?

Abstrakt: Celem artykułu jest przybliżenie koncepcji pomiaru postępu transformacji energetycznej z wykorzystaniem wskaźników kompozytowych. W pierwszej części pracy przedstawiono sposób konstrukcji i opisano własności dwóch popularnych kompozytowych wskaźników transformacji energetycznej publikowanych odpowiednio przez Światowe Forum Ekonomiczne (indeks ETI) i Światową Radę Energetyczną (indeks WETI). W drugiej części pracy przedstawiono autorską koncepcję wyznaczania zmodyfikowanego indeksu ETI (indeks METI) wykorzystującą zaawansowany aparat statystyczny zapewniający minimalizację wpływu uznaniowości w procesie konstrukcji wskaźnika kompozytowego. Proponowaną metodę METI zastosowano do „przeliczenia” wyników indeksu ETI dla roku 2020. Uzyskane rezultaty znacznie różnią się od „oryginalnego” rankingu ETI, w szczególności co do pozycji Polski. W ostatniej części artykułu omówiono możliwe kierunki dalszych prac i zarysowano główne rekomendacje w zakresie możliwości stosowania zmodyfikowanych wskaźników kompozytowych do oceny postępu transformacji energetycznej w Polsce.

Słowa kluczowe: transformacja energetyczna, wspieranie procesów decyzyjnych, analiza wielokryterialna, analiza składowych głównych

Wprowadzenie – monitorowanie transformacji energetycznej

Wraz ze zwiększaniem tempa transformacji energetycznej uwidacznia się potrzeba dysponowania narzędziami umożliwiającymi monitorowanie jej postępów przez podmioty odpowiedzialne za kształtowanie i wdrażanie polityki energetycznej. Dla wszystkich interesariuszy zaangażowanych w proces transformacji istotne znaczenie ma dostęp do możliwie wiarygodnych i obiektywnych źródeł informacji służących wspieraniu procesów decyzyjnych.

Dla potrzeb niniejszej pracy przyjmujemy, że **transformacja energetyczna to proces ewolucji struktur technologicznych i rynkowych, ram regulacyjnych, wzorców konsumpcji i norm społecznych w kierunku zapewniania powszechnego dostępu do niezawodnej, czystej i przystępnej cenowo energii**. Należy podkreślić, że ze względu na lokalne uwarunkowania

i specyfikę cele i kierunki wspierania transformacji mogą być (i zasadniczo są) w każdym kraju inne.

Możemy wyróżnić dwa podejścia do monitorowania stanu transformacji energetycznej (TE):

- porównywanie stanu TE w różnych krajach świata – wyniki takich analiz mogą być szczególnie cennym źródłem informacji, gdy porównujemy kraje o podobnej strukturze miksu energetycznego, podobnych warunkach klimatycznych i geograficznych, zasobach itd.
- monitorowanie postępów TE w konkretnym kraju w kolejnych latach – w tym przypadku konieczne jest utrzymywanie stabilnej metodyki procedur analitycznych.

W dziedzinie energetyki istnieje szereg rankingów, które w większości skupiają się na specyficznych aspektach transformacji. W niniejszym opracowaniu skoncentrujemy się na dwóch indeksach mających ambicje całościowego podejścia do problemu. Są to:

- **Energy Transition Index (ETI)** firmowany przez Światowe Forum Ekonomiczne (World Economic Forum),
- **World Energy Trilemma Index (WETI)** firmowany przez Światową Radę Energetyczną (World Energy Council).

Twórcy obu indeksów deklarują zbliżone cele i podejście, niemniej jednak zauważalne są różnice w rozłożeniu akcentów.

W ramach niniejszej pracy przybliżamy założenia konstrukcji obu indeksów, a także wskazujemy na braki metodologiczne, którymi są obarczone. Następnie proponujemy modyfikację metodyki zgodnie z rekomendacjami OECD i JRC dla budowy wskaźników

kompozytowych. Zastosowane podejście wykorzystujemy do „przeliczenia” indeksu ETI za rok 2020. W oparciu o przeprowadzone analizy przedstawiamy rekomendacje do budowy wskaźnika dostosowanego do polskich potrzeb i uwarunkowań.

Energy Transition Index

Energy Transition Index jest publikowany od 2018 r. przez Światowe Forum Ekonomiczne w celu kompleksowego monitorowania globalnej transformacji energetycznej. Poprzednikiem ETI był prezentowany w latach 2012–2017 *Wskaźnik wydajności architektury energetycznej*, którego zakres ograniczał się do obecnego pierwszego podindeksu ETI. Wskaźnik ETI ma stanowić ramy analityczne mierzące postępy ewolucji systemu energetycznego w kierunku wspierania zrównoważonego rozwoju, bezpieczeństwa i dostępności, a także instytucji, które umożliwiają realizację tych celów.

Autorzy ETI zakładają, że transformacja energetyczna powinna prowadzić do rozwoju gospodarczego i społecznego przy zachowaniu równowagi między trzema kategoriami tworzącymi „trójkąt energetyczny” (rozwój i wzrost gospodarczy, powszechny dostęp do bezpiecznych i niezawodnych dostaw oraz zrównoważenie środowiskowe).

Konstrukcja ETI

Kompozytowy indeks ETI jest sumą dwóch podindeksów (z równymi wagami), którymi są:

- Wydajność systemu (*System Performance*),
- Gotowość do transformacji (*Transition Readiness*).

Wydajność systemu ocenia systemy energetyczne krajów w ramach trzech kategorii:

- Zdolność do wspierania rozwoju i wzrostu gospodarczego,
- Bezpieczeństwo, niezawodność i powszechna dostępność energii,
- Zrównoważenie środowiskowe w całym łańcuchu wartości energii.

Celem transformacji energetycznej w każdym kraju powinno być jednoczesne realizowanie tych trzech priorytetów, a tym samym utrzymanie zrównoważonego „trójkąta energetycznego”.

Gotowość do transformacji ocenia jakość środowiska sprzyjającego transformacji energetycznej. Tempo postępów transformacji energetycznej kraju zależy wprost od tego, w jakim stopniu udaje się zbudować takie środowisko. Podindeks ten obejmuje kategorie:

- Regulacje i wola polityczna,
- Instytucje i rządzenie,
- Kapitał i inwestycje,
- Infrastruktura i innowacyjne środowisko biznesowe,
- Kapitał ludzki i partycypacja konsumentów,
- Struktura systemu energetycznego.

Wyniki w podindeksach uzyskuje się poprzez (arbitralne) agregowanie danych z kategorii. Każdej kategorii w podindeksie „Wydajność systemu” przypisuje się wagę 33%, a w podindeksie „Gotowość do transformacji” – 17%. Z kolei każda z kategorii zbudowana jest z zestawu wskaźników, których liczba w kolejnych latach nieznacznie się zmienia. W 2021 r. indeks ETI jest agregowany z 38 wskaźników. W Załączniku I przedstawiono listę wskaźników przypisanych konkretnym kategoriom ETI.

Wyniki dla krajów

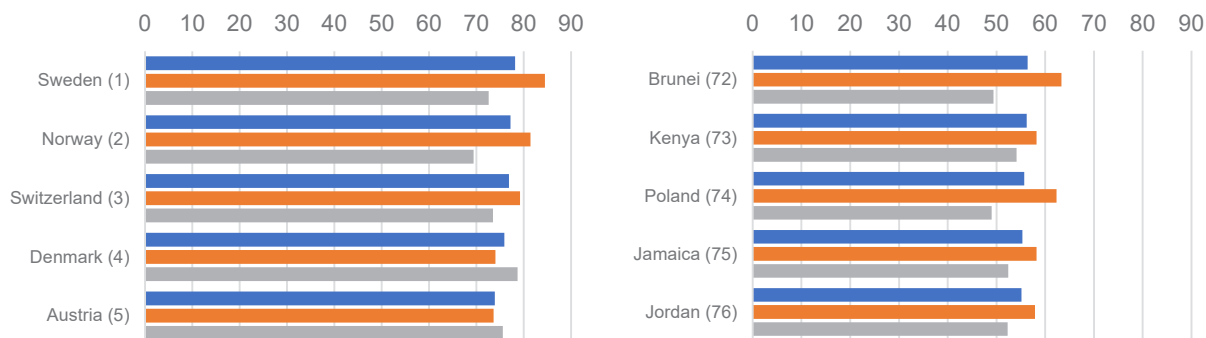
Autorzy ETI przedstawiają corocznie rankingi zbiorcze oraz charakterystyki wszystkich krajów poddanych analizie. Czołówka zbiorczego zestawienia nie ulega w ostatnich latach większym zmianom. Liderem jest Szwecja, kolejne trzy miejsca zajmują w różnej kolejności Norwegia, Dania i Szwajcaria, a piątą pozycję utrzymuje Austria. Najwyższą lokatę wśród krajów spoza Europy zajmuje Nowa Zelandia (w 2021 r. miejsce 8.).

Na Rys. 1 przedstawiono dynamikę wskaźnika ETI (indeks zbiorczy i dwa podindeksy) w trzech ostatnich latach (edycja 2019–2021).

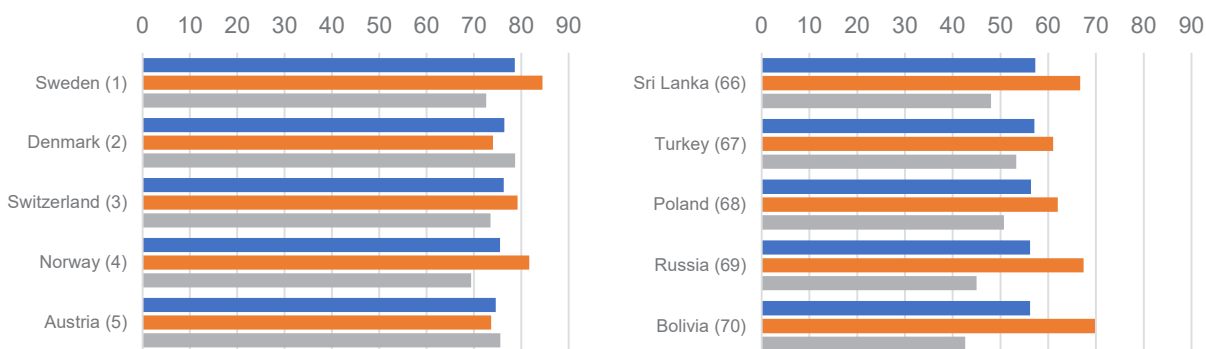
Energy Transition Index

■ Energy Transition Index ■ System Performance ■ Transition Readiness

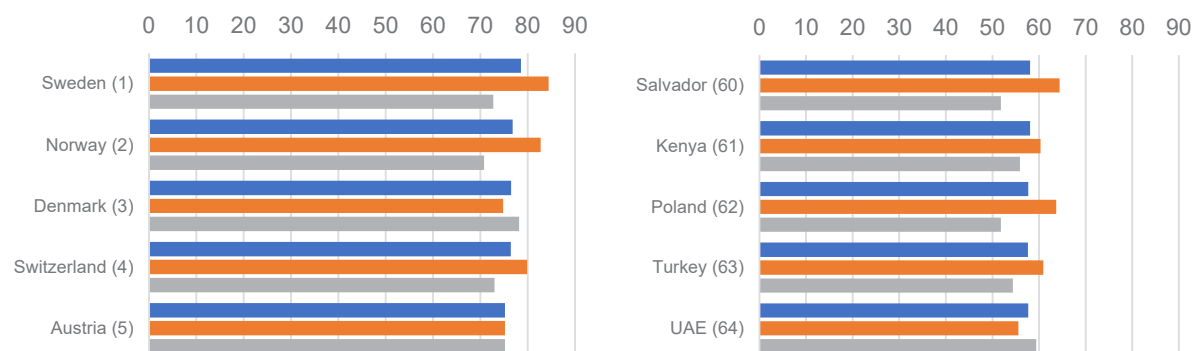
Edycja 2019



Edycja 2020



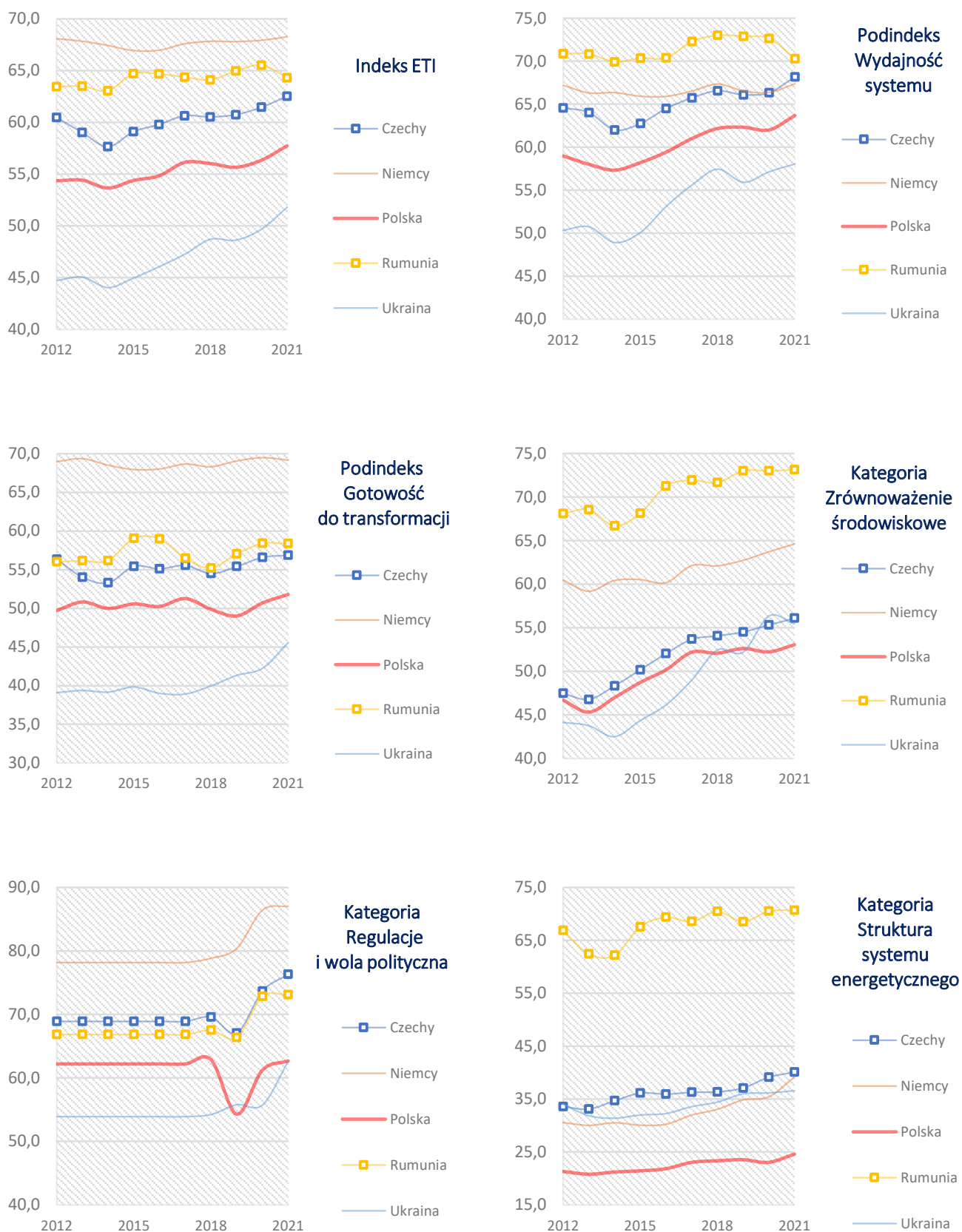
Edycja 2021



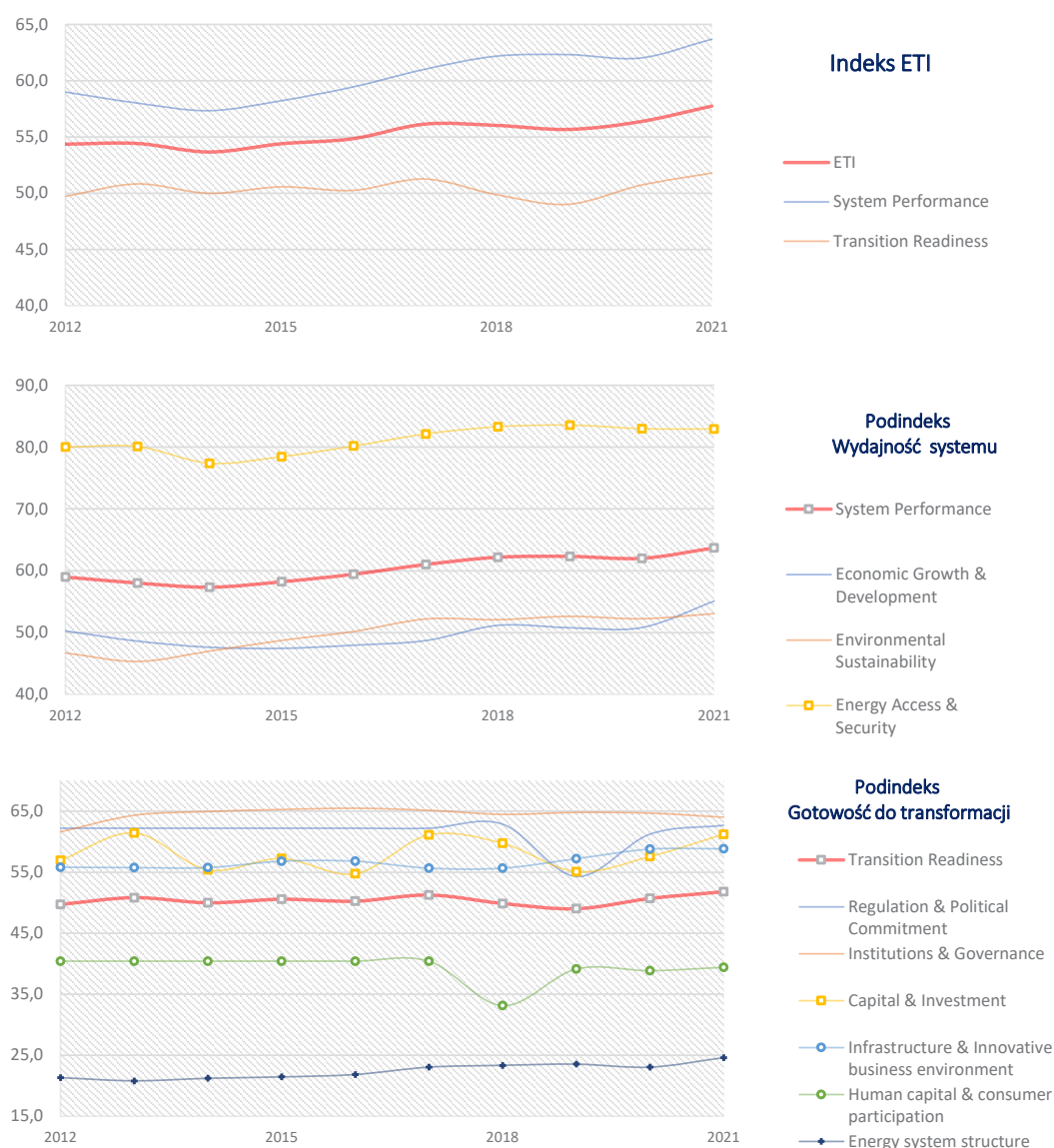
Rys. 1. Dynamika wskaźnika ETI w edycjach 2019–2021 dla krajów – liderów rankingu (lewa kolumna) oraz dla krajów ocenianych podobnie jak Polska (prawa kolumna) (źródło: opracowanie własne na podstawie danych dostępnych na stronie Światowego Forum Ekonomicznego)

Dostępność wyników na poziomie indeksów, podindeksów i kategorii za lata 2012–2021 przeliczonych „w tył” zgodnie z aktualną metodyką umożliwia analizę ich ewolucji w czasie. Rys. 2 przedstawia porównanie zmian

indeksu, podindeksów i wybranych kategorii w ostatnim dziesięcioleciu dla Polski i krajów sąsiednich oraz nieodległej Rumunii. Z kolei Rys. 3 obrazuje ewolucję w czasie wyników dla Polski na poziomie podindeksów i kategorii.



Rys. 2. Indeks ETI (indeks wypadkowy, dwa podindeksy i trzy wybrane kategorie) w latach 2012–2021 dla grupy pięciu wybranych państw (źródło: opracowanie własne na podstawie danych dostępnych na stronie Światowego Forum Ekonomicznego)



Rys. 3. Podindeksy i kategorie indeksu ETI dla Polski w latach 2012–2022 (źródło: opracowanie własne na podstawie danych dostępnych na stronie Światowego Forum Ekonomicznego)

Analiza danych przedstawionych na Rys. 3 pozwala zauważyć brak postępów dla podindeksu „Gotowość do transformacji”, zwłaszcza w kategoriach „Instytucje i rządzenie”, „Kapitał ludzki i partycypacja konsumentów”, „Regulacje i wola polityczna” oraz „Struktura systemu energetycznego”. W tej ostatniej kategorii Polska w porównaniu do innych krajów uzyskuje niezmiennie niski wynik – w latach 2019 i 2020 zajęła 114. lokatę (na 115 krajów). Wpływają na to zwłaszcza rezultaty dla zmiennych: „Udział energii elektrycznej wytwarzanej z węgla” (miejsce 111. w 2020 r.), „Energia elektryczna wytwarzana z ropy

naftowej, gazu lub energii wodnej” (miejsce 110.) i „Udział w globalnych rezerwach paliw kopalnych” (miejsce 101.). Nie zmienia się również niska pozycja Polski dla wskaźnika „Stabilność otoczenia politycznego” (miejsce 102.), chociaż wynik dla kategorii go obejmującej („Regulacje i wola polityczna”) uległ w latach 2019–2020 poprawie aż o 37 miejsc, dzięki awansowi z miejsca 70. na 2. dla wskaźnika „Udział i zaangażowanie krajów w porozumienie COP21”. Nadal niskie miejsce przypada Polsce w kategorii „Zrównoważenie środowiskowe”, mimo wzrostu w rankingu o 5 miejsc (pozycja 93. w 2020 r.). Mają na to wpływ szczególnie

wyniki dla wskaźników „Emisje CO₂ na mieszkańca” (miejsce 94.) oraz „Emisje CO₂ na całkowite zużycie energii pierwotnej” (miejsce 107.).

World Energy Trilemma Index

World Energy Trilemma Index jest prezentowany co-rocennie przez Światową Radę Energetyczną (World Energy Council) we współpracy z firmami konsultingowymi Oliver Wyman i Marsh & McLennan Insights.

WETI jest kwantyfikacją „Trylematu energetycznego” (*Energy Trilemma*), który Światowa Rada Energetyczna definiuje jako konieczność zapewnienia energii bezpiecznej, szeroko dostępnej oraz produkowanej w sposób przyjazny dla środowiska. Równoważenie tych priorytetów stanowi wyzwanie, ale ma też być podstawą dobrobytu i konkurencyjności tych krajów, które mu sprostały.

Konstrukcja WETI

WETI jest kompozytowym indeksem agregującym oceny z trzech głównych wymiarów:

- Bezpieczeństwo energetyczne (*Energy Security*),
- Sprawiedliwość energetyczna (*Energy Equity*),
- Zrównoważenie środowiskowe systemów energetycznych (*Environmental Sustainability*)

wraz z dodatkowym wymiarem „Kontekst krajowy”, który ma uchwycić uwarunkowania instytucjonalne i makroekonomiczne w istotny sposób wpływające na różnicowanie pozycji krajów w rankingu.

Bezpieczeństwo energetyczne mierzy potencjał kraju do niezawodnego sprostania obecnemu i przyszłemu zapotrzebowaniu na energię. Wymiar ten obejmuje efektywność zarządzania krajowymi i zewnętrznymi źródłami energii, a także niezawodność i odporność infrastruktury energetycznej.

Sprawiedliwość energetyczna ocenia zdolność kraju do zapewnienia powszechnego dostępu do niezawodnej, przystępnej cenowo i dostarczanej w wystarczającej ilości do użytku domowego

i komercyjnego energii. Wymiar ten obejmuje przystępność cenową energii elektrycznej, gazu i paliw oraz podstawowy dostęp do elektryczności, czystych paliw i technologii w gospodarstwach domowych (np. do gotowania), a także do zapewniających dobrobyt poziomów konsumpcji energii.

Zrównoważenie środowiskowe systemów energetycznych odzwierciedla transformację krajowego systemu energetycznego w kierunku łagodzenia i unikania potencjalnych szkód dla środowiska i wpływu na zmiany klimatu. Wymiar ten charakteryzuje produktywność i sprawność wytwarzania, przesyłu i dystrybucji, a także dekarbonizację i jakość powietrza.

Kontekst krajowy koncentruje się na czynnikach, które umożliwiają krajom opracowywanie i skuteczne wdrażanie polityk oraz osiąganie celów energetycznych. Wymiar ten opisuje podstawowe uwarunkowania makroekonomiczne i zarządcze, ocenia siłę i stabilność gospodarki narodowej i rządu, atrakcyjność kraju dla inwestorów, a także zdolność do innowacji.

Trzem głównym wymiarom przypisuje się (arbitralnie, jak w przypadku indeksu ETI) wagi po 30%, a kontekstowi krajowemu – 10%. Wyniki w wymiarach uzyskuje się poprzez agregowanie danych z kategorii, w które wchodzi z kolei grupy wskaźników. Wynik dla każdego wskaźnika jest obliczany na podstawie jednego lub więcej zestawów danych (w sumie 59 zestawów danych używa się do opracowania 32 wskaźników).

W Załączniku II umieszczono listę kategorii i wskaźników przypisanych do poszczególnych wymiarów WETI, łącznie z nadanymi wagami.

Wyniki dla krajów

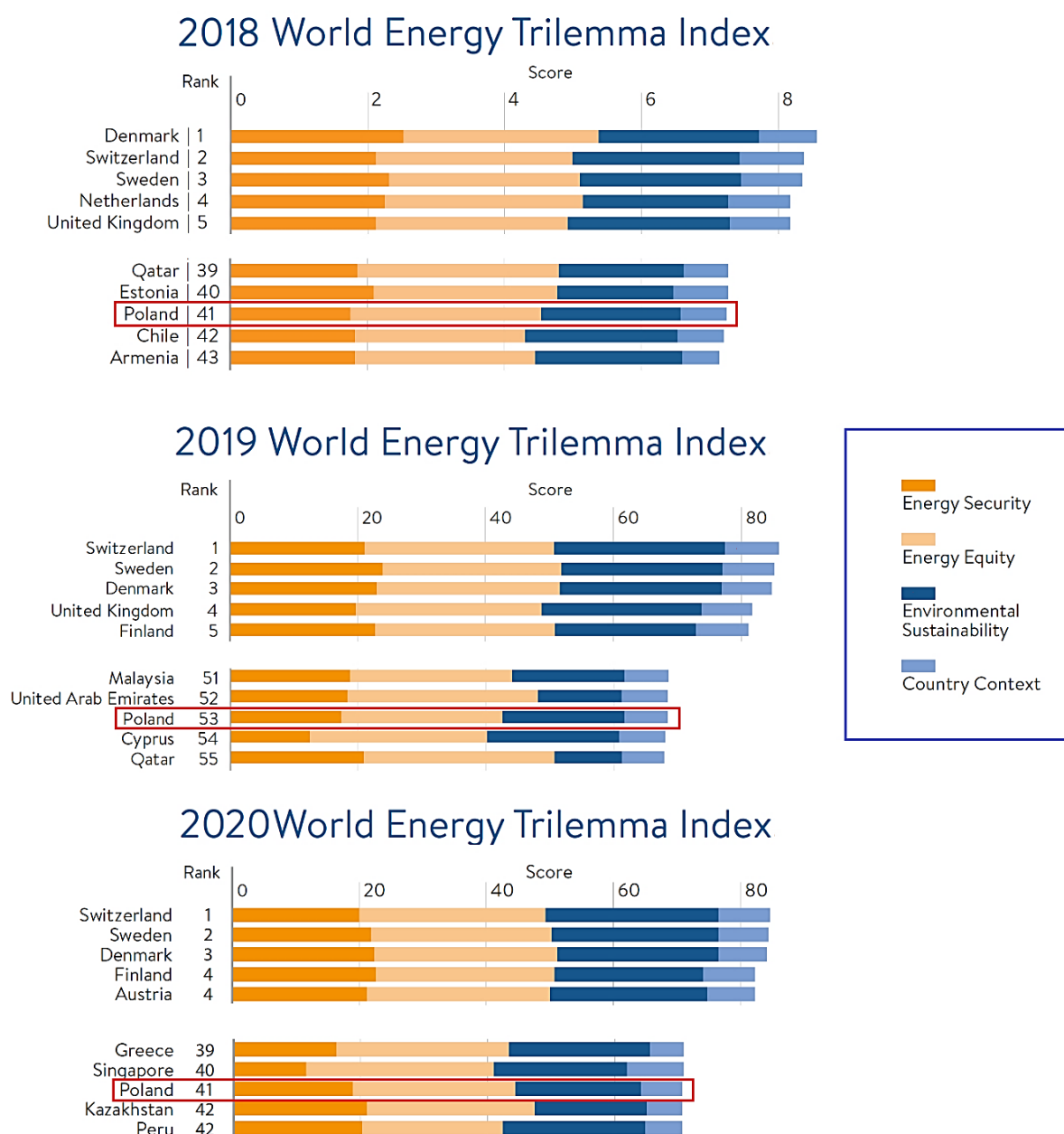
Każdemu ze 125 krajów przyporządkowuje się ocenę względną, wynik punktowy i miejsce na liście. **Ocena względna** składa się z czterech komponentów (po jednym dla każdego wymiaru) o zakresie wartości od A (najlepsza) do D (najgorsza), w zależności od tego, w którym kwartylu mieści się wynik kraju dla danego wymiaru (np. ocena A oznacza miejsce w czołowych 25% krajów). Każdemu krajowi przypisuje się zbiorczy **wynik punktowy** oraz wyniki dla każdego z czterech wymiarów w skali

od 0 do 100. Punkty przypisane krajowi odzwierciedlają jego wyniki w odniesieniu do wyników innych krajów. **Miejsce na liście** wskazuje usytuowanie kraju zgodnie z uzyskanym zbiorczym wynikiem punktowym.

Dla przykładu, **dostępne wyniki dla Polski na rok 2020 przedstawiają się następująco: ocena względna – BBCb, wyniki punktowe – 70,4 (częstkowe dla trzech głównych wymiarów – 62,7; 84,7; 65,9), miejsce na liście – 41. (częstkowe odpowiednio – 37., 47., 63.).**

Ponieważ metodyka rankingu ulega corocznym modyfikacjom, bezpośrednie porównania rankingów, ocen i wyników z poprzednimi raportami nie jest możliwe. Dlatego po modyfikacji metodyki wyniki historyczne ulegają ponownemu przeliczeniu „w tył” począwszy od 2000 r.

Na Rys. 4 przedstawiono dynamikę wskaźnika Energy Trilemma Index (WETI) w trzech ostatnich latach (edycje 2018–2020).



Rys. 4. Wskaźnik Energy Trilemma Index (indeks wypadkowy i oceny w czterech wymiarach/podkategorjach) w latach 2018–2020 – liderzy rankingu i kraje ocenione podobnie jak Polska (źródło: opracowanie własne na podstawie danych dostępnych na stronie Światowej Rady Energetycznej)

Rankingi ETI i WETI – analiza statystyczna metodyk budowy wskaźnika

Z formalnego punktu widzenia ETI i WETI definiowane są jako indeksy kompozytowe budowane w oparciu o addytywne agregowanie ocen w wybranych podkategoriach. Z tego powodu uzyskiwane rezultaty (indeksy) są wrażliwe zarówno na wybór miar i wskaźników, na podstawie których wyznaczane są oceny w podkategoriach, jak i na wybór wag wykorzystywanych w procesie agregacji ocen cząstkowych i wyznaczania indeksu wypadkowego.

Konstrukcja obu indeksów w kluczowych aspektach nie jest zgodna z rekomendacjami OECD i JRC Komisji Europejskiej w zakresie budowy wskaźników kompozytowych. Członkowie zespołu WEF pracującego nad rankingiem ETI2020 są świadomi tych problemów. Podkreślają oni, że zaproponowany przez nich rozkład wag użyty w procesie tworzenia indeksu ETI jest jedynie przykładowy i nie uwzględnia wielu problemów statystycznych pojawiających się w przypadku zastosowania arbitralnych (w szczególności równych) wag (por. Singh et al. 2019).

Również indeks WETI został poddany analizom (por. Šprajc et al. 2019), z których wynika konieczność dopracowania metodyki na poziomie zarówno doboru zmiennych (wskaźników), jak i konstrukcji indeksu kompozytowego, w tym zwłaszcza wyznaczania wag na poziomach kategorii i wymiarów.

Dla ilustracji wspomnianych problemów rozważmy prosty przykład trzech krajów, dla których podjęto próbę wyznaczenia uproszczonego wariantu rankingu ETI opartego na zastosowaniu równych wag w agregowaniu ocen składowych w trzech kategoriach. W Panelu A na Rys. 5 przedstawiono rozkład ocen w roku początkowym dla trzech krajów (Kraj A, Kraj B, Kraj C) w trzech rozważanych kategoriach (Emisja CO₂, Poziom PM_{2,5}, Dostęp do kredytów).

Chcąc lepiej wypaść w kolejnej edycji rankingu „Kraj A” może zdecydować się na podniesienie o jednostkę oceny w kategorii „Dostęp do kredytów” (zgodnie z logiką: przy równych wagach nie

ma znaczenia, czy najpierw podniesiemy o jednostkę ocenę w kategorii „Emisja CO₂” czy „Dostęp do kredytów” – w obu przypadkach indeks kompozytowy wzrośnie o tyle samo). W efekcie zmian (Scenariusz 1) w kolejnym rankingu „Kraj A” zwiększa ocenę wypadkową o **0,33** (por. Panel B na Rys. 5). Ponieważ „Emisja CO₂” i „Poziom PM_{2,5}” są silnie skorelowane, znacznie korzystniej dla „Kraju A” byłoby jednak podnieść ocenę w kategorii „Emisja CO₂”. Inwestycja ta pociąga za sobą lepsze wyniki również w kategorii „Poziom PM_{2,5}”. W efekcie zmian (Scenariusz 2) „Kraj A” zwiększa swoją ocenę wypadkową aż o **0,5** (Panel C na Rys. 5). Przy braku działań w „Krajach B i C” pozwala to „Krajowi A” na **awans** w rankingu ETI.

Panel A	Stan początkowy		
	Kraj A	Kraj B	Kraj C
Emisja CO ₂	1	3	2
Poziom PM _{2,5}	2	3	2
Dostęp do kredytów	1	2	1
Średnia (równe wagi)	<u>1,33</u>	2,67	1,67

Panel B	Scenariusz 1		
	Kraj A	Kraj B	Kraj C
Emisja CO ₂	1	3	2
Poziom PM _{2,5}	2	3	2
Dostęp do kredytów	2	2	1
Średnia (równe wagi)	<u>1,67</u>	2,67	1,67

Panel C	Scenariusz 2		
	Kraj A	Kraj B	Kraj C
Emisja CO ₂	2	3	2
Poziom PM _{2,5}	2,5	3	2
Dostęp do kredytów	1	2	1
Średnia (równe wagi)	<u>1,83</u>	2,67	1,67

Rys. 5. Ilustracja problemu pozornie równych wag

Z przykładu podanego na Rys. 5 wynika, że równe wagi zwykle nie korespondują z założeniami tworzonego indeksu transformacji energetycznej, a więc nie oznaczają identycznego wpływu poszczególnych zmiennych na ocenę końcową. Inaczej mówiąc, **bez szczegółowej analizy statystycznych własności analizowanego zbioru danych (wskaźników) nie potrafimy wyznaczyć czynników najmocniej wpływających na kształt rankingu.**

Indeks METI2020

Metodyka

Aby uzyskać narzędzie wolne (na ile to możliwe) od wspomnianych problemów interpretacyjnych, a przez to pozwalające na porównywanie poziomu transformacji energetycznej w różnych krajach w możliwie obiektywny sposób, opracowano metodykę wyznaczania zmodyfikowanej wersji indeksu kompozytowego w oparciu o techniki statystyczne. Z uwagi na najszerszą dostępność danych skoncentrowano się na studium przypadku grupy 115 krajów uwzględnionych w badaniu Energy Transition Index 2020 Edition (ETI2020). W dalszej części niniejszego opracowania zmodyfikowany indeks ETI2020 będzie oznaczany symbolem METI2020¹.

W odróżnieniu od ETI2020 metodyka budowy wskaźnika METI2020 jest zgodna z aktualnymi rekomendacjami OECD i JRC Komisji Europejskiej w zakresie budowy wskaźników kompozytowych. Zasadniczo oparto ją na ogólnodostępnych zaleceniach OECD dotyczących konstrukcji wskaźników kompozytowych. Głównym źródłem wiedzy był poradnik metodologiczny *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide* opracowany przez ekspertów OECD (2008). Szczegółowa procedura wyliczania wskaźnika transformacji energetycznej została oparta na 10-etapowym schemacie wyznaczania wskaźników kompozytowych

praktykowanym i rekomendowanym przez analityków Komisji Europejskiej (European Commission 2020). Na wstępie 39 zmiennych wykorzystanych do wyznaczenia indeksu ETI2020 przeanalizowano pod kątem występowania obserwacji brakujących. W celu rozwiązania problemu występowania w bazie ETI2020 brakujących obserwacji zastosowano procedurę uzupełniania braków w bazie danych opartą na wyznaczeniu tzw. indeksu *silhouette*². Podobnie jak w przypadku standardowej wersji indeksu ETI, w przypadku zmiennej „Cost of externalities (as % of GDP)” zastosowano transformację logarytmiczną symetryzującą rozkład.

W najważniejszym kroku obliczeń indeksu METI2020 przeprowadzono 4-etapową procedurę wyznaczania nowego rankingu transformacji energetycznej:

Etap 1. W pierwszym etapie zbiór 39 zmiennych występujących w bazie ETI2020 został podzielony na 9 kategorii. 3 pierwsze kategorie (łącznie liczące 17 zmiennych) złożyły się na blok zmiennych opisujących możliwości i wydajność systemu energetycznego (blok *System Performance*). Pozostałe 6 kategorii (obejmujących łącznie 22 zmienne) złożyły się na blok zmiennych opisujących gotowość do transformacji energetycznej (blok *Transition Readiness*).

Etap 2. W obrębie każdej z 9 kategorii opisanych w Etapie 1 wyznaczono ocenę składową, którą obliczono jako średnią ważoną z zestandaryzowanych zmiennych składowych. W odróżnieniu od arbitralnie ustalanych wag przyjętych w procesie tworzenia rankingu ETI2020, wagi wykorzystane na tym etapie sumowania wyznaczono w oparciu o wskazania metodologiczne OECD (por. Nicoletti et al. 2000). Mówiąc w uproszczeniu, zastosowany algorytm wyznaczania wag wykorzystuje ładunki i proporcje objaśnionej wariacji wynikające z analizy składowych głównych przeprowadzonej dla zestandaryzowanych zmiennych w obrębie każdej z 9 kategorii. Zasadnicza przewaga algorytmu rekomendowanego przez OECD nad arbitralnym wyborem wag wynika w głównej mierze z tego, że zastosowany algorytm OECD uwzględnia możliwość wystąpienia silnego skorelowania części zmiennych

1 Należy zaznaczyć, że opisaną metodykę można zastosować do wyznaczenia zmodyfikowanych rankingów ETI dla pozostałych lat, dla których dostępne są dane w bazie WEF. Co więcej, dzięki swojej uniwersalnej naturze może ona w analogiczny sposób posłużyć do wyznaczenia zmodyfikowanych indeksów WETI w oparciu o dane dostępne w bazie WEC.

2 Jest to procedura uzupełniania braków w bazie danych oparta na algorytmie najbliższych sąsiadów.

między sobą. Dzięki temu możliwe stało się uniknięcie problemu niezamierzonego i niekontrolowanego wzrostu wpływu silnie skorelowanych zmiennych na ostateczny kształt rankingu transformacji energetycznej w obrębie danej kategorii. Przykładowo, problem taki występuje przy zastosowaniu równych wag (a więc obliczaniu wskaźnika kompozytowego jako średniej arytmetycznej ocen cząstkowych, co dotychczas było zwykłą praktyką stosowaną przy wyznaczaniu rankingów ETI) w przypadku zestawu zmiennych, spośród których chociaż dwie są silnie skorelowane (por. Rys. 5).

Etap 3. W obrębie każdego z dwóch bloków zmiennych wyznaczono indeks składowy (podindeks), który obliczono jako średnią ważoną z zestandaryzowanych ocen kategorii składowych uzyskanych w Etapie 2. Wagi wykorzystane w sumowaniu ponownie wyznaczono w oparciu o algorytm opisany w Etapie 2.

Etap 4. Końcową wartość nowej wersji indeksu ETI wyznaczono jako średnią arytmetyczną dwóch ocen uzyskanych w Etapie 3, odpowiednio dla bloków *System Performance* i *Transition Readiness*.

Ze względu na statystyczne cechy zbioru ocen oraz zestawu wskaźników kompozytowych, tj. statystycznie istotną zgodność tych danych z rozkładem normalnym, w celu ułatwienia interpretacji uzyskanego rankingu zastosowano skalowanie ocen w zakresie 0–100, bazujące na wykorzystaniu funkcji kwantylowej stosownego rozkładu normalnego. Dzięki takiej procedurze matematycznej wartość przeskalowanego wskaźnika kompozytowego można nie tylko porównywać pomiędzy krajami, ale także bezpośrednio interpretować w języku prawdopodobieństwa. Przykładowo, wskaźnik METI2020 równy 26 dla kraju X sugeruje, że statystyczne prawdopodobieństwo istnienia kraju o niższej ocenie kompozytowej (a więc o gorszej ocenie transformacji energetycznej) obliczone na bazie posiadanych danych i informacji wynosi 0,26.

W celu sprawdzenia stabilności uzyskanych wyników empirycznych przeprowadzono stosowne badanie wrażliwości, korzystając z zaleceń JRC Komisji Europejskiej w przedmiotowym zakresie (por. European Commission 2014). Mówiąc w uproszczeniu, przeprowadzone badanie polegało na niezależnym

wylosowaniu 5000 zestawów wag dla 9 rozważanych kategorii z rozkładów jednostajnych scentrowanych na bazowym wektorze wag o symetrycznym rozstępie $\pm 10\%$. W ten sposób przy założeniu dopuszczalnego zakresu zmian ($\pm 10\%$) w wagach dla 9 rozważanych kategorii uzyskano zestaw 5000 alternatywnych rankingów METI2020, co pozwoliło z kolei wyznaczyć 95-procentowy empiryczny przedział ufności rozpięty wokół pozycji każdego kraju w oryginalnym (pierwotnie obliczonym) rankingu METI2020.

Interpretacja indeksu METI2020

Nową wersję indeksu ETI2020, będącą średnią ważoną wyliczoną ze zbioru 39 zmiennych rekomendowanych przez WEF, należy traktować czysto informacyjnie, ze świadomością ograniczeń związanych z jej naturą. Powodem może być chociażby nie zawsze pożądana cecha kompensowalności tak uzyskiwanego wskaźnika kompozytowego – względnie wysoki wynik dla niektórych kategorii może kompensować niskie wyniki dla większości innych kategorii (na przykład kraj wysoko rozwinięty gospodarczo o łatwej dostępności do kredytów na cele inwestycyjne może jednocześnie cechować zła jakość powietrza w zindustrializowanych regionach). Należy więc pamiętać, że choć opracowany ranking jest źródłem cennych i wiarygodnych informacji, szczególnie w zakresie wspomagania procesu zarządzania transformacją energetyczną, to jednocześnie – podobnie jak każdy inny wskaźnik kompozytowy – nie odzwierciedla on doskonałe złożoności problemu transformacji energetycznej.

Interpretując wagi przypisywane poszczególnym podocenom podczas wyznaczania oceny kompozytowej, należy pamiętać, że nie odzwierciedlają one znaczenia poszczególnych podkategorii, a jedynie pozwalają wyznaczyć czynniki najbardziej istotne dla różnicowania pozycji krajów w kompozytowym rankingu METI2020. Na rezultaty rankingów należy więc patrzeć, uwzględniając poczynione założenia oraz wyniki analizy wrażliwości uzyskanej końcowej klasyfikacji. Z tego względu **rekomendujemy, aby interpretować wyniki rankingów przez pryzmat wyznaczania grup podobnie ocenianych krajów, a nie traktować wskaźników**

liczbowych literalnie i bezrefleksyjnie ani nie nadać interpretacji zupełnie nieznaczącym różnicom między wartościami indeksu dla różnych krajów.

Biorąc dodatkowo pod uwagę typowy dla analizy wielokryterialnej brak jednoznaczności interpretacyjnej wskaźnika kompozytowego, **rekomendujemy, by podstawowe znaczenie nadać „podrankingom” dla każdej z 9 kategorii tematycznych. W oparciu o podoceny dla kategorii każdy zainteresowany może stworzyć własny ranking, przydzielając kategoriom wagi stosownie do swoich preferencji („metoda alokacji budżetu”).**

METI – wyniki empiryczne dla roku 2020

Na Rys. 6 przedstawiono ranking METI2020 wraz z 95-procentowym przedziałem ufności dla pozycji każdego kraju.

KRAJ W BAZIE WEF	RANKING METI2020	95-procentowy przedział ufności dla miejsca w rankingu	
		Pozycja dolna	Pozycja górna
Norway	1	1	1
Denmark	2	1,5	2,5
Sweden	3	1	3
Switzerland	4	1,5	4
United Kingdom	5	4,5	5,5
Azerbaijan	6	4,5	6
Austria	7	4	7,5
Finland	8	5,5	8,5
Germany	9	5,5	10
New Zealand	10	6	11,5
Ireland	11	10	11,5
Hungary	12	7,5	12,5
France	13	9,5	13
Netherlands	14	10,5	14,5
Colombia	15	8,5	15,5
Belgium	16	13,5	17
Spain	17	15,5	19,5
Israel	18	16	19,5
Latvia	19	8	19,5
Slovak Republic	20	18	21
Turkey	21	17	22
Portugal	22	20	23
Japan	23	21	24,5
Italy	24	22,5	24
Australia	25	20	28
Korea, Rep.	26	21,5	29,5
Iceland	27	25,5	28,5
Armenia	28	25,5	28,5
Malaysia	29	23	30
Malta	30	25,5	33,5
Lithuania	31	19,5	31,5
Uruguay	32	27	32
Slovenia	33	27	34,5
Estonia	34	29,5	34
Singapore	35	28	35,5
Czech Republic	36	31	37,5
Luxembourg	37	31	37,5
Peru	38	31,5	38,5
United States	39	31,5	41,5

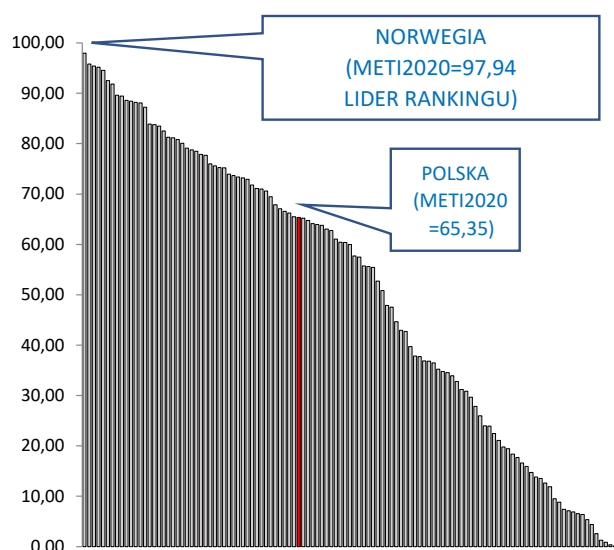
KRAJ W BAZIE WEF	RANKING METI2020	95-procentowy przedział ufności dla miejsca w rankingu	
		Pozycja dolna	Pozycja górna
Thailand	40	37	41,5
Brunei Darussalam	41	37,5	43
Greece	42	37,5	43,5
Costa Rica	43	35	46
Mexico	44	40,5	46,5
Chile	45	40	46,5
Romania	46	41	47,5
Poland	47	42	48,5
Georgia	48	38,5	49
Albania	49	38	50,5
Viet Nam	50	47	50
Brazil	51	45	52
Cyprus	52	49,5	53
Ecuador	53	47	55,5
Canada	54	46	57,5
Cambodia	55	49,5	56
Montenegro	56	52	57
El Salvador	57	49,5	58
Indonesia	58	53	58,5
Argentina	59	54	61
Panama	60	53,9	62
Ukraine	61	55,5	62
Croatia	62	56,5	62
Morocco	63	59,5	63,5
Tajikistan	64	53,5	65
China	65	56	66
Kenya	66	62,5	67
Sri Lanka	67	63,5	70,5
Jordan	68	63,5	70
Guatemala	69	62,5	71,5
Pakistan	70	65,5	70
Bulgaria	71	63,5	71
Ghana	72	66	73,5
Dominican Rep.	73	67,5	74,5
Paraguay	74	67,5	76
Russian Fed.	75	71	77,5
Kazakhstan	76	68,5	80
India	77	69,5	77,5
Serbia	78	74,5	78

KRAJ W BAZIE WEF	RANKING METI2020	95-procentowy przedział ufności dla miejsca w rankingu	
		Pozycja dolna	Pozycja górna
Philippines	79	75,5	80,5
Jamaica	80	78,5	80,5
UAE	81	72	81,5
Bolivia	82	79,5	84
Tunisia	83	79,5	84,5
Mongolia	84	76	84,5
Namibia	85	76,5	85
Egypt	86	83,5	87
Honduras	87	84,5	87,5
Moldova	88	85	89
Bosnia and Herz.	89	87	89,5
Oman	90	84,5	92
Algeria	91	89	92,5
Venezuela	92	87	94,5
Zambia	93	88,5	94
Iran, Islamic Rep.	94	90,5	96
Nicaragua	95	91,5	95,5
Kyrgyz Republic	96	93,5	96,5
Nepal	97	91	97,5
South Africa	98	93	98
Bangladesh	99	95	100,5
Saudi Arabia	100	94	100,5
Kuwait	101	98	102,5
Tanzania	102	97	102,5
Senegal	103	101	103,5
Bahrain	104	101,5	105,5
Lebanon	105	101	106
Zimbabwe	106	101,5	106,5
Trinidad and Tobago	107	104,5	108
Nigeria	108	106	108,5
Qatar	109	103	110
Cameroon	110	106	110
Botswana	111	107	111
Ethiopia	112	103,5	112
Benin	113	111	113
Mozambique	114	114	114
Haiti	115	112,5	115

Rys. 6. Wskaźnik METI2020

Konstrukcja rankingu została opisana w poprzedniej sekcji niniejszego opracowania. **Warto odnotować znacznie lepszą pozycję polskiej gospodarki w rankingu METI2020 (47. pozycja) w porównaniu do oryginalnego rankingu ETI2020 (68. pozycja).** Co więcej, 95-procentowy przedział ufności dla miejsca Polski w rankingu METI2020 rozciąga się od pozycji 42. do pozycji 48. W efekcie Polska zajmuje 24. miejsce wśród 27 krajów UE (przed Cyprem, Chorwacją i Bułgarią), z porównywalnym wynikiem co Rumunia. To pozycja lepsza niż w ETI (ostatnie miejsce w UE) czy WETI2020, gdzie Polska wyprzedza tylko Cypr.

Dla pełniejszego zobrazowania relatywnej pozycji Polski w rankingu METI2020 na Rys. 7 przedstawiono rozkład wskaźnika METI2020 dla wszystkich 115 krajów objętych badaniem.



Rys. 7. Rozkład indeksu METI2020 w badanej populacji 115 krajów

Na Rys. 8 zestawiono z kolei wagi wykorzystane do obliczenia indeksu METI2020 w porządku od najbardziej wpływających na wielkość indeksu kompozytowego, wraz z informacją o przynależności do wymiarów/podindeksów (*System Performance*, *Transition Readiness*) oraz kategorii ETI, a także pozycją uzyskaną przez Polskę dla danego wskaźnika (na 115 badanych krajów). W przypadku równych pozycji zajmowanych przez więcej niż jeden kraj podawano pozycję *ex aequo*. W kolumnie poświęconej pozycji Polski zastosowano 3-poziomą skalę kolorów tła zmieniającą się od koloru granatowego (wysoka pozycja Polski na 115 krajów), przez kolor biały (pozycja bliska medianie dla zbioru 115 krajów), do koloru ciemnoczerwonego (niska pozycja Polski wśród 115 krajów).

Wskaźnik	Waga wskaźnika w indeksie METI2020	Kategoria ETI	Podindeks ETI*	Pozycja Polski dla wybranego wskaźnika
Investment in Energy efficiency	10,42%	Capital & investment	TR	1
Electrification rate	9,39%	Energy Access & Security	SP	1
Access to credit	7,03%	Capital & investment	TR	26
Renewable capacity buildout	6,83%	Capital & investment	TR	56
Energy Intensity	5,73%	Environmental Sustainability	SP	33
Quality of Electricity Supply	5,39%	Energy Access & Security	SP	23
CO ₂ per capita	5,12%	Environmental Sustainability	SP	94
Diversity of TPES, Herfindahl index	4,54%	Energy Access & Security	SP	46
Rule of Law	4,39%	Institutions & Governance	TR	42
Particulate matter 2.5 concentration	3,79%	Environmental Sustainability	SP	63
Diversification of Import Count	3,63%	Energy Access & Security	SP	96
Investment Freedom Index score	3,41%	Capital & investment	TR	20
Household electricity prices	2,73%	Economic Development & Growth	SP	91
Flexibility in electricity system	2,49%	Energy System Structure	TR	110
Energy imports net	2,11%	Energy Access & Security	SP	63
Jobs in low carbon industries	2,05%	Human Capital	TR	30
Quality of education	2,05%	Human Capital	TR	64
Share of electricity from renewable generation	1,99%	Energy System Structure	TR	77
Innovative business environment	1,84%	Infrastructure & Innovative Business Environment	TR	88
CO ₂ per TPES	1,82%	Environmental Sustainability	SP	107
Share of global fossil fuel reserves	1,47%	Energy System Structure	TR	101
Renewable energy regulation	1,36%	Regulation & Political Commitment	TR	89
Fuel Exports	1,23%	Economic Development & Growth	SP	69
Energy per capita	1,20%	Energy System Structure	TR	80
Energy subsidies	1,05%	Economic Development & Growth	SP	1
Access to Clean Cooking Fuels	0,94%	Energy Access & Security	SP	1
Transparency	0,91%	Institutions & Governance	TR	30
Not priced cost of externalities	0,85%	Economic Development & Growth	SP	82
Fuel imports	0,81%	Economic Development & Growth	SP	60
RISE access score	0,59%	Regulation & Political Commitment	TR	1
Wholesale gas price	0,54%	Economic Development & Growth	SP	110
NDC commitment	0,52%	Regulation & Political Commitment	TR	2
Stability of policy	0,38%	Regulation & Political Commitment	TR	102
Electricity Prices for Industry	0,33%	Economic Development & Growth	SP	63
Share of electricity from coal generation	0,31%	Energy System Structure	TR	111
Quality of transportation infrastructure	0,27%	Infrastructure & Innovative Business Environment	TR	23
Credit Rating	0,27%	Institutions & Governance	TR	36
Energy efficiency regulation	0,12%	Regulation & Political Commitment	TR	67
Logistics performance Index	0,11%	Infrastructure & Innovative Business Environment	TR	26

Rys. 8. Istotność wag dla wskaźników składowych indeksu METI2020 (SP = *System Performance*, TR = *Transition Readiness*)

Indeks polskiej transformacji energetycznej – rekomendacje

Ranking komparatywny, mimo że może dostarczać użytecznych informacji dotyczących stanu transformacji energetycznej, nie jest wystarczającym źródłem wskazówek na temat tego, jak dany kraj powinien modyfikować swą politykę w tej dziedzinie. Analiza wyników krajów zajmujących czołowe miejsca w rankingach, a zwłaszcza w „podrankingach”, może być użyteczna w lepszym zrozumieniu przyczyn ich sukcesów oraz adaptowaniu skutecznych rozwiązań. Należy jednak pamiętać, że proste ich powielanie nie musi – z powodu specyficznych kontekstów krajowych – automatycznie prowadzić do sukcesu. Dlatego należy skoncentrować się na porównywaniu wyników krajów o podobnych uwarunkowaniach ekonomicznych, geograficznych czy społecznych.

Kolejne ograniczenia wynikające z rozważania wyłącznie rankingu porównawczego wynikają z tego, że poprawa wyników w jednym kraju może zostać niedostrzeżona, jeśli inne kraje poprawiły się bardziej. W takich przypadkach pomocna może być dokładniejsza analiza wyników na przestrzeni kolejnych lat.

Analiza szeregów czasowych dla trendów indeksu umożliwi ocenę wyników dla danego kraju w kolejnych latach (względem jego poziomu bazowego), co pozwala na monitorowanie skutków interwencji politycznych i wypracowywanie rekomendacji ich modyfikacji. Należy zwracać uwagę na to, by analizie poddawać nie tylko zagregowane indeksy, ale także wyniki na poziomach „podrankingów” (takich jak wymiary i kategorie dla ETI i WETI). Pozwoli to na bardziej precyzyjną identyfikację konsekwencji (także niezamierzonych) przeprowadzanych interwencji.

Podsumowując, w opinii autorów przy konstrukcji narzędzia skutecznie monitorującego postępy transformacji energetycznej w Polsce należy kierować się rekomendacjami.

Wśród nich należy wymienić:

- główne (i oczywiste) założenie: aby indeks był użyteczny i wiarygodny, jego konstrukcja musi być dostosowana do polskich realiów, potrzeb i uwarunkowań. W szczególności powinna odzwierciedlać wizję i cele polskiej transformacji określone w dokumentach strategicznych i programowych;
- indeks powinien mieć strukturę hierarchiczną (indeks, podindeksy, kategorie i zmienne). Zmienne i kategorie powinny być pogrupowane w taki sposób, by korespondowały z celami transformacji;
- dobór zmiennych również powinien być zgodny z polskimi realiami, a także strategicznymi kierunkami i celami transformacji energetycznej w Polsce. Równie istotną kwestią jest zapewnienie, aby zmienne te były od siebie możliwie niezależne i tworzyły kompletny zestaw umożliwiający monitorowanie wszystkich aspektów transformacji;
- odrębnym, ale istotnym problemem jest możliwość pozyskiwania wiarygodnych danych. Może się okazać, że dla pożądanych zmiennych nie uda się takich danych pozyskać. Rozwiązaniem mogłoby być wykorzystywanie dostępnych zmiennych używanych dla indeksów ETI i WETI (patrz Załączniki I i II);
- mając świadomość kłopotów interpretacyjnych związanych ze wskaźnikiem kompozytowym, proponujemy, by zintegrowany indeks służył głównie celom ilustracyjnym i poglądowym. Podstawowe znaczenie należy nadać „podrankingom” dla kategorii tematycznych;
- przy konstrukcji indeksu kluczowe znaczenie ma wybór procedury wyznaczania wag. Istnieje tu kilka możliwości:
 - **podejście „eksperckie”** – stosowane w ETI i WETI. Ekspertci ustalają wagi zgodnie ze swoją oceną znaczenia zmiennych i kategorii (podocen). Może to jednak prowadzić do wskazanych powyżej problemów statystycznych;

- **podjęcie „statystyczne”** – dzięki stosowaniu wysokich standardów metodologicznych umożliwia minimalizację wpływu uznaniowości oraz pozwala na uniknięcie błędów towarzyszących podejściu eksperckiemu. Należy podkreślić, że w tym przypadku wagi przypisywane podocenom nie odzwierciedlają znaczenia poszczególnych podkategorii, a jedynie pozwalają wyznaczyć czynniki najbardziej istotne dla różnicowania wyników;
- **podjęcie „uspołecznione”** – wagi są ustalone przez wszystkich zainteresowanych (np. przez umieszczenie formularza na stronie internetowej). Pojawia się tu problem reprezentatywności głosujących. Rozwiązaniem do rozważenia mogłoby być zbudowanie „panelu obywatelskiego” dla transformacji energetycznej.
- aby wykorzystać najlepsze cechy powyższych podejść do wyznaczania wag proponujemy strukturę „hybrydową”. Polegałaby ona na wyliczaniu wag w obrębie kategorii metodami statystycznymi. Z kolei wagi dla kategorii mogłyby być wyznaczane w sposób „uspołeczniiony”. W oparciu o podoceny dla kategorii każdy zainteresowany mógłby stworzyć własny ranking, przydzielając kategoriom wagi stosownie do swoich preferencji („metoda alokacji budżetu”). W ten sposób podstawowe znaczenie byłoby nadane „podrankingom” dla każdej z 9 kategorii tematycznych, co mogłoby ułatwiać monitorowanie postępów transformacji energetycznej w jej podstawowych aspektach.

Bibliografia:

- European Commission (2014), *Environmental Performance Index 2014 JRC Analysis and Recommendations*, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC89939> [dostęp: 06.06.2021].
- European Commission (2020), *Your 10-Step Pocket Guide to Composite Indicators & Scoreboards*, https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/your-10-step-pocket-guide-composite-indicators-scoreboards_en [dostęp: 06.06.2021].
- Nicoletti G., Scarpetta S., Boylaud O. (2000), *Summary indicators of product market regulation with an extension to employment protection legislation*, OECD, “Economics department working papers” 226, ECO/WKP (99) 18.
- OECD (2008), *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*, <https://www.oecd.org/els/soc/handbookonconstructingcompositeindicatorsmethodologyanduserguide.htm> [dostęp: 06.06.2021].
- Singh H.V., Bocca R., Gomez P., Dahlke S., Bazilian M. et al. (2019), *The energy transitions index: An analytic framework for understanding the evolving global energy system*, “Energy Strategy Reviews” 26: 100382.
- Šprajc P., Bjegović M., Vasić B. (2019), *Energy security in decision making and governance – Methodological analysis of energy trilemma index*, “Renewable and Sustainable Energy Reviews” 114: 1093411.
- Światowe Forum Ekonomiczne, <https://www.weforum.org/> [dostęp: 06.06.2021].
- Światowa Rada Energetyczna, <https://www.worldenergy.org> [dostęp: 06.06.2021].

Załącznik I

Energy Transition Index (ETI) – podindeksy, kategorie i wskaźniki

Poniżej przedstawiono listę kategorii i wskaźników przypisanych do podindeksów łącznie z jednostkami (w nawiasach).

Podindeks 1. WYDAJNOŚĆ SYSTEMU

1.1 Rozwój i wzrost gospodarczy

- 1.1.1 Cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych, przeskalowana do siły nabywczej (PPP 2010 USDc /kWh)
- 1.1.2 Cena energii elektrycznej dla przemysłu (USD/kWh)
- 1.1.3 Cena hurtowa gazu (USD/MMBTU)
- 1.1.4 Subsydiowanie energii
- 1.1.5 Niewyceniony koszt efektów zewnętrznych
- 1.1.6 Udział eksportu paliw w PKB (ceny bieżące w USD)
- 1.1.7 Udział importu paliw w PKB (ceny bieżące w USD)

1.2 Zrównoważenie środowiskowe

- 1.2.1 $PM_{2.5}$ na poziomie krajowym (mikrogramy na metr sześcienny)
- 1.2.2 Intensywność energii: PKB na jednostkę zużycia energii (MJ /2011 PPP USD GDP)
- 1.2.3 Emisje CO₂ na mieszkańca (tony na osobę)
- 1.2.4 Emisje CO₂ na całkowite zużycie energii pierwotnej (kg/GJ)

1.3 Dostęp do energii i bezpieczeństwo energetyczne

- 1.3.1 Stopień elektryfikacji (% populacji)

- 1.3.2 Dostęp do czystych paliw do celów kulinarnych (% populacji)
- 1.3.3 Import energii netto (% używanej energii)
- 1.3.4 Dywersyfikacja partnerów importowych netto (Wskaźnik Herfindahla-Hirschmana)
- 1.3.5 Dywersyfikacja podaży pierwotnych źródeł energii (Wskaźnik Herfindahla-Hirschmana)
- 1.3.6 Jakość dostaw energii elektrycznej

Podindeks 2. GOTOWOŚĆ DO TRANSFORMACJI

2.1 Regulacje i wola polityczna

- 2.1.1 Udział i zaangażowanie krajów w porozumienie COP21
- 2.1.2 Stabilność otoczenia politycznego
- 2.1.3 Regulacje dotyczące efektywności energetycznej
- 2.1.4 Regulacje dotyczące odnawialnych źródeł energii
- 2.1.5 Wskaźnik RISE dostępu do energii

2.2 Instytucje i rządzenie

- 2.2.1 Rządy prawa
- 2.2.2 Przejrzystość
- 2.2.3 Krajowe ratingi kredytowe

2.3 Kapitał i inwestycje

- 2.3.1 Wskaźnik w Indeksie Wolności Inwestycji
- 2.3.2 Dostęp do kredytów
- 2.3.3 Inwestycje w efektywność energetyczną
- 2.3.4 Inwestycje w nowe odnawialne źródła energii (jako udział w inwestycjach w wytwarzanie energii ogółem)

2.4 Infrastruktura i innowacyjne środowisko biznesowe

- 2.4.1 Wynik w Indeksie Wydajności Logistyki
- 2.4.2 Jakość infrastruktury transportowej
- 2.4.3 Innowacyjne środowisko biznesowe

2.5 Kapitał ludzki i partycypacja konsumentów

- 2.5.1 Miejsca pracy w przemyśle niskoemisyjnych (% wszystkich miejsc pracy)
- 2.5.2 Jakość edukacji

2.6 Struktura systemu energetycznego

- 2.6.1 Całkowite zużycie energii pierwotnej na mieszkańca (GJ)
- 2.6.2 Udział energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (% całkowitej generacji)
- 2.6.3 Udział energii elektrycznej wytwarzanej z węgla (% całkowitej generacji)

2.6.4 Energia elektryczna wytwarzana z ropy naftowej, gazu lub energii wodnej (% całości)

2.6.5 Udział w globalnych rezerwach paliw kopalnych (emisje CO₂ w miliardach megaton)

Załącznik II

Energy Trilemma Index – wymiary, kategorie i wskaźniki

Poniżej przedstawiono listę kategorii i wskaźników przypisanych do wymiarów łącznie z nadanymi wagami (w nawiasach).

Wymiar A. BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE (30%)

A1. Bezpieczeństwo dostaw i popytu (12%)

- A1a. Dywersyfikacja źródeł energii pierwotnej (6%)
- A1b. Zależność od importu (6%)

A2. Odporność systemów energetycznych (18%)

- A2a. Dywersyfikacja generacji energii elektrycznej (6%)
- A2b. Zdolność do magazynowania zapasów energii (6%)
- A2c. Wiarygodność (wskaźniki jakościowe) systemu elektroenergetycznego (6%)

Wymiar B. SPRAWIEDLIWOŚĆ ENERGETYCZNA (30%)

B1. Dostęp do energii (12%)

- B1a. Dostęp do energii elektrycznej (6%)
- B1b. Dostęp do czystych paliw do celów kulinarnych (6%)

B2. Wysokiej jakości dostęp do energii (6%)

- B2a. Poziom konsumpcji energii elektrycznej w gospodarstwach domowych (6%)

B3. Przystępność cenowa i konkurencyjność kosztowa energii (12%)

- B3a. Ceny energii elektrycznej (3%)
- B3b. Ceny benzyny i oleju napędowego (3%)
- B3c. Ceny gazu ziemnego (3%)
- B3d. Przystępność energii elektrycznej dla mieszkańców (3%)

Wymiar C. ZRÓWNOWAŻENIE ŚRODOWISKOWE SYSTEMÓW ENERGETYCZNYCH (30%)

C1. Produktywność zasobów energetycznych (9%)

- C1a. Energochłonność końcowa (5%)
- C1b. Sprawność wytwarzania energii oraz transmisji i dystrybucji (4%)
- C2. Dekarbonizacja (9%)**
- C2a. Produkcja energii elektrycznej z czystych źródeł (5%)
- C2b. Trend emisji CO₂ (4%)
- C3. Emisje i skażenie środowiska (12%)**
- C3a. Intensywność CO₂ (2%)
- C3b. Emisje CO₂ na mieszkańca (1%)
- C3c. Emisja CH₄ na mieszkańca (1%)
- C3d. Średnia roczna ekspozycja na PM_{2,5} (4%)
- C3e. Średnia roczna ekspozycja na PM₁₀ (4%)

Wymiar D. KONTEKST KRAJOWY (10%)

- D1. Otoczenie makroekonomiczne (2%)**
- D1a. Stabilność makroekonomiczna (2%)
- D2. Zarządzanie (4%)**
- D2a. Efektywność rządu (1%)
- D2b. Stabilność polityczna (1%)
- D2c. Praworządność (1%)
- D2d. Jakość regulacji (1%)
- D3. Stabilne warunki dla inwestycji i innowacji (4%)**
- D3a. Bezpośrednie inwestycje zagraniczne, wpływy netto (1%)
- D3b. Łatwość prowadzenia działalności gospodarczej (1%)
- D3c. Postrzeganie korupcji (0,5%)
- D3d. Skuteczność ram prawnych w spornych regulacjach (0,5%)
- D3e. Ochrona własności intelektualnej (0,5%)
- D3f. Zdolność do innowacji (0,5%)

How to measure progress of energy transition?

Abstract: The aim of this paper is to outline the concept of using composite indicators to evaluate the progress of energy transition. The first part of the study presents the construction and properties of two popular composite energy transition indicators published by the World Economic Forum (the ETI index) and the World Energy Council (the WETI index). The second part of the paper is aimed at presenting the novel methodology of determining a particular variant of modified ETI index – the METI index – that is based on advanced statistical tools which minimize the negative impact of arbitral setting of weights in the process of constructing the composite indicators. The new methodology was used to obtain the METI country ranking for the year 2000. In comparison to the original index, the METI2020 turned out to be significantly different, particularly with respect to the position of Poland. The last part of the study depicts possible directions of future research and outlines the main recommendations regarding the possibility of using the modified composite indicators to assess the progress of the energy transition in Poland.

Keywords: energy transition, supporting decision-making, multicriteria analysis, principal component analysis

Dr Sławomir KOPEĆ

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Dział Współpracy z Administracją i Gospodarką
skopec@agh.edu.pl



Dr hab. Łukasz LACH, prof. AGH

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Zarządzania AGH
llach@agh.edu.pl



Energetyka Rozproszona

Czasopismo redagowane przez zespół projektu Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii (KlastER) (www.er.agh.edu.pl) w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG.



KlastER

Redaktor naczelny:
Sławomir Kopec

Sekretarz redakcji:
Katarzyna Faryj

Członkowie redakcji:
Zbigniew Hanzelka
Andrzej Kaźmierski
Marek Kisiel-Dorohinicki
Ryszard Sroka
Wojciech Suwała
Tomasz Szmuc
Karol Wawrzyniak

Redakcja i korekta językowa:
Malwina Mus-Frosik

Skład:
MUNDA Maciej Torz

Projekt okładki i layoutu:
Tomasz Budzyń

Strona internetowa:
Sebastian Medoń
Jakub Mirek

Wydawca:

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kontakt:

Energetyka Rozproszona
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Paw. H-A2, III piętro
tel. 12 888 55 29
e-mail: klaster_er@agh.edu.pl
www.er.agh.edu.pl
www.energetyka-rozproszona.pl
<https://doi.org/10.7494/er>

© Autorzy

Creative Commons CC-BY 4.0

ISSN 2720-0973



Ministerstwo Rozwoju,
Pracy i Technologii

