

PALIWA I MOTORY WZROSTU GOSPODARCZEGO.

WPŁYW CEN SUROWCÓW
I PRODUKCJI ENERGII NA POLSKĘ

MAREK LACHOWICZ
MACIEJ GACKI
KAMIL MOSKWIK



PALIWA I MOTORY WZROSTU GOSPODARCZEGO.

WPŁYW CEN SUROWCÓW
I PRODUKCJI ENERGII NA POLSKĘ

**MAREK LACHOWICZ
MACIEJ GACKI
KAMIL MOSKWIK**

©Copyright by Instytut Jagielloński
Warszawa, lipiec 2020



Instytut Jagielloński
ul. Marszałkowska 84/92 lok. 115
00-514 Warszawa

jagiellonski.pl
instytut@jagiellonski.pl

PROJEKT I PRODUKCJA:
PIOTR PERZYNA



PARTNER RAPORTU:



PALIWA I MOTORY WZROSTU GOSPODARCZEGO.

WPŁYW CEN SUROWCÓW
I PRODUKCJI ENERGII NA POLSKĘ

MAREK LACHOWICZ
MACIEJ GACKI
KAMIL MOSKWIK

SPIS TREŚCI

EXECUTIVE SUMMARY	7
WSTĘP - MINISTER IRENEUSZ ZYSKA	11
WSTĘP - DYREKTOR PIOTR GÓRNIK	13
RECENZJA RAPORTU - DR HAB. INŻ. JACEK KAMIŃSKI	15
ANALIZA KLUCZOWYCH DETERMINANTÓW I PROGNOZA CEN PALIW	16
NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI	16
WPROWADZENIE I KONTEKST	17
WĘGIEL KAMIENNY ENERGETYCZNY (WKE)	20
AKTUALNE TRENDY	20
CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE POPYT, PODAŻ I CENĘ WKE W POLSCE	22
PROGNOZA CENY WKE W POLSCE W HORYZONCIE 2040 ROKU	27
GAZ ZIEMNY WYSOKOMETANOWY (GZW)	29
OBSERWACJE NA PODSTAWIE ANALIZY TENDENCJI PRZESZŁYCH ORAZ STANU OBECNEGO	29
PROGNOZY CEN GZW W HORYZONCIE 2040	36
ROPA NAFTOWA (RN)	38
WĘGIEL BRUNATNY (WB)	44
WĘGIEL BRUNATNY NA ŚWIECIE	44
WĘGIEL BRUNATNY W POLSCE	45
PROGNOZA CEN WĘGLA BRUNATNEGO	48
PALIWO RDF JAKO UZUPEŁNIENIE I ALTERNATYWA DLA PALIW KOPALNYCH W POLSCE	50
WPŁYW SEKTORÓW PALIWOWEGO I ENERGETYCZNEGO NA GOSPODARKĘ	54
KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA POLSKIEJ GOSPODARKI	56
MODEL PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE	58
ZNACZENIE SEKTORA ENERGETYCZNEGO W GOSPODARCE. ROLA CEN PALIW	61
ANEKS METODYCZNY	66
UPROSZCZONY MODEL GOSPODARKI	66
ANALIZA MNOŻNIKOWA	71
BIBLIOGRAFIA	74

EXECUTIVE SUMMARY

- Dostosowanie miksu energetycznego Polski do wymogów UE w horyzoncie 2040 r. wymagać będzie inwestycji w miks oraz sieci przesyłowe na kwotę od 250 mld PLN (propozycja autorska) do 400 mld PLN (projekt Polityki Energetycznej Polski do 2040 r., PEP2040).
- W wariantie autorskim, wzrost PKB wynikający z inwestycji w polski miks energetyczny wyniesie ok. 200 mld PLN, w przypadku propozycji zawartej w PEP jest to ok. 310 mld PLN.
- Między energetyką a przemysłem występuje długookresowa stabilna relacja. Propozycja trajektorii inwestycji w polski miks energetyczny musi uwzględniać przede wszystkim:
 - wzrost zapotrzebowania na energię, a w szczególności wzrost zapotrzebowania ze strony przemysłu (zapotrzebowanie gospodarstw domowych jest względnie stałe),
 - koszt wytwarzania energii elektrycznej, który winien być możliwie najniższy,
 - wymaganą przez EU redukcję emisyjności produkcji energii elektrycznej,
 - możliwie największe zaangażowanie krajowych dostawców w inwestycje elektroenergetyczne,
 - zapewnienie stabilności dostaw (kluczową m.in. dla przemysłu *high-tech*, stanowiącego motor konkurencyjności jakościowej).
- Jak wynika z PEP2040 oraz propozycji autorskiej, miks energetyczny w Polsce będzie ewoluował w stronę wzrastającego udziału odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym wiatru *offshore* i fotowoltaiki, przy spadającym udziale paliw węglowych. Dla zapewnienia bezpieczeństwa dostaw, OZE powinny zostać wsparte nisko- i zeroemisyjnymi źródłami niezależnymi od warunków atmosferycznych (gaz, atom). Uzupełnieniem miksu w okresie przejściowym może być wykorzystanie paliwa RDF, inwestycje w technologię wodorową oraz bateryjne magazyny energii elektrycznej.
- W kontekście rozwoju polskiego miksu energetycznego, przy uwzględnieniu postulatu redukcji emisyjności, zapewnienia stabilnych dostaw oraz optymalizacji kosztu energii elektrycznej, istotnym czynnikiem są ceny podstawowych paliw dla energetyki i przemysłu. Niniejsze opracowanie zawiera autorskie prognozy cen węgla kamiennego energetycznego (WKE), gazu ziemnego wysokometanowego (GZW), ropy naftowej (RN), oraz węgla brunatnego (WB).

- Polska jest marginalnym graczem na globalnym rynku węgla kamiennego energetycznego (WKE), co wskazywałoby, iż ceny tego surowca na rynku krajowym podlegają tendencjom globalnym. Niemniej jednak, polskie ceny WKE kształtowane są przez krajowe koszty wydobycia, które od wielu lat pozostają powyżej cen WKE, wykazując przy tym tendencję wzrostową przy spadkowych tendencjach kosztów graczy globalnych. W horyzoncie roku 2040 wystąpi spadek zapotrzebowania na WKE w Polsce, wynikający z polityki klimatycznej UE. W horyzoncie roku 2025 ceny WKE w Polsce nadal warunkowane będą rosnącymi krajowymi kosztami wydobycia, natomiast w długim terminie Polska stanie się biorcą cen globalnych, odzwierciedlających globalny poziom kosztów wydobycia (tj. ok. 200 PLN za tonę).
- Gaz ziemny jest paliwem przejściowym pomiędzy energetyką konwencjonalną, a energetyką zeroemisyjną. Popyt na GZW będzie rósł wraz ze wzrostem wytwarzania energii elektrycznej z tego paliwa w Polsce. W horyzoncie roku 2025 ceny GZW będą spadać na skutek nadpodaży GZW na rynku globalnym. Po tym momencie nastąpi wzrost cen GZW w kraju, warunkowany wskazanym wzrostem popytu na ten surowiec w krajowej elektroenergetyce. Maksimum cenowe zostanie osiągnięte około 2035 r., po czym w horyzoncie roku 2040 cena ustabilizuje się na poziomie ok. 60 PLN/MWh.
- Cenę ropy naftowej w najbliższym czasie charakteryzować będzie znaczna zmienność. Na zapotrzebowanie na ropę oddziaływać będą przede wszystkim ograniczenia w poruszaniu związane z walką z COVID-19 oraz decyzje producentów. Spekulacyjny komponent ceny zależy od nastroju wśród inwestorów, który obecnie determinowany jest przede wszystkim pandemią. Sprawi to, że cena powinna kształtować się w przedziale 20-40 USD za baryłkę. Średnio i długoterminowo coraz większą rolę będzie odgrywać polityka klimatyczna, rozwój elektromobility i napędu wodorowego, a także recykling polimerów.
- Węgiel brunatny będzie paliwem schyłkowym w horyzoncie roku 2040, głównie z uwagi na najwyższą emisyjność względem WKE i GZW, a także z uwagi na planowane wycofania bloków energetycznych na to paliwo (przy braku nowych inwestycji) oraz brak inwestycji w nowe kopalnie odkrywkowe. Zidentyfikowana korelacja pomiędzy cenami WKB a WKE pozwala przypuszczać, że w horyzoncie roku 2025 cena WKB będzie wzrastać, po czym nastąpi jej długoterminowy spadek do poziomu średnich kosztów wydobycia tego paliwa w kraju.

- Paliwo RDF (*refuse-derived fuel*, tj. paliwo uzyskane z odpadów nie nadających się do recyklingu) wpisuje się w unijny model gospodarki o obiegu zamkniętym oraz hierarchię gospodarowania odpadami. Spalanie RDF – zamiast składowania odpadów – może być skutecznym sposobem na zagospodarowanie zakumulowanej w Polsce nadpodaży frakcji palnej odpadów komunalnych (nienadającej się do recyklingu). Z uwagi na mniejszą emisyjność od węgla i niską cenę, RDF stanowi rozsądne paliwo przejściowe. Nowe inwestycje energetyczne średniej skali (takie jak analizowany *case study* EC Zabrze) dopuszczające wielopaliwowość i stosowanie RDF, mogą przełożyć się na zmniejszenie emisji określonych substancji do powietrza, względem paliw węglowych. RDF może stanowić także paliwo dla lokalnych ciepłowni, zasilanych dotychczas węglem kamiennym.



WSTĘP

Transformacja energetyki w kierunku zero i niskoemisyjnym to wyzwanie, ale również szansa, z której może skorzystać Polska. Ambicją naszego kraju jest budowa nowoczesnej gospodarki jutra w oparciu o inwestycje w OZE, które mogą dać impuls do jej rozwoju po pandemii koronawirusa.

Energetyka zmienia się na naszych oczach, dlatego Polska chce być aktywnym uczestnikiem zmian europejskiej gospodarki oraz partycypować w realizacji jednego z najambitniejszych projektów historii Unii Europejskiej, jakim jest Zielony Ład. Stwarzamy możliwości do dynamicznego rozwoju OZE, które umożliwią zastąpienie najbardziej wysłużonych i emisyjnych jednostek w energetyce konwencjonalnej. Dzięki takim programom jak Mój Prąd, Agroenergia czy Energia Plus rozwijamy również przydomowe instalacje fotowoltaiczne, które pozwalają nie tylko na niezależność energetyczną gospodarstw domowych, ale również dają im dostęp do tańszej energii. W efekcie moc zainstalowana w zielonej energetyce przekroczyła 10 GW, czyli tyle samo, ile obecnie wynosi łączna moc elektrowni w Bełchatowie, Turowie i Opolu. Dzięki coraz niższym kosztom technologii OZE oraz systemom wsparcia instalacji fotowoltaicznych i wiatrowych z każdym rokiem będzie przybywać nowych zeroemisyjnych mocy. Aby w jeszcze większym stopniu wykorzystać potencjał źródeł odnawialnych konieczny jest rozwój magazynów energii, które pozwolą na przechowywanie nadwyżek energii wyprodukowanej w tych instalacjach i jej oddanie do systemu w sytuacji konieczności jego zbilansowania. Ponadto wykorzystanie potencjału morskich farm wiatrowych na Morzu Bałtyckim, elektrowni jądrowych i gazowych pozwoli nam na zapewnienie stabilnych dostaw taniej energii. To będzie miało kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Rozwój nowoczesnych technologii zero i niskoemisyjnych produkcji energii, paliw alternatywnych, np. wodoru, to także szansa na wykorzystanie potencjału polskich firm oraz budowanie rodzimych łańcuchów wartości. Nowoczesne sektory gospodarki to nowe miejsca pracy, a także szansa na budowanie przewagi konkurencyjnej naszych firm na rynkach zagranicznych.

Transformacja polskiej energetyki to ogromne wyzwanie zarówno techniczne, jak i społeczno-gospodarcze. Proces ten musi uwzględniać nasze uwarunkowania gospodarcze oraz możliwości finansowe, zwłaszcza w czasach walki ze skutkami pandemii koronawirusa, a także przebiegać odpowiedzialnie, żeby zachować konkurencyjność polskiej gospodarki oraz z troską o najuboższych, aby nie odczuli negatywnych skutków tego procesu.

IRENEUSZ ZYSKA

PEŁNOMOCNIK RZĄDU DS. OZE
I WICEMINISTER KLIMATU



WSTĘP

Ambasadorzy idei odchodzenia od kopalnych źródeł energii swoją argumentację często opierają na trosce o środowisko, czy chęci walki ze smogiem. W niektórych kręgach próby obrony tradycyjnych źródeł energii traktowane są wręcz jak towarzyskie faux pas, a jako jedyną słuszną opcję traktuje się wyłącznie zieloną energetykę. Czy słusznie? Na to pytanie może odpowiedzieć niniejszy raport, który tradycyjne źródła energii stara się oceniać nie jedynie przez pryzmat kwestii ekologicznych, ale także, a może przede wszystkim, ekonomicznych.

Czy Polska powinna modyfikować swój miks energetyczny zwiększając udział źródeł odnawialnych tylko dlatego, że takie zmiany wymuszają regulacje unijne? W jakim tempie powinna dokonywać zmian, aby było to korzystne dla polskiej gospodarki? Czy konieczność dostosowania się do tych zmian to dla Polski zagrożenie, czy może szansa, która, jeśli dobrze to rozegramy, pozwoli w dłuższym okresie na wzrost polskiego PKB? Jaką rolę może odegrać RDF w polskim miksie energetycznym?

Dzięki wnikliwej analizie autorów, którzy prognozują, jak będą kształtować się ceny tradycyjnych źródeł energii (węgla kamiennego energetycznego, gazu ziemnego wysokometanowego, ropy naftowej oraz węgla brunatnego) w perspektywie do roku 2040 i jaki wpływ będzie to miało na polską gospodarkę, mamy szansę spojrzeć na kwestię źródeł energii z nieco innej perspektywy.

W Fortum produkujemy energię głównie w oparciu o źródła nisko lub zeroemisyjne oraz te, wpisujące się w gospodarkę obiegu zamkniętego. Jako firma o skandynawskich korzeniach postrzegamy je jako ekologiczne koło ratunkowe dla świata. Wierzymy i codziennie się o tym przekonujemy, że inwestycje w takie źródła pozytywnie wpływają na środowisko i społeczeństwo oraz są opłacalne.

W Polsce przykładem naszego zrównoważonego podejścia do energetyki jest inwestycja w Zabrze, czyli nowoczesna elektrociepłownia, która wykorzystuje zarówno węgiel, jak i paliwo alternatywne RDF pozyskiwane z odpadów. Może być także zasilana biomasą. W ten sposób efektywnie wykorzystuje dostępne paliwa, zagospodarowując jednocześnie odpady, które w innym przypadku byłyby nie tylko problematyczne, ale także kosztowne w składowaniu. Model ten pokazuje zasadność wdrażania nowych rozwiązań energetycznych w sposób dopasowany do potrzeb danego kraju oraz do jego możliwości.

Gorąco zachęcam do lektury niniejszego raportu, który w sposób obiektywny pokazuje zarówno szanse, jak i zagrożenia dla polskiej gospodarki wynikające ze zmian na rynku paliw i energii. Zmian tych bowiem nie unikniemy. Możemy się jednak do nich przygotować i jak najlepiej je wykorzystać.

PIOTR GÓRNIK

DYREKTOR DS. ENERGETYKI CIEPLNEJ, FORTUM



RECENZJA

Raport Instytutu Jagiellońskiego pt. „Paliwa i motory wzrostu gospodarczego” dotyczy interesującej, a jednocześnie złożonej problematyki cen paliw oraz ich wpływu na gospodarkę w horyzoncie najbliższych kilkudziesięciu lat. Rosnąca światowa konsumpcja surowców energetycznych, przy jednoczesnej coraz większej świadomości wpływu ich wykorzystania na środowisko wymaga podejmowania odpowiednich kroków w celu transformacji energetyki konwencjonalnej w kierunku niskoemisyjnej. Kwestią dyskusyjną pozostaje, w jakim tempie te zmiany będą zachodzić w Polsce. Przedmiotowe opracowanie stanowi głos w tej dyskusji. Przedstawiono w nim kluczowe trendy i czynniki, które w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat kształtować będą ceny surowców energetycznych. Omówiony został także wpływ sektora energetycznego na sektor przetwórstwa przemysłowego. W opracowaniu przedstawiono również autorską prognozę produkcji energii elektrycznej w Polsce. Wywody poparte zostały obliczeniami wykonanymi w oparciu o założenia bazujące na przeglądzie literatury. Raport napisany został językiem przejrzystym i zrozumiałym, przez co ma szansę trafić do szerszego grona odbiorców, a nie jedynie do grona specjalistów biegłych w analizach sektora paliwowo-energetycznego. Studiując opracowanie IJ, zarówno osoby niedoświadczone w przedmiotowej tematyce, jak i eksperci, będą mieli możliwość poszerzenia swojej wiedzy. Raport stanowi niewątpliwie wartościowy przyczynek do dyskusji.

DR HAB. INŻ. JACEK KAMIŃSKI
PROFESOR INSTYTUTU GOSPODARKI
SUROWCAMI MINERALNYMI
I ENERGIA

ANALIZA KLUCZOWYCH DETERMINANTÓW I PROGNOZA CEN PALIW

NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI:

- Polska jest marginalnym graczem na rynku węgla kamiennego, a jego wydobycie w kraju jest nieopłacalne. Łączny szacowany spadek zapotrzebowania na WKE w elektroenergetyce w okresie 2030-2040 oszacować można na ok. 6,6 do 9,7 mln ton.
- Długofalowo, ceny WKE w Polsce zaczną wykazywać zbieżność z cenami globalnymi. W krótkim okresie możliwy jest niewielki wzrost, wynikający z oparcia energetyki na węglu i czynników politycznych. Po maksimum na poziomie ok. 350 PLN za tonę w 2025 r., w 2040 r. nastąpi spadek ceny do ok. 200 PLN za tonę;
- Gaz ziemny jest paliwem przejściowym pomiędzy energetyką konwencjonalną, a energetyką niskoemisyjną. Jego cena nie przekroczy 80 PLN/MWh w całym okresie prognozy, a od 2030 r. trend będzie wyraźnie spadkowy. Przewidywać należy cenę na poziomie ok. 60 PLN/MWh w 2040 r.;
- Cenę ropy naftowej w najbliższym czasie charakteryzować będzie znaczna zmienność, zależna od pandemii COVID-19. Średnioterminowo, cena zależeć będzie od popytu w Azji oraz polityki klimatycznej poszczególnych regionów. Długofalowo, spadek ceny jest nieunikniony, z uwagi na politykę klimatyczną, dynamiczny rozwój elektromobilności i recykling polimerów. W ciągu najbliższych 3 lat prawdopodobne jest, że cena ropy brent oscylować będzie między 20 a 40 USD za baryłkę. Dokładniejsze oszacowanie jest niemożliwe z uwagi na silny komponent spekulacyjny w cenie surowca;
- Polska jest jednym z czołowych konsumentów i producentów węgla brunatnego (6 proc. światowej produkcji), ale nie istnieje globalny rynek tego surowca. WB jest mało kaloryczny i wysokoemisyjny, co spowoduje odejście od jego wykorzystania w energetyce. Długofalowo, cena spadnie do poziomu kosztów wydobycia, tj. ok. 60 PLN za tonę. W 2025 r., podobnie jak w przypadku WKE wystąpi *peak*, a cena WB osiągnie 100 PLN za tonę.

WPROWADZENIE I KONTEKST

Według danych GUS, kluczowymi nośnikami energii pierwotnej użytymi w Polsce na przestrzeni 2018 r. były:

- węgiel kamienny energetyczny (WKE),
- ropa naftowa (RN),
- gaz ziemny wysokometanowy (GZW),
- węgiel brunatny (WB).

Łączny udział tychże w całości energii zużytej w kraju wyniósł 80 proc. Szczegóły przedstawia Tab. 1.

TAB. 1. **ZUŻYCIE ENERGII PIERWOTNEJ W POLSCE W 2018 R.**
WEDŁUG NOŚNIKÓW ENERGII [TJ]

Energia pierwotna (wg nośnika)	Zużycie ogółem w Polsce [TJ]	Udział [%]	Zużycie w jednostkach naturalnych	Jednostka
Węgiel kamienny energetyczny	1 419 987	31,0%	62 127	tys. Mg
Ropa naftowa	1 147 818	25,1%	27 007	tys. Mg
Gaz ziemny wysokometanowy	622 830	13,6%	17 209	mln m ³
Węgiel brunatny	471 781	10,3%	58 583	tys. Mg
Węgiel kamienny koksowy	374 328	8,2%	12 707	tys. Mg
Torf i drewno	204 635	4,5%	21 541	mln m ³
Gaz ziemny zaazotowany	94 508	2,1%	3 723	mln m ³
Pozostałe	243 125	5,3%	nd.	nd.
RAZEM	4 579 012	100 0%	nd.	nd.

Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS

Większość WKE używana jest w elektroenergetyce i ciepłownictwie, a także w gospodarstwach domowych i przemyśle. W przypadku RN, głównymi obszarami zużycia są przemysł i transport. Przemysł jest także głównym konsumentem GZW, którego znaczące ilości zużywają również gospodarstwa domowe oraz energetyka, ciepłownictwo i transport. W odniesieniu do WB, największym jego konsumentem jest energetyka. Szczegółowe zużycie przedstawia Tab. 2.

TAB. 2. **ZUŻYCIE ENERGII PIERWOTNEJ W POLSCE W 2018 R.**
WEDŁUG NOŚNIKÓW ENERGII [TJ]

OBSZAR GOSPODARKI	WKE [tys. Mg]	ropa naftowa [tys. Mg]	GZW [mln m ³]	GZZ [mln m ³]	WB [tys. Mg]
Górnictwo	52	-	155	1 074	22
Energetyka	30 562	-	658	658	58 060
Ciepłownictwo	12 228	-	539	31	48
Transport	-	-	625	-	-
Przemysł	5 968	26 899	9 040	483	64
Budownictwo	29	-	35	-	52
Gospodarstwa domowe	10 050	-	3 872	307	250
Rolnictwo	1 460	-	27	9	67
Inne sekcje PKD	860	-	2 064	133	20
RAZEM	61 209	26 899	16 997	2 695	58 583

Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS

W przypadku elektroenergetyki, łączny udział WKE oraz WB pozostaje na poziomie ok. 75 proc., aczkolwiek występuje zauważalna tendencja spadkowa w wykorzystaniu tych paliw na rzecz GZW oraz odnawialnych źródeł energii (wiatr, słońce, biomasa), co ilustruje Tab. 3.

TAB. 3. **STRUKTURA ORAZ TENDENCJE W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA PALIW DO PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE [TWH]**

PRODUKCJA ENERGII WG ŹRÓDEŁ [TWH]	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	TENDENCJA
WODNE	3,6	3,3	2,3	2,4	2,8	2,2	2,5	
WK	84,6	89,2	81,9	81,3	79,9	82,4	78,2	
WB	54,9	48,5	53,6	51,2	52,0	49,1	41,5	
GAZ	4,5	4,2	4,2	5,8	7,2	9,6	12,1	
OZE	0,0	1,3	10,1	11,8	14,0	12,0	14,3	
PRZEMYSŁOWE	8,4	8,9	9,8	10,1	10,1	10,0	10,2	
RAZEM	156,0	156,3	161,8	162,6	165,9	165,2	158,8	
UDZIAŁ PALIW W PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ								TENDENCJA
UDZIAŁ WK	54%	57%	51%	50%	48%	50%	49%	
UDZIAŁ WB	35%	32%	33%	31%	31%	30%	26%	
RAZEM UDZIAŁ WĘGLOWYCH	89%	89%	84%	82%	79%	80%	75%	
UDZIAŁ PALIW GAZOWYCH	3%	3%	3%	4%	4%	6%	8%	

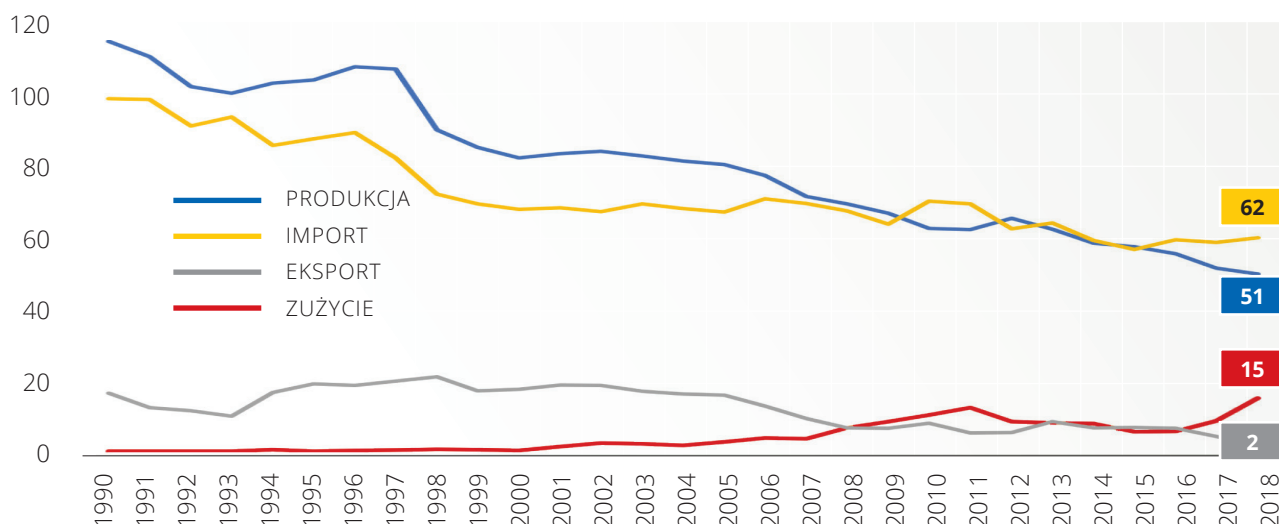
Źródło: PSE

WĘGIEL KAMIENNY ENERGETYCZNY (WKE)

AKTUALNE TRENDY

WKE był w 2018 r. podstawowym źródłem energii pierwotnej w Polsce oraz stanowił główne źródło energii elektrycznej, ale długofalowe tendencje w zakresie jego krajowej produkcji oraz zużycia są jednoznacznie spadkowe, czego przyczyną jest głównie polityka klimatyczna UE (Rys. 1).

RYS. 1. **WIELOLETNIE TENDENCJE W ZAKRESIE PRODUKCJI, ZUŻYCIA, EKSPORTU I IMPORTU WKE W POLSCE [MLN MG]**



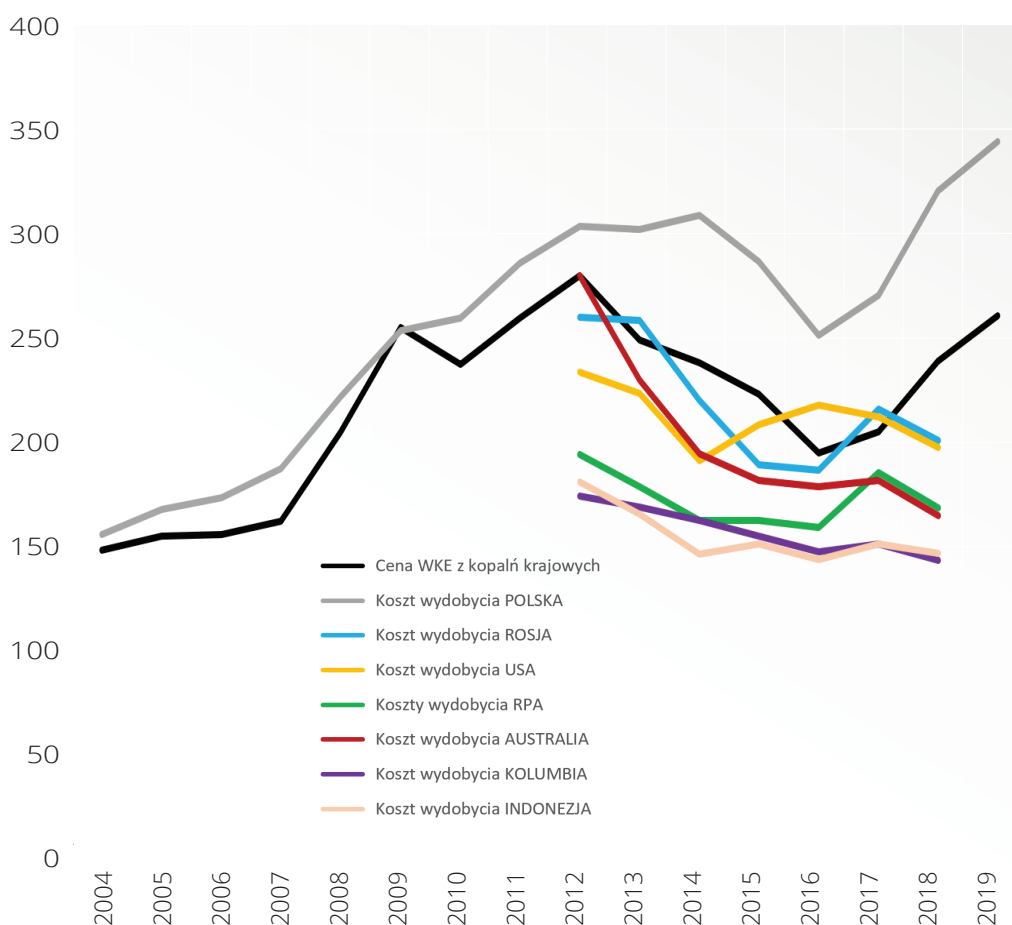
Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat

Analizując Rys. 1 należy mieć na uwadze, że polska produkcja oraz zużycie WKE nie przekracza 65 mln ton rocznie, eksport nie przekracza 10 mln ton¹, a import kształtuje się na poziomie między 10 a 15 mln ton², co oznacza, że Polska jest marginalnym graczem w skali światowego rynku WKE, na którym produkcja oraz eksport za 2017 r. wyniosły odpowiednio 5036 mln ton i 933 mln ton (dane Amerykańskiej Agencji Energii EIA). Ponadto, na uwadze należy mieć wzrastające koszty wydobycia, przekładające się na rosnące ceny wydobywanego rodzimie WKE. Koszty wydobycia surowca w Polsce pozostają powyżej jego ceny na rynku krajowym oraz na dużo wyższych poziomach niż koszty wydobycia w krajach o znacząco wyższych wolumenach produkcji i eksportu niż Polska.

1. Z wyraźną tendencją spadkową do poziomu ok. 2,0 mln ton w roku 2018.
2. Należy zwrócić jednakże uwagę na zauważalny wzrost importu w ostatnich trzech latach.

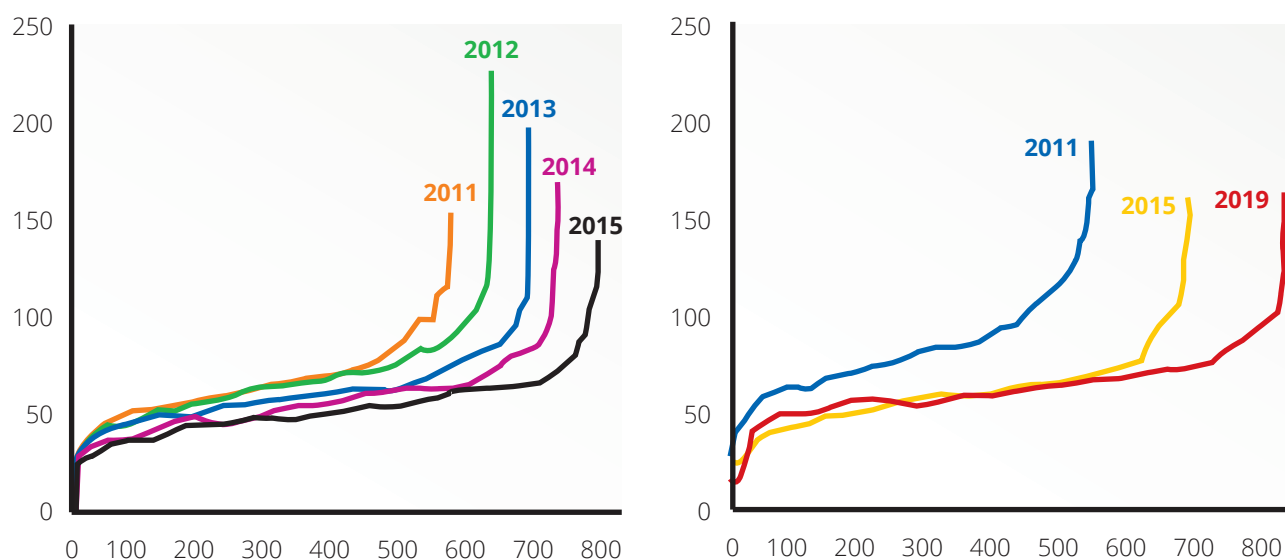
Powyższe zależności ilustrują Rys. 2 oraz Rys. 3. Istotną część wolumenu WKE będącego przedmiotem handlu globalnego może być pozyskana po koszcie znacząco niższym niż 100 USD za tonę (średnio między 50 a 70 USD za tonę). Wyżej wymienione informacje pozwalają tłumaczyć fakt, iż w 2018 r. Polska dokonała rekordowego importu WKE (ok. 15,3 mln ton, co stanowi ok. 24,8 proc. zużycia tego paliwa w naszym kraju za ten rok). Główne kierunki importu to Rosja, USA, Australia oraz Kolumbia.

RYS. 2. WIELOLETNIE TENDENCJE W ZAKRESIE **KOSZTÓW WYDOBYCIA ORAZ CEN WKE W KOPALNIACH KRAJOWYCH** W PORÓWNA-
NIU Z KOSZTAMI KRAJÓW BĘDĄCYMI WIODĄCYMI PRODUCENTAMI-EKSPORTERAMI TEGO SUROWCA



Źródło: NIK, ARP, AustraliaMinerals.gov.au

RYS. 3. TENDENCJE WIELOLETNIE W ZAKRESIE **GLOBALNEJ KRZYWEJ PODAŻY WKE ORAZ KOSZTÓW JEGO WYDOBYCIA** [USD/t]



Źródło: Reserve Bank of Australia

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE POPYT, PODAŻ I CENĘ WKE W POLSCE

Za kluczowe przyczyny obserwowanych tendencji spadkowych w zakresie produkcji i zużycia WKE w Polsce wskazać należy:

- **Politykę energetyczno-klimatyczną Unii Europejskiej (UE)**, która od wielu lat konsekwentnie dąży do ograniczania roli paliw kopalnych (w tym zwłaszcza węglowych) w energetyce, zmierzając ku zeroemisyjnym i niskoemisyjnym rozwiązaniom. Najnowsze zamierzenia UE zaprezentowane w tzw. Europejskim Zielonym Ładzie pozwalają przypuszczać, że tempo dekarbonizacji w horyzoncie 2050 r. jeszcze przyspieszy.
- **Relacje kosztowo-cenowe** WKE pozyskiwanego w Polsce do kosztów pozyskania WKE w krajach będących jego wiodącymi producentami i eksporterami, a także cen na rynku światowym.

W skali globalnej, kluczowym czynnikiem wpływającym na popyt na WKE będzie **zużycie tego surowca w Chinach oraz Indiach**, tj. u dwóch największych konsumentów

tego surowca na świecie. Dane za ostatnie lata pozwalają wnioskować o spowolnieniu lub wręcz odwróceniu dotychczasowej tendencji wzrostowej w zakresie zapotrzebowania Chin na WKE, co można łączyć m.in. z intensywnym rozwojem odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz polityką Chin w zakresie poprawy ochrony środowiska. Jednocześnie, należy wskazać, że spadek popytu ze strony Chin w najbliższych latach nie będzie kompensowany przez Indie. Powyższe pozwala łącznie wnioskować o spodziewanym spowolnieniu lub wręcz stopniowym spadku popytu na WKE w skali świata.

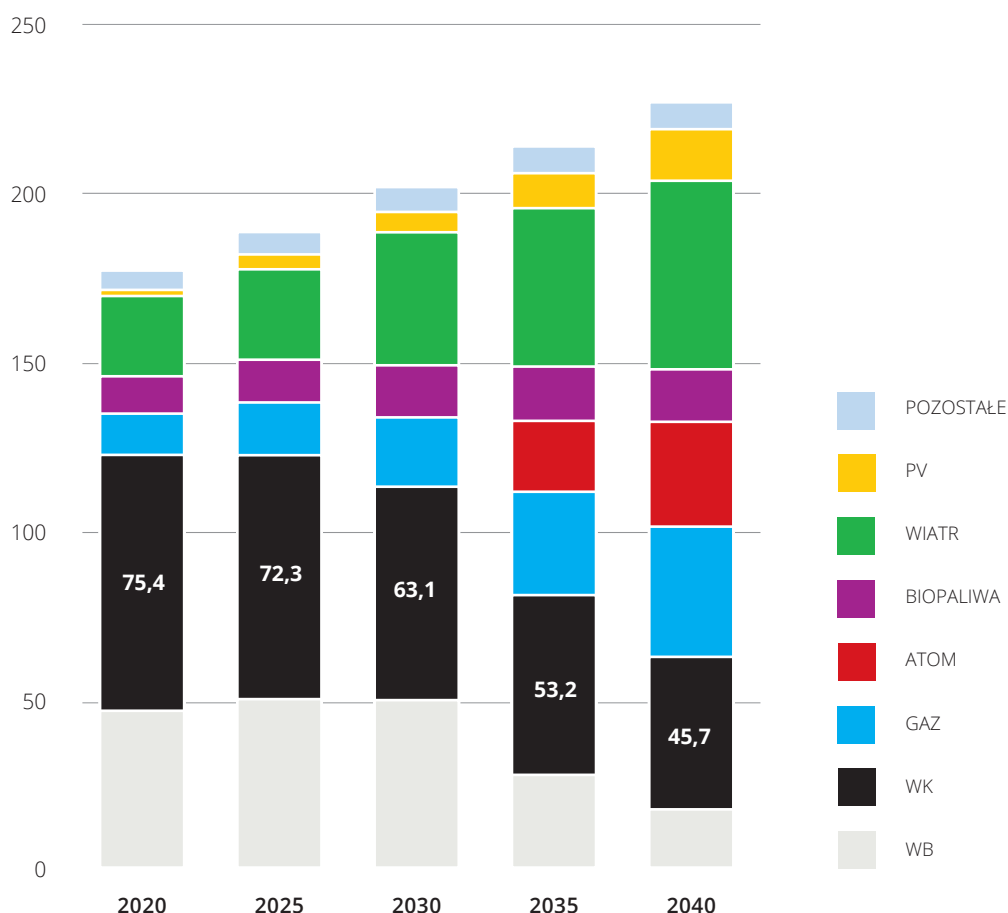
Wymienione wcześniej **zależności odnośnie pozycji Polski na światowym rynku WKE docelowo pozycjonują nasz kraj jako biorcę cen, ustalanych przez wiodących producentów-eksporterów tego surowca** (Indonezja, Australia, Rosja, Kolumbia, RPA, USA). W związku z powyższym, można oczekiwać, że w krótkim horyzoncie (ok. 5-6 lat) istotnymi czynnikami wpływającymi na popyt, podaż oraz cenę WKE w Polsce będą:

- **kolejne próby restrukturyzacji krajowego górnictwa węgla kamiennego;**
- **prowadzenie wydobywania w coraz trudniejszych warunkach fizycznych;**
- **sytuacja w elektroenergetyce** w zakresie kształtowania się przyszłej struktury wytwarzania energii elektrycznej.

Mając na uwadze wcześniejsze próby restrukturyzacji oraz niekorzystne efekty działań przeszłych (odniesienia do raportów NIK) można spodziewać się dalszego wzrostu kosztów wydobywania, co stoi w opozycji do tendencji obserwowanych na świecie (por. Rys. 2), co wynika ze specyfiki polskiego rynku. Ponadto, koszt wydobywania może także wzrastać z uwagi na prowadzenie wydobywania na coraz niższych poziomach (poniżej 1000 m). Powyższe, w połączeniu ze spodziewanym utrzymaniem popytu na WKE w elektroenergetyce w horyzoncie roku 2025-2026, wytworzy kilkuletnią presję na dalszy wzrost cen WKE na rynku polskim.

Jednym z najistotniejszych czynników przemawiających za utrzymaniem popytu na WKE w Polsce w horyzoncie najbliższych 5-6 lat jest sytuacja w elektroenergetyce. Prognozy zaprezentowane w najnowszym (listopad 2019 r.) projekcie Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. (PEP2040) wskazują na utrzymanie udziału WKE w wytwarzaniu energii elektrycznej do roku 2025 oraz na stopniowy spadek poczynający od roku 2030 (Rys. 4).

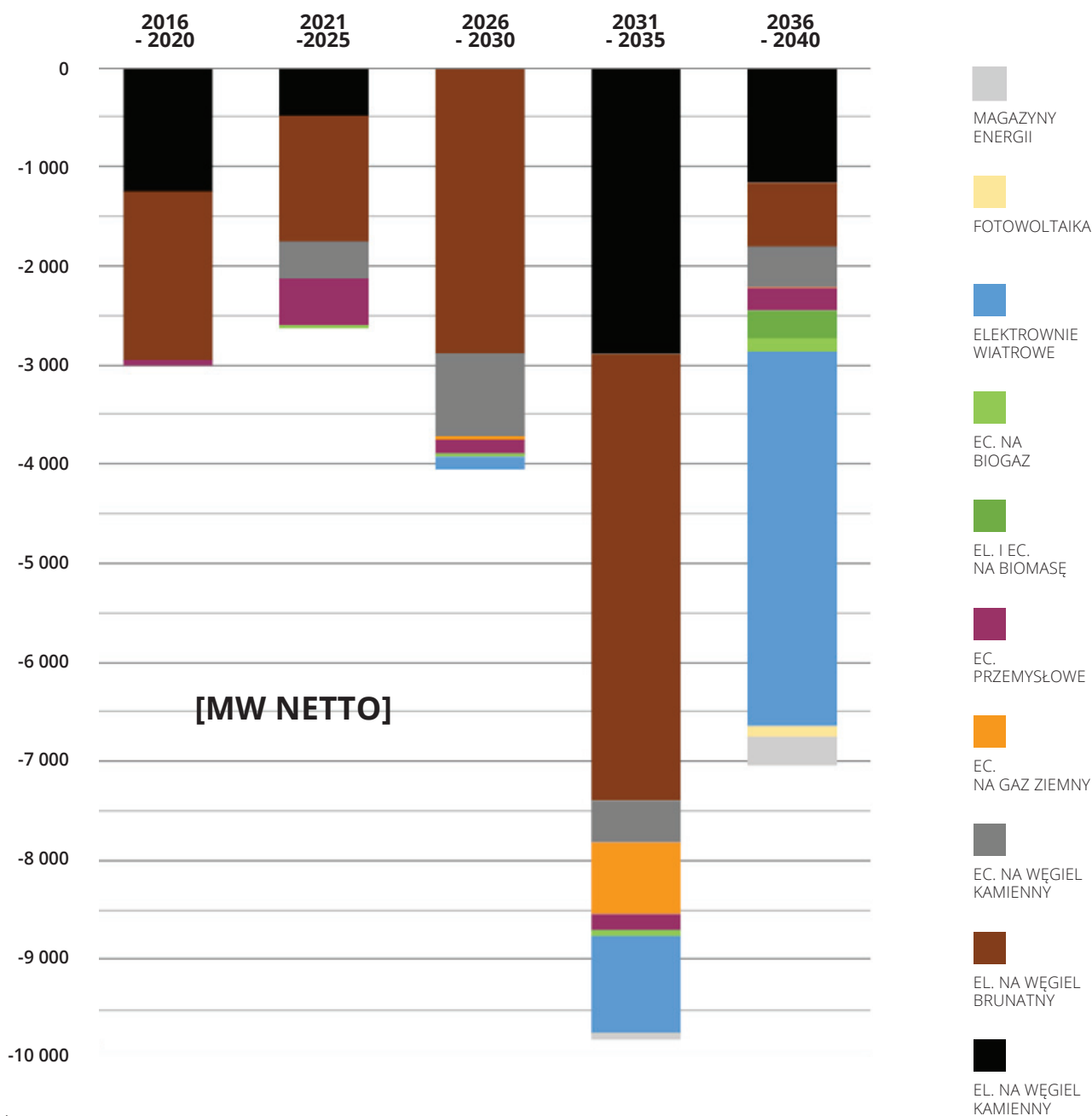
RYS. 4. **PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE W PODZIAŁE NA ŹRÓDŁA ENERGII, PROGNOZA PEP2040 Z LISTOPAD 2019 R.**



Źródło: Projekt PEP2040 z listopada 2019 roku

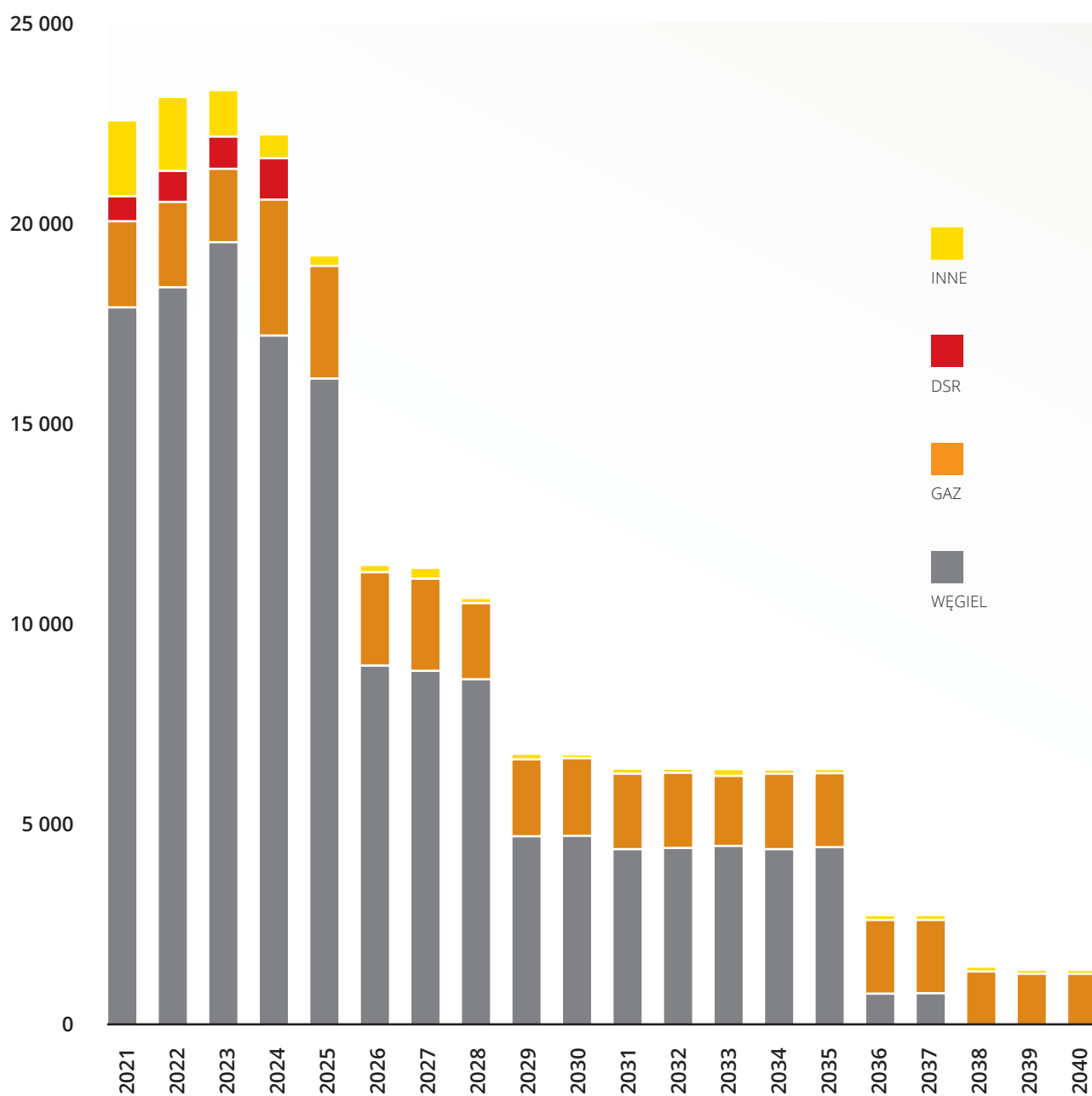
W kontekst prognozowanej powyżej struktury wytwarzania energii elektrycznej wpisują się prognozowane przez PEP2040 trwałe odstawienia mocy wytwórczych, opartych o WKE oraz WB (Rys. 5), wskazujące na znaczące wyłączenia dopiero po 2030 r. oraz wyniki prowadzonych w ostatnich latach aukcji w ramach tzw. rynku mocy, które wskazują na utrzymanie w najbliższych latach funkcjonowania jednostek opalanych WKE. Wyniki rynku mocy prezentuje Rys. 6.

RYS. 5. **PROGNOZA TRWAŁYCH ODSZTAWIEŃ MOCY WYTWÓRCZYCH W POLSCE**
WEDŁUG PEP2040, LISTOPAD 2019 R.



Źródło: Projekt PEP2040 z listopada 2019 roku

RYS. 6. **WYNIKI AUKCJI MOCY W POLSCE**



Źródło: dane PSE

Mając powyższe na uwadze oraz przyjmując dodatkowe założenie, że do wytworzenia 1 MWh energii elektrycznej wykorzystuje się między 0,38 do 0,56 tony WKE³, **łączny szacowany spadek zapotrzebowania na WKE w elektroenergetyce w okresie 2030-2040 oszacować można na ok. 6,6 do 9,7 mln ton**, przy założeniu spadku produkcji energii elektrycznej z poziomu 63,1 TWh w roku 2030 do 45,7 TWh w roku 2040. Spadek ten może być jednak większy, z uwagi na możliwe dalsze zaostrzanie polityki energetyczno-klimatycznej UE, a także relacje cen WKE, GZW oraz ceny uprawnień do emisji CO₂, łącznie przekładających się na wyższą konkurencyjność kosztową wytwarzania energii elektrycznej z GZW względem WKE. Efektem może być jeszcze głębszy spadek popytu na WKE.

PROGNOZA CENY WKE W POLSCE W HORYZONCIE 2040 R.

Ww. tendencje oraz czynniki kształtujące popyt, podaż i ceny WKE w Polsce pozwalają prognozować, iż w **horyzoncie lat 2025-2026 presja na wzrost cen WKE w Polsce utrzyma się**, czego determinantami będą:

- sytuacja w elektroenergetyce (utrzymanie wolumenu wytwarzania energii elektrycznej z WKE) oraz
- ekstrapolacja obserwowanych przeszłych tendencji w zakresie kształtowania się kosztów wydobycia.

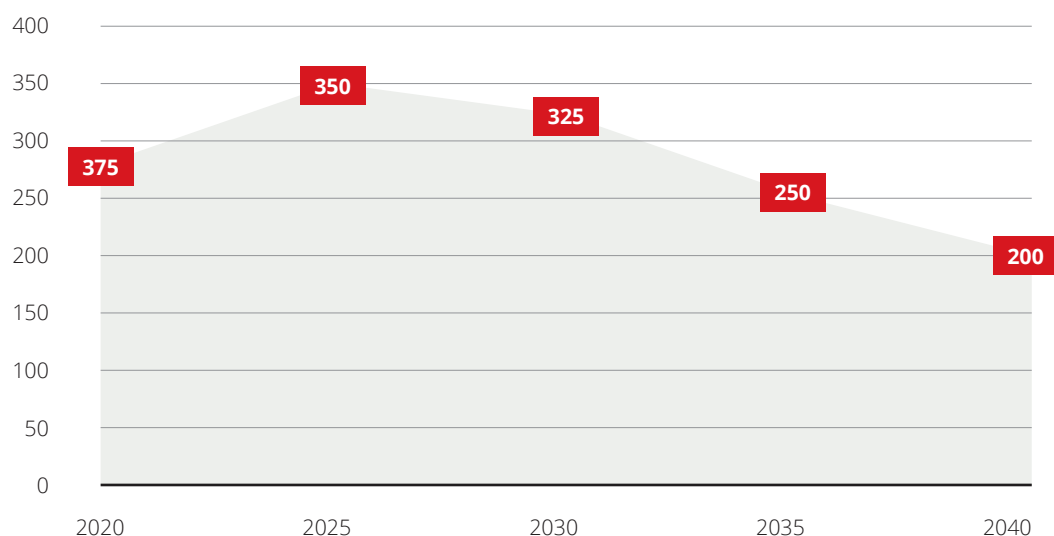
Długoterminowo, tj. w latach 2030-2040, popyt na WKE generowany przez krajową elektroenergetykę obniży się o ok. 7-10 mln ton. Polska stanie się biorcą cen z uwagi na niekonkurencyjność kosztową wydobycia krajowego oraz wzrost importu tego surowca z zagranicy. W efekcie, **ceny WKE w Polsce zaczną wykazywać zbieżność z cenami globalnymi, kształtowanymi przez światowy poziom kosztów wydobycia tego surowca**.

Mając powyższe na uwadze, orientacyjny poziomy cen WKE w Polsce w horyzoncie 2040 r. prezentuje Rys. 7. Prognoza uwzględnia opisane wcześniej czynniki fundamentalne wpływające na popyt i podaż, a także specyfikę w zakresie historycznych trendów i poziomów cen oraz kosztów wydobycia WKE w polskich kopalniach. Zastosowana metodyka, łącząca analizę popytowo-podażową z regresją wieloraką oraz dekompozycją ARIMA zgodna jest z metodyką przedstawioną w literaturze, np. (Anandarajah, McGlade, 2012; Zhu i Wei, 2013; Hammoudeh et al. 2014). Zmiennymi objaśniającymi w regresji były indeks ARA, koszt wydobycia, import węgla, wolumen wydobycia, produkcja energii z węgla, konsumpcja węgla w Polsce oraz popyt Chin na węgiel. Szeregi roczne pozyskano z Eurostatu, EIA, Entsoe i Ministerstwa Gospodarki. Korektę na wzrost przeprowadzono korzystając z oszacowań inflacyjnych GUS. Błąd prognozy (MAPE) na poziomie 4,5 proc. wskazuje na poprawną konstrukcję.

3. Obliczenia zakresowe dla wartości brutto wytwarzania między 36 proc. a 45 proc. oraz wartości opalowej WKE między 18 a 21 MJ/t.

Z modelu wynika, iż w perspektywie roku 2025 cena WKE w Polsce znajdować się będzie pod presją wzrostową warunkowaną obserwowanymi trwałymi tendencjami wzrostowymi w zakresie krajowego kosztu wydobycia. Po roku 2025 cena WKE w Polsce zacznie spadać, co wynikać będzie ze spadku wytwarzania energii elektrycznej z WKE, a także spodziewanego wzrostu wolumenów importu w obliczu wysokich poziomów kosztu wydobycia w kraju (efekt wzrostów w horyzoncie roku 2025). W długim horyzoncie (2040 r.), cena WKE w Polsce wykazywać będzie zbieżność do globalnego średniego kosztu wydobycia, szacowanego na ok. 50 USD za tonę.

RYS. 7. **PROGNOZOWANE CENY WKE W POLSCE W HORYZONCIE 2040 ROKU [PLN/T], CENY STAŁE ROKU 2020**



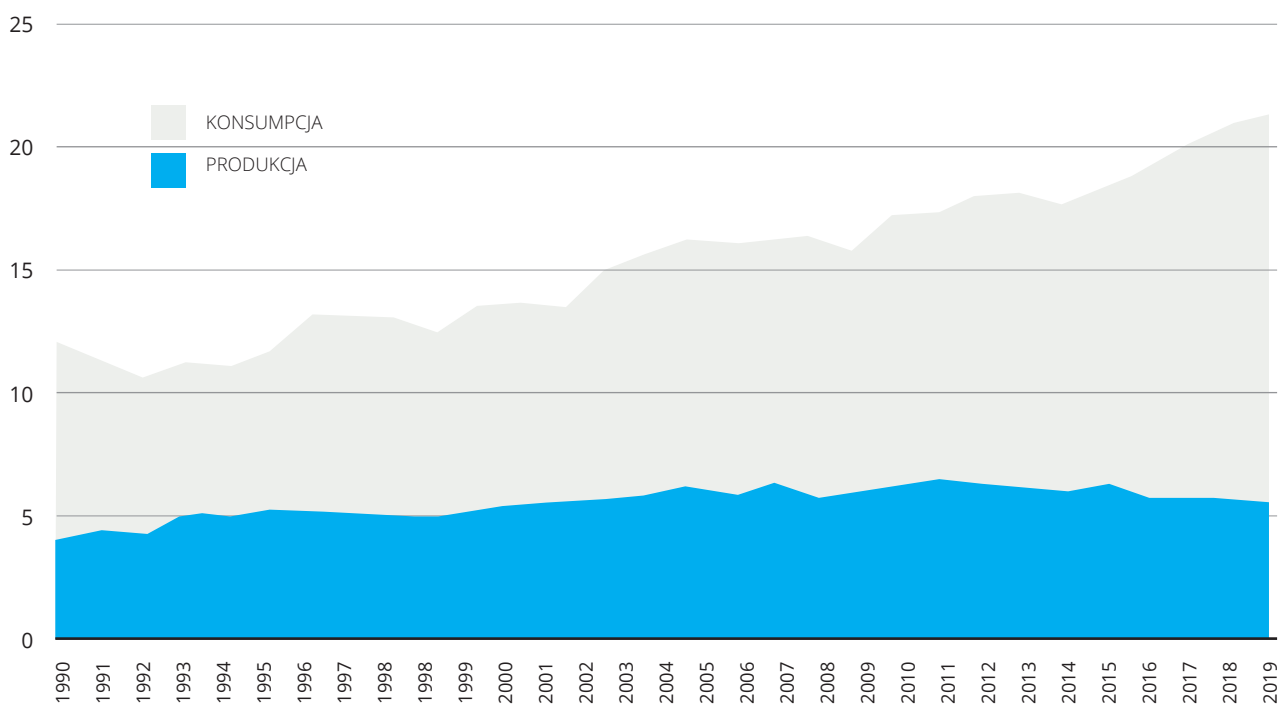
Źródło: opracowanie własne IJ

GAZ ZIEMNY WYSOKOMETANOWY (GZW)

OBSERWACJE NA PODSTAWIE ANALIZY TENDENCJI PRZESZŁYCH ORAZ STANU OBECNEGO

Sektor gazu ziemnego w ostatnich latach rozwija się dynamicznie. Od niemal 30 lat krajowe zapotrzebowanie na błękitne paliwo rośnie z roku na rok. Około 5 mld m³ gazu ziemnego jest wydobywane w kraju. Krajowe kopalnie znajdują się głównie na Podkarpaciu (gaz wysokometanowy) oraz w Wielkopolsce, gdzie pozyskuje się gaz zaazotowany.

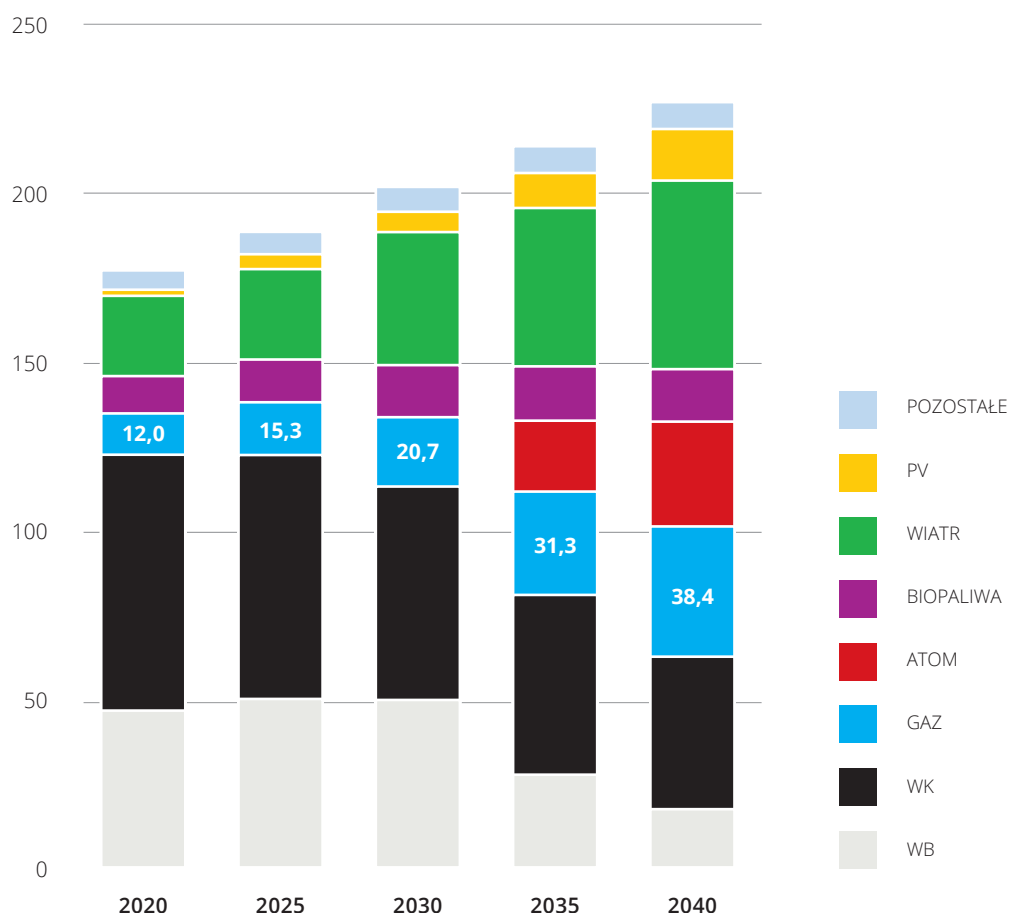
RYS. 8. **WIELOLETNIE TENDENCJE W ZAKRESIE PRODUKCJI I ZUŻYCIA
GAZU ZIEMNEGO W POLSCE [MLD M³]**



Źródło: EIA

Głównym czynnikiem wpływającym na wzrost zapotrzebowania na gaz ziemny w Polsce jest rosnąca rola tego paliwa w ciepłownictwie i energetyce zawodowej (por. Rys. 8). Od kilku lat funkcjonują bloki gazowo-parowe wytwarzające w skojarzeniu energię elektryczną i ciepło we Włocławku oraz w Płocku. W budowie są jednostki na warszawskim Żeraniu oraz w Stalowej Woli. Zwiększa się także obecność błękitnego paliwa w ciepłownictwie, gdzie staje się bardziej przyjazną środowisku alternatywą od węgla. Rządowe opracowania nakreślające strategiczne kierunki rozwoju polskiej energetyki zauważają zalety gazu, zwłaszcza w kontekście polityki unijnej nakierowanej na niskoemisyjność, co przedstawia Rys. 9.

RYS. 9. **PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE
W PODZIALE NA ŹRÓDŁA ENERGII, PROGNOZA PEP2040
Z LISTOPAD 2019 R.**



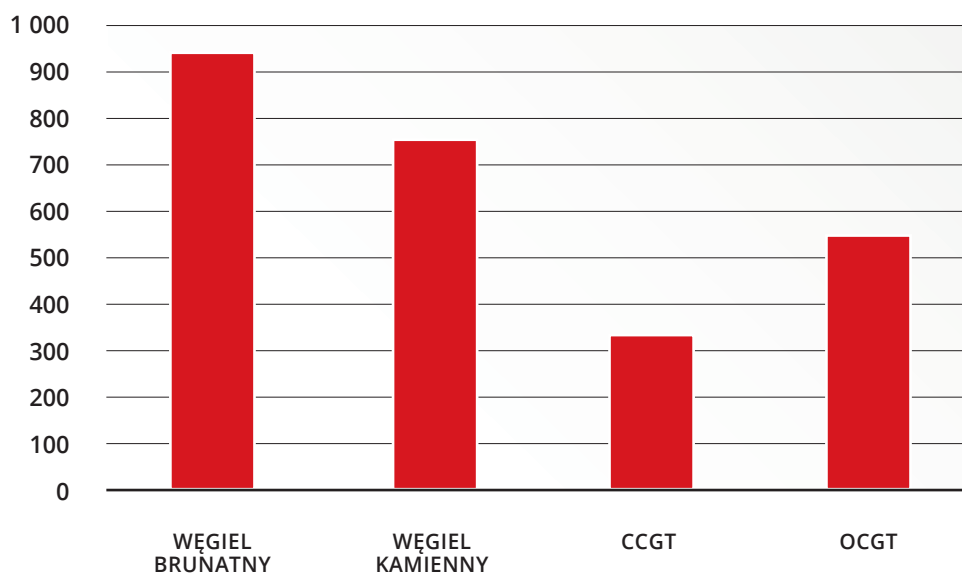
Źródło: Projekt PEP2040 z listopada 2019 r.



Głównym stymulantem energetyki gazowej jest polityka klimatyczna Unii Europejskiej. **Unia dąży do wyeliminowania jednostek węglowych, które emitują więcej dwutlenku węgla niż 550 kg/MWh i na których oparta jest polska energetyka.** Powoduje to zwiększone zapotrzebowanie zarówno na bloki gazowe (CCGT i OCGT) jak i sam surowiec, który jest mniej emisyjny niż WKE, a ponadto jest technologią przystępną cenowo (Rys. 10 i 11).

Niskie ceny gazu oraz presja cen kontraktów emisyjnych na europejskim rynku handlu pozwoleniami do emisji wpływają na zadowalający koszt krańcowy w porównaniu do innych technologii. Z powyższych przyczyn błękitne paliwo staje się paliwem przejściowym pomiędzy energetyką konwencjonalną, a energetyką niskoemisyjną.

RYS. 10. **EMISJA DWUTLENKU WĘGLA**
Z PODZIAŁEM NA TECHNOLOGIE [KGCO₂/MWh]



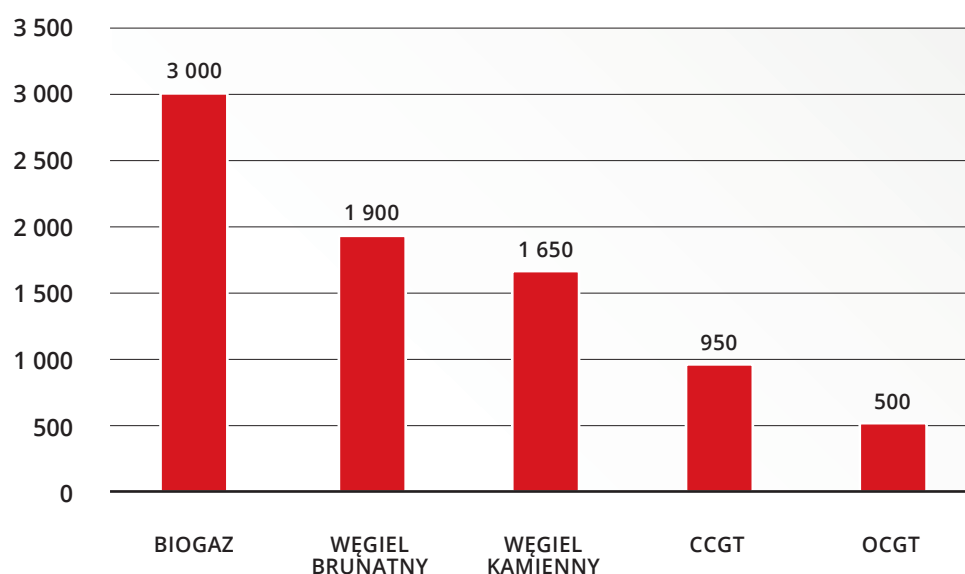
Źródło: Opracowanie własne IJ



INSTYTUT JAGIELLOŃSKI

NOWEMEDIA24.PL
PROJEKT: PIOTR PERZYŃA

RYS. 11. **JEDNOSTKOWE NAKŁADY INWESTYCYJNE
Z PODZIAŁEM NA TECHNOLOGIE [EURO/KW]**

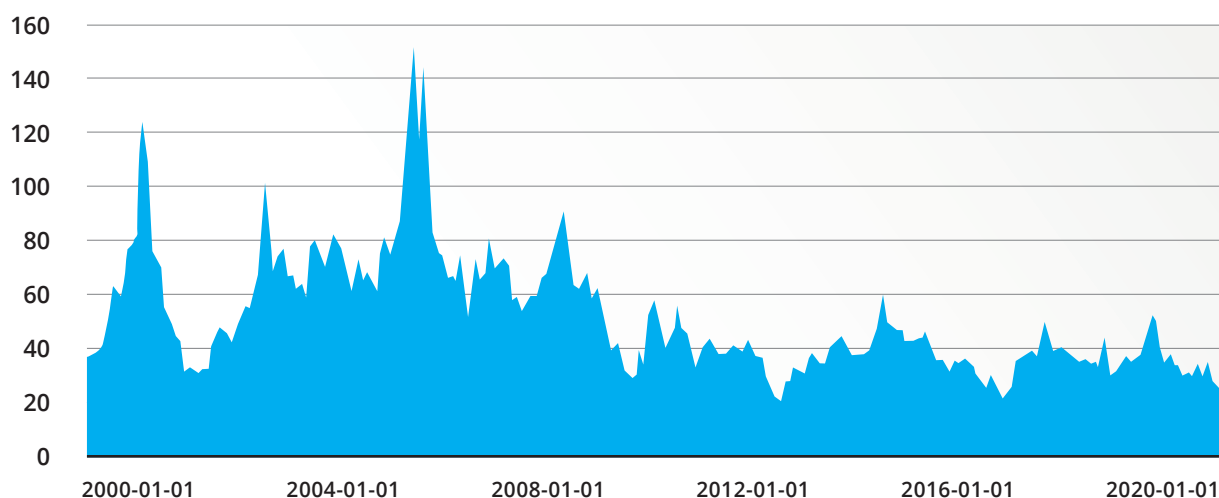


Źródło: Instytut Fraunhofera

Niskie ceny gazu na rynkach światowych pozytywnie wpływają na konkurencyjność GZW w porównaniu do innych paliw. Przyczyną spadku cen jest między innymi rewolucja łupkowa w USA (Rys. 12). Ponadto, nastąpiła dywersyfikacja w technologii transportu gazu ziemnego.

Skroplony gaz ziemny (LNG) umożliwił krajom, którym położenie geograficzne nie pozwalało na sprzedaż gazu ziemnego za pomocą gazociągów, na wkroczenie na nowe obszary, zwiększając tym samym konkurencję na rynkach światowych, co z kolei przełożyło się na zauważalne obniżenie cen gazu na rynkach europejskich, gdzie cena błękitnego paliwa była na przestrzeni lat wysoka, ze względu na wysoki popyt i niską produkcję.

RYS. 12. **CENY GAZU W HENRY HUB [PLN/MWH]**

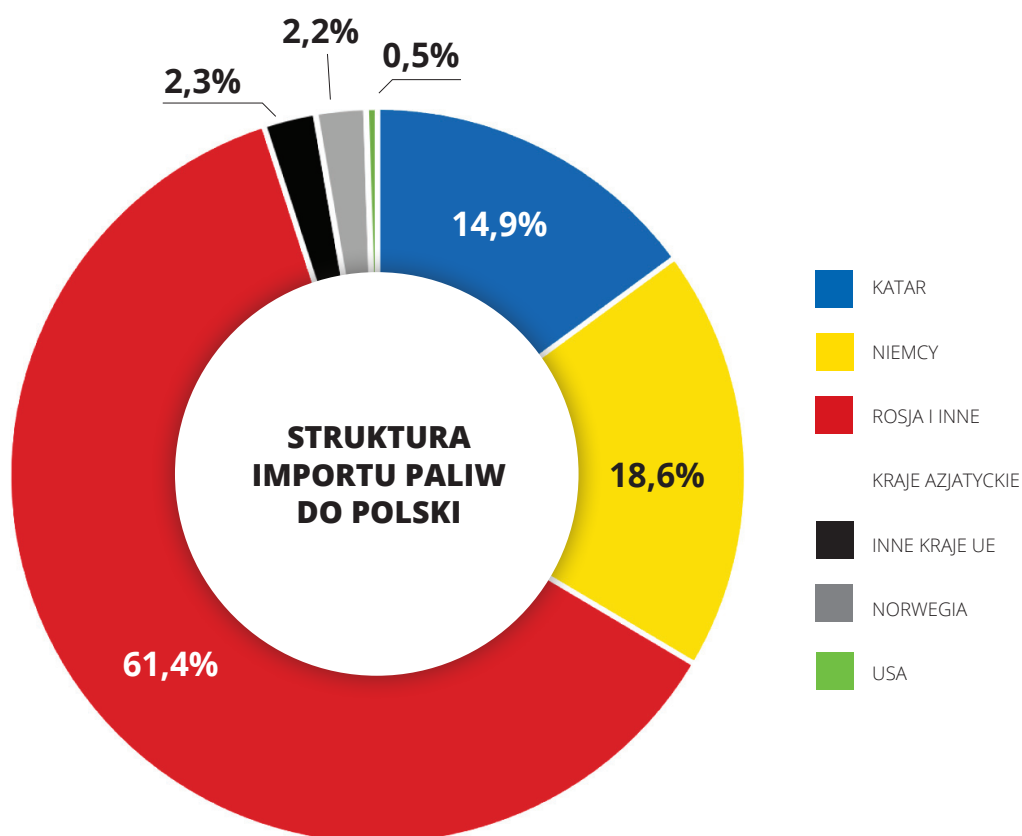


Źródło: EIA

Beneficjentem postępu technologicznego była także Polska (Rys. 13). Dostawy z Kataru nie byłyby możliwe bez otwartego w 2015 r. gazoportu w Świnoujściu. Planowane są również nowe inwestycje w infrastrukturę, z których wymienić należy:

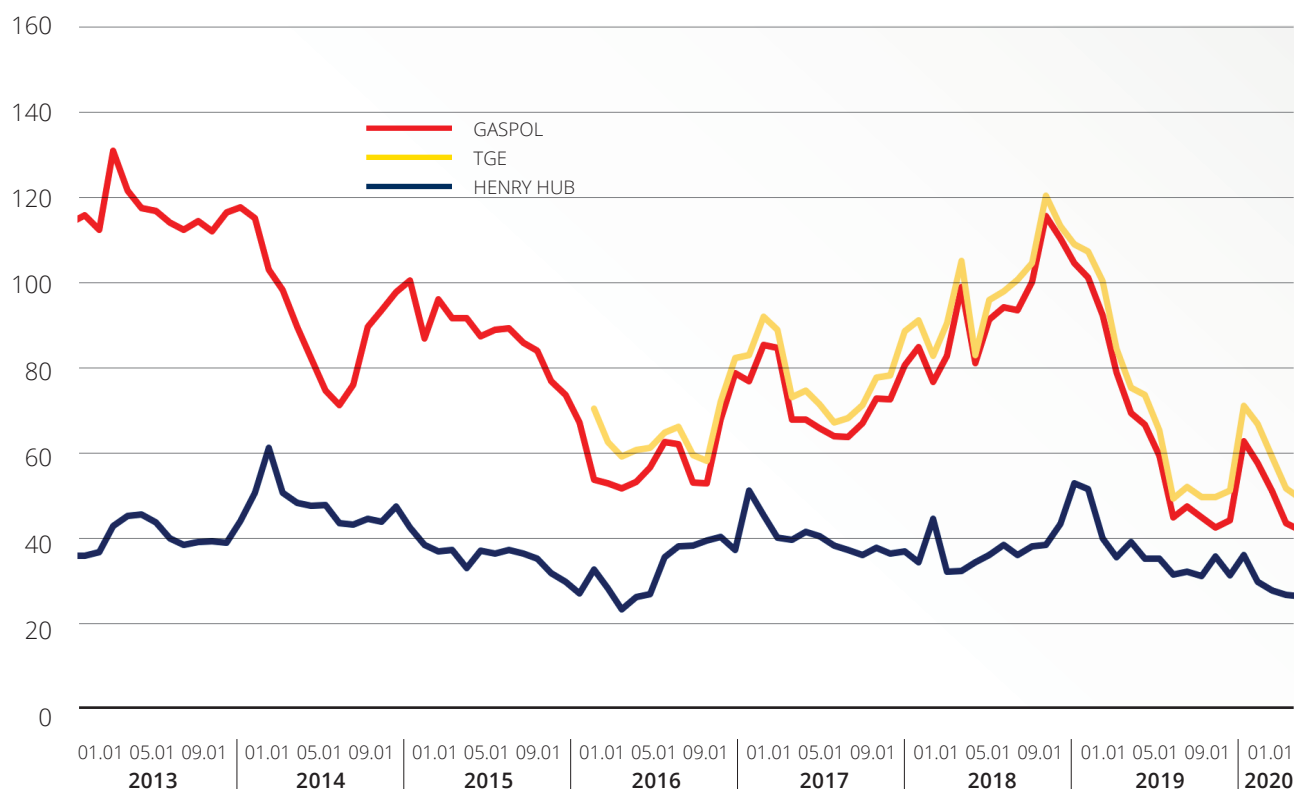
- Rozbudowę gazoportu w Świnoujściu do 7,5 mld m³ zdolności regazyfikacyjnej rocznie;
- Zakotwiczenie FSRU (terminala pływającego) w Gdańsku;
- Gazociąg BalticPipe: połączenie z Danią, a w konsekwencji z Szelfem Norweskim o przepustowości 10 mld m³ rocznie;
- Rozbudowę połączeń transgranicznych między innymi z Litwą i Słowacją.

RYS. 13. **STRUKTURA IMPORTU PALIW GAZOWYCH
Z ZAGRANICY DO POLSKI W 2018 R.**



Źródło: Ministerstwo Energii

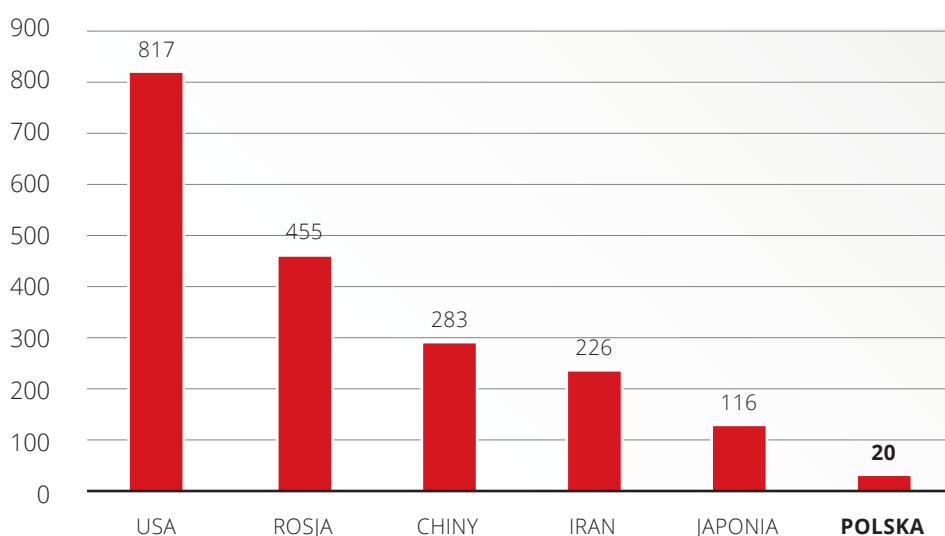
RYS. 14. **PORÓWNANIE INDEKSÓW CEN GZW**
(INDEKS AMERYKAŃSKI, NIEMIECKI I POLSKI) [PLN/MWH]



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: EIA, TGE, Gaspool

Warto zwrócić uwagę na silne powiązania między rynkiem gazu prowadzonego przez Towarową Giełdę Energii a niemieckim Gaspoolem (Rys. 14). Potwierdza to tezę, że polski rynek gazu ziemnego dużo bardziej niż w przypadku węgla kamiennego zależy od rynków światowych. W przypadku gazu, Polska jest biorcą ceny, ponieważ stanowi zaledwie 0,5 proc. światowej konsumpcji (Rys. 15).

RYS. 15. **PORÓWNANIE KONSUMPCJI GZW**
[MLD m³/ROK]



Źródło: BP

PROGNOZY CEN GZW W HORYZONCIE 2040

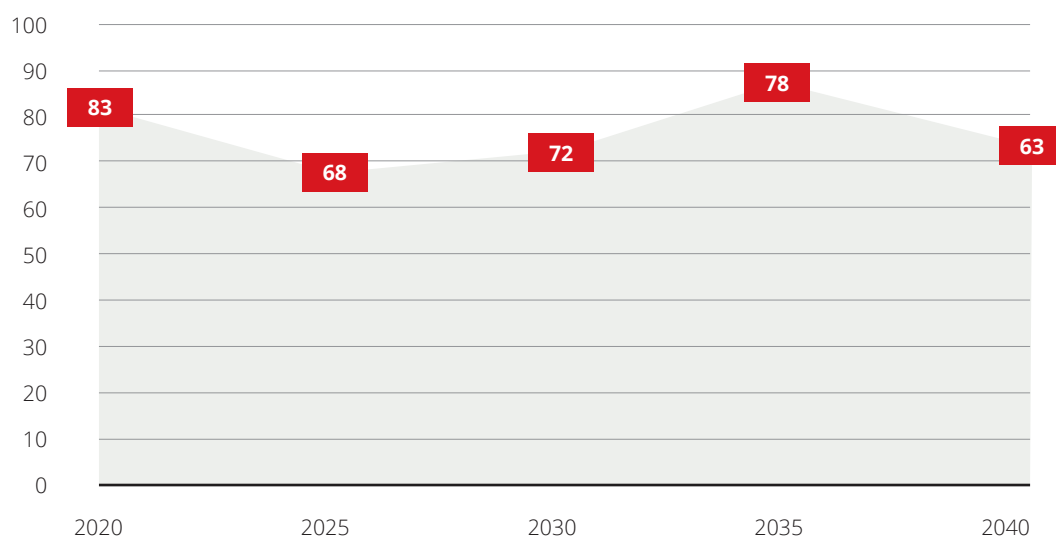
Możliwa utrzymująca się wysoka podaż gazu przez najbliższe kilka lat będzie głównym czynnikiem powodującym niską cenę gazu na rynkach. Z analizy wykresów 13-16 wynika, że **rynek europejski posiada jeszcze przestrzeń do spadków**, które będą generowane poprzez rosnący wolumen błękitnego paliwa w Europie. Bazując na wysokiej korelacji z rynkiem niemieckim, zasadne jest wnioskowanie, że planowane duże inwestycje w infrastrukturę gazową w regionie również będą wpływać na cenę gazu w Polsce. **Po nasyceniu rynku, w latach 2025-2035, cena gazu będzie jednak stopniowo rosnąć.** Jest to związane z impulsem ze strony popytowej (wzrost zapotrzebowania na GZW w polskiej elektroenergetyce). Zgodnie z planami spółek energetycznych oraz Polityką Energetyczną Polski do roku 2040, w kraju będzie przybywało jednostek opalanych gazem ziemnym, które w znaczny sposób zwiększą krajowe zapotrzebowanie na gaz ziemny. Ostatecznie, światowa energetyka zmierza jednoznacznie w stronę energetyki zeroemisyjnej. Spowoduje to docelowo stabilizację popytu na gaz ziemny w Polsce, a **bloki gazowe zastępowane będą coraz większą ilością Odnawialnych Źródeł Energii.**

Mając na uwadze powyższe założenia dotyczące popytu i podaży wykonano prognozę ceny gazu. W literaturze ekonomicznej, ceny gazu modelowane są na różnorodne sposoby. Davoust (2008) analizował je modelując popyt i podaż, rozważając różnorodne

kie czynniki, w tym regulacje, które mogły wpłynąć na jedną lub obie strony równania. Czynniki popytowo-podażowe dla krajów Europy Środkowo Wschodniej obszernie omawiał Zajdler (2012). Samo modelowanie ceny może być wykonywane zarówno przy użyciu ekonometrii, bazując na relacjach przyczynowości, jak i metod uczenia maszynowego, skoncentrowanych na osiągnięciu jak najdokładniejszej prognozy krótkoterminowej. Oba podejścia znajdują oparcie w literaturze. Ekonometrycznie, elastyczności cenowe gazu dla USA modelował już w 1983 r. Liu. Nowsze podejście, przy wykorzystaniu modeli GARCH, uwzględniających warunki pogodowe zaprezentował Mu (2007). Zhang i inni dla Chin (2017) zastosowali modele równowagi ogólnej, zaś Su i inni (2019) przetestowali różne techniki uczenia maszynowego, w tym sieci neuronowe, SVM i metody boostowane. Wyniki modelowania Instytutu Jagiellońskiego wykonane przy użyciu regresji wielorakiej oraz dekompozycji ARIMA, przy ww. założeniach nakładających restrykcje na parametry równania przedstawia Rys. 16.

Spadek cen GZW w początkowym okresie wynika z nadpodaży surowca na świecie. Powolny wzrost w okresie 2025-2035 wynika z wzrostu zapotrzebowania na GZW w Polsce z uwagi na wzrost wytwarzania w źródłach CCGT. Spadek w roku 2040 wynika ze stabilizacji popytu w Polsce oraz wzrostu udziału OZE w strukturze wytwarzania energii elektrycznej.

RYS. 16. **PROGNOZA CEN GZW W POLSCE**
[PLN/MWh], CENY STAŁE ROKU 2020

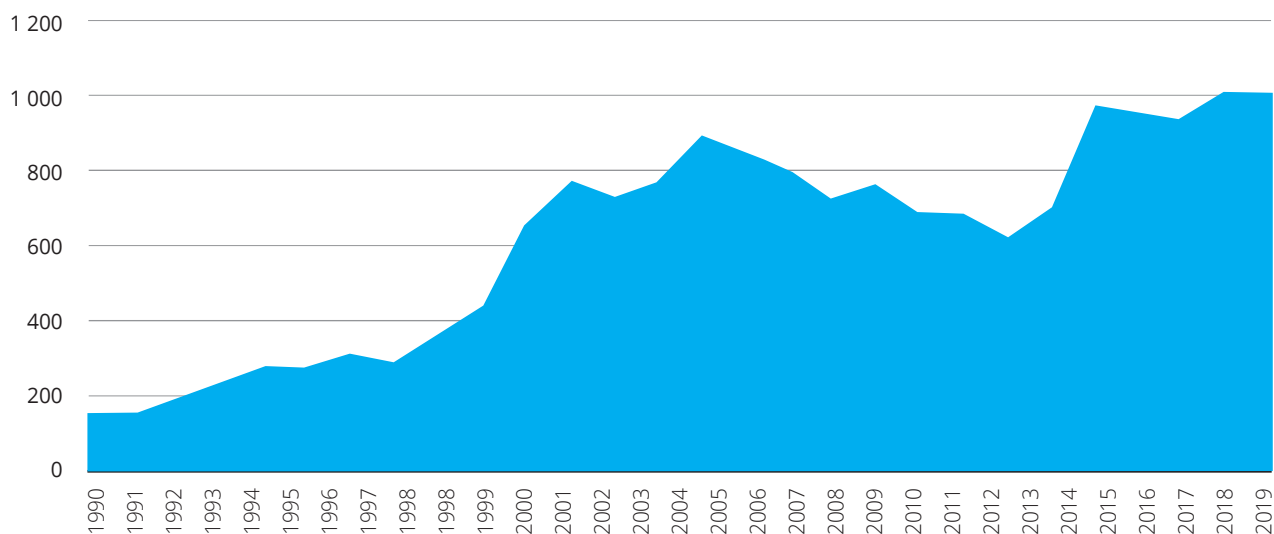


Źródło: Opracowanie własne IJ

ROPA NAFTOWA (RN)

Ropa naftowa nie jest surowcem, który Polska jest w stanie wydobyć w kraju na poziomie adekwatnym do potrzeb. Jednocześnie, jest to surowiec niezbędny dla kluczowych sektorów: przemysłu i transportu. Ropa naftowa to nie tylko paliwa napędowe, ale także produkcja plastików czy polimerów. Rodzima produkcja wyniosła w 2017 r. zaledwie nieco ponad 1000 CTE. **Według danych Kamyka i Kot-Niewiadomskiej (2019) wszystkie złoża w Polsce pokrywają zaledwie 3,66 proc. zapotrzebowania.**

RYS. 17. **PRODUKCJA ROPY NAFTOWEJ W POLSCE,**
EKWIWALENT TYS. TON (TOE)



Źródło: opracowanie Eurostat

Polska w sektorze ropy naftowej zależy w 98,6 proc. od importu (Eurostat). Nie jest to jednak słabość strukturalna, wynikająca z zaniedbań, ale cecha wspólna dla większości państw kontynentu. Poza Chorwacją, Danią, Rumunią, Szwecją, UK i Węgrami, wszystkie państwa Unijne (dane sprzed brexitu) są zależne w ponad 90 proc. od importu. **Do niedawna gros tego importu pochodziło z Rosji, jednakże najnowsze (2019) dane Orlenu wskazują, że ponad 50 proc. pochodzi już z innych kierunków.** Poza Rosją, ropę importujemy od Norwegii, Arabii Saudyjskiej, Angoli i Nigerii. Tempo uniezależnienia się od wschodu jest bardzo szybkie, albowiem w jeszcze w 2017 r. z Rosji pochodziło niemal 75 proc. dostaw.

Według danych BP, Polska zużywa dziennie 659 tys. baryłek ropy (2017), co odpowiada za 0,7 proc. światowego rynku. Przy tak znikomym – zarówno zapotrzebowaniu, jak i produkcji, przyjąć można, że Polska nie jest w stanie istotnie wpływać na cenę ropy naftowej i jest jej biorcą. Przewidywanie jej cen jest jednakże utrudnione w związku z istnieniem silnego kartelu producentów ropy – OPEC, który odpowiada za ok. 42 proc. światowej produkcji, a także kontroluje 79 proc. światowych złóż. Siła OPEC pozwala mu istotnie wpływać na produkcję, a co za tym idzie, na cenę surowca. Co więcej, sam rejon, w którym znajdują się największe złoża ropy naftowej, tj. Bliski Wschód jest dość niestabilny i często jest on areną działań wojennych, co również ma przełożenie na ceny surowca. Historycznie, cechowała się ona taką zmiennością, że jakiegokolwiek prognozowanie powyżej okresu krótkiego (do 3 lat) jest bezcelowe, gdyż błąd takiej prognozy byłby zbyt duży. W związku z powyższym, w niniejszym opracowaniu przedstawiony zostanie model prognostyczny na najbliższe trzy lata oraz zaprezentowane zostaną główne czynniki wpływające na cenę ropy. Są to:

1. Krótkoterminowo:

- a) restrykcje wprowadzone celem walki z koronawirusem, a w szczególności:
 - tempo ich zdejmowania;
 - termin otwarcia szkół, uniwersytetów, powrotu do pracy w biurach. Na czas pisania raportu (maj-czerwiec 2020 r.), według założeń rządu, szkoły i uniwersytety zaczną normalnie funkcjonować z nowym rokiem akademickim. Powrót do pracy w biurach jest bardziej skomplikowany, gdyż konieczność pracy zdalnej w niektórych przedsiębiorstwach pokazała, że część pracowników może pracować z domu bez utraty efektywności.
- b) kryzys ekonomiczny wywołany zamknięciem gospodarki, a w szczególności:
 - dochody do dyspozycji społeczeństwa;
 - dynamika PKB;

- c) działania OPEC oraz innych krajów eksportujących ropę naftową. W czasie, kiedy raport był opracowywany, bezprecedensowa decyzja Arabii Saudyjskiej o zwiększeniu produkcji, wynikająca z braku porozumienia z Rosją, sprawiła, że ceny kontraktów krótkoterminowych na ropę spadły poniżej zera. Oznacza to, że w niektórych przypadkach producenci surowej ropy musieli dopłacać rafineriom za przyjęcie baryłek. Magazyny zostały wypełnione surowcem. Wzrósł popyt na tankowce, nawet przestarzałe, które miały służyć jako pływające magazyny. Obecnie (maj 2020 r.) cena ropy nieco wzrosła, ale nadal jest na poziomie nieco powyżej 50 proc. sprzed kryzysu.

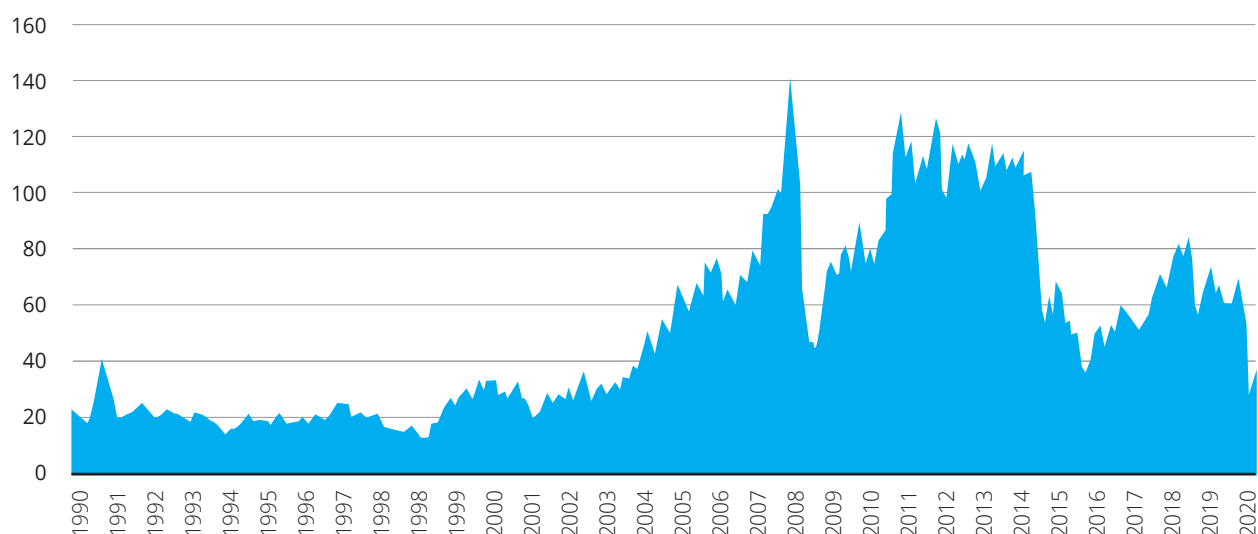
2. Średnioterminowo:

- a) powrót do normalności w rynku transportu i podróży lotniczych oraz turystyki;
- b) tempo produkcji przez Stany Zjednoczone, które są największym konsumentem ropy naftowej;
- c) zmiany zapotrzebowania w Azji, szczególnie w Chinach i Indiach, które są trzecim i czwartym największym konsumentem ropy;
- d) rozwój technologii samochodów elektrycznych, szczególnie w obszarze samochodów dostawczych;
- e) recykling plastików;
- f) politykę klimatyczną poszczególnych regionów, w szczególności plan ograniczenia emisyjności przez Unię Europejską, która będzie promować elektromobilność oraz rezygnację z pojazdów spalinowych na rzecz innych form komunikacji, a także ewentualne wprowadzenie *carbon border tax*, tj. podatku na różnicę emisyjności w produkcji określonych dóbr.

3. Długoterminowo:

- a) polityka klimatyczna poszczególnych rejonów;
- b) popyt na plastiki i polimery oraz zwiększony odsetek ich recyklingu;
- c) rozwój elektromobilności. Należy przyjąć, że długofalowo, samochody elektryczne lub z napędem wodorowym będą stanowić podstawę przemieszczania się.

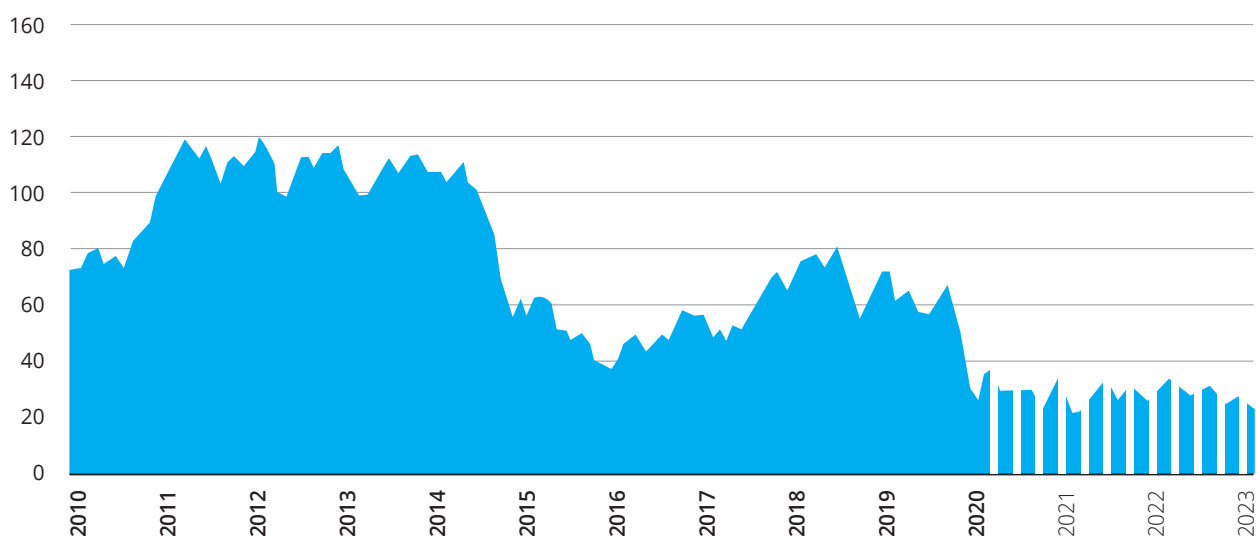
RYS. 18. **CENA ROPY, USD ZA BARYŁKĘ BRENT**
OD 1990 DO MAJA 2020



Źródło: wykres na podstawie danych stooq

W związku z powyższym, orientacyjna prognoza cen ropy naftowej zostanie wykonana dla cen światowych, w oparciu o koncepcję Bouri'ego i innych (2017). Wiąże ona cenę ropy z ceną złota i indeksami giełdowymi. W oryginalnej analizie, autorzy wykorzystali indeksy indyjskie, jednakże na potrzeby niniejszego opracowania wykonano porównanie z ceną złota oraz głównym londyńskim indeksem dla ropy Brent. Uwzględniono także ceny ropy WTI oraz wiodący światowy indeks technologiczny NASDAQ. Prognozy tej nie należy traktować wiążąco, a bardziej jako orientacyjne określenie kierunku.

RYS. 19. **CENA ROPY BRENT, HISTORYCZNIE
I PROGNOZA TRAJEKTORII**



Źródło: opracowanie własne

Z Rys. 19 wynika, że chociaż w cenie ropy występują znaczne fluktuacje, to trend od roku 2010 jest negatywny, a cena ropy – długofalowo – spada. Jak zaznaczono w **czynnikach wpływających na cenę ropy, długookresowo należy spodziewać się dalszych spadków, w związku z ostrzejszą polityką klimatyczną, rozwojem elektromobilności i poprawą recyklingu plastików**. Jest jednak prawdopodobne, że zanim nastąpi częściowe odejście od ropy, będzie ona dalej przedmiotem spekulacji i wystąpią jeszcze kilkuletnie okresy odchylenia od długookresowego trendu. Ponadto, z modelowania wynika, że:

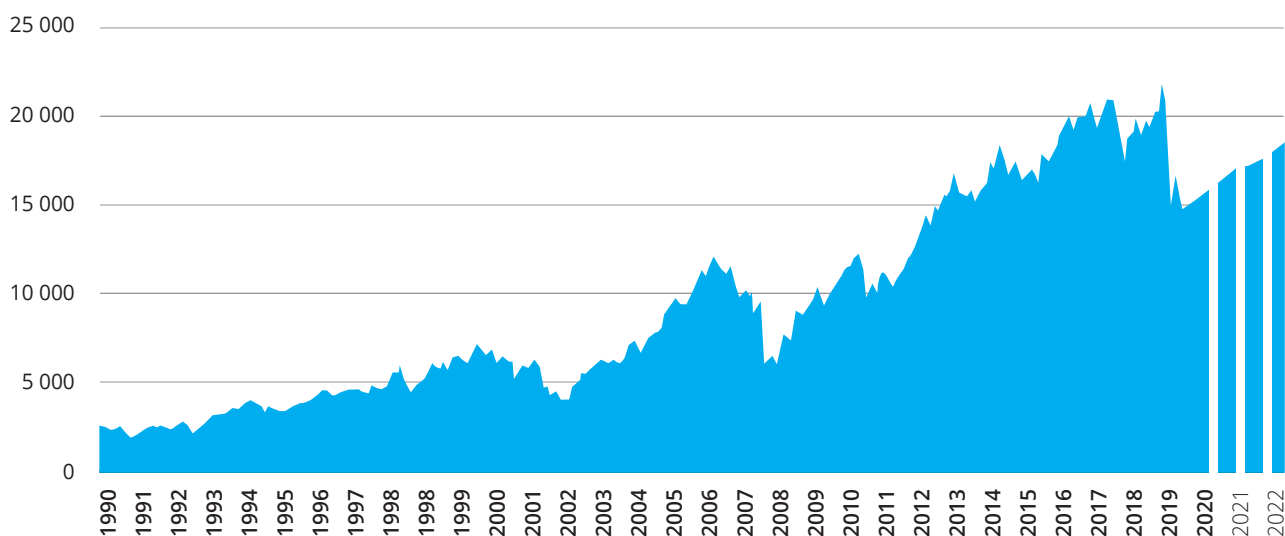
1. Złoto będzie przez najbliższe trzy lata rosło w cenę, co jest zgodne z historią zachowań inwestorów. Mimo upadku systemu z Bretton Woods (*notabene* z uwagi na kryzys na rynku ropy naftowej) złoto jest bardzo atrakcyjną lokatą w czasach spowolnienia, recesji lub niepewności. Chociaż w trakcie prosperity, szybszy i większy zysk można uzyskać inwestując w bardziej ryzykowne aktywa, na złocie traci się bardzo niewiele. Urok złota wyjaśnia literatura psychologiczno-ekonomiczna z obszaru podejmowania decyzji, w której czytamy, że strata boli bardziej, niż cieszy zysk. Zawrowania wywołane pandemią COVID-19 spowodowały wzrost popytu na złoto, który utrzyma się jeszcze przez najbliższych kilka lat.



2. Na giełdach można przewidywać delikatną niepewność, jednakże wydaje się, że najgorszy okres pandemii rynki finansowe mają już za sobą, a najbliższe lata powinny przynieść wzrosty. Powrót do poziomu sprzed pandemii nie nastąpi natychmiast, ponadto należy brać poprawkę na możliwy nawrót wirusa, co wywoła znaczną przecenę cen akcji. Widać jednak, że długofalowo, trendy na giełdach są zdecydowanie rosnące.

Należy mieć na uwadze, że nastroje inwestorów są bardzo zmienne i łatwo poddają się oni zarówno euforii jak i panice. Z tych emocji korzystać mogą większe fundusze inwestycyjne, które, dysponując znacznym kapitałem, mogą realizować pewne strategie, które są nieosiągalne dla drobnych inwestorów. W najbliższych kilku latach największy wpływ na emocje inwestorów będą miały czynniki związane z walką z COVID-19. Przykładowo, druga faza epidemii i ponowne wprowadzenie obostrzeń w jakimś kraju zapewne będzie wiązać się z wyprzedacją akcji na tamtejszym rynku finansowym, a wynalezienie szczepionki na koronawirusa spowoduje nastrój euforyczny.

RYS. 20. **FTSE, DANE HISTORYCZNE I PROGNOZA TRAJEKTORII**



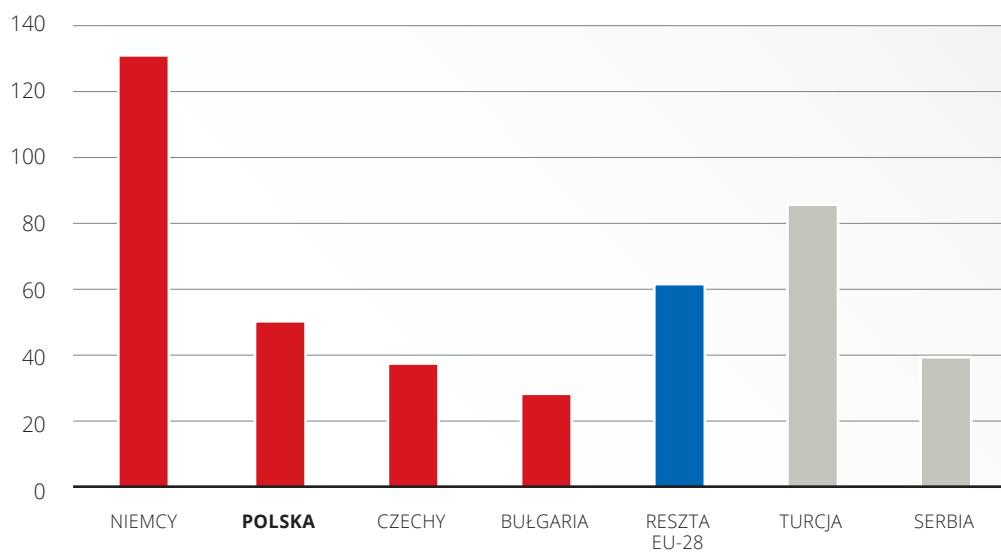
Źródło: opracowanie własne

WĘGIEL BRUNATNY (WB)

WĘGIEL BRUNATNY NA ŚWIECIE

Węgiel brunatny, obok węgla kamiennego, stanowi istotny składnik mieszków paliwowych wielu państw. Polska znajduje się w światowej czołówce produkcji i konsumpcji tego paliwa, co pokazano na poniższym Rys. 21.

RYS. 21. **WYDOBYCIE WĘGLA BRUNATNEGO W EUROPIE**
W ROKU 2018 [MLN TON]

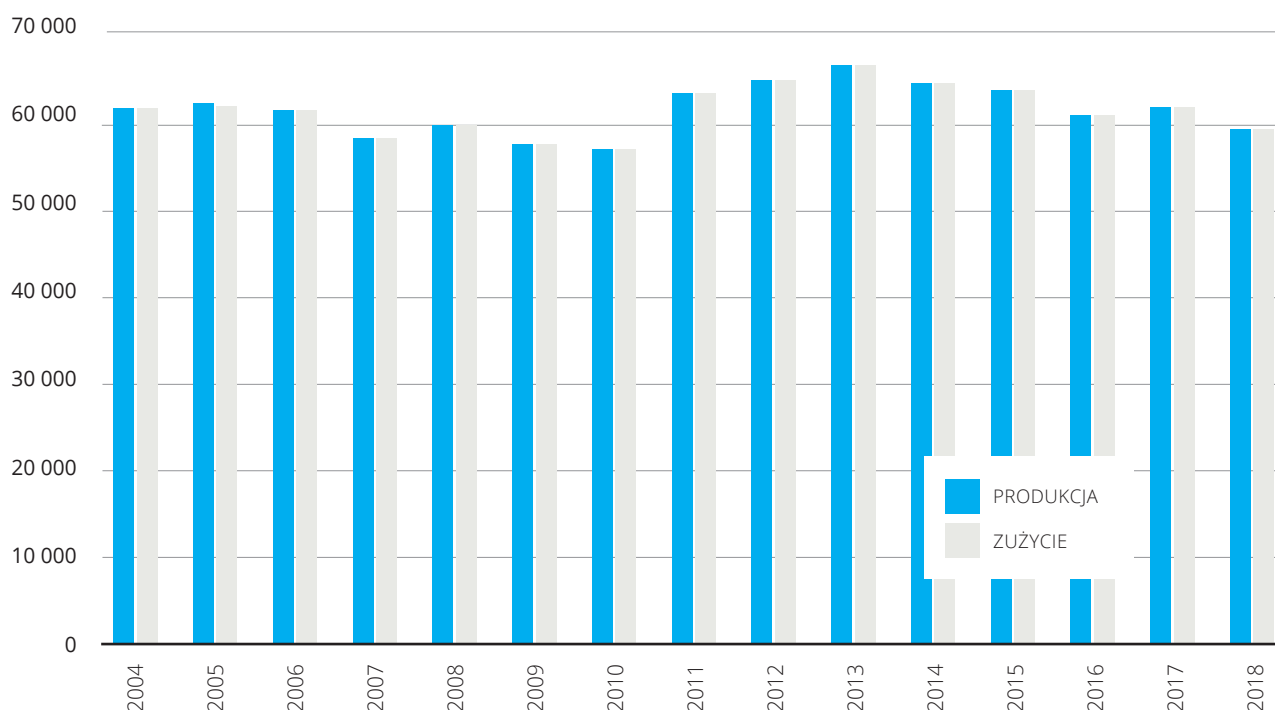


Źródło: Euracoal

WĘGIEL BRUNATNY W POLSCE

Jak wcześniej wspomniano, przez właściwości fizyczne węgla brunatnego nie istnieje jego światowy rynek. Z tego powodu krajowa produkcja jest silnie skorelowana z konsumpcją tego paliwa, co zauważono na poniższym wykresie. Średni poziom zużycia WB w Polsce w ostatnich latach to ok. 60 mln Mg.

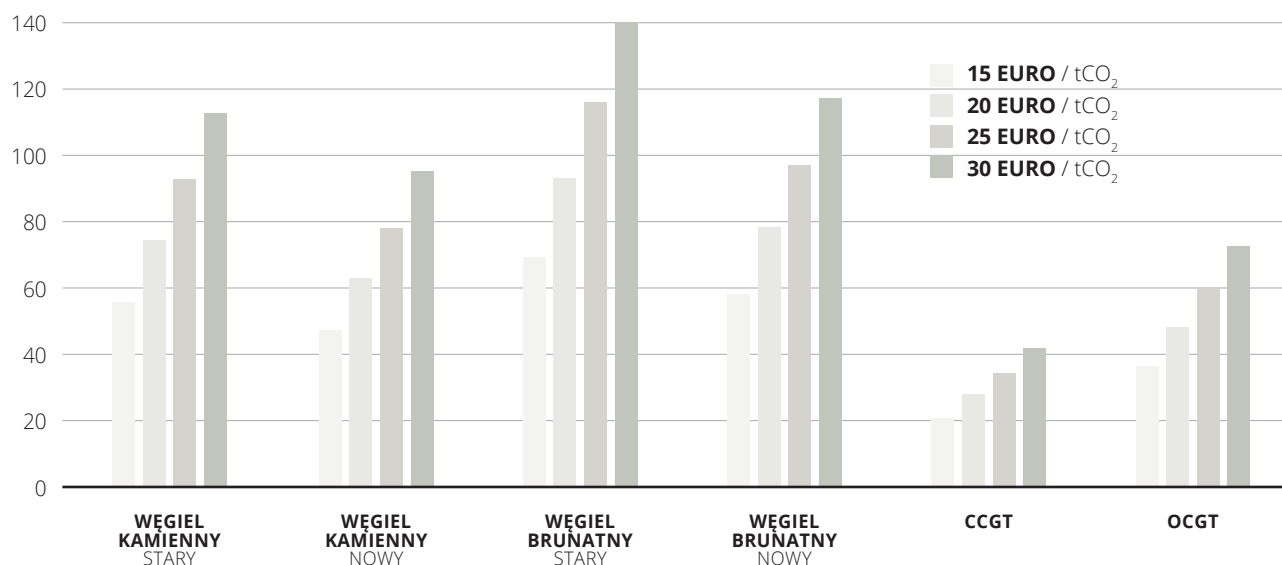
RYS. 22. **PRODUKCJA I KONSUMPCJA WĘGLA BRUNATNEGO**
W POLSCE [TYS. TON]



Źródło: Eurostat

Jak wskazano w Tab. 3, produkcja energii elektrycznej w Polsce w ok. 26 proc. opiera się o WB. Unijna polityka energetyczno-klimatyczna zakłada redukcję emisji CO₂ w długim horyzoncie. Węgiel brunatny w porównaniu do innych wiodących paliw kopalnych używanych w energetyce cechuje się największą emisją jednostkową w odniesieniu do wytworzonej energii elektrycznej. Spowodowane jest to głównie o wiele niższą kalorycznością paliwa (około 8 MJ/kg [KOBiZE]). Rys. 23 obrazuje koszt emisji ze źródeł opalanych WKE i WB, a także źródeł gazowych (CCGT i OCGT), gdzie źródła opalane WB ponoszą najwyższy koszt emisji, z uwagi na emisyjność jednostkową. Powyższe prowadzić będzie do odchodzenia od mocy opalanych WB w horyzoncie lat 2030 i 2040.

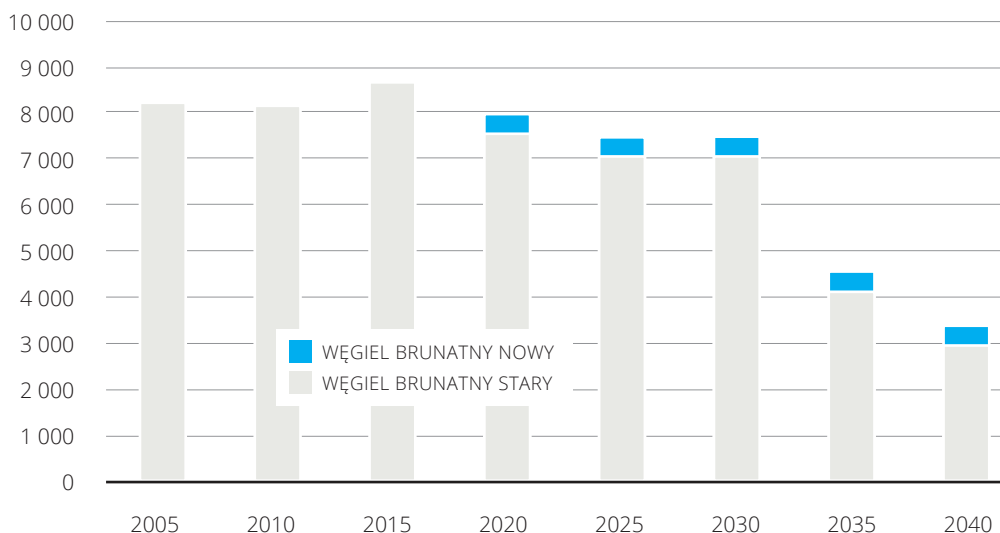
RYS. 23. **KOSZTY EMISJI W PODZIALE NA JEDNOSTKI**
[PLN/MWhe]



Źródło: Opracowanie własne na podstawie KOBiZE

Jak wskazano w Tab. 3, produkcja energii elektrycznej w Polsce w ok. 26 proc. opiera się o WB. Unijna polityka energetyczno-klimatyczna zakłada redukcję emisji CO₂ w długim horyzoncie. Węgiel brunatny w porównaniu do innych wiodących paliwa kopalnych używanych w energetyce cechuje się największą emisją jednostkową w odniesieniu do wytworzonej energii elektrycznej. Spowodowane jest to głównie o wiele niższą kalorycznością paliwa (około 8 MJ/kg [KOBiZE]). Rys. 23 obrazuje koszt emisji ze źródeł opalanych WKE i WB, a także źródeł gazowych (CCGT i OCGT), gdzie źródła opalane WB ponoszą najwyższy koszt emisji, z uwagi na emisyjność jednostkową. Powyższe prowadzić będzie do odchodzenia od mocy opalanych WB w horyzoncie lat 2030 i 2040.

RYS. 24. **PROGNOZA MOCY OSIĄGALNEJ NETTO ŹRÓDEŁ WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ WG TECHNOLOGII - PEP2040 [MW]**



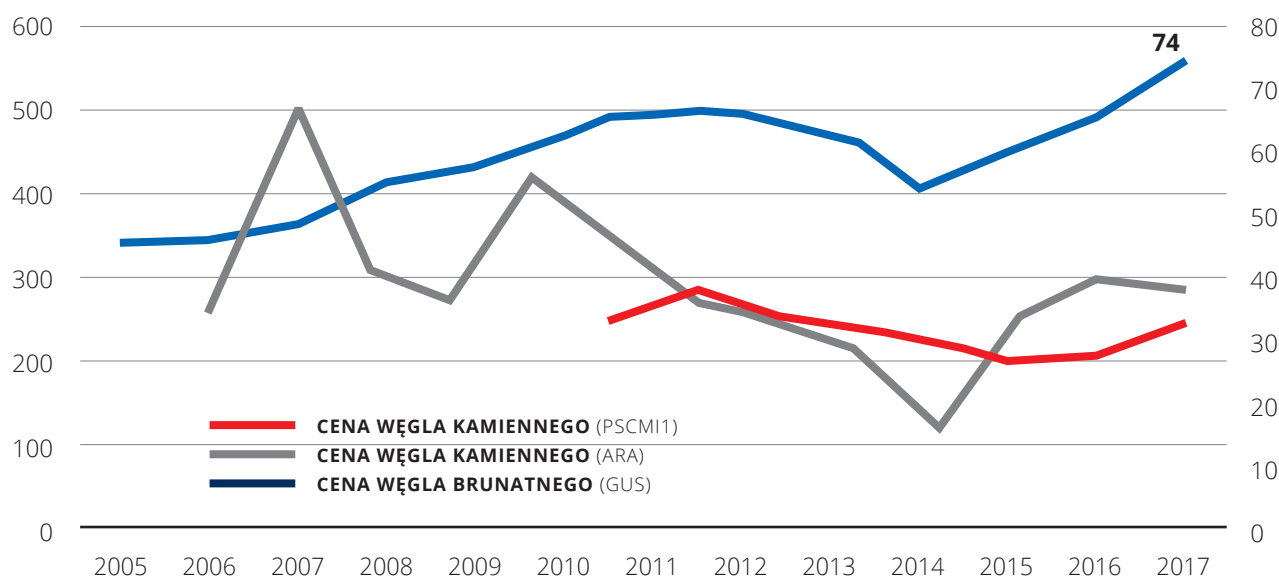
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Ministerstwa Aktywów Państwowych

Z powyższego wykresu można wnioskować, że blok o mocy 460 MW w Turowie będzie ostatnim blokiem na węgiel brunatny w Polsce.

PROGNOZA CEN WĘGLA BRUNATNEGO

Profesor Kazimierz Czopek oraz doktor Beata Trzaskuś-Żak w publikacji „Koszty i ceny węgla brunatnego w warunkach rynkowych” postulują, że cena węgla brunatnego oscyluje wokół 50 PLN/t paliwa, czyli około 6 PLN/GJ. Natomiast Zbigniew Kasztelewicz w publikacji „Raport o stanie branży węgla brunatnego w Polsce i w Niemczech wraz z diagnozą działań dla rozwoju tej branży w I połowie XXI wieku” twierdzi, że ceny węgla brunatnego są niewrażliwe na ceny rynkowe. W prognozowaniu cen węgla brunatnego warto jednak zestawiać je z cenami węgla kamiennego (Rys. 25).

RYS. 25. **CENY WĘGLA BRUNATNEGO – PRAWA OŚ, ORAZ WĘGLA KAMIENNEGO – LEWA OŚ [PLN/MG]**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS, stooq.pl, ARP

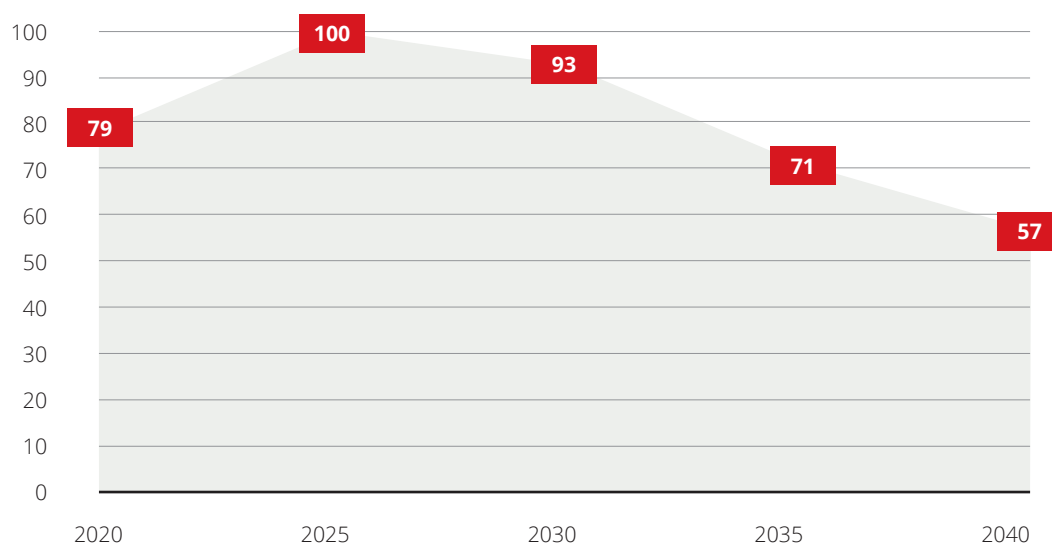
Powyższe dane pozwalają wnioskować, że o ile do roku 2012 ceny węgla brunatnego nie wykazywały wrażliwości na ceny rynkowe węgla kamiennego, o tyle od roku 2012 można zauważyć zbieżność tendencji ceny WB z ceną węgla ARA (w latach 2012-2017, współczynnik korelacji Pearsona rzędu 89 proc.) oraz z ceną WKE w Polsce (rok 2018).

Podwyżki cen węgla kamiennego stwarzać będą przestrzeń do zwiększenia cen węgla brunatnego, do poziomu zrównania kosztów energii elektrycznej (z uwzględnieniem kosztu CO₂) z obu paliw. **Można więc wnioskować, że ceny węgla brunatnego w Polsce będą w przyszłości (w tym w horyzoncie roku 2025) reagować w podobny sposób do cen węgla kamiennego**, przy zachowaniu powyższej zależności co do poziomów kosztu wytwarzania energii elektrycznej (paliwo oraz CO₂). Spadek cen w długim okresie (horyzont roku 2040) wynika przede wszystkim ze spadku produkcji energii elektrycznej z WB, warunkowanego polityką energetyczno-klimatyczną UE. Najbardziej prawdopodobny scenariusz to brak impulsów na wzrost ceny po roku 2025, z uwagi na:

- brak inwestycji w nowe kopalnie odkrywkowe WB w Polsce (gdzie kluczowym czynnikiem mogącym powodować wzrost ceny WB mogłaby być amortyzacja nakładów inwestycyjnych na nowe kopalnie);
- spadek podaży WB (na skutek przewidywanego wyczerpania zasobów w obecnych złożach), który korelując ze spadkiem produkcji energii elektrycznej z tego paliwa, nie będzie źródłem presji na wzrost cen WB w Polsce.

Dolną granicą ceny WB będzie poziom kosztów wydobycia.

RYS. 26. **PROGNOZA CENY WĘGLA BRUNATNEGO [PLN/MG],**
CENY STAŁE ROKU 2020



Źródło: Opracowanie własne IJ

PALIWO RDF JAKO UZUPEŁNIENIE I ALTERNATYWA DLA PALIW KOPALNYCH W POLSCE

Najważniejsze wnioski:

1. **RDF wpasowują się w model gospodarki o obiegu zamkniętym, preferowany przez Unię Europejską.** Ponieważ są mniej emisyjne od WKE, mogą być dobrym paliwem przejściowym.
2. Obecnie występuje ośmio-dziesięciokrotna nadpodaż RDF, co powoduje, że jest to paliwo o cenie zerowej, a nawet ujemnej (dopłaty za przyjęcie do spalania). Długofalowo, można oczekiwać zwiększenia ceny RDF do poziomu kosztów produkcji.
3. Wielopaliwowe elektrociepłownie mogące wykorzystać RDF pojawiają się już w Polsce, np. wybudowana przez Fortum EC Zabrze o mocy 75 MWe oraz 140 MWt, zaopatrująca w prąd i ciepło ok. 70 tys. gospodarstw domowych, a jednocześnie zmniejszająca emisyjność dwutlenku węgla nawet jedenaście, a dwutlenku siarki nawet siedem razy.

Alternatywą i uzupełnieniem dla paliw kopalnych wykorzystywanych obecnie w polskiej gospodarce (WKE, RN, GZW, WB) może być paliwo RDF⁴, czyli paliwo powstałe z odpowiednio przetworzonej frakcji palnej odpadów przemysłowych lub komunalnych, nienadających się do recyklingu.

Paliwo RDF wpisuje się w unijny model gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), w ramach której hierarchia postępowania z odpadami preferuje spalanie ponad składowanie odpadów. Należy przy tym zaznaczyć, że w ramach hierarchii postępowania z odpadami, najbardziej preferowanym podejściem jest zapobieganie powstawaniu odpadów, a następnie ponowne wykorzystanie produktów (np. poprzez naprawę) oraz recykling materiałów i bio-recykling. Inne procesy odzysku (w tym spalanie) plasują się w obszarze mniej pożądanym metod, będąc jednakże bardziej pożądanymi niż składowanie.

Według danych GUS za 2018 r., w Polsce wytworzono ok. 12,5⁵ mln Mg odpadów komunalnych, z których ok. 43 proc. było składowanych, a ok. 30 proc. poddano recyklingowi⁶. Pozostałe 27 proc. to odpady, które powinny zostać poddane procesom odzysku, w tym spalania. Według szacunków na koniec 2019 r., podaż zalegających w Polsce odpadów nadających się do przetworzenia w RDF to ok. 20-27 mln Mg⁷, przy średniej rocznej podaży rzędu 3,3-4,5 mln Mg. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r.

4. Ang. *refuse-derived fuel*, tj. paliwo uzyskane z odpadów.

5. Należy zaznaczyć, że z uwagi na zjawisko porzucania odpadów oraz tworzenia dzikich wysypisk w Polsce, wartość ta może być niedoszacowana nawet o ok. 2-4 mln Mg, por. <https://portalkomunalny.pl/spalarnia-w-kazdym-wojewodztwie-miliony-ton-opadów-czekaja-396769/>

6. Należy przy tym zaznaczyć, że cel w zakresie recyklingu odpadów komunalnych na rok 2020 to 50 proc., na rok 2025 to 55 proc., na rok 2030: 60 proc. oraz na rok 2035: 65 proc. (por. zapisy dyrektywy unijnej 2018/851 oraz 3b ust. 1. Znowelizowanej Ustawy z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach).

7. Wartość będąca efektem sześciolatniej akumulacji. Por. <https://portalkomunalny.pl/spalarnia-w-kazdym-wojewodztwie-miliony-ton-opadów-czekaja-396769/>



w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach, w Polsce obowiązuje zakaz składowania odpadów o cieple spalania powyżej 6 MJ/kg suchej masy, co w praktyce implikuje konieczność spalania tych odpadów z odzyskiem energii.

Należy także zaznaczyć, że w związku z polityką energetyczno-klimatyczną Unii Europejskiej, należy spodziewać się redukcji wolumenu zużycia WKE w Polsce, w tym w polskiej elektroenergetyce (m.in. z uwagi na emisyjność CO₂ w wyniku spalania WKE). **W tym kontekście RDF jawi się jako paliwo mogące stanowić przejściowe uzupełnienie miksu elektroenergetycznego**, z uwagi m.in. na niższą emisyjność (ok. 50 proc. emisyjności CO₂ względem paliw węglowych⁸, oraz niższe dopuszczalne standardy emisyjności innych substancji – patrz Tab. 4), a także lokalną dostępność.

Paliwo RDF może być stosowane zarówno w dużych obiektach spalania, jak i w przypadku obiektów mniejszej mocy, w tym lokalnych w ciepłowniach i elektrociepłowniach.

TAB. 4. **STANDARDY EMISJI INSTALACJI WYKORZYSTUJĄCYCH ODPADY ORAZ PALIWA WĘGLOWE**

Standard emisji [mg/m ³]	Odpady	Węgiel (źródła istniejące)	Węgiel (źródła 20 - 50 MW) przed 1987 r.	Węgiel (źródła nowe)
Dwutlenek siarki	50	200-400	400	150
Tlenki azotu	200	200-300	400	150-200
Pył	10	20-30	30	10

Źródło: Rozporządzenie Ministra Środowiska z 1 marca 2018 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki związane z wymogami w zakresie gospodarki odpadami, a także emisji CO₂ w Polsce, w średnim oraz dłuższym terminie **należy spodziewać się wzrostu zapotrzebowania w zakresie możliwości realizacji procesów spalania odpadów, w tym zwłaszcza odpadów przetworzonych do formy paliwa RDF.**

W chwili obecnej paliwo RDF wykorzystywane jest przede wszystkim w polskich cementowniach oraz po części w spalarniach odpadów komunalnych. Roczne moce tych instalacji przedstawia Tab. 5.

8. Dane na podstawie BMH Technology

TAB. 5. **ISTNIEJĄCE I PLANOWANE MOCE INSTALACJI ZDOLNYCH DO SPALANIA RDF W POLSCE**

MOCE ISTNIEJĄCE	MOC PRZEROBOWA [MG/ROK]	TYP PALIWA
Lafarge Kujawy	183 000	RDF
Cementownia Rudniki	46 000	RDF, osady ściekowe
Cementownia Odra	26 000	RDF
Cementownia Góraźdze	260 000	RDF
Cementownia Małogoszcz	197 000	RDF, opony
Cementownia Sitkówka	146 000	RDF, opony
Cementownia Ożarów	190 000	RDF
Cementownia Rejowiec	40 000	RDF
Cementownia Chełm	312 000	RDF
RAZEM CEMENTOWNIE	1 400 000	
ZUO Szczecin	150 000	RDF, odpady komunalne
ZTPO Bydgoszcz	180 000	RDF, odpady komunalne
ITPOK Poznań	210 000	RDF, odpady komunalne
ZTUO Konin	94 000	RDF, odpady komunalne
Fortum Zabrze	250 000	RDF, współspalanie
ZTPO Kraków	220 000	RDF, odpady komunalne
Warszawa	40 000	odpady komunalne
PGE Rzeszów	100 000	RDF, odpady komunalne
ZUOK Białystok	120 000	RDF, odpady komunalne
RAZEM SPALARNIE ODPADÓW KOMUNALNYCH	1 364 000	
RAZEM MOCE ISTNIEJĄCE	2 664 000	
MOCE PLANOWANE W HORYZONCIE ROKU 2025	MOC PRZEROBOWA [MG/ROK]	TYP PALIWA
ZUOK Warszawa	305 000	RDF + odpady komunalne
ZU Gdańsk	160 000	RDF
ZGUO Olsztyn	110 000	RDF
RAZEM	575 000	

Źródło: opracowanie własne

Jak wskazano wcześniej, szacowana **podaż odpadów nadających się do przetworzenia w paliwo RDF to ok. 20-27 mln Mg, co stanowi ośmio-dziesięciokrotność zaprezentowanych w Tab. 5 mocy przerobowych**, pozwalających na spalanie tego paliwa. W związku z powyższym, w średnim okresie najbardziej prawdopodobna jest kontynuacja sytuacji obserwowanej obecnie, tj. zjawisko dopłat ze strony instalacji komunalnych (dawn. RIPOK) dla instalacji spalania (głównie cementownie) za przyjęcie odpadów do ich termicznego przetworzenia (por. raport Prezesa UOKiK „Badanie rynku usług związanych z zagospodarowaniem odpadów komunalnych w instalacjach w latach 2014-2019” z maja 2020 r.). W tym kontekście, **paliwo RDF jest obecnie paliwem o niejako zerowej lub ujemnej cenie**. W dłuższym horyzoncie, po zagospodarowaniu nadpodaży odpadów nadających się do spalania, można spodziewać się stopniowego wzrostu cen paliwa RDF do poziomu kosztów produkcji tego paliwa w wyspecjalizowanych instalacjach.

RDF zaczynają już być wykorzystywane w polskim sektorze produkcji energii. Pionierami w tym obszarze była grupa Fortum, która uruchomiła elektrociepłownię (EC) w Zabrzu. EC Zabrze jest pierwszą w Polsce instalacją wielopaliwową posiadającą możliwość spalania RDF (pozostałe paliwa to węgiel kamienny oraz biomasa). Instalacja o mocy 75 MWe oraz 140 MWt (przy 225 MW wsadu w paliwie) kosztowała 870 mln PLN i została oddana do użytku we wrześniu 2018 r. Roczna zakładana produkcja to 730GWh ciepła oraz 550GWh energii elektrycznej, co pozwoli zaopatrywać w prąd i ciepło ok. 70 tys. gospodarstw domowych. Szacowana roczna zdolność spalania RDF to nawet 500 000 Mg⁹.

Według obserwacji Fortum w EC Zabrze, stosowanie RDF doprowadzi do jedenastokrotnego spadku emisji pyłów i siedmiokrotnego spadku emisji dwutlenku siarki, co jest szczególnie istotne w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym w Polsce, a także w kwestii ochrony środowiska poprzez zmniejszenie emisji.

9. Dla mocy 225 MW w paliwie, przy założeniu 7500 h pracy oraz wartości opałowej RDF 12 GJ/Mg.

WPŁYW SEKTORÓW PALIWOWEGO I ENERGETYCZNEGO NA GOSPODARKĘ

Branża paliwowo-energetyczna w Polsce stoi w obliczu ważnych decyzji związanych z transformacją polskiego mixu nośników energii w horyzoncie 2040 i 2050 roku. Potrzeba transformacji wynika głównie z uwarunkowań polityki energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej, dążącej do minimalizacji (docelowo redukcji) emisji ze spalania paliw kopalnych.

Z przedstawionych w raporcie prognoz wynika, że znaczenie paliw kopalnych w Polsce (w tym w elektroenergetyce) ulegnie zmianie, z przesunięciem punktu ciężkości z paliw węglowych w kierunku gazu ziemnego jako paliwa przejściowego o niższej emisyjności.

Obok gazu, uzupełnieniem polskiego mixu energetycznego może być w pewnym stopniu paliwo RDF. W przypadku ropy naftowej – o znikomym zużyciu w elektroenergetyce, lecz o kluczowym znaczeniu dla przemysłu – można spodziewać się spadku zapotrzebowania w związku z ostrzejszą polityką klimatyczną, rozwojem elektromobilności i poprawą recyklingu plastików.

Powyższe uwarunkowania rodzą pytanie o wpływ tendencji rozwojowych obserwowanych dla sektora paliw i energii na sektor przemysłowy, a tym samym na polską gospodarkę. W tym kontekście, w ramach niniejszego rozdziału przedstawiono zagadnienia związane z miejscem produkcji energii elektrycznej w gospodarce oraz propozycję, w jaki sposób branża powinna się rozwijać, aby wspierać rozwój gospodarczy Polski.

KLUCZOWE WNIOSKI:

- **Inwestycje w polską energetykę, szczególnie nakłady publiczne, powinny w jak największym stopniu wrócić do polskich przedsiębiorstw.** W przypadku konieczności importu technologii, zalecane jest dokonanie jej transferu, na tyle, na ile jest to możliwe.
- **Niezbędne inwestycje w obszarze energetyki (związane ze zmianą struktury paliwowej), do 2040 r., będą kosztować ok. 400 mld zł, zgodnie z PEP2040.** Wzrost PKB wynikający z nich wyniesie od 75 do 80 proc. kwoty. Jednakże, odpowiedni dobór technologii zaproponowany przez autorów niniejszego opracowania, promujący rodzime przedsiębiorstwa, będzie kosztował ok. 250 mld PLN, a przełoży się na zwiększenie PKB do 2040 r. o 195-205 mld PLN, co oznacza, że 77-82 proc. wartości inwestycji pozostanie w kraju.

- Produkcja energii elektrycznej w roku 2040 wyniesie ok. 220 TWh.
- **Struktura nowego miksu elektroenergetycznego musi zapewnić stabilne dostawy energii** o odpowiednich parametrach jakościowych¹⁰ do obszaru przemysłu. Inwestycje w energetyce powinny odbywać się z korzyścią dla polskich firm, a tam, gdzie konieczna jest współpraca z zagranicznymi przedsiębiorstwami, pożądany jest przynajmniej częściowy transfer technologii.
- **Gros nowych inwestycji w obszarze energetyki powinno znajdować się w obszarze morskiej energetyki wiatrowej oraz bloków gazowych**, które ponadto pozwalają zatrzymać jak największy odsetek inwestycji w rodzimych firmach.
- Budowanie pozycji konkurencyjnej w przetwórstwie przemysłowym, w długim okresie, będzie miało delikatnie pozytywny wpływ na produkcję energii elektrycznej, aczkolwiek należy się wystrzegać gwałtownego wzrostu produkcji energii.
- Sztuczne zwiększanie produkcji energii, bez zapotrzebowania ze strony gospodarki, jest dla tejże niekorzystne.

W niniejszym raporcie, szczególnie ważne jest wykazanie relacji między produkcją i zapotrzebowaniem na energię elektryczną oraz kondycją sektora przemysłowego (wartość dodana przetwórstwa) lub wzrostem gospodarczym. Przegląd literatury, znajdujący się w aneksie metodycznym wskazuje, że relacja taka występuje. Jej siła i kierunek zależą od stopnia rozwoju danego państwa, jego zasobności w surowce (czy jest importem, czy eksporterem) i okresu objętego analizą.

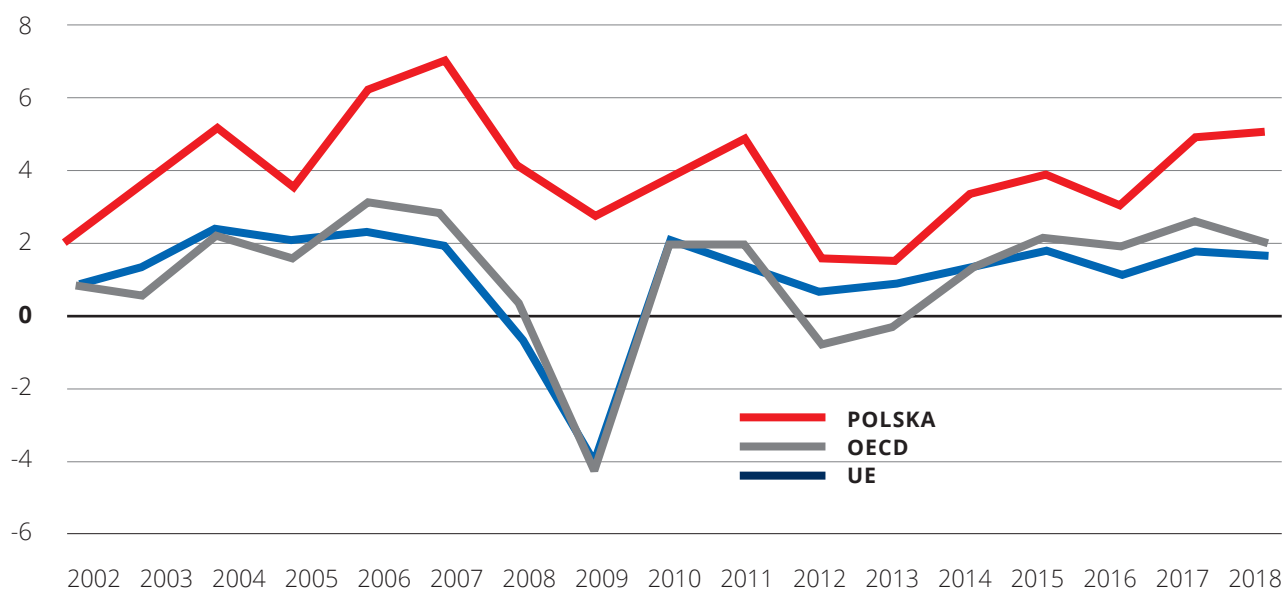
Ponadto, **literatura wskazuje, że dziewięć krajów, w tym Polska, wykazuje zależność między konsumpcją energii z OZE a wzrostem PKB**, a także, że konsumpcja wpływa na wzrost PKB zarówno krótko jak i długoterminowo, ale odwrotną relację w krajach rozwiniętych można zaobserwować jedynie krótkoterminowo.

10. W przypadku energii elektrycznej, kluczowymi parametrami jakościowymi jest częstotliwość oraz napięcie.

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA POLSKIEJ GOSPODARKI

Polska cieszy się silnym wzrostem gospodarczym, utrzymującym się nawet mimo negatywnych tendencji na rynkach światowych, co pokazuje Rys. 27. W całym okresie objętym analizą osiągnęliśmy wyższe tempo wzrostu niż kraje UE oraz OECD, utrzymując się powyżej średniej nawet w trudnych okresach kryzysów gospodarczych. Bardzo istotne jest to, że w ciągu ostatnich 20 lat ani razu nie doświadczyliśmy spadku gospodarczego. Ogólna ocena potencjału polskiej gospodarki oraz jej możliwości konkurencyjnych każe przypuszczać, że w najbliższych latach wzrost PKB powyżej średniej będzie się utrzymywał. Szczególnie wartościowe dla Polski mogą być sektory komunikacji i technologii komputerowych oraz *high-tech*. W obu, zgodnie z opracowaniem Lachowicza (2019) Polska posiada przewagę konkurencyjną, ale się w nich nie specjalizuje, zamiast tego koncentrując się na sektorach paliwowym, handlu i usługach wspierających. Ewentualne skupienie się na sektorach *high-tech*, przetwórstwie przemysłowym oraz cyfrowym, wywoła presję na sektor produkcji energii, która powinna w analizowanej perspektywie także wzrosnąć.

RYS. 27. WZROST PKB POLSKI A OECD I EU, %, RDR

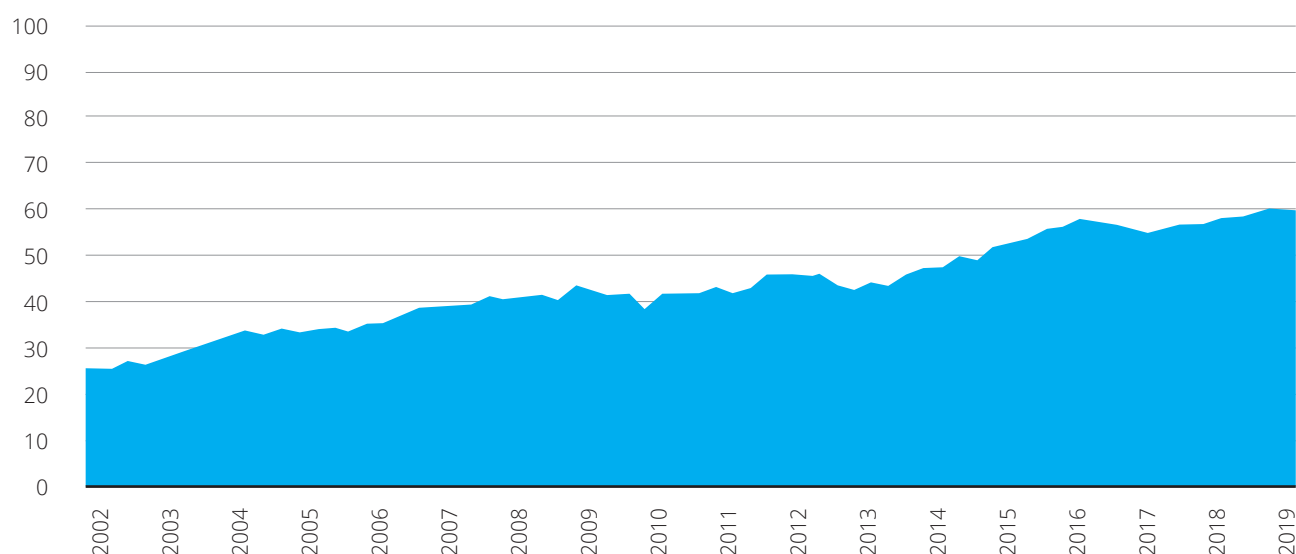


Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS

Polski sektor przemysłowy rozwija się dynamicznie, a wartość dodana kluczowego sektora przetwórstwa ciągle rośnie, co pokazuje Rys. 28. Oznacza to, że polska gospodarka jest coraz bardziej konkurencyjna i przesuwana się w górę łańcuchów wartości, a jednocześnie efekt ten nie wynika ze zmian wartości pieniądza, czy chwilowo zwiększonego popytu na polskie towary. Należy zatem sądzić, że polski przemysł będzie wykazywał rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną. Jak wskazuje Rys. 29 stabilnie rośnie także popyt krajowy, między innymi z uwagi na rozbudowaną politykę transferów społecznych, która przełożyła się na wzrost konsumpcji. Oznacza to zwiększone zapotrzebowanie na towary i usługi ze strony rynku rodzimego.

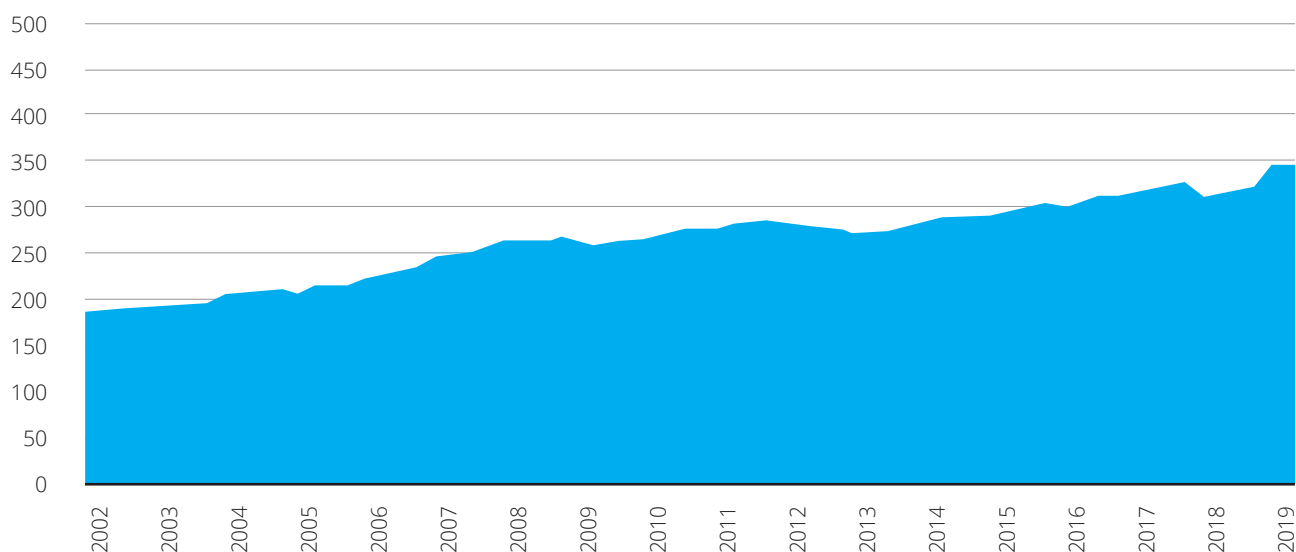
Silny rynek wewnętrzny zabezpiecza stabilność gospodarki, gdyż stanowi parasol ochronny przed wahaniami popytu zagranicznego wynikającego np. ze zmian kursu walutowego. Popyt wewnętrzny jest równie istotny jak eksport w budowie silnej pozycji konkurencyjnej. Wskazał to Krugman, krytykując oryginalne podejście Portera, które opierało się wyłącznie na eksporcie netto i traktowało państwo jako duże przedsiębiorstwo, podając za przykład USA z silnym rynkiem wewnętrznym i wysokim dobrobytem oraz Meksyk, skoncentrowany na eksporcie, który jednak nie przekładał się na dobrobyt obywateli. Dyskusja ta zapoczątkowała drugą falę badań nad konkurencyjnością, gdzie poza globalną siłą gospodarczą, liczy się też dobrostan obywateli.

RYS. 28. **WARTOŚĆ DODANA PRZETWÓRSTWA PRZEMYSŁOWEGO,
CENY STAŁE, MLD PLN, ODSEZONOWANE**



Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS

RYS. 29. **POPYT KRAJOWY, CENY STAŁE, MLD PLN,
ODSEZONOWANE**

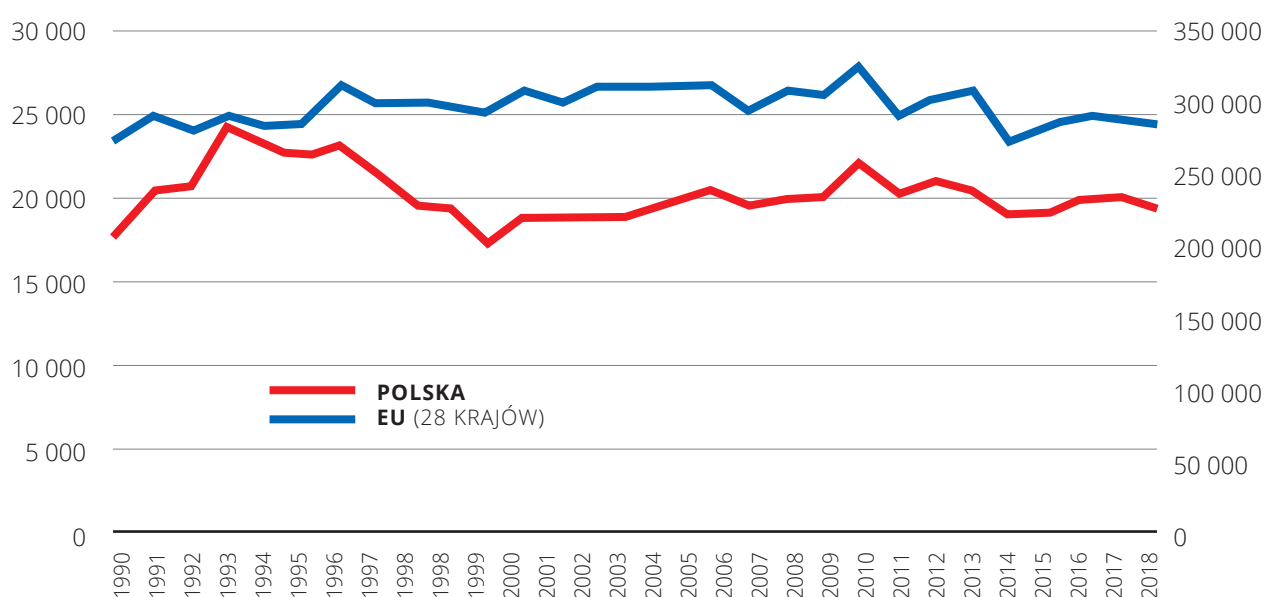


Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS

MODEL PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE

Budowany na potrzeby opracowania raport kładzie szczególny nacisk na sektor przemysłowy, także z uwagi na wymienione w poprzednim podrozdziale możliwe źródła przewagi konkurencyjnej Polski. Ponadto, to **przemysł generuje największy impuls popytowy na energię**. Konsumpcja gospodarstw domowych jest stosunkowo stabilna, co pokazuje Rys. 30 oraz przegląd literatury (aneks). Model, chociaż długookresowy, nie uwzględnia postępu technologicznego, z uwagi na niemożność precyzyjnego oddania jego wpływu na gospodarkę. Do technologii mogących mieć znaczny wpływ na rynek energetyki należy zaliczyć wodór oraz fuzję jądrową.

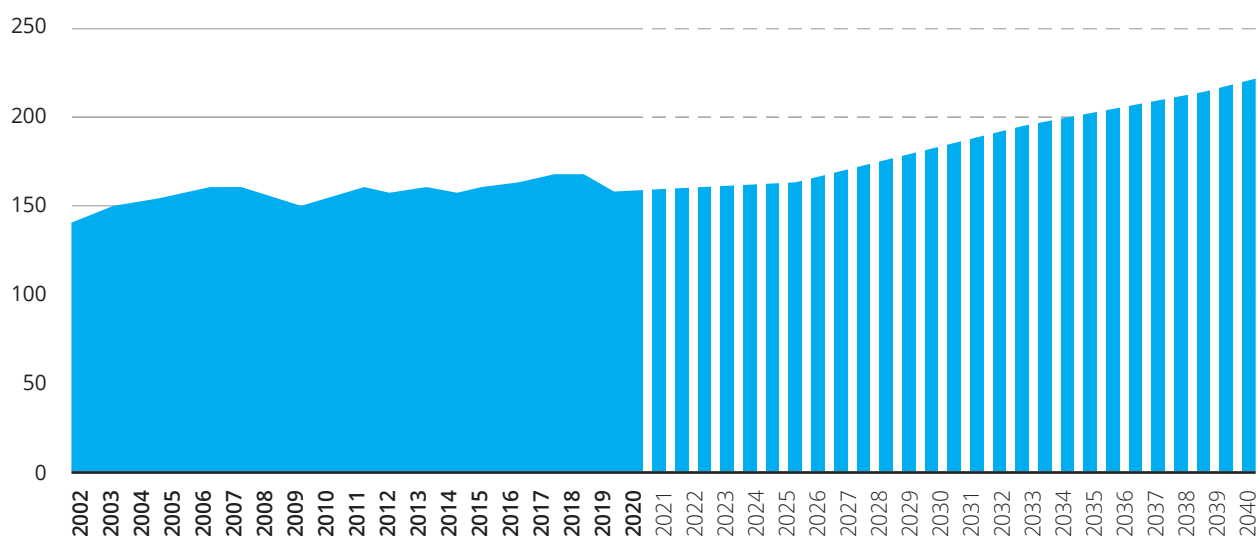
RYS. 30. **ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH NA TERENIE UNII EUROPEJSKIEJ, EKWIWALENT TON ROPY NAFTOWEJ W TYSIĄCACH. POLSKA: OŚ LEWA, EU: OŚ PRAWA.**



Zbudowany model bada relację między produkcją energii, wartością dodaną przetwórstwa przemysłowego oraz popytem krajowym. Przyjmuje się, że konsumpcja energii przez gospodarstwa domowe jest relatywnie stała (por. Rys. 30) zatem najistotniejsza dla zmian zapotrzebowania (którą musi pokryć produkcja) jest aktywność sektorów przemysłu i usług, z czego istotniejszy jest sektor przemysłowy. Kluczowym szeregiem jest tu sektor przetwórstwa przemysłowego, który obejmuje większość aktywności przemysłowej poza wydobywaniem surowców. Szczegóły dotyczące budowy modelu oraz przegląd literatury tematycznej znajdują się w załączniku metodycznym.

Wykonane modelowanie wskazuje, że **produkcja energii elektrycznej jest powiązana długookresową, stabilną relacją, ze zmiennymi wpływającymi na wzrost gospodarczy**, tj. popytem zagregowanym i produkcją przemysłową. Szczególnie istotne jest powiązanie z przemysłem, gdyż, tradycyjnie, jest to obszar, w którym występuje duży potencjał innowacyjny, powodujący postęp technologiczny, który z kolei w myśl niemal wszystkich modeli wzrostu jest podstawowym motorem wzrostu gospodarczego. Potwierdzona została hipoteza, że produkcja energii elektrycznej będzie dynamicznie rosła, z uwagi na rosnące zapotrzebowanie (Rys. 31). Dla kluczowych lat, wartości prezentują się następująco: 2025: 164 TWh, 2030: 185 TWh, 2035: 205 TWh oraz 2040: 220 TWh.

RYS. 31. **HISTORIA I PROGNOZA PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE,**
DANE ROCZNE, TWH



Źródło: opracowanie własne

Wyniki dokonanych na podstawie modelu analiz reakcji na impuls (nieprzewidziana zmiana w obszarze danej zmiennej, np. produkcji energii) wskazują na następujące zależności:

1. **Poprawa konkurencyjności polskiego przemysłu nie wpłynie natychmiastowo na zwiększenie produkcji energii.** Jest to wyjaśniane faktem, iż inwestycje w tym obszarze są czaso- i kapitałochłonne.
2. **Poprawa konkurencyjności polskiego przemysłu przełoży się na zwiększenie dochodu rodzimych firm oraz pracowników.** Wpłynie to pozytywnie na popyt, a częściowo wróci do przetwórstwa w formie innowacji oraz inwestycji. Ponadto, Polska winna coraz bardziej koncentrować się na konkurowaniu jakością oferowanych towarów, gdyż konkurowanie ceną jest domeną gospodarek słabiej rozwiniętych, a co więcej, jest nie do utrzymania w długim okresie.

3. Zwiększenie popytu samoistnie się napędza, zgodnie z teorią mnożnika konsumpcyjnego Keynesa. Drugim obszarem, na który wpływa popyt, jest wartość dodana polskiego przemysłu. Wpływ na produkcję energii jest niewielki i nieznacznie rośnie.
4. Nagłe zwiększenie produkcji energii krótkoterminowo wpłynie na popyt zagregowany, co można tłumaczyć zwiększeniem dochodów sektora produkcji energii, które rozlewają się po społeczeństwie zgodnie z zasadą mnożnika. Długookresowo, **szok w obszarze produkcji energii jest jednak dla przetwórstwa przemysłowego trwale niekorzystny, gdyż gospodarka nie posiada zdolności do nagłego wykorzystania zwiększonej produkcji.**

ZNACZENIE SEKTORA ENERGETYCZNEGO W GOSPODARCE. ROLA CEN PALIW

Jak wynika z wykonanego modelowania, **zapotrzebowanie i produkcja energii elektrycznej będą systematycznie rosnąć**. Wzrost ten może być dużo szybszy, jeżeli Polska stanie się miejscem inwestycji w obszarach *high-tech* i przetwórstwa przemysłowego, co zwiększy produkcję w tych sektorach na terenie kraju. Dostosowanie energetyki do zmieniających się warunków wymaga sporych inwestycji, które muszą być jednak przeprowadzane rozmyślnie, tak by zapewnić Polsce:

1. Stabilność dostaw na potrzeby przemysłu.

Szczególnie dotyczy to obszaru zaawansowanej technologii, którego produkty tradycyjnie są bardzo delikatne. Utrudnia to stosowanie OZE, z uwagi na okresy ciszy wiatrowej, chyba że rozwinięta zostanie technologia magazynowania nadwyżek, które będą mogły być uruchamiane bez opóźnień i przerw w dostawach. **W obszarze tym widać duże pole dla innowacji wodorowych**, które zgodnie z PEP2040 i KPEiK mają stanowić jedno z kół zamachowych polskiej technologii. Ewentualne rozwinięcie wykorzystania wodoru w wytwarzaniu energii do poziomu, w którym możliwy byłby eksport technologii stanowiłby wielki sukces polskiej gospodarki i był motorem wzrostu na długie lata.

2. Korzyści dla polskich przedsiębiorstw.

Inwestycje w energetykę, szczególnie w warunkach rekonwalescencji gospodarczej po pandemii koronawirusa powinny, w jak największym stopniu wrócić do kraju. Szczególnie dotyczy to kapitału pochodzącego ze środków publicznych. Warunek ten spełniają, poza blokami węglowymi, elektrownie wiatrowe, zarówno *offshore* jak i *onshore*, które – mimo ww. zastrzeżeń związanych z wykorzystaniem ich w przemyśle – mogą zostać z powodzeniem wykorzystane do pokrywania zapotrzebowania gospodarstw domowych, w całości lub w znacznej części. Technologia, w której Polska ma największe doświadczenie, tj. węgiel, jest, z uwagi na politykę klimatyczną UE, skazana na niebyt w dłuższym horyzoncie czasowym.

3. Transfer technologii.

W sytuacji, w której niemożliwe jest przeprowadzenie inwestycji wyłącznie przez firmy polskie, **ważne jest zapewnienie przynajmniej częściowego transferu technologii** od zagranicznego partnera tak, by w dalszej perspektywie czasowej, inwestycje mogły realizować i obsługiwać rodzime przedsiębiorstwa. Opracowanie zakłada występowanie takiego transferu.

Trajektoria planowanych inwestycji w energetykę, wynikająca ze zmiany miksu zaprezentowana została w PEP2040. Podążanie za założeniami rządowego opracowania wiąże się z wydatkami na poziomie mniej więcej 400 mld PLN w ciągu najbliższych 20 lat.

TAB. 6. **STRUKTURA CENOWA INWESTYCJI W RAMACH NOWEGO MIKSU, PEP2040, MLN ZŁ**

[mln PLN]	2020	2025	2030	2035	2040	
Konwencjonalne	49 988	22 734	4 459	62 255	37 217	
węglowe	39 655	9 619	0	1 234	1 918	52 426
gazowe	7 349	10 797	2 541	7 749	5 581	34 017
jądrowe	0	0	0	50 310	25 155	75 465
inne	2 984	2 318	1 918	2 963	4 562	14 745
OZE	37 763	27 602	48 126	40 424	61 168	
wodne	473	1 363	516	516	516	3 384
wiatrowe	25 654	7 921	32 108	23 667	43 108	132 457
fotowoltaiczne	8 617	9 271	7 134	12 122	12 203	49 347
biomasa	1 750	5 667	4 769	400	1 195	13 782
biogaz	1 264	3 380	3 599	3 720	4 145	16 108
Konwencjonalne + OZE	87 750	50 336	52 585	102 680	98 384	391 730

Źródło: opracowanie własne na podstawie PEP2040



Inwestycje zaproponowane przez PEP2040 będą miały znaczne przełożenie na polskie PKB, gdyż ich część trafi do rodzimych firm. Z uwagi na transfer technologii, którego zapewnienie jest niezwykle istotne, odsetek ten powinien rosnać w miarę upływu czasu. Wpływ na gospodarkę obliczyć można zgodnie z zasadą mnożników Keynesowskich (metodyka w aneksie).

Zakłada się mnożnik inwestycyjny w przedziale 1,5-1,6, zgodnie z literaturą i autorskimi wyliczeniami. **W przypadku miksu z PEP, w kraju pozostanie¹¹ od 75 do 80 proc. za inwestowanych środków.**

TAB. 7. **GÓRNE I DOLNE OSZACOWANIE WPŁYWU NA PKB**
DLA INWESTYCJI W RAMACH PEP2040, MLN ZŁ

2020	2025	2030	2035	2040
65 500,27	40 980,40	39 255,93	64 189,63	69 858,92
69 866,95	43 712,42	41 872,99	68 468,93	74 516,18

Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS

Jak zostało wykazane w poprzednich rozdziałach, **Polska jest i pozostanie biorcą cen, tak ropy naftowej, jak i gazu oraz węgla kamiennego.** Uniezależnienie gospodarki od dostaw surowców broni nie tylko przed zawirowaniami cenowymi, ale i presją, jaką mogą na nasz kraj wywierać ich dostawcy. Gaz ziemny i węgiel kamienny stosowane są przeważnie w energetyce i ciepłownictwie.

Ropa naftowa z kolei ma szersze zastosowania. Ropę i jej pochodne wykorzystuje się w transporcie, a także w przemyśle polimerowym. Rola jej, w przypadku gospodarek europejskich, będzie jednak maleć z uwagi na rozwój elektromobilności, co, połączone z obniżeniem emisyjności sektora energetycznego, będzie wpasowywać się w unijną strategię klimatyczną. Drugim czynnikiem wpływającym na rolę ropy naftowej jest planowany węglowy podatek graniczny, tzw. *carbon border tax*, który nałoży opłatę na produkcję dóbr poza UE oraz ich transport na teren wspólnoty, jeżeli łączna emisyjność całego proceduru będzie wyższa, niż wyprodukowanie towarów na terenie Unii.

11. Wpływ na PKB będzie na poziomie 80 proc. wysokości zainwestowanej kwoty. Realnie w gospodarce pozostanie mniej, owe 80 proc. należy dzielić przez 1,5-1,6.

Wreszcie, cała Unia, zgodnie z nowymi dyrektywami, ma osiągnąć wysokie poziomy re-cyklingu plastików jedno- i wielorazowych (do 2030 r., 90 proc. tworzyw sztucznych w Polsce ma być poddawanych recyklingowi). Wpłynie to negatywnie na zapotrzebowanie na ropę naftową generowane przez przemysł. Przedstawione w raporcie trajektorie cen surowców wpłyną na gospodarkę następująco:

- **Dla węgla kamiennego, jego wpływ na gospodarkę będzie coraz mniejszy**, co wynika z wyłączania kolejnych bloków węglowych działających w Polsce. IJ zakłada zmniejszenie mocy zainstalowanej bloków węglowych o 60 proc. w ciągu najbliższych 20 lat.
- Wzrost ceny WKE w 2025 r. może przełożyć się na niewielkie wzrosty cen energii elektrycznej, aczkolwiek z uwagi na drażliwość polityczną tematu i wybory w 2023 i 2025 r., mało prawdopodobne jest, by doszły one do skutku. Ponadto, ewentualną podwyżkę cen WKE może skompensować rosnące wykorzystanie RDF, które przez najbliższych kilka lat pozostanie paliwem bardzo tanim, wręcz darmowym.
- **Wzrost ceny gazu pozostanie bez większego wpływu na ceny energii** z uwagi na to, że jest on paliwem przejściowym między energetyką opartą o WKE i WB, a energetyką niskoemisyjną. W 2040 r. gaz będzie odpowiadał za około 14 proc. mocy zainstalowanej.
- **Wpływ cen ropy naftowej na gospodarkę będzie w początkowym okresie istotny**. Produkcja tworzyw sztucznych i gumy to obecnie około 8 proc. przetwórstwa przemysłowego, o przychodach ze sprzedaży przekraczających 85 mld PLN. Branża zatrudnia ponad 190 tys. osób. Polska odpowiada za ok. 6,8 proc. całkowitego zużycia tworzyw sztucznych w Unii Europejskiej. Z całego przetwórstwa, największe zapotrzebowanie na tworzywa sztuczne wykazuje sektor opakowań (35 proc.). Popyt w ciągu ostatnich ośmiu lat wzrósł bardzo dynamicznie, o 60 proc. do 1,2 mld ton (Kozera-Szałkowska, 2019).
- **Wahania spekulacyjne na rynku ropy naftowej mogą przełożyć się na konkurencyjność polskiego przetwórstwa przemysłowego** i doprowadzić do wzrostu cen opakowań, a także wpłynąć na sektory budowlany (24 proc. zużycia tworzyw sztucznych) i motoryzacyjny (10 proc.).
- Po wdrożeniu dyrektyw unijnych dotyczących gospodarki o obiegu zamkniętym i osiągnięciu wymaganego odsetka recyklingu opakowań (90 proc.), **mniej więcej w 2030 r. wpływ cen ropy naftowej na produkcję przemysłową znacząco zmaleje**.

- **Ceny ropy będą miały istotny wpływ na sektor transportowy, przynajmniej do momentu rozwoju elektromobilności.** Aby samochody elektryczne mogły konkurować ze spalinowymi konieczna jest rozbudowa infrastruktury szybkiego ładowania, tak, by mniej więcej pół baterii mogło zostać naładowane w nie więcej niż 15 minut. Wymuszanie na kierowcach długich postojów celem doładowania samochodu znacząco ograniczy wykorzystywanie silników elektrycznych w transporcie. Pojemność baterii przestaje być problematyczna, gdyż obecne baterie modelu S Tesli pozwalają na przejechanie ok. 600 km, czyli tyle, ile zapewnia pojemny bak w samochodzie spalinowym. W ciągu najbliższych kilku lat można spodziewać się dalszego rozwoju technologii, poszerzenia oferty o samochody terenowe i dalszy rozwój prac nad silnikami wodorowymi, które napędzają już niektóre modele aut.
- Przyjmując, że rozbudowa infrastruktury i poszerzanie oferty zajmą mniej więcej 10 lat, **w okolicach 2030 r. polski sektor transportowy stanie się dużo mniej zależny od cen ropy.** Szczególnie spalinowe samochody dostawcze mogą zostać zastąpione przez pojazdy elektryczne.
- W gałęzi osobowej, wiele zależy od walki z tzw. wykluczeniem komunikacyjnym niektórych obszarów, definiowanym jako brak stabilnych połączeń publicznych. Powoduje ono, że znaczna liczba gospodarstw domowych musi korzystać z samochodu. Jednocześnie, Polacy niechętnie kupują nowe auta, z uwagi na ich cenę. Aby zachęcić rodaków do przesiadki na samochody elektryczne, niezbędne może okazać się wsparcie ich zakupu dotacjami, a uzyskanie na nich środków unijnych powinno być istotnym punktem negocjacji w sprawie niskiej emisyjności, między Polską a UE.
- Mając na uwadze powyższe, przyjąć można, że **ceny paliw kopalnych będą mieć wpływ na polską gospodarkę do mniej więcej 2030 r.** Po tym okresie nastąpi znaczne uniezależnienie się od nich, z uwagi na:
 - wzrost odsetka opakowań z tworzyw sztucznych poddawanych recyklingowi;
 - rozwój elektromobilności wraz z infrastrukturą;
 - oparcie energetyki w większym stopniu na odnawialnych źródłach energii.

ANEKS METODYCZNY

UPROSZCZONY MODEL GOSPODARKI

Ekonomiści analizowali wpływ sektora energii na gospodarkę już w latach 70., z uwagi na potężny kryzys na rynkach ropy naftowej, który na tyle mocno zachwiał systemem z Bretton Woods, że doprowadził do jego upadku, wraz z całą koncepcją gwarantowania walut złotem. Zainteresowanie badaczy utrzymało się w latach 80. i na początku 90. Okres ten obfitował w turbulencje na rynku ropy związane z konfliktem iracko-irańskim i wojną w Zatoce Perskiej. Z tych najstarszych badań warto wymienić Krafta i Krafta (1974), którzy pokazali, że w przypadku gospodarki Amerykańskiej, w okresie 1949-1974 r. występuje przyczynowość w kierunku: produkt narodowy brutto → konsumpcja energii. Istnieją aczkolwiek dowody, że siła relacji była zależna od doboru długości szeregu czasowego poddawanego analizie.

Dla niniejszego raportu kluczowe są nowe opracowania, gdyż dopiero w latach 80. ekonomiści uzyskali warsztat pozwalający na badanie długookresowych własności szeregów czasowych. Do wniosków wyciąganych z analiz na poziomie pojedynczych gospodarek należą m.in.:

1. Potwierdzenie długoterminowego wpływu wszystkich rodzajów konsumpcji energii na wzrost gospodarczy oraz poziom cen oraz ustalenie, że konsumpcja gospodarstw domowych nie zależy od poziomu produkcji i cen (Hondroyannis, Lolos i Papapetrou, 2002, badanie dla Grecji). W opracowaniu dokonano istotnego rozdzielenia między całkowitą konsumpcją energii, konsumpcją przemysłową, a konsumpcją na użytek gospodarstw domowych. Rozróżnienie jest istotne, gdyż, historycznie, konsumpcja gospodarstw domowych pozostaje mniej więcej na stałym poziomie (Rys. 30). Z jednej strony zmniejsza się zapotrzebowanie poszczególnych urządzeń takich jak lodówki czy samochody, na energię, ale z drugiej zwiększa się łączna liczba urządzeń.
2. Potwierdzenie istnienia dwustronnej relacji przyczynowości pomiędzy konsumpcją energii i wzrostem gospodarczym, przy czym zależność wzrost → konsumpcja jest długoterminowa, a zależność konsumpcja → wzrost – krótkoterminowa (Shyamal i Bhattacharya, 2004, badanie dla Indii).

3. Występowanie jednostronnej przyczynowości w kierunku emisje CO₂ -> konsumpcja energii i jednocześnie brak przyczynowości w relacjach ze zmiennymi makroekonomicznymi: produkcją, pracą i inwestycjami (Soytas i Sari 2007, badanie dla Turcji).
4. Istnienie obustronnej, długookresowej zależności między konsumpcją energii, a wzrostem gospodarczym oraz konsumpcją, a rozwojem sektora finansowego (Tang i Tan, 2012, Malezja);
5. Występowanie długofalowej obustronnej relacji między PKB, a każdym większym źródłem energii, tj. klasycznymi elektrociepłowniami, wodą, atomem oraz źródłami odnawialnymi (OZE, fotowoltaika), co pokazał dla Włoch Magazzino (2012);
6. Istnienie relacji przyczynowości w rozumieniu Grangera – między produkcją ropy naftowej, a PKB oraz między wydobywaniem węgla, a PKB oraz braku wystarczających dowodów na istnienie odwrotnej zależności, a także relacji między PKB, a wydobywaniem gazu (Reynolds i Kołodziej, 2008, dla krajów byłego ZSRR).

Podane przykłady oraz wiele innych pozycji w literaturze wskazują na dwie przypadłości modelowania wpływu konsumpcji energii na wzrost gospodarczy i vice versa: dużą wrażliwość na długość szeregu czasowego użytego do analizy oraz na warunki geograficzne (inne wyniki w innych krajach). W związku z powyższym, dla wyciągnięcia ogólnych wniosków na temat wpływu energetyki na gospodarkę, warto sięgnąć po opracowania oparte o dane panelowe, tj. szeregi czasowe z kilku lokalizacji. Z opracowań tych można wnioskować m.in. w oparciu o:

1. Mahadevana i Asafu-Adjaye (2007), którzy analizując próbę kilkunastu krajów metodami kointegracji panelowej ustalili, że:
 - a) kraje rozwijające się i eksportujące energię cieszą się zwykle szeregiem subsydiów do cen energii, co skutkuje brakiem relacji między konsumpcją energii, a wzrostem;
 - b) kraje rozwinięte i eksportujące energię zwykle nie wpływają sztucznie na ceny energii, w związku z czym jej wykorzystanie jest bardziej efektywne, co przekłada się na obustronną relację przyczynowości;
 - c) w krajach importujących energię, konsumpcja wpływa na wzrost zarówno krótko- jak i długoterminowo, ale odwrotną relację w krajach rozwiniętych można zaobserwować jedynie krótkoterminowo.
2. Hossaina (2011), który badając próbę dziewięciu krajów rozwijających się w okresie 1971-2007, stwierdził, że:
 - a) między konsumpcją energii, a wzrostem gospodarczym nie ma długoterminowej zależności, natomiast występuje ona w krótkim okresie, w kierunku wzrost -> konsumpcja;
 - b) nie ma krótkoterminowych zależności między konsumpcją energii, a emisjami CO₂.

3. Marinasa i innych (2018), którzy w badaniu panelowym dla krajów Europy Środkowo-Wschodniej wskazują, że siedem krajów, w tym Polska, wykazuje długoterminową zależność między konsumpcją energii ze źródeł odnawialnych a wzrostem PKB.

Kończąc przegląd literatury, warto wspomnieć o zbiorczym opracowaniu Omriego (2014), który zbadał 48 opracowań i wskazał, że 29 proc. z nich popiera hipotezę wpływu konsumpcji energii na PKB, a kolejne 27 proc. dowodzi, że zachodzi sprzężenie zwrotne. Brak relacji między zmiennymi pokazuje 21 proc. artykułów.

Mając powyższe na uwadze, można przyjąć, że zależność między wzrostem gospodarczym, a konsumpcją energii istnieje, chociaż jej kierunek może być przedmiotem dyskusji. W opracowaniu przyjęto, że produkcja energii – z grubsza – służy pokryciu zapotrzebowania. Model ponadto nie uwzględnia progresu technologicznego, z uwagi na brak możliwości wiarygodnego prognozowania jego wpływu na gospodarkę, co zaznaczono we wstępie do rozdziału. W opracowaniu, tam, gdzie zasadne, zastosowano niewielkie korekty eksperckie, których celem było odwzorowanie realiów rynku, których nie uwzględniają szeregi czasowe.

Budowę modelu rozpoczęto od pozyskania właściwych danych z Głównego Urzędu Statystycznego. Dane dotyczące kursu walutowego euro – złotówka pozyskano z Europejskiego Banku Centralnego. Szeregi dla produkcji i zapotrzebowania na energię elektryczną za PSE. Ponieważ dane PSE mają częstotliwość roczną, niezbędne było dokonanie roszacowania na podstawie dziesięcioletniego szeregu zapotrzebowania na moc danego również przez PSE. Dane te mają częstotliwość godzinową, zatem możliwe było uzyskanie w miarę stabilnych parametrów kwartalnych. Dane dla gospodarki polskiej, podane w cenach bieżących skorygowano do poziomu cen stałych wykorzystując GUSowskie oszacowania inflacji. Wprowadzenie poprawki na wzrost cen jest niezbędne, by móc zmierzyć rzeczywiste zmiany danej zmiennej, chyba, że model zawiera osobny blok inflacyjny. Z bloku cenowego jednakże zrezygnowano z uwagi na konieczność wprowadzenia uproszczeń. *Lege artis*, sprzężenie inflacyjne powinno zostać uwzględnione, podobnie jak szereg innych bloków, jednakże modelowanie całości gospodarki jest zadaniem znacznie wykraczającym poza ramy niniejszego opracowania.

Powstały zbiór danych zawiera obserwacje kwartalne, począwszy od I kwartału 2002 r. do II kwartału 2019 r. Przed rozpoczęciem modelowania, dane zostały odsezonowane przy zastosowaniu procedury TRAMO-SEATS oraz zlogarytmizowane, co pozwala uwolnić się od jednostek oraz przeprowadzać dokładniejszą analizę z perspektywy ekonomicznej.

Przed zbudowaniem modelu sprawdzono, czy założenie dotyczące produkowania zgodnie z zapotrzebowaniem – choć uzasadnione literaturą – jest spełnione. W wykorzystywanym zbiorze danych PSE, zapotrzebowanie objaśnia produkcję z R2 na poziomie 0,94, a indeks zmienności czasowej Chouakri i Nagabhushana (2007) wskazuje na znaczną zbieżność szeregów. Można zatem przyjąć, że założenie jest prawdziwe. W przełożeniu na realia gospodarcze oznacza to, że kolejne jednostki produkujące energię budowane są zgodnie z długofalowymi prognozami wzrostu zapotrzebowania. Czas realizacji inwestycji jest znaczący, dlatego inwestycje należy rozpocząć z odpowiednim wyprzedzeniem. Krótkoterminowo, różnice w zapotrzebowaniu można wykorzystać importując lub eksportując energię, a także wykorzystując elektrownie szczytowo-pompowe. W przyszłości może być możliwe jej magazynowanie przy użyciu wodoru. W przypadku innych nośników energii, np. ropy naftowej niezbędnej do produkcji paliw samochodowych, są one importowane zgodnie z prognozowanym zapotrzebowaniem.

Pozostałe założenia koncepcyjne są następujące:

Produkcja przemysłowa, mierzona wartością dodaną sektora przetwórstwa przemysłowego, zależy od popytu krajowego oraz zagranicznego. Szereg na popyt krajowy jest znany, natomiast przyjmuje się, iż popyt zagraniczny na polską produkcję zależy od jej ceny, zatem jest powiązany z kursem walutowym. Jako kurs bazowy wybrano EUR-PLN, z uwagi na powiązania polskiego handlu zagranicznego, przede wszystkim, ze strefą Euro, na co wskazuje chociażby baza WIOT albo dane TradingEconomics. Pominięto jednocześnie aspekt konkurencyjności jakościowej, raz – z uwagi na trudności w obiektywnym oszacowaniu „jakości produktu”, dwa – ze względu na status podwykonawcy polskich firm w światowych łańcuchach wartości. Liczne opracowania analizujące konkurencyjność gospodarki polskiej, np. cykliczne opracowanie Weresy i innych; Berent i inni (2016); Geodecki i inni (2013) wskazują, że jest ona na etapie albo cenowym, albo przejściowym między konkurencyjnością cenową, a jakościową (dobra jakość za niewygórowaną ceną).

Zmienna EUR-PLN jest egzogeniczna z uwagi na trudności obiektywne przy próbach modelowania gospodarki strefy Euro, a także polityki monetarnej ECB oraz NBP. W analizie uwzględniono także, egzogenicznie, poziom zarobków w gospodarce narodowej będący miarą produktywności pracowników. Zmienna jest dana egzogenicznie, w przeciwnym przypadku bowiem, niezbędne byłoby modelowanie całego bloku płacowo-cenowego, a także czynników demograficznych, które należałoby rozbić na przyrost naturalny oraz migrację. Krótko- i średnioterminowo istotniejszy jest ten drugi, zwłaszcza, że jakiegokolwiek zmiany polityk państwa mające na celu zwiększenie demografii są procesem długotrwałym. Migrację szacuje się zwykle wykorzystując modele grawitacyjne, gdzie saldo migracji zależy od odległości między krajami oraz różnicy w poziomie

zarobków. Istnieją dowody na istnienie powiązania między produkcją przemysłową, a poziomem zarobków, np. Chakrabati (2003) wskazuje na istnienie długofalowej relacji między konkurencyjnością importową a średnią płacą w sektorze przemysłowym. Udowodnienie takowej relacji stanowi jednak temat na osobne opracowanie, szczególnie z uwagi na szereg wymienionych wyżej czynników, wpływających na przeciętne wynagrodzenie.

Produkcja energii zależy w znacznej mierze od zapotrzebowania, które generowane jest, przede wszystkim, przez sektor przemysłowy, a konkretnie przetwórstwo przemysłowe. Zużycie energii przez gospodarstwa domowe pozostaje na mniej więcej stałym poziomie, a rosnąca efektywność energetyczna urządzeń może powodować minimalny spadek, jednak oszczędności te są kompensowane wzrostem liczby urządzeń, na co wskazuje rysunek ... Przetwórstwo przemysłowe jest sektorem dobrze odwzorowującym kondycję gospodarki, a jednocześnie energochłonnym. Ewentualna trwała poprawa konkurencyjności Polski, przekładająca się na zwiększenie produkcji i wartości dodanej sektora przetwórstwa, czy też ulokowanie w kraju nowych zakładów produkcyjnych, w wyniku bezpośrednich inwestycji zagranicznych, niewątpliwie wymusi (o ile nie będzie to warunek) budowę nowych elektrowni.

Budowanie modelu rozpoczęto od testowania stacjonarności testem ADF, uzupełnianym testem KPSS. Pierwszy z testów jest testem podstawowym, podczas gdy KPSS stanowi dodatkowe potwierdzenie uzyskiwanych wyników, którą to rolę zresztą nadali mu sami autorzy (1992). Testy ADF/KPSS dla wszystkich analizowanych zmiennych wskazały, że występuje w nich pierwiastek jednostkowy. W związku z powyższym, kolejnym krokiem jest przetestowanie, czy między zmiennymi występują zależności kointegracji, co wykonane jest, zgodnie z konsensusem branżowym, przy użyciu procedury Johansena (1988, 1991). Testy wykonane przy użyciu pakietu *urca* dla języka R oraz programów *Eviews* i *Gretl* wskazują na obecność jednego wektora kointegrującego między zmiennymi poddawanych analizie, tj. produkcji energii, popytowi krajowemu i wartości dodanej przetwórstwa przemysłowego.

Mając powyższe na uwadze ustalono, że w zmiennych występuje relacja kointegracji, a zatem, zgodnie z twierdzeniem Grangera o reprezentacji, działa mechanizm korekty błędem (ang. *Error Correction Mechanism*, ECM), który jest szczególnie istotny w badaniu długoterminowych zależności między zmiennymi. W przypadku istnienia mechanizmu ECM, szoki w obrębie systemu ulegają wygaszeniu w odpowiednio długim okresie (por. Welfe, 2018). Zbudowany model *VEqCM* poza trzema zmiennymi współzależnymi (wartość dodana w przemyśle, popyt krajowy, produkcja energii) wykorzystuje dwie zmienne egzogeniczne (kurs EUR-PLN oraz średnie wynagrodzenie) i charakteryzuje się odpowiedziami na impuls danymi na wykresach ... Długość opóźnień w modelu wybrano przy użyciu kryterium Akaike, powszechnie uznawanego za najlepsze dla wszyst-

kich długości szeregów (por. Liem, 2004).

Struktura modelu VEqCM przedstawia się następująco:

standardowy model VAR $y_{(m)t} = \sum_{s=1}^S \pi_s y_{(m)t-s} + \xi_t$

można przekształcić w model VEqCM,

o ile występuje relacja kointegrująca, poprzez odjęcie

$y_{(m)t-1}$

co daje

$$\Delta Y_t = \pi Y_{t-1} + \sum_{s=1}^{S-1} \Gamma_s \Delta Y_{t-s} + \varepsilon_t$$

Równania za Welfe (2018).

ANALIZA MNOŻNIKOWA

Wykorzystanie mnożników w celu modelowania jest jednym z cenniejszych wkładów keynsizmu do analityki ekonomicznej. Idea wychodzi z założenia, że cała gospodarka jest systemem naczyń powiązanych, tj. decyzje jednych podmiotów oddziałują na inne. Chociaż modelowanie pojedynczych decyzji jest niemożliwe (przynajmniej nie narzędziami ekonomisty), to w skali makro możliwe jest statystyczne zagregowanie tychże.

Na poziomie całej gospodarki można wyodrębnić poszczególne mnożniki, które wskazują, o ile wzrośnie produkt krajowy, jeżeli nastąpi zwiększenie wydatków w pewnym obszarze. Należy do nich, między innymi mnożnik inwestycyjny dany wzorem 1). Wyprowadza się go z krańcowej skłonności do konsumpcji (MPC), która definiuje o ile wzrasta konsumpcja, gdy dochód wzrośnie o jednostkę. Konieczna jest tu poprawka na stopę opodatkowania oraz import, który nie stymuluje gospodarki bezpośrednio (pieniądze uchodzą za granicę).

$$1. \quad \frac{1}{1 - (MPC - MPI) \times (1 - t)}$$

Objaśnienie skrótów: MPI – krańcowa skłonność do importu; t – stopa opodatkowania; MPC – krańcowa skłonność do konsumpcji. Zgodnie z ww. metodyką, mnożnik został obliczony przez Łaskiego i innych (2012) przy użyciu wzoru 2) i wynosił 1,211 w 2009 r. Użycie podanej metodyki na aktualnych danych daje w przybliżeniu 1,55.

$$2. \quad \frac{1-m_x}{1-cp(1-m_{cp})}$$

Objaśnienie skrótów: cp – stosunek konsumpcji do PKB; m_{cp} – import na potrzeby konsumpcji prywatnej; m_x – import na potrzeby eksportu. Łaski z zespołem oszacowali także mnożnik wydatków państwowych (3) w latach 2006-2009 uzyskując wyniki między 1,6 a 1,7 (Łaski et al. 2010), co zostało potwierdzone obliczeniowo przez Ławędziaka (2017), którego analiza obejmuje lata 2008-2013.

$$3. \quad \frac{1-m_A}{1-cp(1-m_A)}, \text{ ma – importochłonność krajowej absorpcji.}$$

W niniejszym opracowaniu stosowanie samego mnożnika wydatków państwowych jest jednakże niemożliwe z uwagi na niemożność ustalenia, jaki odsetek inwestycji będą stanowiły inwestycje państwowe, a jaki prywatne. Wywiady z przedstawicielami PFR wskazują, że liczą oni na znaczny udział sektora prywatnego.

Mnożnik inwestycyjny został dodatkowo obliczony przez autorów niniejszego raportu przy użyciu 1). Wyznaczono krańcową skłonność do konsumpcji, importu oraz średnią stopę opodatkowania w społeczeństwie. W 2017 r. konsumpcja przełożyła się na 75,2 proc. PKB w roku 2018, co jest zgodne z trajektorią Lisa (2017). Krańcowy przyrost konsumpcji, wyniósł 56,3 proc. Stopa opodatkowania w 2018 r. wyniosła ok. 16,5 proc. Złożenie przyrostu importu do przyrostu PKB daje oszacowanie krańcowej skłonności do importu, na poziomie 13,4 proc. Podstawienie ww. pod 1) pozwala oszacować mnożnik inwestycyjny w wysokości 1,56. Przyjmuje się zatem, w oparciu o obliczenia oraz przegląd literatury, że mnożnik inwestycyjny w Polsce znajduje się w przedziale 1,5-1,6.

Wziętej do obliczeń skłonności do importu nie można odnosić bezpośrednio do energetyki. Tyczy się ona całej gospodarki, podczas gdy w obszarze energetyki występuje dużo większa zależność od importu technologii z zagranicy. Współczynnika w 1) nie można jednak arbitralnie zmienić. Problem ten rozwiązano macierzą współczynników importu dla danych rodzajów technologii. Horyzont analizy jest długi, zatem zakłada się stopniowy transfer. Wydatki rozdziela się na komponent zagraniczny, który jest uznawany za stracony dla gospodarki oraz składnik krajowy, który stymuluje gospodarkę zgodnie z mnożnikiem inwestycyjnym. Użyta w analizie macierz współczynników importowych przedstawiona jest w Tab. 8.

TAB. 8. **WSPÓŁCZYNNIKI IMPORTU**
TECHNOLOGII ENERGETYCZNYCH

Rok	2020	2025	2030	2035	2040
WK	0,34	0,28	0,23	0,18	0,14
WB	0,34	0,28	0,23	0,18	0,14
Atom	0,9	0,8	0,75	0,73	0,7
CCGT	0,41	0,3	0,25	0,23	0,2
Onshore	0,52	0,45	0,38	0,34	0,3
Offshore	0,7	0,6	0,55	0,52	0,5
Biomasa	0,43	0,36	0,29	0,24	0,2
PV	0,64	0,58	0,52	0,49	0,45

Źródło: opracowanie własne

BIBLIOGRAFIA

Anandarajah, G., McGlade Ch. (2012), *Modelling carbon price impacts on global Energy scenarios*, UCL Energy Institute.

D. Kwiatkowski, P. C. B. Phillips, P. Schmidt, and Y. Shin (1992), *Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root*, Journal of Econometrics 54, 159–178.

Davoust, R (2008), *Gas price formation, structure and dynamics*, IFRI.

Hammoudeh, S., Nguyen, D. K., & Sousa, R. M. (2014), *Energy prices and CO₂ emission allowance prices: A quantile regression approach*, Energy Policy, 70, 201–206.

Hondroyannis, G., Lolos, S., & Papapetrou, E. (2002), *Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece*, Energy Economics, 24(4), 319–336.

Kamyk, J., Kot-Niewiadomska, A. (2019), *Wydobycie i import. Struktura pokrycia zapotrzebowania na ropę naftową w Polsce w latach 1990-2017*, Przegląd Geologiczny, vol 67 nr 11, 2019.

Kozera-Szałkowska, A. (2019), *Rynek tworzyw sztucznych – produkcja, zapotrzebowanie, zagospodarowanie odpadów*, Polimery, 64, nr 11-12.

Łaski, K., Osiatyński, J., Zięba, J., 2010, *Mnożnik wydatków państwowych i szacunki jego wielkości dla Polski*, Materiały i studia Narodowego Banku Polskiego, Zeszyt nr 246.

Łaski, K., Osiatyński, J., Zięba, J., 2013, *Fiscal multipliers and factors of growth in Poland and the Czech Republic*, National Bank of Poland working paper No. 117.

Lachowicz, M. (2019), *Spatial approach to nations' competitiveness analysis*, Instytut Jagielloński.

Ławędzia, B., 2017, *Analiza mnożnika wydatków państwowych dla Polski w latach 2008-2013*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, nr 324.

Liew, Venus Khim-Sen, 2004, *Which Lag Length Selection Criteria Should We Employ?*, Economics Bulletin, AccessEcon, vol. 3(33), pages 1-9.

Lis, Ch. 2017, *Mnożnik inwestycyjny Keynesa w ocenie wpływu inwestycji w pogłębienie toru wodnego Świnoujście – Szczecin do 12,5m na gospodarkę Polski*, Problemy Transportu i Logistyki nr 1(37).

Liu, B. (1983), *Natural gas price elasticities*, Energy Economics, 5(3), 195–201.

Magazzino, C. (2012), *On the Relationship between Disaggregated Energy Production and GDP in Italy*, Energy & Environment, 23(8), 1191–1207.

Mahadevan, R., & Asafu-Adjaye, J. (2007), *Energy consumption, economic growth and prices: A reassessment using panel VECM for developed and developing countries*, Energy Policy, 35(4), 2481–2490.

Marinaş M-C, Dinu M, Socol A-G, Socol C (2018), *Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries*, PLoS ONE 13 (10).

MotingSu, Zongyi Zhang, Ye Zhu, DonglanZha, Wenying Wen (2019), *Data Driven Natural Gas Spot Price Prediction Models Using Machine Learning Methods*, Energies.

Mu, X. (2007), *Weather, storage, and natural gas price dynamics: Fundamentals and volatility*, Energy Economics, 29(1), 46–63.

Omri A. *An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country specific studies*, Renewable and Sustainable Energy 2014.

Paul, S., & Bhattacharya, R. N. (2004), *Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results*, Energy Economics, 26(6), 977–983.

Reynolds, D. B., & Kolodziej, M. (2008), *Former Soviet Union oil production and GDP decline: Granger causality and the multi-cycle Hubbert curve*, Energy Economics, 30(2), 271–289.

Sharif Hossain, M. (2011), *Panel estimation for CO₂ emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries*, Energy Policy, 39(11), 6991–6999.

Soytas, U., & Sari, R. (2009), *Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member*, Ecological Economics, 68(6), 1667–1675.

Tang, C. F., & Tan, B. W. (2012), *The linkages among energy consumption, economic growth, relative price, foreign direct investment, and financial development in Malaysia*, Quality & Quantity, 48(2), 781–797.

Welfe, A. (2018), *Ekonometria*, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne.

Zajdler, R (2012), *The future of gas pricing in long-term contracts in Central Eastern Europe*, Global market trends versus regional particularities, Instytut Sobieskiego.

Zhang, W., Yang, J., Zhang, Z., & Shackman, J. D. (2017), *Natural gas price effects in China based on the CGE model*, Journal of Cleaner Production, 147, 497–50.

Zhu, B., & Wei, Y. (2013), *Carbon price forecasting with a novel hybrid ARIMA and least squares support vector machines methodology*, Omega, 41(3), 517–524.

PALIWA I MOTORY WZROSTU GOSPODARCZEGO.

WPŁYW CEN SUROWCÓW
I PRODUKCJI ENERGII NA POLSKĘ



Instytut Jagielloński

ul. Marszałkowska 84/92 lok. 115
00-514 Warszawa

jagiellonski.pl
instytut@jagiellonski.pl

