



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

Authors' contribution/  
 Wkład autorów:  
 A. Study design/  
 Zaplanowanie badań  
 B. Data collection/  
 Zebranie danych  
 C. Statistical analysis/  
 Analiza statystyczna  
 D. Data interpretation/  
 Interpretacja danych/  
 E. Manuscript preparation/  
 Przygotowanie tekstu  
 F. Literature search/  
 Opracowanie  
 piśmiennictwa  
 G. Funds collection/  
 Pozyskanie funduszy

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: Q2,Q48, P28

Submitted:  
 November 2022

Accepted:  
 November 2022

Tables: 7  
 Figures: 5  
 References: 31

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Klasyfikacja JEL: Q2,Q48, P28

Zgłoszony:  
 listopad 2022

Zaakceptowany:  
 listopad 2022

Tabele: 7  
 Rysunki: 5  
 Literatura: 31

**THE USE OF THE HIERARCHICAL METHOD TO GROUP THE COUNTRIES OF THE EUROPEAN UNION ACCORDING TO THEIR ENERGY AND CLIMATE POLICIES ADOPTED ON THE BASIS OF DIRECTIVES OF THE EUROPEAN PARLIAMENT**

**WYKORZYSTANIE METODY HIERARCHICZNEJ W GRUPOWANIU KRAJÓW UNII EUROPEJSKIEJ POD WZGLĘDEM POLITYKI ENERGETYCZNO-KLIMATYCZNEJ PODEJMOWANEJ W OPARCIU O DYREKTYWY PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO**

Monika Ziolo<sup>(A,B,C,D,E,F)</sup>, Lidia Luty<sup>(A,B,D)</sup>

Department of Statistics and Social Policy, Hugon Kołłątaj University of  
 Agriculture in Kraków, Poland  
 Katedra Statystyki i Polityki Społecznej, Uniwersytet Rolniczy im Hugona  
 Kołłątaj w Krakowie, Polska

Citation:

Ziolo, M., Luty, L. (2023). The use of the hierarchical method to group the countries of the European Union according to their energy and climate policies adopted on the basis of directives of the European Parliament / Wykorzystanie metody hierarchicznej w grupowaniu krajów unii europejskiej pod względem polityki energetycznoklimatycznej podejmowanej w oparciu o dyrektywę parlamentu europejskiego. *Economic and Regional Studies*, 16(1), strony 18-33. <https://doi.org/10.2478/ers2023-0002>

Guest Editor Prof. Karol Kukuła, Ph.D., University of Applied Sciences in Tarnow

Abstract

**Subject and purpose of work:** The European Union's energy policy focuses mainly on three areas: reducing greenhouse gas emissions in the energy sector by increasing the use of RES, reducing emissions of harmful pollutants, and increasing the efficiency of the electricity used.

Sustainable energy use, on the other hand, is clearly associated with an increased use of renewable energy sources, which ensures energy security, as well as diversification of energy supplies that sustain and improve the quality of the environment.

The purpose of the paper is to present the diversity of the countries of the European Union in terms of the actions they take in the field of energy and climate policy resulting from the European Union directives.

**Materials and methods:** Based on the goals of energy policy presented in the EU directives a number of indicators were selected in order to describe the actions taken by EU member states. After a substantive and statistical verification, 6 variables were left. The use of the Ward's method made it possible to create groups of countries that are similar in terms of their energy and climate policies.

**Conclusions:** The most favorable situation in terms of the effects of the climate and energy policy can be observed in the current leaders, that is in Sweden and Finland as well as in Estonia. Central European countries, mainly Poland, have high-emission economies, accompanied by low investment in modern environmentally friendly technologies. This is manifested, among others, in high concentrations of particulate matter, which contributes to poor air quality, categories in which Poland has some of the worst results in the entire EU.

**Keywords:** EU energy policy, EU countries, energy transition

**Address for correspondence/ Adres korespondencyjny:** Monika Ziolo, PhD (ORCID: 0000-0003-0884-4083)([monika.ziolo@urk.edu.pl](mailto:monika.ziolo@urk.edu.pl)), prof. Lidia Luty, PhD (ORCID: 0000-0001-8250-8331) ([lidia.luty@urk.edu.pl](mailto:lidia.luty@urk.edu.pl)), Department of Statistics and Social Policy, Hugon Kołłątaj University of Agriculture in Kraków; address: 31-120 Kraków, al. Mickiewicza 21; phone: 12 662 44 26.

**Journal included in:** ERIH PLUS; AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Whitelist; CNKI Scholar; CNPIEC – cnpLINKer; EBSCO Discovery Service; EBSCO-CEEAS; EuroPub; Google Scholar; Index Copernicus IGV 2017-2020: 100,00; J-Gate; KESLI-NDSL; MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education 2021: 20 points; Primo Central; QOAM; ReadCube; Semantic Scholar; Summon (ProQuest); TDNet; WanFang Data; WorldCat.

**Copyright:** © The Authors, 2022. **Publisher:** John Paul II University of Applied Sciences in Biala Podlaska, Poland.

### Streszczenie

**Przedmiot i cel pracy:** Polityka energetyczna Unii Europejskiej skupia się głównie na trzech obszarach: ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych, w sektorze energetycznym przez wzrost wykorzystania OZE, redukcji emisji szkodliwych zanieczyszczeń oraz zwiększeniu efektywności wykorzystywanej energii elektrycznej.

Zrównoważone gospodarowanie energią z kolei wiąże się niewątpliwie ze zwiększonym wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii zapewniających bezpieczeństwo energetyczne a także dywersyfikację dostaw energii podtrzymujących i poprawiających jakość środowiska.

Celem artykułu jest zaprezentowanie zróżnicowania krajów Unii Europejskiej pod względem działań podejmowanych w zakresie polityki energetyczno-klimatycznej wynikających z dyrektyw Unii Europejskiej.

**Materiały i metody:** Na podstawie celów polityki energetycznej zaprezentowanej w dyrektywach UE wytypowano wskaźniki opisujące działania krajów członkowskich w tym zakresie. Następnie poddano je weryfikacji merytorycznej i statystycznej, pozostawiając 6 zmiennych. Zastosowanie metody Warda pozwoliło na utworzenie grup państw podobnych ze względu na politykę energetyczno-klimatyczną.

**Wnioski:** Najkorzystniejszą sytuację pod względem efektów prowadzonej polityki klimatyczno-energetycznej można zaobserwować u dotychczasowych liderów Szwecji i Finlandii a także Estonii. Kraje Europy Środkowej, w tym głównie Polskę, charakteryzuje gospodarka wysokoemisyjna, której towarzyszą niskie nakłady na nowoczesne technologie przyjazne środowisku. Objawia się to między innymi wysokim stężeniem pyłów co wpływa na złą jakość powietrza, w których to kategoriach Polska ma jedno z najgorszych wyników w całej UE.

**Słowa kluczowe:** polityka energetyczna UE, kraje UE, transformacja energetyczna

### Introduction

Energy is recognized by EU member states as a strategic sector of the economy. With the national interest in mind, national governments implement energy policies that are most beneficial to their countries. Nevertheless, the continuous increase in energy consumption and the resulting need to invest in sourcing energy fuels abroad and transporting them have contributed to the need for introduction of Community Law (European Union Law, 2002). The main objectives of European energy policy are to take actions aimed at creating an integrated energy market and ensuring the security of energy supply and a stable energy sector. These provisions are particularly important in the context of problems with the purchase of energy resources that are caused primarily by the dependence of many countries on imports. The problems with access to raw materials have been significantly exacerbated recently by the war in Ukraine.

The purpose of the paper is to present the diversity of European Union countries in terms of the actions they take with regard to their energy and climate policies on the basis of European Union directives, which will allow to present countries that are leaders in terms of their reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions, as well as their increase energy productivity and their use of RES. Assignment to a group of similar countries will allow EU countries to recognize their position and identify areas where they should make changes in the future.

### Objectives of the energy and climate policies of EU countries

The problem of energy security has affected the entire world, which is why energy security provisions

### Wstęp

Energetyka jest uznawana przez państwa członkowskie za strategiczny dział gospodarki. Rządy poszczególnych krajów mając na uwadze interes narodowy wdrażają politykę energetyczną najbardziej korzystną dla swoich krajów. Niemniej jednak ciągły wzrost zużycia energii i tym samym konieczność inwestycji w pozyskiwanie paliw energetycznych za granicą i ich transportowanie wpłynęły na konieczność wprowadzenia prawa wspólnotowego (Prawo Unii Europejskiej, 2002). Głównym założeniem europejskiej polityki energetycznej jest podejmowanie działań ukierunkowanych na stworzenie zintegrowanego rynku energii oraz zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii i stabilnego sektora energetycznego. Zapis ten jest szczególnie ważny w kontekście problemów z nabyciem surowców energetycznych spowodowanych przede wszystkim uzależnieniem wielu krajów od importu. Problemy z dostępem do surowców znacząco pogłębiła w ostatnim czasie wojna w Ukrainie.

Celem artykułu jest zaprezentowanie zróżnicowania krajów Unii Europejskiej pod względem działań podejmowanych w zakresie polityki energetyczno-klimatycznej wynikających z dyrektyw Unii Europejskiej, co pozwoli zaprezentować kraje, które są liderami pod względem ograniczania zużycia energii, zmniejszania emisji gazów cieplarnianych a także zwiększania produktywności energetycznej czy wykorzystania OZE. Przyporządkowanie do grupy krajów podobnych pozwoli krajom UE na rozpoznanie swojej pozycji i wskazanie obszarów w których powinny dokonać zmian w przyszłości.

### Założenia polityki energetyczno-klimatycznej krajów EU

Problem bezpieczeństwa energetycznego ma zasięg globalny, dlatego też zapisy dotyczące

are also included in the goals of the Sustainable Development Agenda adopted by the United Nations, where the need to “ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all” is indicated. This goal is to be achieved by “increasing the share of renewable energy in the global energy consumption” and “promoting investment in energy infrastructure and clean energy technologies” (Wąs et al., 2020). Actions taken in this regard are expected to increase the effectiveness of the fight against progressive environmental degradation and increasing greenhouse gas emissions, which pose a serious threat by increasing pollution and causing adverse climate change (Mahjabeen, Chughtai, Simonetti, 2020).

To stop further degradation of the environment, the UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) was adopted on October 5, 2016, where a basic framework for global cooperation on this very issue was described. The Convention was supplemented by the provisions of Agenda 2030, the Kyoto Protocols (1997), and the Copenhagen Accord (2009). The aforementioned documents indicate actions aimed to address the deteriorating quality of the environment that is due to, among other things, the use of traditional fossil fuels (Li, 2005).

For its member states, the European Union has developed a strategy to meet international obligations in the fight against adverse climate change and also to introduce the idea of sustainable energy (Energy Union Package, 2015). This strategy is being implemented gradually, in three main stages, by achieving the program objectives set for each stage (Gokgoz, Guvercin, 2018, Chalvatzis, Ioannidis, 2017), which are shown presented in Figure 1.

Of key importance to the implementation of the climate and energy policy in the countries of the European Union was the Paris Agreement (Paris agreement..., 2015). Its main goals include combating climate change and supporting the development of the economy to achieve more sustainable development and lower greenhouse gas emissions. The main demand of that agreement is to keep the temperature no more than 1.5 to 2 °C higher than in the pre-industrial period. After coming into force in 2016, the Paris Agreement has been ratified by 187 countries. The countries - signatories are required to prepare their NDCs (National Determined Contributions) in which they outline the ways to reduce GHG emissions and the methods to monitor the progress. The key climate and energy policy documents and the time horizon for achieving the stated objectives are shown in Figure 1. The EU's priorities are to increase the diversification of energy supplies and to develop local energy resources to ensure security of supply and reduce dependence on external sources, as

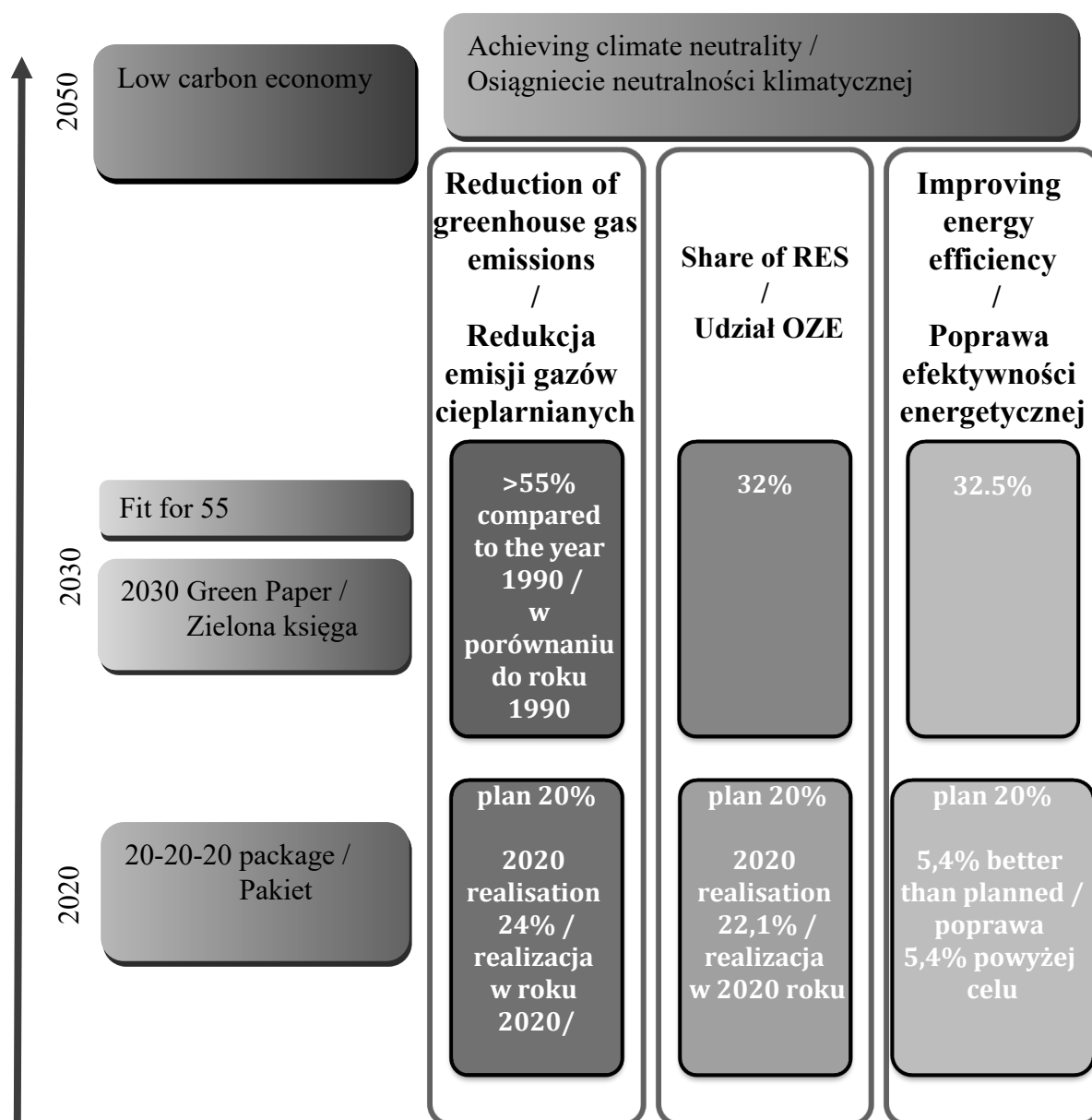
bezpieczeństwa energetycznego uwzględniono również w celach Agendy Zrównoważonego Rozwoju opracowanej przez ONZ, gdzie wskazano na konieczność zapewnienia wszystkim dostępu do „przystępnej cenowo, niezawodnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii”. Ten cel ma być realizowany poprzez „zwiększenie udziału energii odnawialnej w globalnym zużyciu energii” oraz „promowanie inwestycji w infrastrukturę energetyczną i technologie czystej energii” (Wąs i in. 2020). Podjęte w tym zakresie działania mają zwiększyć skuteczność walki z postępującą degradacją środowiska oraz wzrastającą emisją gazów cieplarnianych, które stanowią poważne zagrożenie, zwiększając zanieczyszczenie i powodując niekorzystne zmiany klimatu (Mahjabeen, Chughtai, Simonetti, 2020).

Aby zahamować dalsze pogorszenie stanu środowiska 5 października 2016 r. wdrożono UNFCCC (Ramową Konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu), gdzie opisano podstawowe ramy globalnej współpracy w tej właśnie kwestii. Dokument ten uzupełniono przez zapisy Agendy 2030, protokoły z Kioto (1997) i porozumienia kopenhaskie (2009). We wspomnianych ustaleniach wskazano działania zmierzające do rozwiązania problemu pogarszającej się jakości środowiska wywołanej między innymi wykorzystywaniem tradycyjnych paliw kopalnych (Li, 2005). Unia Europejska na potrzeby krajów członkowskich opracowała strategię mającą na celu wypełnienie międzynarodowych zobowiązań w walce z niekorzystnymi zmianami klimatycznymi a także wprowadzaniem idei zrównoważonej energii (Energy Union Package, 2015). Strategia ta jest wdrażana stopniowo, w trzech głównych etapach poprzez realizację celów programowych postawionych w każdym z etapów (Gokgoz, Guvercin, 2018), (Chalvatzis, Ioannidis, 2017) zaprezentowanych na Rysunku 1.

Kluczowe znaczenie dla realizacji polityki klimatyczno-energetycznej w krajach Unii Europejskiej stanowiło Porozumienie Paryskie (Paris agreement..., 2015). Do jego głównych założeń należy walka ze zmianami klimatycznymi oraz wsparcie rozwoju gospodarki w celu osiągnięcia bardziej zrównoważonego rozwoju i mniejszej emisji gazów cieplarnianych. Głównym postulatem tego porozumienia jest utrzymania temperatury na poziomie nie wyższym niż 1,5 do 2 °C niż w okresie preindustrialnym. Porozumienie to, po wejściu w życie w 2016 roku, zostało ratyfikowane przez 187 krajów. Państwa sygnatariusze są zobowiązane do przygotowania swojego NDC (National Determined Contribution), w którym przedstawia sposoby na redukcję emisji GHG oraz metody monitorowania postępów jego realizacji. Kluczowe dokumenty dotyczące polityki klimatyczno-energetycznej oraz horyzont czasowy realizacji założonych celów zaprezentowano na Rysunku 1. Priorytetami UE są zwiększenie dywersyfikacji dostaw energii oraz rozwój lokalnych zasobów

well as measures aimed to reduce CO<sub>2</sub> emissions, as highlighted in the “20-20-20 package.”

energetycznych tak aby zapewnić bezpieczeństwo dostaw i zmniejszyć zależność od źródeł zewnętrznych a także działania na rzecz ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, co zostało podkreślone w „Pakiecie 20-20-20”.



**Figure 1.** The climate and energy objectives set in documents of the European Commission for 2020-2050

**Rysunek 1.** Cele klimatyczno-energetyczne wyznaczone w dokumentach Komisji Europejskiej na lata 2020-2050

Source: Prepared by the author based on: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package\\_pl](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_pl), Green Paper 2030 framework for climate and energy policies, A Clean planet for All A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy: accessed on September 15, 2022.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package\\_pl](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_pl), Green Paper 2030 framework for climate and energy policies, A Clean planet for All A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy: dostęp 15.09.2022.

The main pieces of legislation included in the package are the EU ETS (European Union Emissions Trading System) Directive implemented to streamline the greenhouse gas emissions trading system, the non-ETS Decision intended to meet greenhouse gas emission reduction targets, the CCS (Carbon Capture and Storage) Directive on the environmentally safe

Główne akty prawne wchodzące w skład pakietu to dyrektywy EU ETS (European Union Emissions Trading System) wdrożona w celu usprawnienia systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych, decyzja non-ETS zmierzająca do realizacji celów związanych z ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych, dyrektywa CCS (Carbon Capture and Storage)

use of carbon capture and storage technologies, and the RES Directive promoting the generation of energy from renewable sources. The "20-20-20 package" included the following goals that the EU intended to achieve by 2020.

- A 20% reduction in greenhouse gas emissions compared to 1990 levels, which was achieved by reducing emissions by 24%;
- 20% of energy produced from renewable sources; this goal was exceeded by achieving the value of 22.1% in 2020;
- A 20% improvement in energy efficiency, which meant savings in energy consumption compared to projections (Directive 2009/29/EC, 2009). In 2020, the consumption of primary energy<sup>1</sup> in the EU decreased to 1,236 million tons of oil equivalent (Mtoe), which was 5.8% above the 2020 target. The consumption of final energy<sup>2</sup> reached 907 Mtoe, which exceeds the efficiency target by 5.4%.

Another important document was the "2030 Green Paper," which advocated the following actions:

- a 40% reduction in greenhouse gas emissions compared to 1990 levels;
- production of energy from renewable sources at the level of 32%;
- improving energy efficiency by 32.5% (Green Paper, 2013). In this case, by 2030, the consumption in EU countries should not exceed 1,128 Mtoe of primary energy and 846 Mtoe of final energy. The results for 2020 were 9.6% short of the 2030 target, which means that efforts to improve efficiency must continue in the coming years. As for final energy consumption, the distance in 2020 to the 2030 target was 7.2%.

The assumption of the strategy referred to as "Low Carbon Economy 2050" is to achieve climate neutrality for the EU by 2050, which is expected to result in a reduction of the effects of global warming (A Clean Planet for all..., 2018). This is associated with a reduction of greenhouse gas emissions compared to 1990 by 60% by 2040 and by 80% by 2050 (The roadmap for transforming the EU into a competitive, low-carbon economy by 2050, 2022).

An update of the measures contained in the climate and energy policy documents was made on July 14, 2021, when the European Commission announced

w sprawie bezpiecznego dla środowiska wykorzystania technologii do wychwytywania i składowania dwutlenku węgla i Dyrektywa OZE promująca pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych. "Pakiet 20-20-20" zawierał następujące cele, które UE zamierzała osiągnąć do 2020 roku.

- 20% ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z poziomem z 1990 roku, co udało się zrealizować ograniczając emisję o 24%;
- 20% energii pozyskiwane ze źródeł odnawialnych; Cel ten przekroczone uzyskując wartość 22,1% w 2020 roku.
- 20% poprawa efektywności energetycznej, co oznaczało oszczędności w zużyciu energii w porównaniu z prognozami (Directive 2009/29/EC, 2009). W 2020 r. zużycie energii pierwotnej<sup>1</sup> w UE spadło do poziomu 1236 mln ton ekwiwalentu ropy naftowej (Mtoe), czyli o 5,8% powyżej celu zakładanego na 2020 r. Zużycie energii końcowej<sup>2</sup> osiągnęło 907 Mtoe: co oznacza przekroczenie celu efektywności o 5,4%.

Kolejnym istotnym dokumentem była "2030 Zielona księga", w której postulowano następujące działania:

- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 40% w porównaniu z poziomem z 1990 roku;
- pozyskiwane energii ze źródeł odnawialnych na poziomie 32%;
- poprawę efektywności energetycznej o 32,5% (Zielona księga, 2013). W tym przypadku do 2030 r. w krajach UE zużycie nie powinno być większe niż 1128 Mtoe w przypadku energii podstawowej i 846 Mtoe w energii końcowej. W roku 2020 do celu wyznaczonego na 2030 r. brakowało 9,6%, co oznacza, że wysiłki na rzecz poprawy wydajności muszą być kontynuowane w nadchodzących latach. W przypadku zużycia energii końcowej dystans w 2020 roku od celu na 2030 r. wyniósł 7,2%.

Założeniem strategii określanej jako "Low Carbon Economy 2050" jest osiągnięcie neutralności klimatycznej UE do 2050 r. co ma w konsekwencji ograniczyć skutki globalnego ocieplenia (A Clean Planet for all., 2018). Jest to związane z ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z rokiem 1990 o 60% do roku 2040 i o 80% do roku 2050 (The roadmap for transforming the EU into a competitive, low-carbon economy by 2050, 2022).

1 Primary Energy Consumption covers the energy consumption by end users such as industry, transport, households, services, and agriculture, plus energy consumption of the energy sector itself for production and transformation of energies.

2 Final energy consumption covers the energy consumed by end users, such as industry, transport, households, services, and agriculture; it excludes energy consumption of the energy sector.

1 Zużycie energii pierwotnej obejmuje zużycie energii przez użytkowników końcowych, takich jak przemysł, transport, gospodarstwa domowe, usługi i rolnictwo, plus zużycie energii przez sam sektor energetyczny do produkcji i transformacji energii.

2 Końcowe zużycie energii: obejmuje energię zużytą przez użytkowników końcowych, takich jak przemysł, transport, gospodarstwa domowe, usługi i rolnictwo; nie obejmuje zużycia energii przez sektor energetyczny.

the “Fit for 55” legislative package (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550> accessed on October 21, 2022). The package aims to reduce greenhouse gas emissions in EU member states by 55 percent by 2030 compared to 1990.

Accordingly, as part of the 2030 Framework for Climate and Energy (European Commission, 2022) the EU has adopted a plan to create a sustainable energy system. The elements of the plan include:

- improving energy efficiency;
- ensuring access to affordable energy for all consumers;
- increasing energy independence, which is important in light of the information that in 2019 55% of the energy consumed in EU countries was produced from raw materials from outside the Union;
- introducing a fully integrated common energy market (energy union); and
- becoming a global leader in production of energy from renewable energy sources.

The aforementioned documents discuss the EU's energy and climate policy objectives. They focus mainly on a reduction of greenhouse gas emissions and an increase of the share of renewable sources in the energy mix. The greenhouse gas emissions index reflects changes in emissions for the basket of greenhouse gases defined in Kyoto, where the EU pledged to reduce them. The EU's policies in this context have brought tangible benefits as gas emissions have decreased in the vast majority (22) of EU member states by 2020. The leader in these actions is Sweden, which has reached the level of 20.6% compared to 1990. GHG emissions were more than halved by Romania, Estonia, and Lithuania. Poland has succeeded in reducing emissions of harmful gases by 20.1%. In contrast, emissions increased in three EU member states: Austria, Cyprus, and Ireland (Key figures on Europe, 2021).

With renewable energy sources planned to play an important role in the EU's future energy system, European countries have stepped up their efforts to increase production of energy from renewable energy sources (Figure 2).

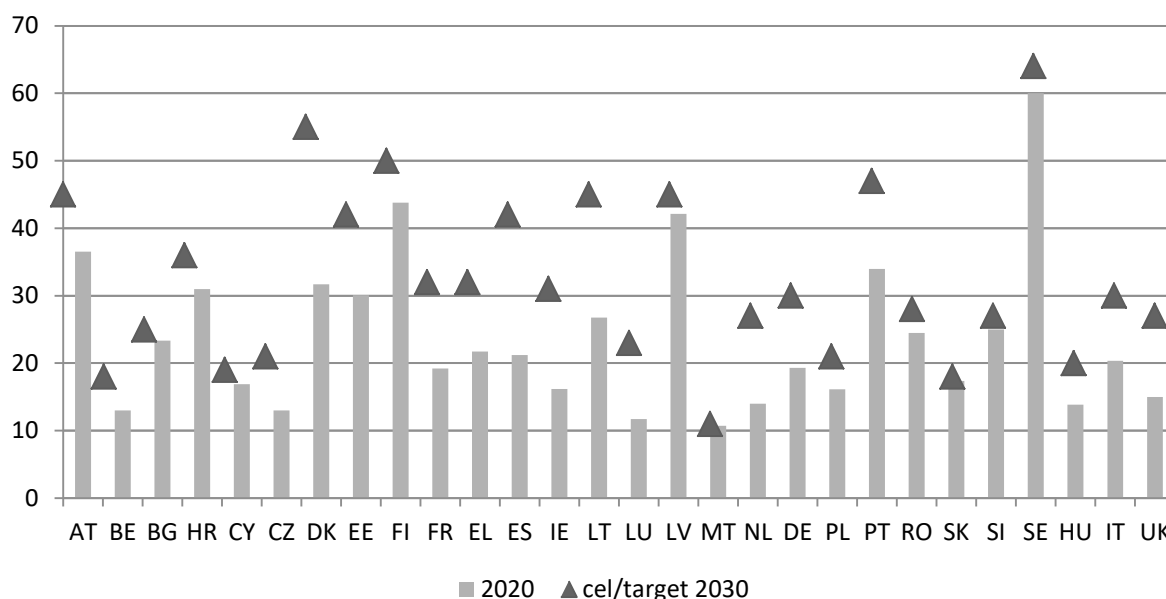
Aktualizację działań zawartych w dokumentach dotyczących polityki klimatyczno-energetycznym przeprowadzono 14 lipca 2021 r., kiedy to Komisja Europejska ogłosiła pakiet legislacyjny “Fit for 55” (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550> dostęp: 21.10.2022). Celem pakietu ma być redukcja emisji gazów cieplarnianych w państwach członkowskich UE o 55 proc. do 2030 w stosunku do 1990 roku.

W związku z tymi ustaleniami UE przyjęła plan w ramach 2030 Framework for Climate and Energy (European Commission, 2022), w którym zakłada stworzenie zrównoważonego systemu energetycznego. Do elementów planu należą:

- poprawa wydajności energetycznej;
- zapewnienie dostępu do niedrogiej energii dla wszystkich konsumentów;
- zwiększenie niezależności energetycznej, co jest istotne w świetle informacji, iż w 2019 roku 55% energii zużywanej w krajach UE było produkowane z surowców pochodzących spoza Unii;
- wprowadzenie w pełni zintegrowanego wspólnego rynku energii (unia energetyczna);
- uzyskanie pozycji światowego lidera w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych.

W wymienionych dokumentach omówiono cele polityki energetyczno-klimatycznej UE. Skupiono się w nich głównie na ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych i zwiększeniu udziału źródeł odnawialnych w miksie energetycznym. Wskaźnik emisji gazów cieplarnianych odzwierciedla zmiany emisji dla koszyka gazów cieplarnianych ustalonych w Kioto, kiedy to UE zobowiązała się do zmniejszenia ich ilości. Polityka UE w tym kontekście przyniosła wymierne korzyści gdyż do 2020 r. emisje gazów spadły w zdecydowanej większości (22) państw członkowskich UE. Liderem w tych działaniach jest Szwecja, która osiągnęła poziom 20,6% w porównaniu z rokiem 1990. Emisje GHG o ponad połowę zmniejszyły Rumunia, Estonia, Litwa. W Polsce udało się ograniczyć emisję szkodliwych gazów o 20,1%. Natomiast poziom emisji wzrósł w trzech państwach członkowskich UE: w Austrii, Cyprze i Irlandii (Key figures on Europe, 2021).

W związku z tym że zaplanowano, iż odnawialne źródła energii będą odgrywały istotną rolę w przyszłym systemie energetycznym UE kraje europejskie zintensyfikowały działania w kierunku zwiększenie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (Rysunek 2).



**Figure 2.** The percentage of energy generated from renewable sources in 2020 and the 2030 target for European Union countries (%)  
**Rysunek 2.** Odsetek energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych w roku 2020 i cel na rok 2030 dla krajów Unii Europejskiej (%)  
 Source: Prepared by the author based on (European Environment Agency, 2022).  
 Źródło: Opracowano przez autora na podstawie (European Environment Agency, 2022).

The global leaders in production of energy from renewable sources are Iceland, Sweden, and China (Elavarasan, Afridhis, Vijayaraghavan, Subramaniam, Nurunnabi, 2020). China's share of global renewable energy projects in 2020 was 50%, which resulting in a 45% (280 gigawatts) increase in renewable energy capacity (Bełdowicz, 2021). In 2020, all EU countries reached the targets set in the 20-20-20 package concerning the share of renewable energy sources in total energy consumption. Knowing that as recently as in 2010 the share of RES in the EU's energy mix was only 13.2%, one can see how favorable changes have been made in the member states towards increasing the share of RES in the energy generated. The definite leader in the EU in terms of the share of RES in the gross energy consumption in 2020 was Sweden (60.1%), followed by: Finland (43.8%), Latvia (42.1%), and Denmark (31.7%) (Figure 2). At the other extreme in 2019 were: the Netherlands, with a share of only 13.9%, Belgium (13.0%), Malta (10.7%), and Luxembourg (11.7%). Poland (16.1%) was among the countries that set a target that was below the average for the EU.

It is worth noting that only three countries have set national targets for the share of renewable energy in their gross final energy consumption at the level of at least 50%; these countries are Sweden (64%), Denmark (55%), and Finland (50%) (Figure 2).

In implementing its climate and energy policy, the EU has met the targets set in the 20-20-20 package for 2020 in terms of improving energy efficiency, reducing greenhouse gas emissions, and increasing the share of RES in the energy mix.

Światowymi liderami w produkcji energii ze źródeł odnawialnych są Islandia, Szwecja, Chiny (Elavarasan, Afridhis, Vijayaraghavan, Subramaniam, Nurunnabi, 2020). Udział Chin w światowych projektach związanych z energią odnawialną w roku 2020 wyniósł 50%, co spowodowało przyrost mocy w zakresie energii ze źródeł odnawialnych o 45% (280 gigawatów) (Bełdowicz, 2021). W roku 2020 wszystkie kraje UE osiągnęły cele założone w pakiecie 20-20-20 odnośnie udziału odnawialnych źródeł energii w konsumpcji energii ogółem. Wiedząc, że jeszcze w 2010 r. udział OZE w unijnym miksie energetycznym wynosił tylko 13,2% można zauważyć jak korzystne zmiany poczyniono w krajach członkowskich. w kierunku zwiększenie udziału OZE w wytworzonej energii. Zdecydowanym unijnym liderem, jeśli chodzi o udział OZE w konsumpcji energii brutto, w 2020 roku, była Szwecja (60,1%), kolejne są: Finlandia (43,8%), Łotwa (42,1%) oraz Dania (31,7%) (Rysunek 2). Na drugim biegunie w 2019 roku były: Niderlandy, gdzie udział wyniósł tylko 13,9%, oraz Belgia (13,0%), Malta (10,7%) oraz Luksemburg (11,7%). Polska (16,1%) należała do grupy krajów, które wyznaczyły cel poniżej średniej dla UE.

Warto zwrócić uwagę, że tylko trzy kraje wyznaczyły krajowe cele udziału energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto na poziomie co najmniej 50% i są to Szwecja (64%), Dania (55%) i Finlandia (50%) (Rysunek 2).

W realizacji polityki klimatyczno-energetycznej UE zrealizowała cele założone w pakiecie 20-20-20 na rok 2020 jeśli chodzi o poprawę efektywności energetycznej, ograniczenia emisji gazów cieplarnianych czy zwiększenia udziału OZE w miksie energetycznym.



## Materials and methods

The starting point for the comparative analysis was to propose a set of diagnostic variables that characterize the differences between EU countries in terms of climate and energy policies in quantitative terms. When selecting the variables, it was assumed that they would include the year 2020, which was due to the availability of current data, the source of which was the EUROSTAT database. From the group of variables describing the actions associated with the implementation of the climate and energy policy of each country's economy, the variables shown in Table 1 were selected. The variables were selected based on the objective of the 7 sustainable development indicators of Agenda 2030 and the provisions of EU directives. Variables X1 and X3 reflect the negative impact of the analyzed countries' economies on the climate. Variable X5 represents revenue from environmental taxes. They come from four types of taxes: an energy tax (which account for about 75% of the total), transportation taxes (about 20%), and other taxes (about 5% of the total). On the other hand, variables X4-X6 are characteristics evaluated positively in the context of the plans to achieve energy neutrality. Indicator X6 is calculated by dividing the gross domestic product (GDP) by the gross available energy in a calendar year and measures the productivity of the energy consumed.

## Materiały i metody

Punktem wyjścia do przeprowadzenia analizy porównawczej było zaproponowanie zestawu zmiennych diagnostycznych charakteryzujących zróżnicowanie krajów UE pod względem polityki klimatyczno-energetycznej w ujęciu ilościowym. Przy doborze zmiennych założono, że będą one uwzględniały rok 2020, co było podyktowane dostępnością aktualnych danych, których źródłem była baza danych EUROSTAT. Z grupy cech opisujących działania w zakresie wdrażania polityki klimatyczno – energetycznej gospodarki poszczególnych krajów wybrano zmienne zaprezentowane w Tabeli 1. Zmienne wybrano na podstawie celu 7 wskaźników zrównoważonego rozwoju Agendy 2030 i zapisów dyrektyw unijnych. Cechy X1,X3 prezentują negatywny wpływ gospodarek analizowanych krajów na klimat. Zmienna X5 przedstawia dochody z podatków ekologicznych. Pochodzą one z czterech rodzajów podatków: podatku energetycznego (który stanowią około 75% całości), podatków transportowych (około 20%) oraz pozostałych (około 5 % całości). Natomiast zmienne X4-X6 to charakterystyki oceniane pozytywnie w kontekście planów uzyskania neutralności energetycznej. Wskaźnik X6- Wskaźnik wynika z podzielenia produktu krajowego brutto (PKB) przez dostępną energię brutto w danym roku kalendarzowym i mierzy produktywność zużytej energii.

**Table 1.** A set of diagnostic variables selected for analysis

**Tabela 1.** Zestaw zmiennych diagnostycznych wytypowanych do analizy

Variable / Cecha	Characteristics / Opis
X1	Exposure to air pollution by particulate matter <2.5 µm / Zanieczyszczenie powietrza pyłami <2,5 µm/m <sup>3</sup>
X2	Energy import dependency (%) / Zależność energetyczna %
X3	Greenhouse gas emissions from the energy sector (tonnes per capita) / Emisja gazów cieplarnianych z sektora energetycznego (tony na osobę)
X4	Share of renewable energy in gross final energy consumption (%) / Udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto (%)
X5	Share of environmental taxes in total tax revenues (%) / Udział podatków ekologicznych w całkowitych dochodach podatkowych (%)
X6	Energy productivity - euro per kilogram of oil equivalent (KGOE) <sup>3</sup> Produktywność energii - euro za kilogram ekwiwalentu ropy (KGOE) <sup>3</sup>

Source: Prepared by the author based on Eurostat.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat.

<sup>3</sup> KGOE, kilogram of oil equivalent, is a normalized unit of energy. It is equivalent to the approximate amount of energy that can be extracted from one kilogram of crude oil. It is a standardized unit, and may be used to compare the energy from different sources.

<sup>3</sup> KGOE- Kilogram ekwiwalentu ropy naftowej, jest znormalizowaną jednostką energii. Jest to odpowiednik przybliżonej ilości energii, którą można wytworzyć z jednego kilograma ropy naftowej. Jest to jednostka, która być stosowana do porównywania energii z różnych źródeł.

The final list of variables (Table 1) was drawn up based on a substantive criterion (taking into account the purpose, object, and timeframe of the research) and a formal criterion (assuming that the variables should be weakly correlated so as not to duplicate information).

**Table 2.** The correlation matrix between the selected variables

**Tabela 2.** Macierz korelacji pomiędzy wytypowanymi zmiennymi

X1	X2	X3	X4	X5	X6
1.00	0.19	-0.28	-0.45	0.35	-0.06
	1.00	-0.17	-0.42	-0.29	0.17
		1.00	-0.28	0.04	0.02
			1.00	0.02	-0.18
				1.00	0.23
					1.00

Source: Prepared by the author.

Źródło: Opracowanie własne.

The degree of correlation between the variables was examined using the Pearson correlation coefficient ( $r_{xij}$ ) and in order to eliminate highly correlated variables, it was assumed that two highly correlated (above 0.7) variables convey similar information, so one of them is not necessary for analysis.

Stopień korelacji między zmiennymi badano za pomocą współczynnika korelacji Pearsona ( $r_{xij}$ ), a w celu wyeliminowania cech silnie skorelowanych przyjęto, że dwie silnie skorelowane (powyżej 0,7) zmienne przekazują podobne informacje, a więc jedna z nich jest zbędna do analizy.

**Table 3.** The basic characteristics of the variables selected for analysis

**Tabela 3.** Podstawowe charakterystyki zmiennych wybranych do analizy

Itemization / Wyszczególnienie	Particulates <2.5 $\mu$ m	Energy import dependency (%)	Greenhouse gas emissions (tonnes per capita)	Share of renewable energy (%)	Share of environmental taxes in total tax revenues (%)	Energy productivity (KGOE)
mean	12.01	56.19	9.29	22.86	7.08	9.35
max	19.61	95.13	20.32	56.39	10.28	19.63
min	4.8	4.83	5.41	7.05	4.39	5.54
S(X)	3.73	19.96	3.26	11.81	1.73	2.83
V(x)	31.04	35.52	35.12	51.66	24.40	30.25

Source: Prepared by the author.

Źródło: Opracowanie własne.

The selected variables varied significantly within the analyzed group of countries, as indicated by the value of the coefficient of variation, which for the selected variables is well above the 10% level recommended in the literature (Table 3).

At the stage of searching for similar countries in terms of the situation regarding their energy policies, a cluster analysis was used, which consists of several consecutive stages. The first is the choice of the clustering method. The literature distinguishes between hierarchical and non-hierarchical methods (Nowak, Kassambara 2017; Cichosz, 2000). The difference between the two is that hierarchical methods combine observations into groups one by one, while non-hierarchical methods assign all objects to the relevant clusters at one point in time.

Wytypowane zmienne były w znacznym stopniu zróżnicowane w analizowanej grupie państw na co wskazuje wartość współczynnika zmienności, który w przypadku wybranych zmiennych znacznie przekracza postulowany w literaturze poziom 10% (Tabela 3).

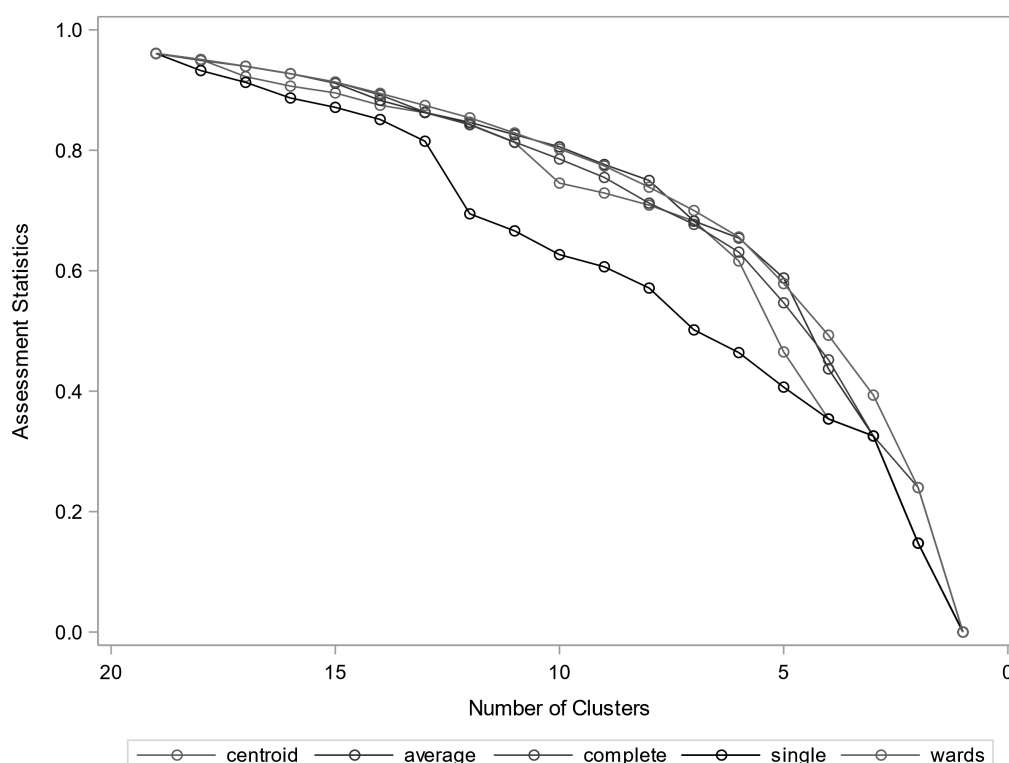
Na etapie poszukiwania krajów podobnych pod względem sytuacji w zakresie polityki energetycznej posłużono się analizą klastrową, która składa się z kilku następujących po sobie etapów. Pierwszy z nich to wybór metody klastrowania. W literaturze przedmiotu można wyróżnić metody hierarchiczne i niehierarchiczne (Nowak, Kassambara, 2017; Cichosz, 2000). Różnica między nimi polega na tym, że metody hierarchiczne łączą obserwacje w grupy jedna po drugiej, natomiast niehierarchiczne przypisują

Hierarchical methods were used to determine the initial points for clustering.

In order to select the best of the hierarchical methods selected for analysis, calculations were made for the five most popular ones, and then the determination coefficients  $R^2$  they provide for each number of clusters were compared. The results are shown in Figure 4.

wszystkie obiekty do właściwych klastrow w jednym momencie. Metody hierarchiczne posłużyły do ustalenia początkowych punktów do tworzenia klastrow.

Aby wybrać najlepszą z wytypowanych do analizy metod hierarchicznych, wykonano obliczenia dla pięciu najbardziej popularnych, a następnie porównano, jakie dają współczynniki determinacji  $R^2$  dla każdej liczby klastrow, a uzyskane wyniki przedstawiono na Rysunku 4.



**Figure 4.** The coefficient of determination  $R^2$  for the selected hierarchical methods

**Rysunek 4.** Współczynnik determinacji  $R^2$  dla wybranych metod hierarchicznych

Source: Calculated by the author.

Źródło: Obliczenia własne.

Figure 4 shows the evaluation of the fit of the five most common ways to link objects using hierarchical methods. They differ in their approach to the selection of the observations to be linked to each other next. Four of them, namely the nearest neighbor (single), the farthest neighbor (complete), the group average (average), and the centers of gravity (centroid) are based on the calculated distance between the clusters, but as each has different assumptions, these distances differ.

The Ward's method does not use Euclidean distance. Instead, it examines the homogeneity of the clusters. The sets are combined on the basis of which solution will result in the smallest increase in the sum of squares of errors. Consequently, it is the most preferred of all hierarchical methods. Most often, it combines clusters with a small and similar number of observations. It is also quite sensitive to outliers (Kolasa-Więcek, Pisz, 2013).

Rysunek 4 przedstawia ocenę dopasowania pięciu najczęściej stosowanych sposobów na łączenie obiektów metodami hierarchicznymi. Różnią się one podejściem do wybierania tego, które obserwacje jako następne zostaną ze sobą połączone. Cztery z nich, czyli najbliższego sąsiedztwa (single), najdalszego sąsiedztwa (complete), średniej grupowej (average) oraz środków ciężkości (centroid) opierają się na obliczonym dystansie między klastrami, jednak, jako że każda z nich ma inne założenia, te odległości różnią się między sobą.

Metoda Warda nie stosuje odległości euklidesowej. Zamiast tego bada ona homogeniczność klastrow. Zbiory łączone są na podstawie tego, które rozwiązanie skutkować będzie najmniejszym wzrostem sumy kwadratów błędów. W związku z tym jest ona najczęściej preferowaną spośród wszystkich metod hierarchicznych. Najczęściej łączy klastry o niedużej i zbliżonej do siebie liczbie obserwacji. Jest także dość

Figure 4 shows that the  $R^2$  line for Ward's method runs higher or at least as high as for the other methods for every possible number of clusters. Therefore, it is this method that will be used for further analysis.

## Research results

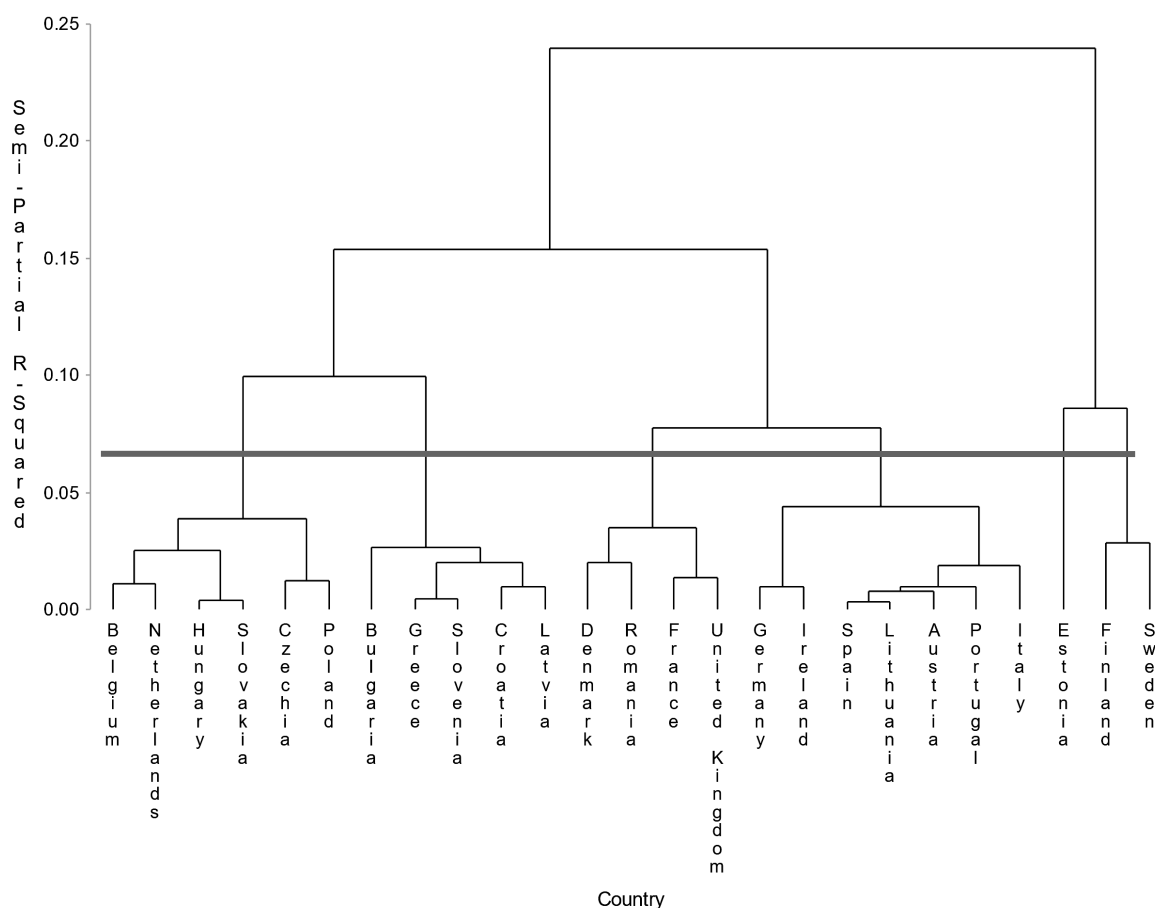
In the next step, a dendrogram is used (Figure 5), which also shows in what order the observations were connected. This makes it possible to determine which connection results in a drastic increase of  $R^2$ ; therefore, it is necessary to keep all the clusters formed before that point. Once the number of clusters to be formed has been determined, a hierarchical analysis can be performed.

wrażliwa na wartości odstające (Kolasa-Więcek, Pisz, 2013).

Na Rysunku 4 można zaobserwować, że linia  $R^2$  dla metody Warda przebiega wyżej lub co najmniej tak samo wysoko jak dla pozostałych metod dla każdej możliwej liczby klastrów. W związku z tym właśnie ta metoda posłuży do dalszych analiz.

## Wyniki badań

W kolejnym etapie wykorzystano dendrogram (Rysunek 5), który pokazuje także w jakiej kolejności łączone były obserwacje. Pozwala to stwierdzić, które połączenie skutkuje drastycznym skokiem  $R^2$ , więc powinno zachować się wszystkie klastry utworzone przed tym punktem. Po ustaleniu liczby klastrów do utworzenia można przeprowadzić analizę hierarchiczną.



**Figure 5.** Grouping of EU countries in terms of actions taken with regard to the energy and climate policy in 2020

**Rysunek 5.** Grupowanie krajów UE pod względem działań podejmowanych w zakresie polityki energetyczno-klimatycznej w roku 2020

Source: Calculated by the author.

Źródło: Obliczenia własne.

European Union countries are independent in making decisions on their energy policies, which makes them very different in terms of emissions and also pro-climate measures.

Group I includes Belgium, the Netherlands, Hungary, Slovakia, the Czech Republic, and Poland. These are countries that emit a significant amount of pollutants in the form of greenhouse gases (X3) and are significantly dependent on imports of energy raw materials (X2) (Table 4). In Belgium, Slovakia, and Hungary, about 70% of energy resources are imported, which makes them dependent on supplies, mainly from Russia. Poland is particularly distinguished by one of the highest air pollution levels (X1) and significant greenhouse gas emissions (X3) among countries of the European Union. The share of renewable energy in gross final energy consumption is among the lowest in the EU (X4).

Kraje Unii Europejskiej są niezależne w podejmowaniu decyzji dotyczących ich polityki energetycznej, co wpływa na znaczne ich zróżnicowanie pod względem emisji substancji szkodliwych, a także działań pro-klimatycznych.

W grupie I znalazły się Belgia, Niemcy, Węgry, Słowacja, Czechy i Polska. Obejmuje ona kraje emitujące znaczną ilość, zanieczyszczeń w postaci gazów cieplarnianych (X3) i są znacznie uzależnione energetycznie od importu surowców (X2) (Tabela 4). W Belgii, Słowacji i na Węgrzech około 70% surowców energetycznych pochodzi z importu, co wpływa na uzależnianie się od dostaw głównie z Rosji. Polskę szczególnie wyróżnia jedno z najwyższych wśród krajów Unii Europejskiej zanieczyszczenie powietrza (X1) i znaczna emisja gazów cieplarnianych (X3). Udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto jest w grupie tych krajów najniższy w UE (X4).

**Table 4.** The characteristics of the selected variables in group I  
**Tabela 4.** Charakterystyki wybranych cech w grupie I

Itemization / Wyszczególnienie	X1	X2	X3	X4	X5	X6
mean	13.90	61.43	10.03	12.77	6.84	7.54
min	10.40	40.89	6.60	8.77	5.69	6.50
max	19.30	76.68	12.20	16.89	8.61	8.35
median	14.10	67.21	10.90	12.39	6.58	7.53
S(x)	2.88	13.02	2.02	2.99	1.00	0.70
V(x)	20.72	21.19	20.18	23.41	14.59	9.26

Source: Calculated by the author.

Źródło: Obliczenia własne.

Bulgaria, Greece, Slovenia, Croatia, and Latvia are included in Group II (Table 5). This group has the highest average value of the X1 variable. The share of energy produced from renewable sources (X4) in this group is much higher than in group I as the average for these countries is 26.53%, which is the second highest of all clusters, after cluster VI. The share of environmental taxes in the total tax revenues is the highest among EU countries (X5). This shows a high similarity of the analyzed countries as indicated by a very low coefficient of variation, which indicates little variation in terms of the share of environmental taxes in the total tax revenues. In most countries, this variable ranges between 8.86% and 10.28% and the mean value was 9.59%.

Do grupy II zaklasyfikowano Bułgarię, Grecję, Słowenię, Chorwację, Łotwę (Tabela 5). W tej grupie występuje najwyższa średnia wartość zmiennej X1. Udział energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych (X4) w tej grupie jest znacznie wyższy niż w grupie I, średnia dla tych krajów wynosi 26,53% jest to drugi najwyższy wynik z wszystkich klastrów po klastrze VI. Udział podatków na ochronę środowiska w całkowitych dochodach podatkowych jest najwyższy spośród krajów UE (X5). Wykazywał on duże podobieństwo analizowanych krajów na co wskazywał bardzo niski współczynnik zmienności, co świadczy o niewielkim zróżnicowaniu pod względem udziału podatków środowiskowych w całkowitych dochodach podatkowych. W większości krajów cecha ta waha się w przedziale pomiędzy 8,86% a 10,28% a wartość środkowa wyniosła 9,59%.

**Table 5.** The characteristics of the selected variables in group II**Tabela 5.** Charakterystyki wybranych cech w grupie II

Itemization / Wyszczególnienie	X1	X2	X3	X4	X5	X6
mean	15.42	51.86	7.62	26.53	9.54	8.02
min	12.10	38.10	6.00	19.68	8.86	6.09
max	19.60	68.86	9.00	40.98	10.28	9.37
median	15.30	52.14	8.30	21.97	9.59	8.34
S(x)	2.47	10.58	1.23	7.81	0.49	1.07
V(x)	16.04	20.40	16.08	29.43	5.10	13.40

Source: Calculated by the author.

Źródło: Obliczenia własne.

Group III includes Denmark, Romania, France, and the United Kingdom. The countries assigned to this group obtain an average of 38% of their energy resources from imports (X2), so they are largely independent of suppliers. They also have the highest average energy productivity (X6) of all the clusters.

Grupa III obejmuje Danię, Rumunię, Francję i Wielką Brytanię. Kraje tu przyporządkowane średnio 38% surowców energetycznych pozyskują z importu (X2), są więc w dużym stopniu niezależne od dostawców. Charakteryzuje je również najwyższa spośród wszystkich klastrów średnia produktywność energetyczna (X6).

**Table 6.** The characteristics of the selected variables in group III**Tabela 6.** Charakterystyki wybranych cech w grupie III

Itemization / Wyszczególnienie	X1	X2	X3	X4	X5	X6
mean	11.75	37.90	7.33	22.76	6.81	11.59
min	10.00	30.37	6.00	12.34	5.09	8.81
max	16.40	47.60	8.90	37.20	8.14	13.05
median	10.30	36.81	7.20	20.75	7.01	12.24
S(x)	2.69	6.34	1.05	9.36	1.10	1.67
V(x)	22.88	16.73	14.40	41.12	16.12	14.40

Source: Calculated by the author.

Źródło: Obliczenia własne.

In the countries assigned to the largest group, group IV, which comprises Germany, Ireland, Spain, Lithuania, Austria, Portugal, and Italy, a very high energy dependency (X2) is observed and most other indicators are at a similar level as in group III (Table 6). This includes the share of renewable energy in the total energy obtained from conventional and non-conventional sources (X4). These countries depend mainly on imports of classic energy resources (X2). This dependence in most countries exceeds 70% and the median is 73.85%, which is a very unfavorable situation from the point of view of energy security. This group is the most heterogeneous among those formed using the Ward's method, as indicated by the calculated coefficients of variation.

W krajach najliczniejszej grupy IV obejmującej Niemcy, Irlandię, Hiszpanię, Litwę, Austrię, Portugalię i Włochy obserwowana jest bardzo wysoka zależność energetyczna (X2) a większość pozostałych wskaźników kształtuje się na podobnym poziomie jak w grupie III (Tabela 6). Dotyczy to między innymi udziału energii odnawialnej w całkowitej energii pozyskiwanej ze źródeł konwencjonalnych i niekonwencjonalnych (X4). Kraje te są uzależnione głównie od klasycznych surowców energetycznych importowanych (X2). Zależność ta w większości krajów przekracza 70% a mediana wyniosła 73,85% co stanowi bardzo niekorzystną sytuację z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego. Grupa ta jest najbardziej niejednorodną spośród utworzonych metodą Warda na co wskazują obliczone współczynniki zmienności.

**Table 7.** The characteristics of the selected variables in group IV**Tabela 7.** Charakterystyki wybranych cech w grupie IV

Itemization / Wyszczególnienie	X1	X2	X3	X4	X5	X6
mean	11.26	72.75	8.90	22.23	6.09	11.50
min	8.80	67.61	7.00	11.98	4.39	9.10
max	15.10	77.48	13.20	33.63	7.76	1963
median	11.10	73.85	7.50	18.36	6.27	10.16
S(x)	1.94	3.40	2.14	7.28	1.12	3.38
V(x)	17.27	4.68	24.10	32.75	18.40	29.35

Source: Calculated by the author.

Źródło: Obliczenia własne.

Estonia, forming a one-element set in group V, is one of the most energy-independent countries in the EU (X2), as well as a net energy exporter. The main raw material used for energy production is high-emission bitumen shale (shale is used there to produce not only energy, but also oil and gas), which meets almost 90% of the energy needs of the Estonian population (Raś, 2019). Estonia also has a very favorable situation in terms of low pollution (X1).

The countries classified in group VI (Finland and Sweden) can be considered leaders in terms of their energy policies that include protection of the environment (X4). Sweden, with 56.4% of renewable energy in energy consumption, is described as the "greenest" country in Europe. Sweden is also becoming a leader in terms of offshore wind power stations. The government is planning to expand wind installations in the North Sea, the Baltic Sea, and the Gulf of Bothnia so as to reach annual production of 120 TWh, which would cover almost all of Sweden's annual electricity needs (Wolf, 2016). Finland, on the other hand, mainly uses hydropower (45%) and wind power (23%), and only a few percent of its energy is produced from biomass and waste. The country is also characterized by one of the lowest air pollution with particulate matter  $<2.5 \mu\text{m}$  (X1) in Europe.

## Conclusions

The process of gradual transformation from a coal-based economy to an economy that uses green, low-emission technologies that meet social needs, ensure energy security not only locally, but also regionally, and in the long term, is increasingly implemented by EU member states. This is the reason for the introduction of appropriate legislation governing the share of RES in the overall energy production and consumption and for setting national targets for the percentage of energy produced from renewable sources as well as targets for reducing environmental pollution. In connection with

Estonia, tworząca jednoelementowy zbiór w grupie V, jest jednym z najbardziej niezależnych pod względem energetycznym państw UE (X2), a także eksporterem energii netto. Głównym surowcem wykorzystywanym do produkcji energii są wysokoemisyjne łupki bitumiczne (z łupków wytwarza się tam nie tylko energię, ale również ropę i gaz), co zaspokaja potrzeby energetyczne mieszkańców Estonii prawie w 90% (Raś, 2019). Bardzo korzystna jest w Estonii także sytuacja pod względem niewielkiego zanieczyszczenia (X1).

Kraje zaklasyfikowane do grupy VI (Finlandia i Szwecja) można uznać za liderów w polityce energetycznej uwzględniającej dbałość o środowisko (X4). Szwecja z 56,4% udziałem energii odnawialnej w konsumpcji energii określana jest jako najbardziej „zielony” kraj w Europie. Szwecja staje się także liderem pod względem morskich elektrowni wiatrowych. Rząd planuje rozbudować instalacje wiatrowe na Morzu Północnym, Bałtyku i Zatoce Botnickiej tak by roczna produkcja wynosiła 120 TWh, co pokrywałoby niemal w całości roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w Szwecji (Wolf, 2016). Finowie z kolei głównie korzystają z energii wodnej (45%), wiatrowej (23%) oraz w kilku procentach z biomasy i odpadów. Charakteryzuje ich także jedno z najniższych w Europie zanieczyszczenie powietrza pyłami  $<2,5 \mu\text{m}$  (X1).

## Wnioski

Proces stopniowej transformacji z gospodarki opartej na węglu do gospodarki wykorzystującej technologie ekologiczne, niskoemisyjne, zaspokajające potrzeby społeczne, zapewniające bezpieczeństwo energetyczne w skali nie tylko lokalnej, ale i regionalnej, a także w perspektywie długookresowej, jest coraz szerzej podejmowany przez kraje członkowskie UE. Stąd wprowadzanie odpowiednich przepisów regulujących udział OZE w ogólnej produkcji i zużyciu energii oraz wyznaczenie krajowych celów dotyczących odsetka energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych a także celów dotyczących ograniczania

the Russian aggression against Ukraine, energy independence will now become one of Europe's main goals. Renewable energy sources can play a key role in this transition. The more RES in the system, the less coal and gas consumption, which also has a positive impact on the environment.

Sweden and Finland are among the leaders in environmentally friendly energy policies and RES development. Estonia is largely independent of energy imports thanks to its large shale gas deposits.

Central European countries, mainly Poland, have high-emission economies, accompanied by low investment in modern environmentally friendly technologies. This is manifested, among other things, in their low air quality, which is largely due to the high concentrations of particulate matter, a category in which Poland has some of the worst results in the entire EU.

In the context of the rising electricity prices and the rapidly changing geopolitical situation, it is important to reduce the consumption of conventional energy resources, diversify the sources of supply, and increase the share of energy produced from renewable sources.

zanieczyszczenia środowiska. W związku z agresją Rosji na Ukrainę niezależność energetyczna stanie się teraz jednym z głównych celów Europy. W transformacji kluczową rolę mogą odegrać odnawialne źródła energii. Im więcej OZE w systemie, tym mniejsze zużycie węgla i gazu co ma także korzystny wpływ na środowisko.

W grupie liderów w zakresie polityki energetycznej przyjaznej środowisku i rozwojowi OZE znalazły się Szwecja i Finlandia. Estonia dzięki dużym złożom gazu łupkowego jest w dużej mierze niezależną od dostaw surowców energetycznych.

Kraje Europy Środkowej, w tym głównie Polskę, charakteryzuje gospodarka wysokoemisyjna, której towarzyszą niskie nakłady na nowoczesne technologie przyjazne środowisku. Objawia się to między innymi złą jakością powietrza, co wynika w dużej mierze z wysokiego stężeniem pyłów, w której to kategorii Polska ma jedno z najgorszych wyników w całej UE.

W kontekście rosnących cen prądu oraz dynamicznie zmieniającej się sytuacji geopolitycznej istotne jest ograniczenie zużycia konwencjonalnych surowców energetycznych, dywersyfikacja źródeł dostaw i zwiększenie udziału energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych.

## Literatura

1. 2020 Climate & Energy package, [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package\\_pl](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_pl); dostęp: 15.09.2022.
2. Bełdowicz, A., (2021). *OZE rośnie najszybciej od 22 lat, Chiny światowym liderem*. klimat.rp.pl, accessed: 21.10.2021.
3. Chalvatzis, K.J., Ioannidis, A., (2017). Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy, *Applied Energy*, 207, s.465-476.
4. Cichosz, P., (2000). *Systemy uczące się*. Warszawa: WNT.
5. Commission Communication (COM(2018)773. *A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Accessed:15.09.2022.
6. Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych. Accessed: 22.10.2022.
7. Decyzja Rady (UE) 2016/1841 z dnia 5 października 2016 r. w sprawie zawarcia, w imieniu Unii Europejskiej, porozumienia paryskiego przyjętego na mocy Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, EUR-Lex - 32016D1841 - PL - EUR-Lex (europa.eu). Accessed: 15.11.2022.
8. Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April (2009) amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community. Accessed: 22.10.2022.
9. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych. Accessed: 22.10.2022.
10. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/31/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla. Accessed: 22.10.2022.
11. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (europa.eu). Accessed: 22.10.2022.



12. Elavarasan, R., M., Afridhis, S., Vijayaraghavan, R. R., Subramaniam, U., Nurunnabi, M. (2020). SWOT analysis: A framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries. *Energy Reports*, 6, s.1838–1864. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.07.009>. dostęp:07.09.2022.
13. Energy Union Package -Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank: A framework strategy for a resilient Energy Union with a forward-looking climate change policy, (2015), COM 80 final, European Commission.
14. European Commission. Communication from the commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52014DC0015>. dostęp: 22.09. 2022.
15. European Environment Agency (EEA). Share of renewable energy in gross final energy consumption. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/T2020\\_31/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/T2020_31/default/table) dostęp: 09.09.2022.
16. Gokgoz, F., Guvercin, M., T. (2018). Energy security and renewable energy efficiency in EU, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 96, s. 226-239.
17. Kassambara, A., (2017). *Practical Guide To Cluster Analysis in R*. STHDA, Mountain View.
18. Key figures on Europe (2021). Luxembourg, Publications Office of the European Union, p.65.
19. Kolasa-Więcek, A., Pisz, I. (2013). Wykorzystanie metody hierarchicznej w segmentacji państw europejskich w obszarze zasobów wodnych, *Gospodarka Wodna*, Nr 2, s. 61-63.
20. Komunikat komisji do parlamentu europejskiego, rady, europejskiego komitetu ekonomiczno-społecznego i komitetu regionów „Gotowi na 55”: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej COM/2021/550 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550> dostęp: 21.10.2022.
21. Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change, [kpeng.pdf \(unfccc.int\)](https://unfccc.int/), dostęp 21.11.2022.
22. Mahjabeen, S. Z. A., Chughtai, S., Simonetti, B. (2020). Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries. *Energy Strategy Reviews*, 29, 100484. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100484>.
23. Nations, U. (2015). Paris agreement. In Paris: Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
24. Nowak, E., (2011). *Zarys metod ekonometrii*, Warszawa, PWN.
25. *Prawo Unii Europejskiej. Prawo materialne i polityki*, (2002). red. J. Barcz, PiPG, Warszawa, s. 526.
26. Raś, K., (2019). Zmiany w polityce klimatycznej Estonii, *Polski Instytut Spraw Międzynarodowych, PiSM Bulletin*, 167(1915), s. 2-4.
27. The roadmap for transforming the EU into a competitive, low-carbon economy by 2050, (2022), EUR-Lex - 52011DC0112 - PL - EUR-Lex (europa.eu), dostęp: 22.10.2022.
28. Wąs, A., Sulewski, P., Krupin, V., Popadynets, N., Malak-Rawlikowska, A., Szymańska, M., Skorokhod, I., Wysokiński, M. (2020). The Potential of Agricultural Biogas Production in Ukraine—Impact on GHG Emissions and Energy Production. *Energies*, 13(5755). <https://doi.org/10.3390/en13215755>.
29. Wolf, T., Prawie cała energia elektryczna w Szwecji ma być z morza. *Energetyka*, dostęp 31.08.2022.
30. Li, X., (2005). Diversification and localization of energy systems for sustainable development and energy security, *Energy Policy*, 33(17), s. 2237-2243.
31. ZIELONA KSIĘGA Ramy polityki w zakresie klimatu i energii do roku 2030 GREEN PAPER A 2030 framework for climate and energy policies /COM/2013/0169 final, (2013), dostęp:15.09.2022.

