

Anna Trocewicz¹
Akademia Bialska Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II

ZAPOTRZEBOWANIE NA PRACOWNIKÓW W SEKTORZE FOTOWOLTAICZNYM W KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ Z PERSPEKTYWĄ DO 2030 ROKU

Wstęp

W latach 60. i 70. XX w. zaczęły pojawiać się oznaki kryzysu energetycznego, który był spowodowany bardzo wysoką i ciągle rosnącą ilością konsumowanej energii. Ekonomista R. Manteuffel bardzo celnie ujął ten problem opisując, że: „surowiec, z którego przemysł dzisiaj sięga pełną garścią, stanowi dobro ograniczone, a wszystkie liczące się dzisiaj źródła energii dotyczą energii nieodnawialnej. I to jest zmora, która będzie trapić ludzkość tak długo, aż geniusz ludzki wynajdzie sposób korzystania bez ograniczeń z energii słonecznej”². Ilość energii słonecznej, która dociera do powierzchni Ziemi przewyższa aż 1000-krotnie zapotrzebowanie energetyczne populacji światowej³. Energia ta jest rozproszona i do końca pierwszej dekady XXI w. jej pozyskiwanie w większości zastosowań było nieefektywne ekonomicznie. A. Woś i J. Zegar w swoich opracowaniach wyrazili ten pogląd, stwierdzając, że proces wykorzystywania zasobów odnawialnych będący procesem powolnym, zostanie przyspieszony z powodu rozwoju nowych technologii⁴. Jako bardzo dobry przykład można podać Polskę, w której w latach 2010-2020 zostało zainstalowanych, przede wszystkim na potrzeby gospodarstw domowych, 2,35 mln m² kolektorów słonecznych⁵, 213,6 tys. pomp ciepła⁶, a także 466,1 tys.

¹ mgr, a.trocewicz@dyd.akademiabialska.pl, ORCID: 0000-0002-7630-417X.

² Manteuffel, R. (1987). *Filozofia rolnictwa*. Warszawa: PWN.

³ Ney, R. (1994). Energia odnawialna. *Nauka*, 3, 43-66.

⁴ Woś, A., Zegar, J. (2002). *Rolnictwo społecznie zrównoważone*. Warszawa: IERiGŻ.

⁵ Obliczenia własne na podstawie The State of Renewables Energie in Europe 2011 i 2021. <https://www.eurobserv-er.org/category/all-annual-overview-barometers>.

⁶ Obliczenia własne na podstawie Heat pumps Barometr 2011 i 2021. <https://www.eurobserv-er.org/heat-pumps-barometer-2021/>.

przydomowych elektrowni fotowoltaicznych⁷. Na tym przykładzie można zauważyć jak szybko poprzez postęp naukowo-techniczny przewidywania stały się faktem. Czynnikiem dynamizującym rozwój sektora oprócz liberalizacji prawa energetycznego i przeznaczania znaczących finansowych środków publicznych jest obniżenie kosztów jednostkowych instalacji fotowoltaicznych, zarówno prosumenckich, jak i komercyjnych⁸. Mimo, że w latach 2010-2020 produkcja energii elektrycznej w takich instalacjach wzrosła ze stanu prawie zerowego do 168,4 ktoe⁹, to jej udział w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem wyniósł w 2020 r. tylko 0,29%.

Na podstawie najnowszych dokumentów krajowych: Polityki Energetycznej Polski do 2040 r.¹⁰ oraz założeń do jej aktualizacji¹¹ można zauważyć dążenie do bardziej dynamicznego rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii we wszystkich sektorach. Wyzwanie to związane jest z „niezależnością i suwerennością”¹², a także z koniecznością obniżenia stężenia w powietrzu poziomu cząstek zawieszonych pyłów (PM10 oraz PM2,5) i bezno(a)pirenu, które są poważnym zagrożeniem dla zdrowia publicznego. Polska w dalszym ciągu jest jednym z krajów UE, w którym występuje najgorsza jakość powietrza. W celu osiągnięcia założeń do 2040 roku połowa produkcji energii elektrycznej powinna być wytwarzana z OZE, a 10% przypadać na sektor fotowoltaiczny. Z analiz tempa rozwoju tego sektora wynika, iż jest ono znacznie szybsze niż założone w prognozach PEP 2040¹³. Z szacunków sporządzonych na podstawie Raportu „Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022”¹⁴ i założeniu, że wydajność paneli fotowoltaicznych będzie na takim samym poziomie jak w latach 2018-2020, to w 2022 r. ilość wytworzonej energii elektrycznej przez ten sektor wyniesie tyle ile zaprogramowano na 2025 r.

⁷ Stowarzyszenie Branży Fotowoltaicznej Polska. *Rynek mikroinstalacji fotowoltaicznych Polska '20*. <http://polskapvp.pl/wp-content/uploads/2021/04/RYNEK-MIKROINSTALACJI-FOTOWOLTAICZNYCH-POLSKA-2020-STOWARZYSZENIE-BRAN%C5%BBY-FOTOWOLTAICZNEJ-SBF-POLSKA-PV.pdf>.

⁸ Gradziuk, P., Gradziuk, B., Us, A. (2018). Tendencje kształtowania się kosztów inwestycyjnych w sektorze fotowoltaicznym. *Roczniki Naukowe SERiA*, XX(1), 44-49.

⁹ Eurostat. *Energy balances*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>.

¹⁰ Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2021). *Polityka Energetyczna Polski do 2040 r.* Warszawa.

¹¹ Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2022). *Założenia do aktualizacji Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. Wzmacnianie bezpieczeństwa i niezależności energetycznej*. Warszawa.

¹² Tamże.

¹³ Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2021). *Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. Załącznik nr 2 Wnioski z analiz prognostycznych dla sektora elektroenergetycznego*. https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/strategie_plany_programy/Polityka_energetyczna_Polski/zal._2_do_PEP2040_-_Wnioski_z_analiz_prognostycznych_2021-02-02.pdf.

¹⁴ Instytut Energetyki Odnawialnej. (2022). *Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022*. Warszawa: IEO.

(584 ktoe)¹⁵. Przy tych samych założeniach ilość wytworzonej energii elektrycznej zaplanowana w PEP 2040 na 2040 r. zostanie już zrealizowana w 2030 r. Na tak szybki rozwój tego sektora zarówno w Polsce jak i Europie wskazywali już między innymi J. Olchowik¹⁶, V. Devabhaktuni¹⁷, czy też P. Gradziuk¹⁸.

Dzięki wykorzystaniu OZE można dostrzec wiele pozytywnych następstw, zarówno w skali lokalnej, a także w kategoriach globalnych. Najczęściej wymienia się poprawę stanu środowiska naturalnego oraz bezpieczeństwa energetycznego. Poprzez korzystanie z energetyki rozproszonej zmniejszą się zakłócenia powstające w przypadku awarii sieci energetycznych oraz u producentów energii. Do pozytywnych następstw zalicza się również zmniejszenie kosztów, które wynikają z budowy oraz eksploatacji przesyłowych linii, jak również przyczynianie się do poprawy zaopatrzenia w energię terenów zwłaszcza o słabej strukturze energetycznej¹⁹. Jednocześnie z rozwojem wykorzystania OZE, wzrasta również zatrudnienie²⁰, co niejednokrotnie było argumentem postulującym za zwiększaniem finansowania wytwarzania energii z tych źródeł²¹. Dzięki odnawialnym źródłom energii tworzona jest największa ilość trwałych miejsc pracy, których pozytywnym aspektem jest przestrzenne uniezależnienie od centrów przemysłowych. Zarówno „Krajowy Plan Rozwoju Mikroinstalacji Odnawialnych Źródeł Energii do 2020 roku”, jak również „Strategia bezpieczeństwa energetyczne i środowisko perspektywa do 2020 r.” nawiązują do tworzonych etatów na potrzeby budowy instalacji OZE oraz ich obsługi. Do wad tworzenia takich miejsc pracy wymienia się ewentualne uzależnienie lokalnie posadowionych instalacji od konieczności napływu zewnętrznego zasobu pracy, podyktowanej kwalifikacjami pracowników. Ze względu na możliwość wykształcenia

¹⁵ Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2021). *Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. Załącznik nr 2 Wnioski z analiz prognostycznych dla sektora elektroenergetycznego*.

https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/strategie_plany_programy/Polityka_energetyczna_Polski/zal._2_do_PEP2040_-_Wnioski_z_analiz_prognostycznych_2021-02-02.pdf.

¹⁶ Olchowik, J. M. (2011). Trendy rozwoju fotowoltaiki w Europie i na świecie. *Fotowoltaika*, 1, 9-11.

¹⁷ Devabhaktuni, V., Mansoor, A., Shekara, S., Green, R., Nims, D., Near, C. (2013). Solar energy: Trends and enabling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 555-564.

¹⁸ Gradziuk, P. (2017). Energetyka słoneczna w Unii Europejskiej. *Roczniki Naukowe SERiA*, XIX(1), 52-59.

¹⁹ Gradziuk, P. (2015). *Gospodarcze znaczenie i możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne w Polsce*. Monografie i rozprawy naukowe nr 45, Puławy: Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy.

²⁰ Cameron, L., van der Zwaan, B. (2015). Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 45, 160-172.

²¹ European Commission. (2021). *The EU's 2021-2027 long-term budget and NextGenerationEU. Facts and figures*.

<https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/d3e77637-a963-11eb-9585-01aa75ed71a1/language-en>.

niewystarczającej liczby osób do podjęcia pracy w sektorze OZE, konieczne będzie zatrudnienie absolwentów innych kierunków związanych z budownictwem oraz wsparcie sektora przez system kształcenia pozaszkolnego²². Nowe miejsca pracy w sektorze OZE tworzone są przede wszystkim na obszarach nieurbanizowanych o stosunkowo wysokiej stopie bezrobocia²³. Na obszarach wiejskich powoływane są m. in. spółdzielnie energetyczne wspierające rozwój OZE, które mogą być rentownym rozwiązaniem przyczyniającym się do ochrony środowiska naturalnego efektywnie wykorzystującym potencjał odnawialnych źródeł energii²⁴.

Realizacja długoterminowej wizji dojścia do zerowych emisji netto w 2050 r., którą Komisja Europejska zaproponowała w strategii „Czysta planeta dla wszystkich”²⁵, wymaga całkowitej rezygnacji z wykorzystania węgla, a także znaczącego ograniczenia zużycia ropy naftowej oraz gazu, aby uczynić z Europy pierwszy na świecie kontynent neutralny dla klimatu²⁶. Miejsce tych paliw mają głównie zajmować odnawialne źródła energii, co znacznie zwiększyłoby bezpieczeństwo dostaw. Obietnice te znalazły również potwierdzenie w Europejskim Zielonym Ładzie²⁷ oraz pakiecie „Gotowi na 55”²⁸. Stanowią one spójną część opracowanej przez Komisję strategii, która ma na celu wdrożenie agendy Organizacji Narodów Zjednoczonych na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030²⁹. Urzeczywistnienie tych ambitnych zamierzeń wymagać będzie nie tylko znaczących środków finansowych, ale także zasobów materiałowych i pracowników.

²² Bańkowska, K., Gradziuk, P. (2017). Energetyka odnawialna – implikacje dla rolnictwa i rozwoju obszarów wiejskich w Polsce. *Wieś i Rolnictwo*, 3(176), 121–146. doi: 10.53098/wir032017/06.

²³ Gradziuk, P. L. (2022). The impact of the polish renewable energy sector on employment / Oddziaływanie polskiego sektora energetyki odnawialnej na zatrudnienie. *Economic and Regional Studies*, 15(4), 478-491. <https://doi.org/10.2478/ers-2022-0032>.

²⁴ Jasiński, J., Kozakiewicz, M., Sołtysik, M. (2021). Determinants of Energy Cooperatives’ Development in Rural Areas – Evidence from Poland. *Energies*, 14, 319. Doi: 10.3390/en14020319.

²⁵ Komisja Europejska. (2018). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego. Czysta planeta dla wszystkich* Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=PL>.

²⁶ Jasiński, J., Kozakiewicz, M., Sołtysik, M. (2021). The Effectiveness of Energy Cooperatives Operating on the Capacity Market. *Energies*, 14, 3226. doi: 10.3390/en14113226.

²⁷ Komisja Europejska. (2019). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład*. Pobrań z: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF

²⁸ Komisja Europejska. (2021). *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*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=PL>.

²⁹ Organizacja Narodów Zjednoczonych. (2015). *Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030*.

Material i metodyka badań

Celem badań była ocena oddziaływania sektora fotowoltaicznego, który należy do najbardziej perspektywicznych branż OZE, na rynek pracy w UE. W opracowaniu zbudowano oraz poddano szczegółowej weryfikacji modele, w których zmienną zależną (Y) była liczba miejsc pracy, natomiast zmiennymi niezależnymi: wytworzona energia pierwotna (x_1) i zainstalowana moc ogniw fotowoltaicznych (x_2). Informacje dotyczące produkcji energii zostały zaczerpnięte z Bazy Danych Eurostatu³⁰, natomiast liczbę zatrudnionych oraz moc zainstalowanych urządzeń określono na podstawie raportów wydanych przez organizację EurObserv'ER³¹. Zakres badań obejmował 27 państw należących do Unii Europejskiej w latach 2009-2020. Z uwagi na znaczące zmiany na rynku energii z odnawialnych źródeł, które nastąpiły po przyjęciu przez Parlament Europejski oraz Radę UE Pakietu klimatyczno-energetycznego, zdecydowano się na przyjęcie do opracowania powyższego okresu. W celu empirycznej identyfikacji zależności między zmiennymi obliczono wartości współczynników korelacji liniowej i nieliniowej. Otrzymane modele ekonometryczne, których parametry estymowano z wykorzystaniem Klasycznej Metody Najmniejszych Kwadratów, poddawano weryfikacji, oceniając ich jakość oraz poprawność specyfikacji.

Charakterystyka sektora odnawialnych źródeł energii w Unii Europejskiej

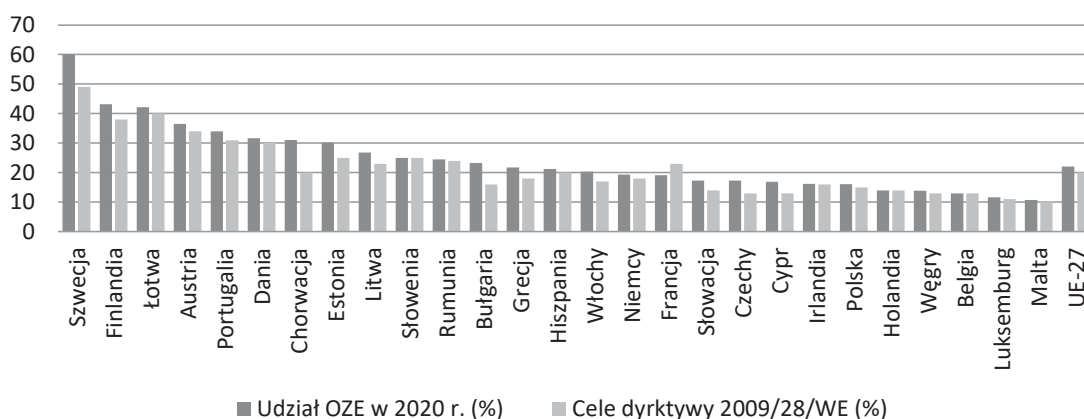
Udział wykorzystania odnawialnych źródeł energii w UE systematycznie wzrasta, co jest skutkiem polityki prowadzonej przez Wspólnotę. Zwiększenie wykorzystania OZE zawarto już w Pakiecie klimatycznym będącym zbiorem przepisów prawnych, które miały na celu zapewnienie przez Unię Europejską redukcję emisji gazów cieplarnianych GHG (wyrażonej w ekwiwalencie CO_2) o 20% do 2020 r. w stosunku do roku 1990³². W tym dokumencie, który został nazwany „Planem 20-20-20” zostało zawarte zobowiązanie do poprawy efektywności energetycznej

³⁰ Eurostat. (2022). *Final energy consumption: new methodology of energy balances*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/Energy-balance-sheets-February-2021-edition.zip/4b1d6665-f303-be7d-a7e5-1e0da16ec0d9?t=161270956547>.

³¹ EurObserv'ER. (2010-2022). *Photovoltaic barometr*. <https://www.eurobserv-er.org/category/all-photovoltaic-barometers/>.

³² Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2009). *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*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:PL:PDF>.

o 20% oraz do wzrostu do 20% udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r., w tym do 10% – udziału biopaliw w paliwach wykorzystywanych w transporcie³³. Punkty wyjściowe oraz potencjał poszczególnych państw był różny w zakresie odnawialnych źródeł energii, w związku z tym zróżnicowano cele wspólnotowe, które początkowo ustalono na poziomie 20%. Wartości te wynosiły od 10% dla Malty do 49% dla Szwecji (Polska – 15%). Odnosząc się do 10% celu dla energii z OZE, w sektorze transportu zróżnicowania takiego nie zastosowano³⁴. Na podstawie danych zawartych na stronach internetowych Eurostat można odczytać, że cele odnoszące się zarówno do udziału energii z OZE w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r. (Rysunek 1)³⁵, jak i udziału biopaliw w paliwach wykorzystywanych w transporcie (Rysunek 2)³⁶ w UE27 zostały zrealizowane.



Rysunek 1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w krajach członkowskich UE-27 w 2020 r. i docelowe cele wynikające z dyrektywy 2009/28/WE

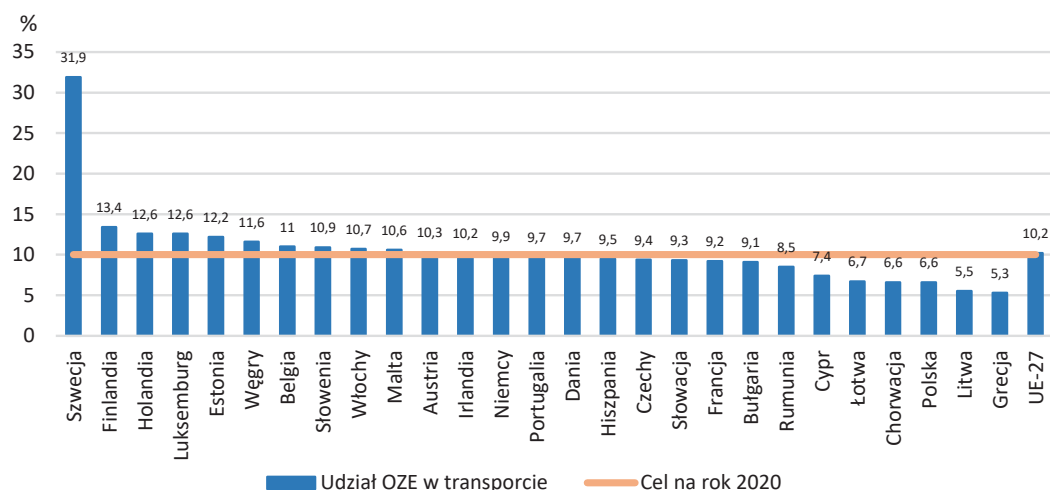
Źródło: Opracowanie własne na podstawie dyrektywy 2009/28/WE i Approximated estimates for the share of gross final consumption of renewable energy sources in 2020 (EEA 2020 RES share proxies). <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/approximated-estimates-for-the-share-4> (dostęp 20.10.2022).

³³ Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2009). *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*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=PL>.

³⁴ Tamże.

³⁵ European Environment Agency. (2021). *Approximated estimates for the share of gross final consumption of renewable energy sources in 2020 (EEA 2020 RES share proxies)*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/approximated-estimates-for-the-share-4>.

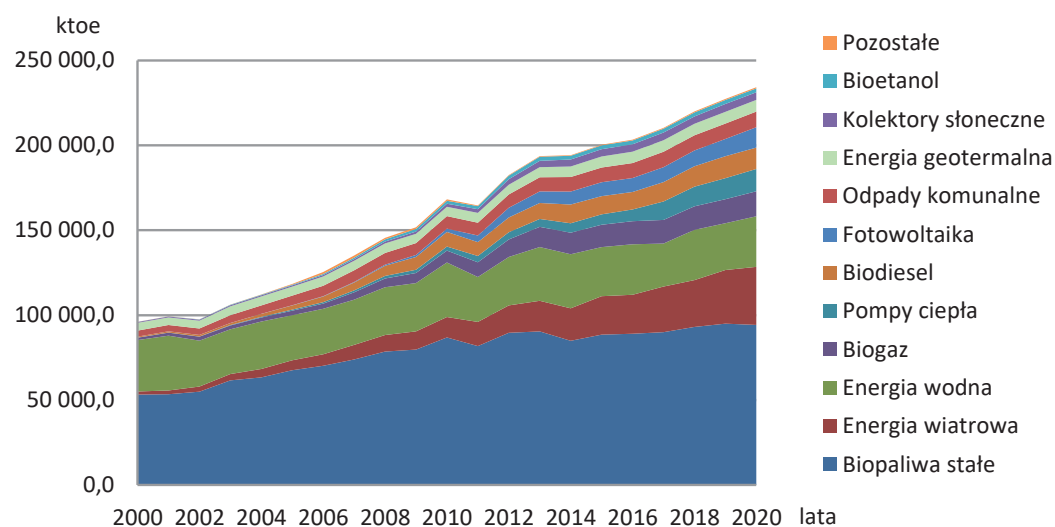
³⁶ EUROSTAT. *EU meets 2020 renewable energy target in transport*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN__custom_1935987/default/table?lang=en.



Rysunek 2. Udział energii ze źródeł odnawialnych w transporcie w krajach członkowskich UE-27 w 2020 r. i docelowy cel wynikający z dyrektywy 2009/28/WE

Źródło: Opracowanie własne na podstawie EU meets 2020 renewable energy target in transport. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN_custom_1935987/default/table?lang=en (dostęp 20.10.2022).

W latach 2000-2020 produkcja energii pierwotnej z OZE w UE-27 zwiększyła się o 243,7% (Rysunek 3), co jest wynikiem realizacji polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej.



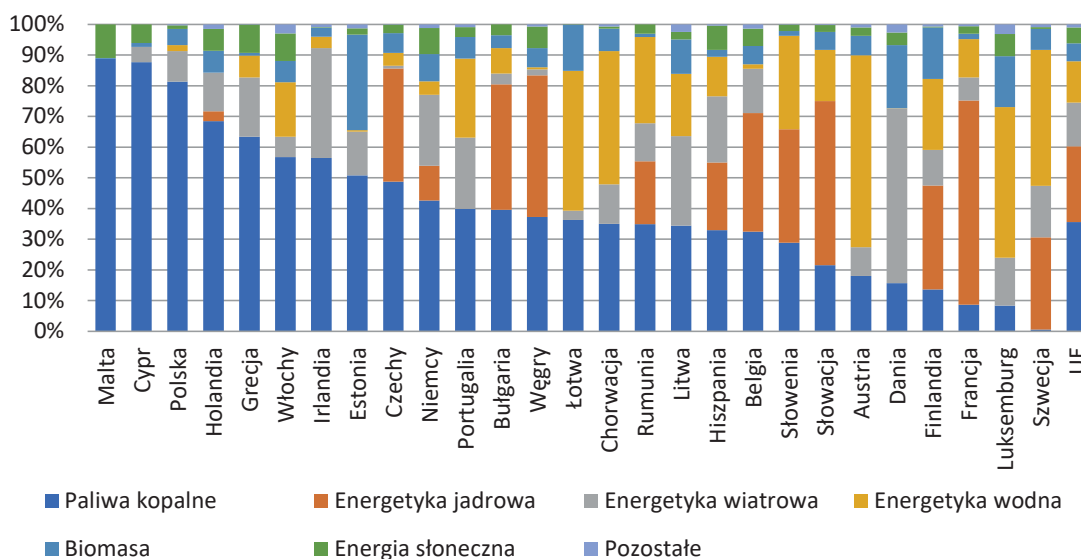
Rysunek 3. Produkcja energii z OZE w UE-27 wg sektorów w latach 2000-2020 (ktoe)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Energy balances. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (dostęp 20.09.2022).

Analizując strukturę pozyskania energii z OZE w UE można zaobserwować, że dotychczas największe znaczenie przypadało biomasie, która jest dostępna

powszechnie oraz można ją wykorzystywać w procesach spalania bezpośredniego (np. słoma, drewno, osady ściekowe), może być przetwarzana na ciekłe paliwa (np. alkohol, czy estry oleju rzepakowego), a także gazowe (np. gaz wysypiskowy, biogaz rolniczy, biogaz z oczyszczalni ścieków). Najszybciej rozwijającym się sektorem była fotowoltaika (wzrost ponad tysiąc dwustukrotny), pompy ciepła (wzrost stu pięćdziesięciokrotny), jak również biogaz, energia wiatrowa, biodiesel oraz bioetanol (od 1069 do 3845%). W produkcji w dalszym ciągu największe znaczenie miała biomasa stała, która była wykorzystywana w ciepłownictwie oraz elektroenergetyce, jednak udział jej w badanym okresie zmniejszył się z 54,0 do 40,2%.

W przypadku sektora elektroenergetycznego 35,6% wytworzonej energii elektrycznej przypadało na paliwa kopalne, 24,6% energetykę jądrową, a 39,8% pochodziło z OZE, w tym 5,2% z sektora fotowoltaicznego (Rysunek 4).



Rysunek 4. Struktura produkcji energii elektrycznej w UE-27 wg źródeł w 2020 (%)

Źródło: Opracowanie własne: na podstawie <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-3b.html?lang=en> (dostęp 20.10.2022).

Ze względu na konieczność osiągnięcia zobowiązań unijnych, które wynikają z Porozumienia paryskiego, Unia Europejska a także kraje do niej należące są zobligowane do kolejnych działań ograniczających emisję GHG. Propozycje takie zostały zawarte w dokumencie „Czysta energia dla wszystkich Europejczyków”³⁷ zwanego też „Pakiem zimowym”. To jest wizja długoterminowa, aby dojść do dobrze prosperującej, konkurencyjnej, nowoczesnej, a także neutralnej dla klimatu gospodarki w 2050 roku. W dokumencie tym wyznaczono siedem priorytetów, jak

³⁷ Komisja Europejska. (2019). *Czysta energia dla wszystkich Europejczyków*. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.

również prawne ramy unijnej polityki klimatycznej i energetycznej do 2030 roku. Z punktu widzenia energetycznego sektora najważniejsze znaczenie miała dyrektywa 2018/2001 (RED II)³⁸, wyznaczono w niej cel (na poziomie co najmniej 32%) udziału energii z odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii brutto w 2030 roku. W 2020 r. Komisja Europejska uznała ten cel „za mało ambitny”, w związku z czym wdrożyła procedurę zmiany dyrektywy (UE) 2018/2001, wnioskując o zwiększenie celu unijnego w zakresie odnawialnych źródeł energii do 38-40% w roku 2030³⁹, czyli podwojenie go w porównaniu do 2020 r.

Wyniki badań i dyskusja

Z przeprowadzonych analiz wynika, że w badanym okresie najwyższym wzrostem produkcji energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych charakteryzował się sektor fotowoltaiczny. W UE27 ilość tak wytworzonej energii elektrycznej wzrosła z 1204 ktoe do 11972 ktoe, przy czym tendencje te były znacząco zróżnicowane między państwami Wspólnoty. W 2009 r. 89,6% wytworzonej energii w instalacjach fotowoltaicznych przypadało na Niemcy (47,0%) i Hiszpanię (42,6%), a w takich państwach jak Chorwacja, Estonia, Irlandia, Litwa, Łotwa, Malta, Polska, Rumunia i Słowacja, wartość ta była bliska zera (Tabela 1).

Tabela 1. Produkcja energii elektrycznej z urządzeń fotowoltaicznych w krajach UE w 2009 i 2020 roku

Kraj	Lata			
	2009		2020	
	tys. toe	%	tys. toe	%
Niemcy	566,1	47,02%	4182,4	34,93%
Włochy	58,2	4,83%	2144,6	17,91%
Hiszpania	512,6	42,57%	1347,8	11,26%
Francja	15	1,25%	1152,1	9,62%

³⁸ Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2018). *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=en>.

³⁹ Komisja Europejska. (2021). *Wniosek: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) zmieniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001, rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652. 2021/0218 (COD)*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF.

Kraj	Lata			
	2009		2020	
	tys. toe	%	tys. toe	%
Holandia	3,9	0,32%	753,7	6,30%
Belgia	14,3	1,19%	439	3,67%
Grecja	4,3	0,36%	382,4	3,19%
Węgry	0,1	0,01%	211,4	1,77%
Republika Czeska	7,6	0,63%	196,6	1,64%
Austria	4,2	0,35%	175,7	1,47%
Polska	0	0,00%	168,4	1,41%
Rumunia	0	0,00%	149	1,24%
Portugalia	13,8	1,15%	147,5	1,23%
Bulgaria	0,3	0,02%	127,3	1,06%
Dania	0,3	0,02%	101,5	0,85%
Szwecja	0,6	0,05%	90,4	0,76%
Słowacja	0	0,00%	57	0,48%
Słowenia	0,3	0,02%	31,7	0,26%
Cypr	0,3	0,02%	25,4	0,21%
Malta	0	0,00%	20,4	0,17%
Finlandia	0,4	0,03%	18,8	0,16%
Luksemburg	1,7	0,14%	13,9	0,12%
Litwa	0	0,00%	11,1	0,09%
Estonia	0	0,00%	10,5	0,09%
Chorwacja	0	0,00%	8,2	0,07%
Irlandia	0	0,00%	5,5	0,05%
Łotwa	0	0,00%	0,4	0,00%
UE	1204	100,00%	11972,7	100,00%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-3b.html?lang=en> (20.10.2022).

Zobowiązania nałożone na państwa członkowskie w Pakiecie klimatyczno-energetycznym (dyrektywa 2009/28/WE)⁴⁰ oraz spadek jednostkowych kosztów paneli fotowoltaicznych⁴¹ przyczyniły się do rozwoju komunitariańskiej czy też obywatelskiej wizji energetyki, która bazuje na inicjatywie obywateli oraz ich

⁴⁰ Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2009). *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*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=PL>.

⁴¹ Gradziuk, P., Gradziuk, B., Us, A. (2018). Tendencje kształtowania się kosztów inwestycyjnych w sektorze fotowoltaicznym. *Roczniki Naukowe SERiA*, XX(1), 44-49.

wspólnotach. Znaczącą przesłanką wpływającą na rozpowszechnienie stosowania takich praktyk był także znaczący wzrost w dostępie do środków finansowych na promocję korzystania z OZE⁴² a także stosunkowo proste procedury związane zarówno z przygotowaniem jak i samą realizacją inwestycji. Stąd też w latach 2010-2020 wzrost rangi Wspólnotowego sektora fotowoltaicznego z 0,8% do 5,0% w wytwarzaniu energii elektrycznej⁴³. Spośród państw UE27 energia słoneczna w 2020 r. największe znaczenie miała na Malcie, Grecji, Włoszech i Niemczech, gdzie ten udział wynosił około 10%. Polska należała do grupy państw Wspólnoty o najniższym takim wskaźniku (Tabela 2).

Tabela 2. Udział sektora fotowoltaicznego w produkcji energii elektrycznej ogółem

Kraj	Produkcja energii elektrycznej [TWh]		Udział sektora fotowoltaicznego w produkcji energii elektrycznej ogółem
	sektor fotowoltaiczny	ogółem	
Malta	237,3	2143,1	11,1%
Grecja	4447,3	48251,9	9,2%
Włochy	24941,7	280531,0	8,9%
Niemcy	48641,3	572666,0	8,5%
Luksemburg	161,7	2233,9	7,2%
Holandia	8765,5	123554,8	7,1%
Węgry	2458,6	34930,0	7,0%
Cypr	295,4	4849,2	6,1%
Hiszpania	15674,9	263373,0	6,0%
Belgia	5105,6	89389,0	5,7%
Dania	1180,4	28733,6	4,1%
Bulgaria	1480,5	40766,6	3,6%
Portugalia	1715,4	53078,4	3,2%
Rumunia	1732,9	55934,9	3,1%
Austria	2043,4	72566,3	2,8%
Republika Czeska	2286,5	81517,2	2,8%
Francja	13398,9	531762,3	2,5%
Litwa	129,1	5517,5	2,3%
Słowacja	662,9	28838,0	2,3%
Słowenia	368,7	17190,7	2,1%

⁴² Gradziuk, P., Gradziuk, B. (2017). Próba oceny absorpcji środków z funduszy europejskich na rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii w woj. lubelskim. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, 104(3), 95-105.

⁴³ Eurostat. (2022). *Electricity production, consumption and market overview*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview.

Kraj	Produkcja energii elektrycznej [TWh]		Udział sektora fotowoltaicznego w produkcji energii elektrycznej ogółem
	sektor fotowoltaiczny	ogółem	
Estonia	122,1	5955,9	2,1%
Polska	1958,5	158042,7	1,2%
Chorwacja	95,4	13385,3	0,7%
Szwecja	1051,4	163833,0	0,6%
Finlandia	218,6	68949,0	0,3%
Irlandia	64,0	32289,9	0,2%
Łotwa	4,7	5724,8	0,1%
UE	139242,5	2786007,9	5,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_peh/default/table?lang=en.

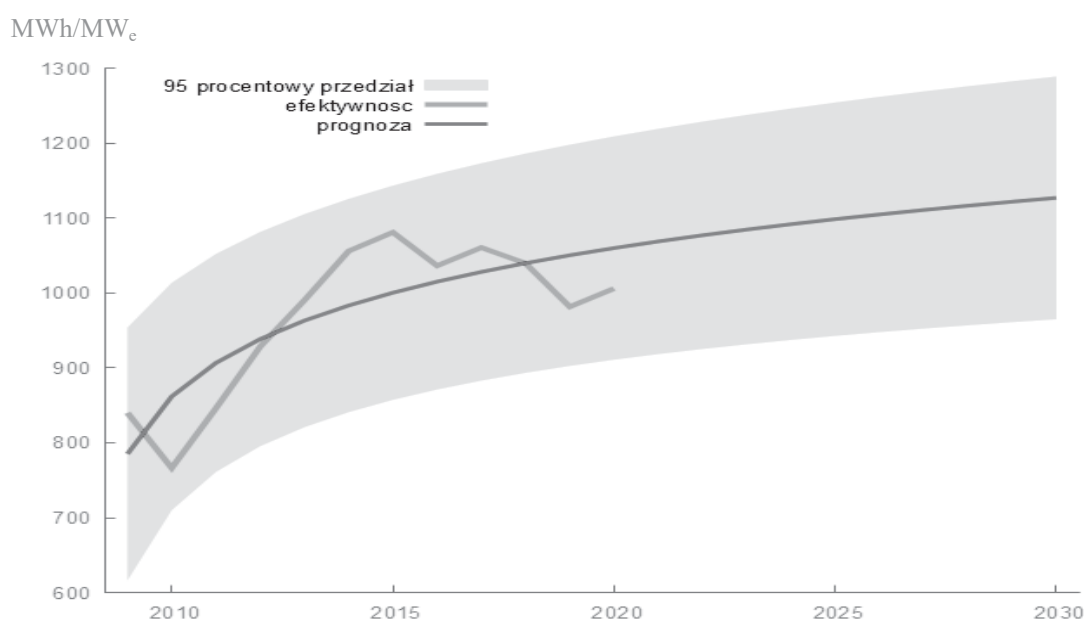
Do tak znaczącego wzrostu produkcji energii elektrycznej w instalacjach fotowoltaicznych przyczyniło się nie tylko ponad ośmiokrotne zwiększenie ich mocy (Tabela 3) ale także poprawa sprawności energetycznej w wyniku postępu technologicznego (Rysunek 5).

Tabela 3. Zainstalowana moc urządzeń fotowoltaicznych w krajach Unii Europejskiej w 2009 i 2020 r.

Kraj	2009		2020	
	[MW]	%	[MW]	%
Belgia	386	2,32%	53721,0	38,80%
Bułgaria	2	0,01%	21650,0	15,64%
Republika Czeska	465	2,79%	12589,5	9,09%
Dania	5	0,03%	12022,2	8,68%
Niemcy	10 564	63,36%	10949,7	7,91%
Estonia	0	0,00%	5574,8	4,03%
Irlandia	0	0,00%	3955,0	2,86%
Grecja	46	0,28%	3287,7	2,37%
Hiszpania	3 488	20,92%	2131,0	1,54%
Francja	263	1,58%	2122,7	1,53%
Chorwacja	0	0,00%	2042,9	1,48%
Włochy	1 142	6,85%	1382,6	1,00%
Cypr	4	0,02%	1304,3	0,94%
Łotwa	0	0,00%	1107,0	0,80%
Litwa	1	0,01%	1100,3	0,79%
Luksemburg	26	0,16%	1097,4	0,79%
Węgry	1	0,01%	535,0	0,39%

Kraj	2009		2020	
	[MW]	%	[MW]	%
Malta	1	0,01%	369,8	0,27%
Holandia	68	0,41%	318,0	0,23%
Austria	71	0,43%	229,1	0,17%
Polska	1	0,01%	207,7	0,15%
Portugalia	115	0,69%	187,9	0,14%
Rumunia	1	0,01%	186,6	0,13%
Słowenia	4	0,02%	164,0	0,12%
Słowacja	2	0,01%	108,5	0,08%
Finlandia	7	0,04%	92,8	0,07%
Szwecja	9	0,05%	5,1	0,00%
UE	16 672	100,00%	138 443	100,00%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EurObserv'ER.



Rysunek 5. Prognoza zmian sprawności technologii fotowoltaicznych w UE27 do 2030 r.

Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że zatrudnienie w sektorze fotowoltaicznym charakteryzowało się bardzo dużą zmiennością w czasie (Tabela 4). Jej przyczyn należy upatrywać w fazach rozwoju branży, bowiem najwięcej miejsc pracy generowana jest na etapie montażu (6 etatów/MW_c) i produkcji urządzeń (4,5 etatu/MW_c), a najmniej w okresie eksploatacji (0,5 etatu/MW_c)⁴⁴.

⁴⁴ Instytut Energetyki Odnawialnej. (2022). *Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022*. Warszawa: IEO.

Tabela 4. Liczba miejsc pracy w sektorze fotowoltaicznym [tys.]

Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Belgia	7,8	6,2	20,5	20,5	5,0	3,0	1,3	2,4	3,0	1,7	3,6	4,3
Bulgaria	0,1	0,4	3,6	10,0	1,5	0,8	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8	1,8
Republika Czeska	5,0	8,0	0,5	1,5	1,5	1,5	2,1	1,7	1,3	1,9	2,0	2,9
Dania	0,3	0,4	6,1	7,0	0,7	0,9	1,9	1,2	1,1	1,6	2,0	2,5
Niemcy	64,7	107,8	110,9	87,8	56,0	38,3	32,2	27,1	29,3	41,9	45,3	55,6
Estonia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,2	0,4
Irlandia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2
Grecja	1,4	4,3	22,0	23,5	10,0	2,0	1,2	1,1	1,3	1,8	2,6	5,5
Hiszpania	14,0	19,5	15,0	12,0	7,5	6,5	3,0	2,2	5,5	2,2	52,2	19,1
Francja	18,9	58,1	62,8	39,0	26,4	21,4	10,4	5,2	9,3	15,0	11,6	3,6
Chorwacja	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,4	0,3	0,1
Włochy	22,0	45,0	55,0	16,0	10,0	10,0	10,0	10,7	11,2	11,4	13,2	11,4
Cypr	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1
Łotwa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Litwa	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,4	0,8
Luksemburg	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Węgry	0,1	0,1	1,0	0,8	0,0	0,0	1,8	2,0	1,3	4,5	7,0	6,3
Malta	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3
Holandia	2,2	2,3	5,0	7,5	5,0	5,0	4,2	4,7	6,0	14,3	16,5	18,6
Austria	2,9	4,4	4,2	4,9	4,9	5,0	1,5	1,3	1,6	1,9	2,3	2,2
Polska	0,0	0,1	0,4	0,4	0,0	0,3	1,2	1,5	1,1	3,1	10,1	20,2
Portugalia	3,0	3,5	3,5	3,5	0,9	0,8	0,8	0,7	1,5	1,6	3,3	2,4
Rumunia	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	4,0	1,8	1,8	0,9	1,1	1,4	1,5
Słowenia	0,2	0,8	1,2	2,4	0,6	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1
Słowacja	0,1	1,0	3,0	2,0	0,4	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2	1,1	0,2
Finlandia	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	0,4	0,7	1,2	1,7	1,3
Szwecja	0,7	0,8	0,5	0,6	0,8	0,8	0,3	0,3	0,5	1,1	1,7	4,0
UE	143,6	262,9	315,4	240,0	140,2	102,5	76,4	66,5	77,8	108,9	181,5	165,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EurObserv'ER.

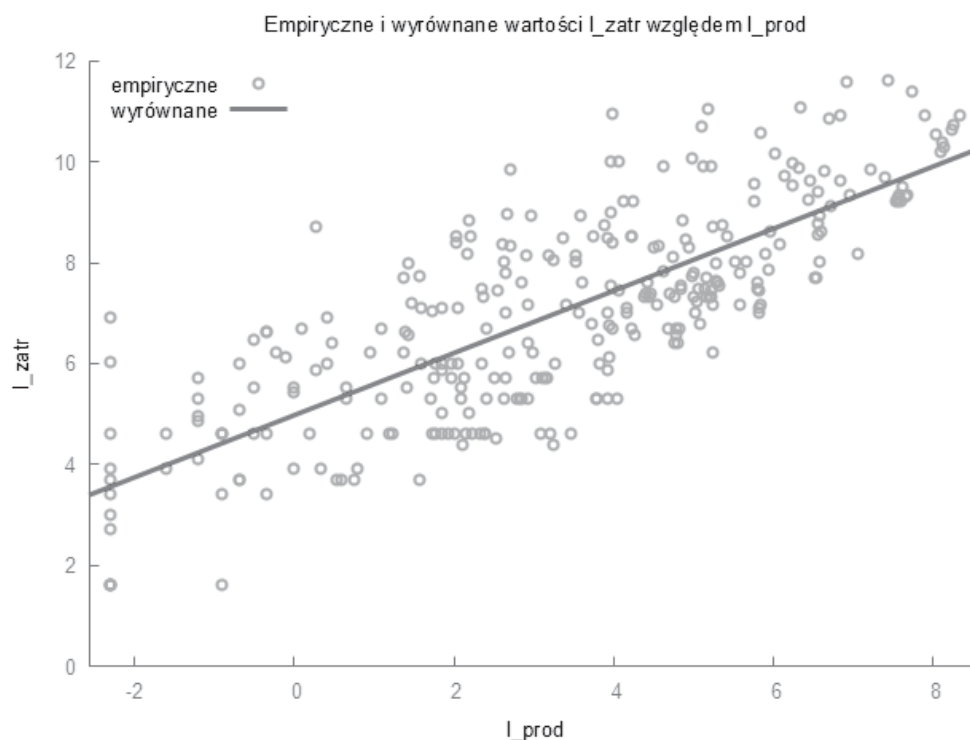
Do określenia zależności między liczbą zatrudnionych (Y) a ilością pozyskanej energii pierwotnej (x_1) oraz zainstalowanej mocy (x_2) w sektorze fotowoltaicznym posłużono się metodami statystyki i ekonometrii. Po usunięciu obserwacji odstających i wpływowych oszacowano parametry modelu liniowego (Tabela 5). Na podstawie wykonanych testów niezależności – przy wykorzystaniu korelacji Pearsona – okazało się, że w przypadku zmiennych x_1 i x_2 wystąpiły parametry o odmiennych znakach, co uniemożliwia ich sensowną interpretację.

Tabela 5. Parametry modelu zależności między liczbą zatrudnionych (Y) a produkcją energii (x_1) i zainstalowaną mocą instalacji fotowoltaicznych (x_2)

	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	3094,47	469,831	6,586	1,84e-010
x_1	-63,8309	14,0274	-4,550	7,60e-06
x_2	6,39203	1,22927	5,200	3,56e-07
Średn.aryt.zm.zależnej	5806,157		Odch. stand.zm.zależnej	14243,17
Suma kwadratów reszt	2,60e+10		Błąd standardowy reszt	9006,314
Wsp. determ. R-kwadrat	0,602641		Skorygowany R-kwadrat	0,600165
F(2, 321)	32,40378		Wartość p dla testu F	1,52e-13
Logarytm wiarygodności	-3408,470		Kryt. inform. Akaike'a	6822,940
Kryt. bayes. Schwarza	6834,282		Kryt. Hannana-Quinna	6827,467

Źródło: Obliczenia własne.

Wynika to ze współzmienności zmiennych zależnych (0,99), stąd też podjęto decyzję o zbudowaniu dwóch osobnych modeli $Y(x_1)$ i $Y(x_2)$. Zgodnie z oczekiwaniami zależności te były dodatnie. Najlepiej dopasowanymi do danych empirycznych okazały się modele ze zlogarytmowanymi wartościami zmiennych (Tabele 6 i 7) dla których skorygowane współczynniki determinacji odpowiednio wynosiły =0,615 i =0,698.



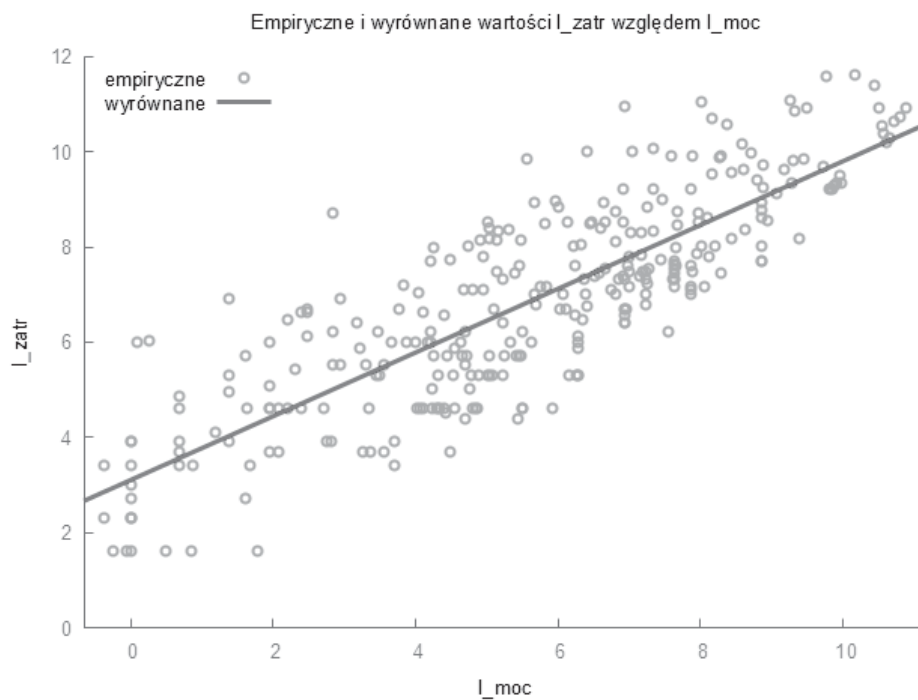
Rysunek 6. Empiryczne i wyrównane wartości l_Y względem l_{x_1}

Źródło: Obliczenia własne.

Tabela 6. Parametry modelu $l_Y(l_x_1)$ ze zlogarytmowanymi wartościami zmiennych

	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	4,97548	0,129642	38,38	1,84e-115
l_x_1	0,616955	0,0275227	22,42	3,49e-065
Średn.aryt.zm.zależnej	7,017049		Odch.stand.zm.zależnej	2,063843
Suma kwadratów reszt	473,9555		Błąd standardowy reszt	1,280619
Wsp. determ. R-kwadrat	0,616305		Skorygowany R-kwadrat	0,614977
F(1, 289)	502,4882		Wartość p dla testu F	3,49e-65
Logarytm wiarygodności	-483,8846		Kryt. inform. Akaike'a	971,7692
Kryt. bayes. Schwarza	979,1158		Kryt. Hannana-Quinna	974,7123

Źródło: Obliczenia własne.



Rysunek 7. Empiryczne i wyrównane wartości l_Y względem l_x_2

Źródło: Obliczenia własne.

Tabela 7. Parametry modelu $l_Y(l_x_2)$ ze zlogarytmowanymi wartościami zmiennych

	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	3,10073	0,164408	18,86	6,38e-053
l_x_2	0,670316	0,0241080	27,80	3,85e-085
Średn.aryt.zm.zależnej	6,863064		Odch.stand.zm.zależnej	2,171708
Suma kwadratów reszt	428,5353		Błąd standardowy reszt	1,193191
Wsp. determ. R-kwadrat	0,699131		Skorygowany R-kwadrat	0,698132
F(1, 301)	773,0993		Wartość p dla testu F	3,85e-85
Logarytm wiarygodności	-482,4544		Kryt. inform. Akaike'a	968,9087
Kryt. bayes. Schwarza	976,3362		Kryt. Hannana-Quinna	971,8802

Źródło: Obliczenia własne.

Wszystkie modele szacowano na danych dla wszystkich krajów UE łącznie bez uwzględnienia struktury panelowej. Modele te przeszły pozytywnie test specyfikacji RESET. Z przeprowadzonych analiz wynika, że w analizowanym okresie zarówno wzrost produkcji energii elektrycznej (x_1) jak i zainstalowanej mocy (x_2) o 1% generowała przyrost zatrudnienia (Y) o 0,6%.

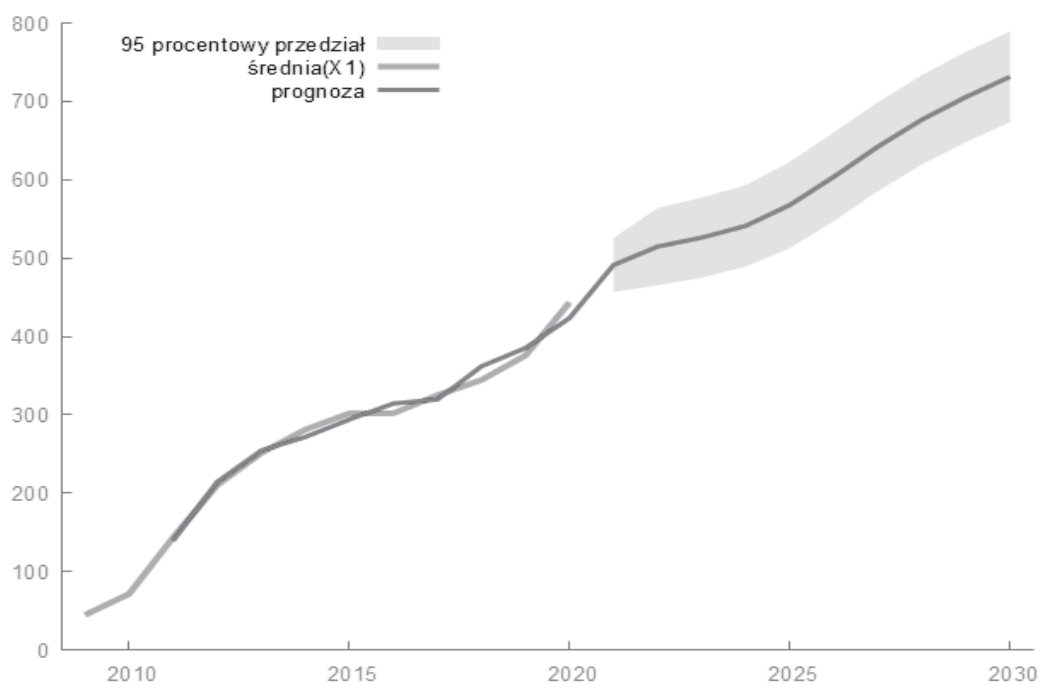
Na podstawie powyżej scharakteryzowanych modeli w pierwszej kolejności wygenerowano prognozy dla zmiennych zależnych (x_1 i x_2). Aproksymowano je przy założeniu, że zależności te przybiorą postać modeli autoregresyjnych (z opóźnieniami t-1 i t-2) i z trendem liniowym (Rysunki 8-9 i Tabele 8-9). Oszacowane na podstawie wartości średnich z lat 2009-2020 charakteryzujące się bardzo wysokimi skorygowanymi współczynnikami determinacji =0,972 i =0,985.

Tabela 8. Parametry modelu autoregresyjnego $Y(x_1)$ z opóźnieniami t-1 i t-2

	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	39,0624	13,6309	2,866	0,0286
time	18,6044	4,34458	4,282	0,0052
x_{t-1}	1,02991	0,126100	8,167	0,0002
x_{t-2}	-0,655693	0,159917	-4,100	0,0064
Średn.aryt.zm.zależnej	297,8544		Odch.stand.zm.zależnej	84,41050
Suma kwadratów reszt	1176,764		Błąd standardowy reszt	14,00454
Wsp. determ. R-kwadrat	0,981649		Skorygowany R-kwadrat	0,972474

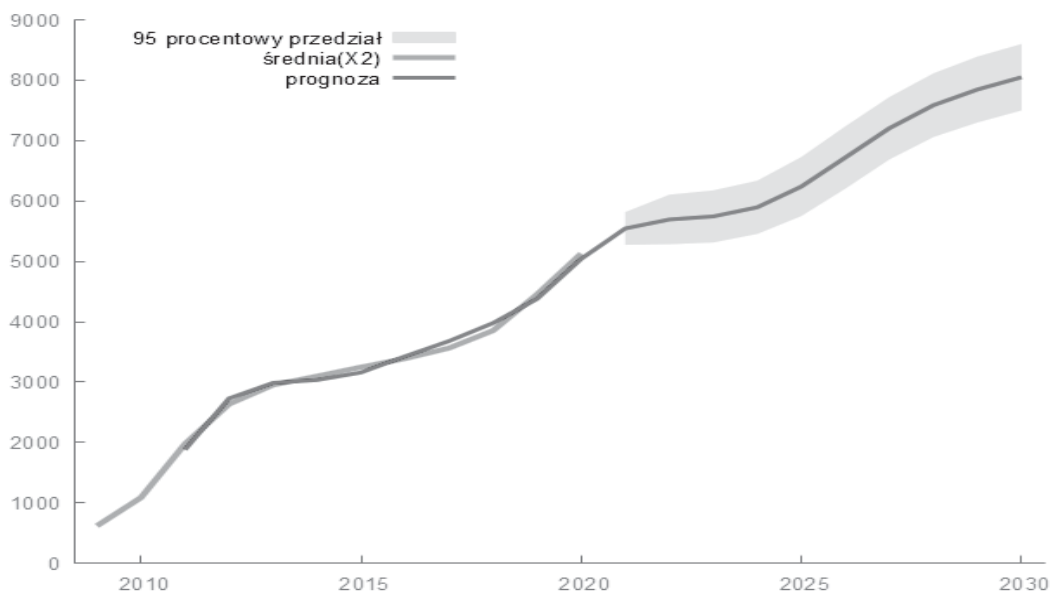
Źródło: Obliczenia własne.

.....



Rysunek 8. Prognoza wartości średnich produkcji energii elektrycznej w sektorze fotowoltaicznym (x_1)

Źródło: Obliczenia własne.



Rysunek 9. Prognoza wartości średnich zainstalowanej mocy w sektorze fotowoltaicznym (x_2)

Źródło: Obliczenia własne.

Tabela 9. Parametry modelu autoregresyjnego $Y(x_2)$ z opóźnieniami t-1 i t-2

	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	502,792	142,424	3,530	0,0124
time	211,801	29,0144	7,300	0,0003
x_{t-1}	1,13430	0,173192	6,549	0,0006
x_{t-2}	-0,792521	0,137021	-5,784	0,0012
Średn.aryt.zm.zależnej	3429,111		Odch.stand.zm.zależnej	897,7558
Suma kwadratów reszt	73500,38		Błąd standardowy reszt	110,6800
Wsp. determ. R-kwadrat	0,989867		Skorygowany R-kwadrat	0,984801

Źródło: Obliczenia własne.

W Tabeli 10 zaprezentowano przewidywane zmiany zatrudnienia w sektorze fotowoltaicznym oszacowane na podstawie modeli prognozowanych wartości produkcji energii elektrycznej $Y(x_1)$ i zainstalowanej mocy w $Y(x_2)$. W przypadku zmiennej x_1 oczekiwany jest wzrost zatrudnienia od 31,1 do 44,9%, a dla zmiennej x_2 od 42,8 do 57,8%.

Tabela 10. Prognozy przedziałowe zatrudnienia w sektorze fotowoltaicznym UE do 2030 r. na podstawie modeli przyczynowo-skutkowych

Lata	95% przedział ufności			
	Y(x ₁)		Y(x ₂)	
2020	165 660			
2021	169 951	187 840	184 178	203 565
2022	174 914	193 326	187 479	207 213
2023	177 297	195 960	188 602	208 455
2024	180 395	199 384	191 925	212 128
2025	185 804	205 363	199 349	220 333
2026	193 012	213 330	209 529	231 584
2027	200 497	221 602	219 558	242 669
2028	207 070	228 867	227 276	251 200
2029	212 487	234 854	232 456	256 925
2030	217 247	240 115	236 490	261 384

Źródło: Obliczenia własne.

Podsumowanie

Udział odnawialnych źródeł energii w krajach Unii Europejskiej ulega zwiększeniu, co jest wynikiem prowadzonej przez Wspólnotę polityki. W 2020 roku udział energii z OZE w końcowym zużyciu energii brutto w krajach UE wyniósł ponad 20%, co oznacza, że cel wyznaczony dla Wspólnoty na poziomie 20%, został osiągnięty. W przypadku sektora elektroenergetycznego wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w krajach Unii Europejskiej w 2020 roku stanowiło niemal 40% porównując pozostałe źródła. Sektor fotowoltaiczny w latach 2009-2020 charakteryzował się najwyższym wzrostem produkcji energii pierwotnej z odnawialnych źródeł energii w UE-27, wzrastając z 1 204 ktoe w 2009 r. do 11 972 ktoe w 2020 roku ze znaczącym zróżnicowaniem pomiędzy krajami. Było to konsekwencją nie tylko ponad ośmiokrotnego zwiększenia mocy systemów fotowoltaicznych, ale także poprawą sprawności energetycznej w wyniku postępu technologicznego.

W opracowaniu dokonano analizy wpływu sektora fotowoltaicznego na rynek pracy. Zatrudnienie w sektorze fotowoltaicznym w krajach Unii Europejskiej w latach 2009-2020 charakteryzowało się bardzo dużą zmiennością, co było spowodowane fazami rozwoju branży. Aby określić zależności pomiędzy liczbą zatrudnionych (Y) a ilością pozyskanej energii pierwotnej (x_1) oraz zainstalowanej mocy (x_2) zbudowano dwa osobne modele $Y(x_1)$ i $Y(x_2)$. Z przeprowadzonych analiz wynika, że w badanym okresie zarówno wzrost produkcji energii elektrycznej (x_1), jak i zainstalowanej mocy (x_2) o 1% generowała przyrost zatrudnienia (Y) o 0,6%. W celu oszacowania wielkości zatrudnienia w sektorze fotowoltaicznym do 2030 roku w UE-27 stworzono dwa modele przyczynowo-skutkowe. Na podstawie opracowanego modelu prognozowanych wartości produkcji energii elektrycznej $Y(x_1)$ szacuje się, że wielkość zatrudnienia w sektorze fotowoltaicznym wzrośnie o wartość mieszczącą się w przedziale od 51 587 do 74 455 w 2030 roku w stosunku do 2020 roku. W przypadku modelu prognozowanych wartości zainstalowanej mocy $Y(x_2)$ wzrost ten szacowany jest w przedziale od 70 830 do 95 724 w 2030 r. w porównaniu do 2020 roku.

Z uwagi na znaczący rozwój sektora fotowoltaicznego wzrośnie zapotrzebowanie na wykwalifikowaną kadrę m. in. instalatorów, stąd też można byłoby rozważyć uruchomienie kierunków zawodowych związanych z zagadnieniem fotowoltaiki.

Piśmiennictwo:

1. Bańkowska, K., Gradziuk, P. (2017). Energetyka odnawialna – implikacje dla rolnictwa i rozwoju obszarów wiejskich w Polsce. *Więś i Rolnictwo*, 3 (176), 121-146. DOI: 10.53098/wir032017/06.
2. Cameron, L., van der Zwaan, B. (2015). Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 45, 160-172.
3. Devabhaktuni, V., Mansoor, A., Shekara, S., Green, R., Nims, D., Near, C. (2013). Solar energy: Trends and enabling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 555-564.
4. EurObserv'ER. (2010-2022). *Photovoltaic barometr*. <https://www.eurobserv-er.org/category/all-photovoltaic-barometers/>.
5. EurObserv'ER. Heat pumps Barometr 2011 i 2021. <https://www.eurobserv-er.org/heat-pumps-barometer-2021/>.
6. EurObserv'ER. The State of Renewables Energie in Europe 2011 i 2021. <https://www.eurobserv-er.org/category/all-annual-overview-barometers> (dostęp 20. 09. 2022).
7. European Commission. (2021). *The EU's 2021-2027 long-term budget and NextGenerationEU. Facts and figures*. <https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/d3e77637-a963-11eb-9585-01aa75ed71a1/language-en>.
8. European Environment Agency. (2021). *Approximated estimates for the share of gross final consumption of renewable energy sources in 2020 (EEA 2020 RES share proxies)*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/approximated-estimates-for-the-share-4>.
9. Eurostat. *Energy balances*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>.
10. Eurostat. (2022). *Final energy consumption: new methodology of energy balances*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/Energy-balance-sheets-February-2021-edition.zip/4b1d6665-f303-be7d-a7e5-1e0da16ec0d9?t=161270956547>.
11. EUROSTAT. *EU meets 2020 renewable energy target in transport*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN__custom_1935987/default/table?lang=en.
12. Eurostat. (2022). *Electricity production, consumption and market overview*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview.
13. Gradziuk, P. (2015). *Gospodarcze znaczenie i możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne w Polsce*. Monografie i rozprawy naukowe nr 45, Puławy: Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy.
14. Gradziuk, P. (2017). Energetyka słoneczna w Unii Europejskiej. *Roczniki Naukowe SERiA*, XIX(1), 52-59.
15. Gradziuk, P. L. (2022). The impact of the polish renewable energy sector on employment / Oddziaływanie polskiego sektora energetyki odnawialnej na zatrudnienie. *Economic and Regional Studies*, 15(4), 478-491. DOI: 10.2478/ers-2022-0032.

16. Gradziuk, P., Gradziuk, B. (2017). Próba oceny absorpcji środków z funduszy europejskich na rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii w woj. lubelskim. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, 104(3), 95-105.
17. Gradziuk, P., Gradziuk, B., Us, A. (2018). Tendencje kształtowania się kosztów inwestycyjnych w sektorze fotowoltaicznym. *Roczniki Naukowe SERiA*, XX(1), 44-49.
18. Instytut Energetyki Odnawialnej. (2022). *Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022*. Warszawa: IEO.
19. Jasiński, J., Kozakiewicz, M., Sołtysik, M. (2021). Determinants of Energy Cooperatives' Development in Rural Areas – Evidence from Poland. *Energies*, 14, 319. DOI: 10.3390/en14020319.
20. Jasiński, J., Kozakiewicz, M., Sołtysik, M. (2021). The Effectiveness of Energy Cooperatives Operating on the Capacity Market. *Energies*, 14, 3226. DOI: 10.3390/en14113226.
21. Komisja Europejska. (2018). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego. Czysta planeta dla wszystkich Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki*.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=PL>.
22. Komisja Europejska. (2019). *Czysta energia dla wszystkich Europejczyków*. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.
23. Komisja Europejska. (2019). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład*.
https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF
24. Komisja Europejska. (2021). *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*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=PL>.
25. Komisja Europejska. (2021). *Wniosek: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) zmieniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001, rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652. 2021/0218 (COD)*.
https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF
26. Manteuffel, R. (1987). *Filozofia rolnictwa*. Warszawa: PWN.
27. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2021). *Polityka Energetyczna Polski do 2040 r.*
28. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2021). *Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. Załącznik nr 2 Wnioski z analiz prognostycznych dla sektora elektroenergetycznego*.

- https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/strategie_plany_programy/Polityka_energetyczna_Polski/zal._2_do_PEP2040_-_Wnioski_z_analiz_prognostycznych_2021-02-02.pdf.
29. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2022). *Założenia do aktualizacji Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. Wzmacnianie bezpieczeństwa i niezależności energetycznej*. Warszawa.
 30. Ney, R. (1994). Energia odnawialna. *Nauka*, 3, 43-66.
 31. Olchowik, J. M. (2011). Trendy rozwoju fotowoltaiki w Europie i na świecie. *Fotowoltaika*, 1, 9-11.
 32. Organizacja Narodów Zjednoczonych. (2015). *Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030*.
 33. Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2009). *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*.
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:PL:PDF>.
 34. Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2009). *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*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=PL>.
 35. Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2018). *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=en>.
 36. Stowarzyszenie Branży Fotowoltaicznej Polska. *Rynek mikroinstalacji fotowoltaicznych Polska '20*. Pobrane z: <http://polskapv.pl/wp-content/uploads/2021/04/RYNEK-MIKROINSTALACJI-FOTOWOLTAICZNYCH-POLSKA-2020-STOWARZYSZENIE-BRAN%C5%BBY-FOTOWOLTAICZNEJ-SBF-POLSKA-PV.pdf>.
 37. Woś, A., Zegar, J. (2002). *Rolnictwo społecznie zrównoważone*. Warszawa: IERiGŻ.

Streszczenie

Celem opracowania była ocena oddziaływania sektora fotowoltaicznego na rynek pracy w krajach Unii Europejskiej (27 państw) w latach 2009-2020. Źródłem danych dotyczących produkcji energii były Bazy Danych Eurostatu, natomiast liczbę zatrudnionych i moc zainstalowanych urządzeń ustalono na podstawie raportów wydawanych przez organizację EurObserv'ER. W opracowaniu zbudowano i poddano szczegółowej weryfikacji modele, gdzie zmienną zależną (Y) była liczba miejsc pracy, a zmiennymi niezależnymi wytworzona energia pierwotna (x_1) oraz zainstalowana moc ogniw fotowoltaicznych (x_2). Z przeprowadzonych analiz wynika, że w badanym okresie zarówno wzrost produkcji energii elektrycznej (x_1), jak i zainstalowanej mocy (x_2) o 1% generowała przyrost zatrudnienia (Y) o 0,6%. Na podstawie modeli prognozowanych wartości produkcji energii elektrycznej $Y(x_1)$ i zainstalowanej mocy w $Y(x_2)$ oszacowano wzrost zatrudnienia od 31,1 do 44,9% w przypadku zmiennej x_1 , a dla zmiennej x_2 od 42,8 do 57,8% w roku 2030 w stosunku do 2020 roku.

Słowa kluczowe: sektor fotowoltaiczny, rynek pracy, Unia Europejska