

SZYMON PELCZAR

AGH w Krakowie, Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami,
e-mail: pelczar@agh.edu.pl, <https://orcid.org/0009-0004-8834-6440>

**SKALA PROJEKTÓW ELEKTROWNI FOTOWOLTAICZNYCH
W POLSCE – WSTĘPNE BADANIE GEOSTATYSTYCZNE
NA PODSTAWIE BAZY OOS**

Moc zainstalowana systemów fotowoltaicznych w Polsce systematycznie wzrasta. Choć w strukturze rodzajów jednostek wytwórczych tego typu dominują mikroinstalacje, to swój udział ustawicznie zwiększają także instalacje wielkoskalowe – elektrownie fotowoltaiczne. Systemy te nie pozostają bez wpływu na środowisko, a ich realizacja niejednokrotnie napotyka konflikty społeczne. Praca miała na celu oszacowanie skali elektrowni fotowoltaicznych w Polsce przy zastosowaniu danych dostępnych w bazie ocen oddziaływania na środowisko (z wykorzystaniem analizy geostatystycznej). Wyniki badania potwierdzają znaczącą liczbę planowanych do realizacji elektrowni fotowoltaicznych, przy czym widoczne jest ich zróżnicowanie przestrzenne w skali regionalnej. Ponadto wynik analizy geostatystycznej dowodzi, że najliczniejszą grupę projektów stanowią te o mocy poniżej 20 MW. Pomimo stosunkowo małej liczby projektów o mocy powyżej 50 MW, mogą mieć one istotny wkład pod względem mocy zainstalowanej systemów fotowoltaicznych.

Słowa kluczowe: elektrownie fotowoltaiczne, analiza przestrzenna, geostatystyka, decyzja środowiskowa

**THE SCALE OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANT PROJECTS IN POLAND –
A PRELIMINARY GEOSTATISTICAL STUDY BASED ON THE EIA DATABASE**

Abstract: *The installed capacity of photovoltaic systems in Poland is steadily increasing. Although micro-installations dominate in the structure of the types of generating units of this type, large-scale installations - photovoltaic power plants - are also steadily increasing their share. These systems are not without environmental impact, and their implementation often encounters social conflicts. The work aimed to estimate the scale of photovoltaic power plants in Poland using data available in the environmental impact assessment database (using geostatistical analysis). The results of the study confirm a significant number of photovoltaic power plants planned to be built, with apparent spatial variation on a regional scale. In addition, the result of the geostatistical analysis proves that the most numerous group of projects are those with a capacity of less than 20 MW. Despite the relatively small number of projects with a capacity of more than 50 MW, they can make a significant contribution in terms of the installed capacity of photovoltaic systems.*

Keywords: photovoltaic power plants, spatial analysis, geostatistics, environmental decision

DOI: [10.15584/pjsd.2024.28.2.7](https://doi.org/10.15584/pjsd.2024.28.2.7)

I. WSTĘP

Energia elektryczna pełni fundamentalną rolę w funkcjonowaniu współczesnych społeczeństw, będąc gwarantem stabilności rozwoju nowoczesnej gospodarki. Jej wytwarzanie bazuje na przekształcaniu różnych form energii pierwotnej, której źródłem mogą być np. promieniowanie słoneczne, energia jądrowa, węgiel, czy też siła wiatru [Voumik i in. 2022]. W Polsce do wytwarzania energii elektrycznej stosowany jest głównie węgiel kamienny oraz brunatny [Bijańska i Wodarski 2024, Widera i in. 2024]. W roku 2023 elektrownie wykorzystujące węgiel kamienny wytworzyły 46,82% energii elektrycznej, natomiast elektrownie oparte o węgiel brunatny 21,13% [PSE, Raport 2023]. Niemniej, biorąc pod uwagę wpływ środowiskowy energetyki węglowej, zwłaszcza w kontekście oddziaływania na atmosferę oraz zdrowie ludzi [Guttikunda i Jawahar 2014, Glodek i Pacyna 2009, Amster 2021], w Polsce podejmowane są ustawiczne kroki w kierunku przejścia z energetyki opartej na paliwach kopalnych na energetykę wykorzystującą zasoby odnawialne oraz energię jądrową.

Jednym z możliwych do zastosowania w tym celu źródeł wytwórczych są elektrownie fotowoltaiczne, które przy użyciu odpowiednich komponentów konwertują energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. [Mansouri i in. 2019]. Sam sektor fotowoltaiczny w Polsce cechuje się wysoką dynamiką rozwoju, przy czym można oczekiwać ciągłego wzrostu jego znaczenia w celu zaspokojenia wymagań dotyczących polityki klimatycznej Unii Europejskiej [Błaszczuk i in. 2024].

Pod względem mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych, największy udział posiadają mikroinstalacje [Dzikuć 2022] – w roku 2023 udział mocy mikroinstalacji w całkowitej mocy zainstalowanej systemów fotowoltaicznych wyniósł 64% [Raport IEO 2024]. Zgodnie z ustawą o odnawialnych źródłach energii [Ustawa o OZE...], mikroinstalacje to te, których moc zainstalowana nie przekracza 50 kW. Wskazany akt normatywny definiuje ponadto małe instalacje jako te, których moc zainstalowana jest wyższa niż 50 kW, lecz nie mniejsza niż 1 MW. Co istotne, ustawodawca nie zdecydował się na nadanie pojęciu elektrowni fotowoltaicznej rangi definicji legalnej. Rozpatrując moc zainstalowaną przedmiotowych systemów, a także zajmowany przez nie areal, można za takowe uznać niektóre małe instalacje, jak również grupę elektrowni o mocy zainstalowanej powyżej 1 MW.

Elektrownie fotowoltaiczne, stanowiąc infrastrukturę przemysłową, nie są obojętne pod względem oddziaływania na środowisko [Hernandez i in. 2014, Mooroe-O’Leary i in. 2017, Bošnjaković i in. 2023]. Wiążące instrumenty prawne [Rozporządzenie OOS...] klasyfikują elektrownie fotowoltaiczne jako przedsięwzięcia mogące potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko – o ile inwestycje te spełniają przesłankę obszarową (odpowiednio wyznaczona powierzchnia systemu fotowoltaicznego przekracza 2 ha), bądź też równocześnie obszarową i lokalizacyjną (jeśli powierzchnia systemu przekracza 0,5 ha i jest planowana w granicach obszarowych form ochrony przyrody w rozumieniu ustawy o ochronie przyrody).

W związku z powyższym, na mocy przepisów tzw. ustawy ocenowej [Ustawa OOS...], informacje o planowanych do realizacji projektach z zakresu elektrowni fotowoltaicznych powinny być zawarte w bazie ocen oddziaływania na środowisko [Baza OOS...]. Wskazana baza prowadzona jest przez Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska, z kolei obowiązek wprowadzania do niej stosownych informacji ciąży na organach właściwych w procedurze oceny oddziaływania na środowisko. Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie bazy OOS, przedmiotowa baza powinna obejmować informacje o postępowaniach, w ramach których konieczne jest przeprowadzenie oceny oddziaływania na środowisko.

Celem opracowania jest wstępna analiza geostatystyczna oparta o dostępne w bazie OOS dane dotyczące postępowań o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięć z zakresu elektrowni fotowoltaicznych.

II. METODYKA

Metodyka niniejszego badania oparła się na wykorzystaniu – jako podstawowego źródła danych – bazy ocen oddziaływania na środowisko (baza OOŚ). Baza ta jest prowadzona przez Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska (GDOS) i zawiera informacje o postępowaniach prowadzonych dla przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko w rozumieniu tzw. ustawy ocenowej.

Ze względu na strukturę wspomnianej bazy, a także sposób udostępniania w niej danych, pierwszy etap analizy został wykonany w sposób manualny i miał charakter analizy ilościowej. Inwestycje z zakresu elektrowni fotowoltaicznych stanowią przedsięwzięcia mogące potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. Stąd też, aby ocenić liczbę postępowań w poszczególnych województwach, z wyboru możliwych procedur administracyjnych oznaczono te prowadzone dla wspomnianej grupy przedsięwzięć. Baza OOŚ daje również możliwość wytypowania przedsięwzięć interesujących użytkownika poprzez wybór tych o określonej nazwie. Stąd też, aby określić liczbę projektów z zakresu elektrowni fotowoltaicznych w poszczególnych województwach, wprowadzono do okienka dialogowego frazy: „FOTOWOL” oraz „SŁON” będące członami słów *fotowoltaiczna* i *słoneczna*. To pozwoliło na zliczenie wszystkich projektów, dla których toczyło się postępowanie w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, bądź też dla których ta procedura trwała.

Baza OOŚ, poza procedurami w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, zawiera także informacje o postępowaniach w sprawie zmiany tych decyzji administracyjnych. W związku z tym wyniki wyszukiwania projektów przy zastosowaniu wprowadzania wskazanych wcześniej fraz mogły zawierać informacje dotyczące także zmian decyzji środowiskowych. Stąd, aby wynik badania mógł charakteryzować się niższym poziomem błędu, zastosowano współczynnik korekcyjny odpowiadający możliwemu przeszacowaniu. Założono, że będzie on dany następującym równaniem:

$$k = \frac{S_{DZ}}{S_{DS}} \quad (1)$$

gdzie k stanowi współczynnik korekcyjny liczby postępowań, S_{DZ} jest liczbą postępowań w województwie, natomiast S_{DS} stanowi całkowitą liczbę postępowań w województwie.

W związku z możliwym błędem szacowana liczba projektów w określonym województwie nie stanowi o ich dokładnej liczebności, a jest traktowana w ujęciu statystycznym jako szacunkowa ilość projektów. Należy podkreślić, że nie wszystkie postępowania zostają wprowadzane do bazy przez odpowiednie organy, a niektóre jednostki administracyjne nie upubliczniają takich informacji w przedmiotowej bazie. Dlatego też ostateczny wynik niniejszego badania (pod względem liczby projektów) może charakteryzować się pewnym niedoszacowaniem. Nie mniej, trudność sprawia określenie błędu, jaki może towarzyszyć przedstawionemu szacowaniu biorąc pod uwagę liczbę wszystkich postępowań (zarówno tych, o których informacje zostały wprowadzone do bazy, jak również tych, dla których brak jest takowych danych). Biorąc to pod uwagę trzeba zaznaczyć, że szacowana liczba projektów elektrowni fotowoltaicznych oparta o to badanie została estymowana na podstawie bazy OOŚ.

Charakter przeprowadzonej analizy ilościowej w połączeniu z formą udostępnianych danych sprawiał, że w szacunkach pojawia się też błąd związany z czynnikiem ludzkim. Jest on wynikiem możliwych pominięć części danych zawartych w bazie OOŚ, a także jest związany z faktem, że pewne przedsięwzięcia mogły posiadać w swojej nazwie wprowadzane formuły fraz, choć w istocie dotyczyły odmiennych projektów. Aby szacunek liczby projektów był bardziej dopasowany do realnie prowadzonych postępowań w sprawie przedsięwzięć poddanych analizie, oznaczono dodatkowy błąd (z) na poziomie 2%. Finalnie, szacowana liczba projektów w poszczególnych województwach będzie dana następującym równaniem:

$$S = [1 - (k + z)] \cdot I \quad (2)$$

gdzie S jest szacowaną liczbą projektów elektrowni fotowoltaicznych, k oraz z to poziomy błąd objaśnione wcześniej, natomiast I to liczba projektów wyznaczona za pomocą analizy ilościowej, którą można przedstawić poprzez równanie (3):

$$I = F + S \quad (3)$$

gdzie F odpowiada liczbie projektów określonych za pomocą frazy „FOTOWOL”, natomiast S liczbie projektów, która została określona stosując frazę „SŁON”.

Kolejnym etapem analizy było oszacowanie liczby projektów pod względem ich mocy zainstalowanej. Obszarem zainteresowania były trzy grupy projektów o charakterze wielkopowierzchniowym, ujęte w tabeli 1.

Tabela 1 – Table 1

Wyodrębnione grupy badanych projektów / *Identified groups of projects studied*

Grupa projektów / <i>Group of projects</i>	Moc zainstalowana / <i>Installed capacity</i>
1	20 – 50 MW
2	50 MW – 100 MW
3	100 MW i większa moc / <i>100 MW and greater capacity</i>

Problematyczny w oszacowaniu skali projektów pod względem ich projektowanej mocy zainstalowanej był fakt, że dla niektórych przedsięwzięć z zakresu elektrowni fotowoltaicznych brak jest zamieszczonej w tytule postępowania informacji o ich mocy. Biorąc pod uwagę fakt, że baza OOS nie pozwala na wydobycie tej informacji w sposób automatyczny, ostateczny wynik niniejszej analizy może być niedoszacowany, jeśli chodzi o liczbę największych projektów pod względem ich mocy zainstalowanej (a co za tym idzie, również i arealu). Po oszacowaniu skali projektów elektrowni fotowoltaicznych w poszczególnych województwach, przystąpiono do implementacji wyników szacunkowych do analizy geostatystycznej. Ta przeprowadzona została przy zastosowaniu programu QGIS (wersja 3.22.9). Dzięki dostępnym narzędziom geoanalitycznym określono rozkład przestrzenny projektów na poziomie regionalnym (wojewódzkim).

III. WYNIKI BADAŃ

Wynik badania dotyczący liczby projektów elektrowni fotowoltaicznych w skali krajowej, oparty o dane zaczerpnięte z bazy OOS, potwierdza znaczną liczbę planowanych inwestycji (tabela 2).

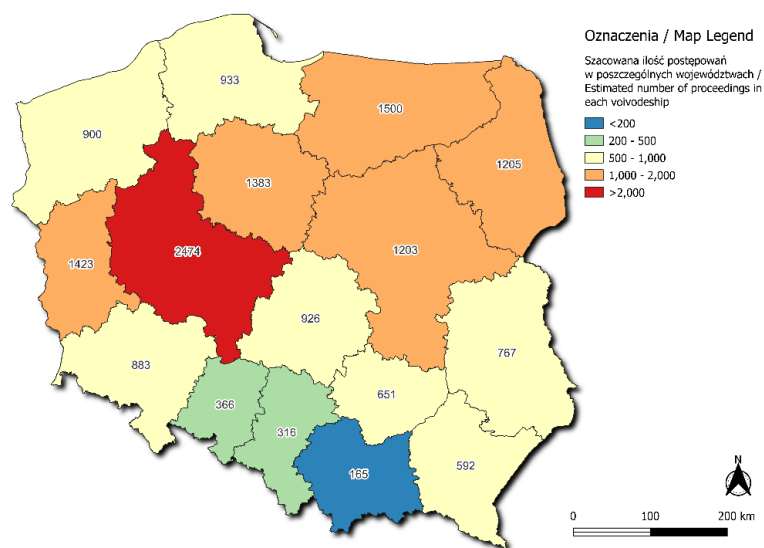
Tabela 2 – Table 2

Skala projektów elektrowni fotowoltaicznych na poziomie krajowym / *The scale of photovoltaic power plant projects at the national scale*

Oszacowana liczba wszystkich projektów / <i>Estimated total number of the projects</i>	15,687
Szacowana liczba projektów o różnej mocy zainstalowanej / <i>Estimated number of the projects of different installed capacity</i>	
20 – 50 MW (grupa 1 / <i>group 1</i>)	669
50 – 100 MW (grupa 2 / <i>group 2</i>)	376
100 MW i większa moc / <i>100 MW and greater capacity</i> (grupa 3 / <i>group 3</i>)	169
Udział projektów o mocy ≥ 20 MW w całkowitej liczbie projektów <i>The share of projects of capacity ≥ 20 MW in the total number of projects</i>	7,7%
Udział postępowań dla przedsięwzięć z zakresu elektrowni fotowoltaicznych w całkowitej liczbie postępowań o wydanie decyzji środowiskowej <i>The share of proceedings for photovoltaic power plants projects in the total number of environmental decision proceedings</i>	17,7%

Na uwagę zasługuje fakt, że przedsięwzięcia z zakresu elektrowni fotowoltaicznych stanowią istotny wkład w postępowania o wydanie decyzji środowiskowej w skali krajowej. Niemal 20% wszystkich postępowań o wydanie tej decyzji administracyjnej dotyczy analizowanych projektów.

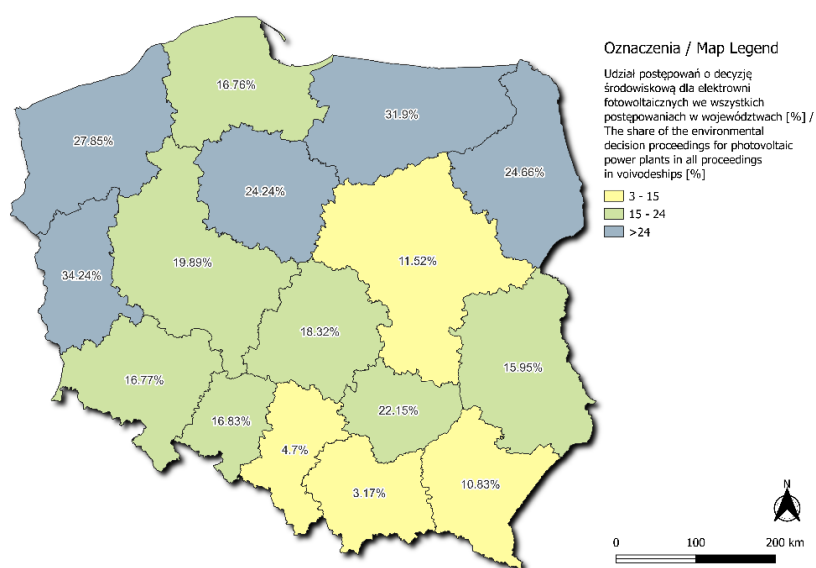
Pod względem regionalnym widoczna jest zmienność przestrzenna liczby projektów w poszczególnych województwach, co przedstawia rysunek 1. Również udział postępowań o wydanie decyzji środowiskowej dla elektrowni fotowoltaicznych w stosunku do wszystkich toczących się lub zakończonych postępowań o wydanie tej decyzji jest zmienny regionalnie. Podczas gdy w niektórych województwach projekty elektrowni fotowoltaicznych stanowią 15% postępowań dotyczących wydania decyzji środowiskowej dla przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, to w przypadku niektórych województw co trzecie postępowanie dotyczy analizowanych przedsięwzięć. Prezentuje to rysunek 2.



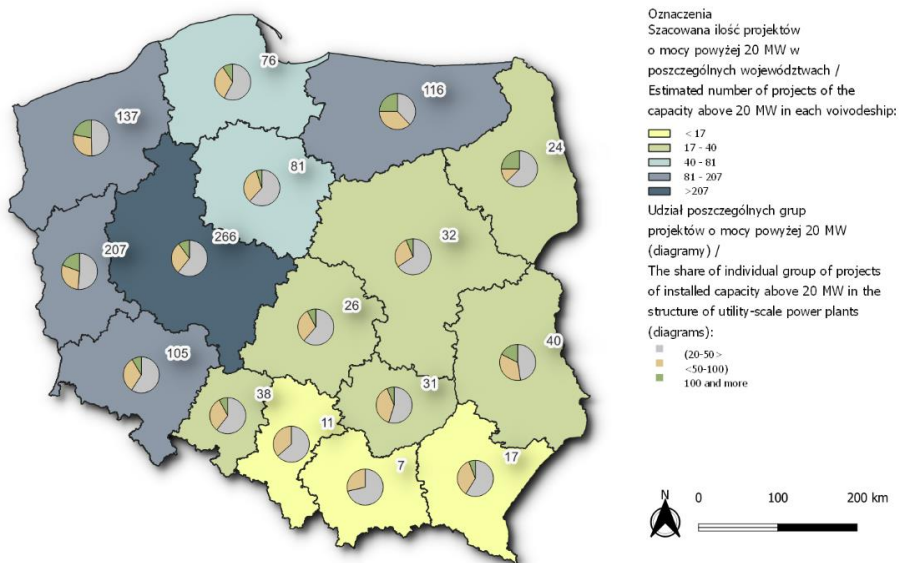
Rys. 1. Liczba projektów z zakresu elektrowni fotowoltaicznych w poszczególnych województwach oznaczona na podstawie liczby postępowań o wydanie decyzji środowiskowej (dla planowanych inwestycji)
Fig. 1. The number of photovoltaic power plant projects in each voivodeship determined by the number of environmental decision proceedings (for all planned investments)

Rozpatrując moc zainstalowaną, wielkoskalowe projekty elektrowni fotowoltaicznych (o mocy większej lub równej 20 MW) posiadają różny udział ilościowy pod względem wszystkich projektów elektrowni fotowoltaicznych na poziomie wojewódzkim. Najwięcej planowanych projektów charakteryzuje moc zainstalowana poniżej 20 MW – stanowią one większość inwestycji z zakresu elektrowni fotowoltaicznych. Jeśli chodzi o projekty wielkoskalowe (powyżej 20 MW), to w tej grupie dominują przeważnie instalacje o mocy pomiędzy 20 a 50 MW. Zazwyczaj projekty o mocy powyżej 100 MW mają mały udział w całkowitej liczbie planowanych wielkoskalowych elektrowni fotowoltaicznych. Wśród projektów o mocy pomiędzy 50 a 100 MW, istotnie zaznacza się schemat, w ramach którego obejmują one trzecią pod względem liczebności lokatę (w ramach elektrowni wielkoskalowych). Interesującym wyjątkiem jest województwo warmińsko-mazurskie,

w którym dostrzegalny jest znaczący udział w grupie projektów wielkoskalowych zarówno tych należących do grupy planowanych elektrowni o mocy powyżej 100 MW, jak i tych o mocy pomiędzy 50 a 100 MW. Podobnie, w województwie podlaskim, co czwarty projekt elektrowni fotowoltaicznej charakteryzuje się mocą powyżej 100 MW (w grupie projektów wielkoskalowych). Kartodiagram zawarty na rysunku 3 prezentuje liczbę wielkoskalowych projektów w poszczególnych województwach (część kartogramowa) oraz udział poszczególnych grup projektów wielkoskalowych w całkowitej liczbie projektów o mocy powyżej 20 MW (część diagramowa). Analiza geostatystyczna danych wskazuje, że najchętniej w Polsce rozwijane są projekty o mocy poniżej 20 MW – stanowią one większość wszystkich planowanych do realizacji elektrowni fotowoltaicznych. Ponad 80% wszystkich projektów przedmiotowych przedsięwzięć w każdym z województw stanowią projekty mniejsze pod względem mocy. Przedstawia to rysunek 4.

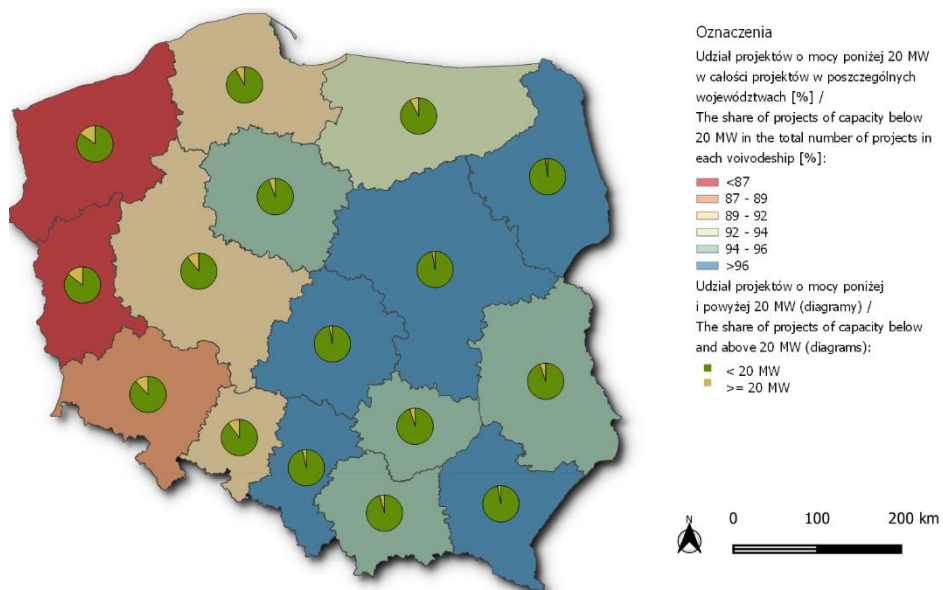


Rys. 2. Udział projektów z zakresu elektrowni fotowoltaicznych w grupie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko
Fig. 2. The share of photovoltaic power plant projects in the category of projects capable of having a significant impact on environment



Rys. 3. Szacowana liczba wielkoskalowych projektów z zakresu elektrowni fotowoltaicznych w poszczególnych województwach i procentowy udział poszczególnych grup projektów o mocy powyżej 20 MW w strukturze projektów elektrowni wielkoskalowych

Fig. 3. Estimated number of projects of utility-scale photovoltaic power plants in each voivodeship with the percentage of individual groups of projects of installed capacity above 20 MW in the utility-scale power plant projects



Rys. 4. Skala planowanych projektów o mocy poniżej 20 MW

Fig. 4. The scale of the projects of capacity below 20 MW

IV. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza wykazała, że w Polsce rozwijana jest znaczna liczba projektów z zakresu elektrowni fotowoltaicznych. Skala planowanych projektów różni się w zależności od poszczególnych województw. Podczas gdy w województwie małopolskim jest to zaledwie 165 projektów, to w Wielkopolsce ich liczba sięga niemal 2 500. Oznacza to, że prowadzona transformacja energetyczna w odmienny sposób dotyka poszczególne regiony Polski – nasilenie oddziaływań związanych z realizacją instalacji fotowoltaicznych może w przyszłości być nierównomierne w skali regionalnej. Dotyczy to szczególnie oddziaływania skumulowanego, zwłaszcza w aspekcie zajmowania przestrzeni dotychczas wykorzystywanej na cele inne niż przemysłowe. Zazwyczaj przekształceniu podlegać będą obszary dotychczas wykorzystywane do prowadzenia działalności rolniczej – polowej uprawy roślin.

Istotnym jest fakt, że w strukturze ilościowej postępowań o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, liczba procedur administracyjnych dla elektrowni fotowoltaicznych jest znacząca. W skali krajowej 17,7% wszystkich postępowań dotyczy możliwości realizacji elektrowni fotowoltaicznej. Również i pod tym względem występują różnice w zależności od województwa. Największy udział stwierdzono w województwie warmińsko-mazurskim (31,9%), natomiast najmniejszy w Małopolsce (3,17%).

Wyniki przeprowadzonej analizy świadczą o tym, że organy administracji obowiązane do wydania decyzji środowiskowej mogą być znacząco obciążone ilością przyjmowanych wniosków. Podobnie, organy opiniujące i uzgadniające decyzje środowiskowe (zwłaszcza odpowiednie miejscowo regionalne dyrekcje ochrony środowiska) mogą w swojej codziennej praktyce odczuwać te obciążenia, co wpływać może na długość postępowań, a także wartość merytoryczną rozwiązań wskazywanych na mocy decyzji środowiskowej do implementacji w projekcie w celu minimalizacji oddziaływania na środowisko.

Najwięcej planowanych do realizacji projektów elektrowni fotowoltaicznych posiada moc poniżej 20 MW. Projekty wielkoskalowe (o mocy powyżej 20 MW) są mniej liczne, ale ze względu na projektowaną moc sumarycznie mogą cechować się dużym znaczeniem. W tym zakresie niezbędne są więc dalsze badania.

Wyniki przeprowadzonych badań sugerują, że transformacja energetyczna pod względem planistycznym kształtowana jest na szczeblu lokalnym (gminnym), o czym świadczy asymetryczność przestrzenna rozkładu planowanych do realizacji instalacji. Widoczny jest brak zorganizowanej na poziomie krajowym trwałej polityki dotyczącej rozwoju infrastruktury wytwórczej, niezbędnej do prawidłowego funkcjonowania nowoczesnego państwa. Na lokalizowanie elektrowni fotowoltaicznych wpływ wydają się mieć raczej regionalne i lokalne uwarunkowania – obecność czynników ograniczających możliwości realizacji inwestycji. Są to w szczególności czynniki formalno-prawne (obecność form ochrony przyrody, polityka przestrzenna gmin), techniczne (m.in. gęstość infrastruktury przemysłowej, gęstość zabudowy, obecność obiektów przemysłowych), a także środowiskowe (takie jak ukształtowanie powierzchni terenu, występowanie gruntów ornych i innych użytków rolnych o wysokiej przydatności ekonomicznej w rolnictwie). Nie bez znaczenia pozostaje również kwestia związana ze spekulacją gruntami, na których podejmuje się próby realizacji projektów elektrowni fotowoltaicznych. Ze względu na zdolności przesyłowe sieci elektroenergetycznych niemożliwe jest, aby wszystkie projekty zostały przyłączone do systemu elektroenergetycznego. Istnieje obawa, że czynności związane z obrotem projektami (a co za tym idzie, również i prawem do dysponowania nieruchomościami) mogą prowadzić do napięć społecznych, obniżenia zaufania względem przedsiębiorców, czy też atmosfery niechęci do związywania się właścicieli nieruchomości z podmiotami rozwijającymi projekty elektrowni fotowoltaicznych.

Dalsze badania powinny skupić się na określeniu determinant rozwoju elektrowni fotowoltaicznych w poszczególnych województwach i czynnikach wpływających na atrakcyjność określonych regionów pod kątem możliwości realizacji tych inwestycji.

BIBLIOGRAFIA

1. Amster E. 2021. Public health impact of coal-fired power plants: a critical systematic review of the epidemiological literature. *International Journal of Environmental Health Research*. 31. 558-580. doi:10.1080/09603123.2019.1674256.
2. Baza ocen oddziaływania na środowisko. [dok. elektr. <https://bazaos.gdos.gov.pl/web/guest/home>. dostęp: 24.11.2024].
3. Bijańska J., Wodarski K. 2024. Hard coal production in Poland in the aspect of climate and energy policy of the European Union and the war in Ukraine. Investment case study. *Resources Policy*. 88.104390. doi:10.1016/j.resourpol.2023.104390.
4. Błaszczyk A., Matuszak-Flejszman A., Nawrocki K. 2024. Determinants of the development of photovoltaics in Poland. *Renewable Energy* 23. 121161. doi:10.1016/j.renene.2024.121161.
5. Bošnjaković M., Santa R., Crnac Z., Bošnjaković T. 2023. Environmental Impact of PV Power Systems. *Sustainability*. 15.11888. doi:10.3390/su151511888.
6. Dzikuć M., Piwowar A., Dzikuć M. 2022. The importance and potential of photovoltaics in the context of low-carbon development in Poland. *Energy Storage and Saving*. 1. 162-5. doi:10.1016/j.enss.2022.07.001.
7. Glodek A., Pacyna JM. 2009. Mercury emission from coal-fired power plants in Poland. *Atmospheric Environment*. 43. 5668-73. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.07.041.
8. Guttikunda SK., Jawahar P. 2014. Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. *Atmospheric Environment*. 92. 449-60. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.04.057.
9. Hernandez RR., Easter SB., Murphy-Mariscal ML., Maestre FT., Tavassoli M., Allen EB. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 29. 766-79. doi:10.1016/j.rser.2013.08.041.
10. Instytut Energetyki Odnawialnej. 2024. Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2024. [dok. elektr. dostępny do pobrania: <https://ieo.pl/raport-rynek-fotowoltaiki-w-polsce-2024>. dostęp: 05.01.2025].
11. Mansouri N., Lashab A., Sera D., Guerrero JM., Cherif A. 2019. Large Photovoltaic Power Plants Integration: A Review of Challenges and Solutions. *Energies*. 12. 3798. doi:10.3390/en12193798.
12. Moore-O'Leary KA., Hernandez RR., Johnston DS., Abella SR., Tanner KE., Swanson AC. 2017. Sustainability of utility-scale solar energy – critical ecological concepts. *Frontiers in Ecol & Environ*. 15. 385-94. doi:10.1002/fee.1517.
13. Państwowe Sieci Elektroenergetyczne S.A. Zestawienie danych ilościowych dotyczących funkcjonowania KSE w 2023 roku – Raport 2023 KSE. [dok. elektr. https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2023#r6_1. dostęp: 05.01.2025].
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu informacji o prowadzonych ocenach oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko oraz strategicznych ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. poz. 529).
15. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. poz. 1839 ze zm.).
16. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz.U. 2024 poz. 1478)

17. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (t.j. Dz.U. 2024 poz. 1361).
18. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (t.j. Dz.U. 2024 poz. 1112).
19. Voumik LC., Islam MdA., Rahaman A., Rahman MdM. 2022. Emissions of carbon dioxide from electricity production in ASEAN countries: GMM and quantile regression analysis. *SN Bus. Econ.* 2. 133. doi:10.1007/s43546-022-00318-y.
20. Widera M., Urbański P., Mazurek S., Naworyta W. 2024. Polish lignite resources, mining and energy industries – what is next? *Gospodarka Surowcami Mineralnymi - Mineral Resources Management.* 40. 5-28. doi:10.24425/gsm.2024.150826.