Zastosowanie narzędzi GIS w planowaniu lokalizacji farm fotowoltaicznych

Wykorzystanie nieodnawialnych zasobów naturalnych do produkcji energii elektrycznej prowadzi zarówno do ich wyczerpania, jak i odbija się negatywnie na naszym środowisku. Rozwiązaniem tego problemu może być zastąpienie tradycyjnych sposobów produkcji energii, metodami wykorzystującymi jej odnawialne źródła. Realizację takiego wyzwania umożliwiają w praktyce narzędzia GIS, dzięki którym właściwe zagospodarowanie przestrzeni pod inwestycję jest o wiele łatwiejsze – nawet jeśli chodzi o takie kwestie, jak położenie farm produkujących energię prosto ze słońca.

W ciągu jednej godziny do Ziemi dociera wystarczająca ilość energii słonecznej, aby zaspokoić potrzeby energetyczne naszej planety przez cały rok. Gdybyśmy wybudowali farmę solarną zajmującą zaledwie 0,3 proc. powierzchni naszego globu (co odpowiada mniej więcej terytorium Szwecji), to produkowana przez nią energia elektryczna wystarczyłaby na pokrycie codziennego zapotrzebowania na energię elektryczną całej ludzkości. To doskonale obrazuje, jak niesamowity potencjał drzemie w zasobach Słońca. Jest ono odnawialnym źródłem energii, która w dodatku jest łatwo dostępna, darmowa, a jej produkcja nie obciąża środowiska.

Farmy solarne produkujące energię elektryczną powstały już 40 lat temu. Pierwsza z nich, oddana do użytku w 1982 roku, została wybudowana w USA i miała moc 1 MW. Dziś jedną z największych jest farma zlokalizowana w Indiach – Kurnool Ultra Mega Solar Park. Wybudowana w 2021 roku zajmuje powierzchnię 24 km^2 i posiada moc 1 GW. Z kolei w tym roku powstać ma największa farma solarna położona na morzu, którą zbuduje Singapur. Władze tego kraju mają zresztą wiele innych

pomysłów na wykorzystanie paneli fotowoltaicznych. Chcą na przykład zamienić wielkie wieżowce w swoiste elektrownie, montując na ich fasadach właśnie panele solarne.

O popularności tego typu rozwiązań zadecydował szereg czynników, z których najważniejsze to:

- samoobsługowość/bezobsługowość paneli fotowoltaicznych,
- brak emisji CO_2 w procesie produkcji energii,
- niskie koszty eksploatacji instalacji.

Wszystko to sprawia, że wiele krajów stosuje dziś farmy fotowoltaiczne do produkcji energii. Przybierają one rozmaite kształty i lokalizowane są już nie tylko na terenach płaskich, ale także na wzgórzach, morzach i oceanach. W produkcji energii elektrycznej ze światła słonecznego przodują dziś USA, Japonia i Chiny.

Fotowoltaika w Polsce

Moc paneli fotowoltaicznych zainstalowanych w Polsce, wynosiła pod koniec 2020 roku już 4 GW. Znaczny udział w tej liczbie – niemal 80 proc. – mają mikroinstalacje, jednak na obszarze Polski powstaje też coraz więcej dużych farm solarnych. Największą, która obecnie funkcjonuje, jest farma w Jaworznie, zbudowana w 2020 roku, dysponująca mocą 5 MW. Druga w kolejności – farma Czernikowo – ma moc prawie 4 MW i położona jest w okolicach Torunia.

Gdzie zbudować farmę solarną?

Wyznaczenie lokalizacji farmy fotowoltaicznej nie jest oczywiste, gdyż jej lokalizację determinuje cały szereg czynników, do których należą:

1. Czynniki środowiskowe
    1. Pokrycie i ukształtowanie terenu,
    2. Nasłonecznienie,

        3. Istnienie obszarów chronionych.
    2. Czynniki ekonomiczne:
        1. Odległość od obszarów zadrzewionych,
        2. Odległość od sieci drogowej,
        3. Odległość od sieci elektroenergetycznych,
        4. Odległość od zabudowań,
        5. Powierzchnia działki pod inwestycję.

Rozpatrując umiejscowienie farmy fotowoltaicznej, wszystkie należy wziąć pod uwagę. By wyznaczyć optymalny obszar, nadający się do wykorzystania na potrzeby takiej inwestycji, można zastosować kilka metod:

Metoda 1

Pierwszą z metod prześledzimy na przykładzie powiatu legionowskiego. Aby wybrać obszary nadające się pod lokalizację farm solarnych, ustalamy najpierw wyżej wspomniane kryteria. Następnie stosujemy metodę zero-jedynkową po to, aby na analizowanym obszarze wyznaczyć tereny, na których takie inwestycje z pewnością nie mogą być zlokalizowane. Należą do nich m.in. obszary zabudowane, lasy, drogi, wody powierzchniowe itp. Zostają one wykluczone z analizy.

W kolejnym etapie przeprowadzamy analizy buforowe dla takich czynników, jak:

- odległość od zabudowy,
- odległość od dróg,
- odległość od sieci elektroenergetycznych,
- nasłonecznienie,
- ekspozycja terenu.

Buforom nadajemy różne wartości wg wartości granicznych, które określają klasę przydatności danego terenu do umiejscowienia na nim inwestycji. Każdy z uwzględnionych czynników, w przeprowadzanej przez nas analizie, posiada trzy klasy przydatności ze względu na swoje nasilenie:

- Klasa 1 – Obszary o najwyższej przydatności
- Klasa 2 – Obszary o średniej przydatności
- Klasa 3 – Obszary o najniższej przydatności

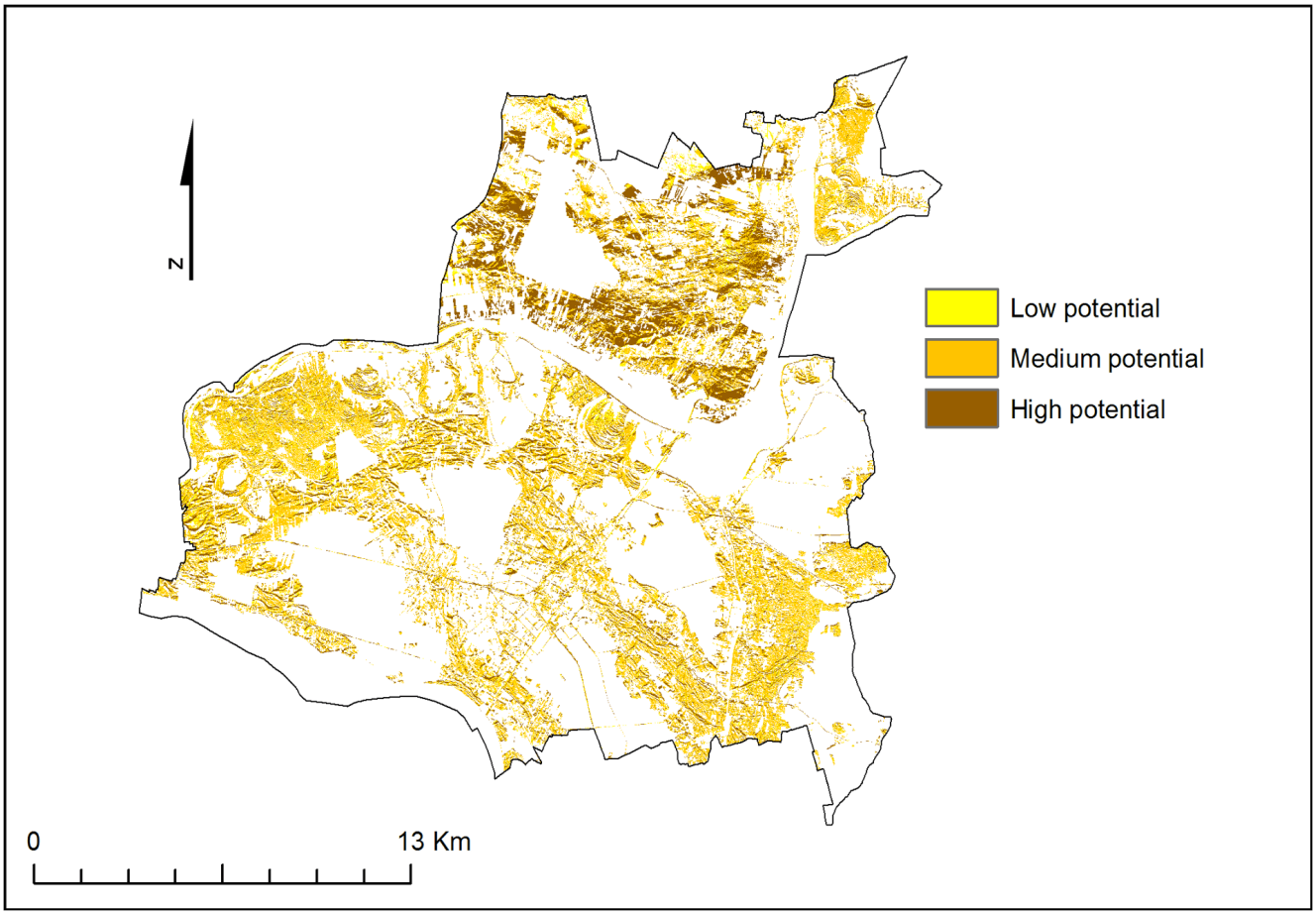
Kryterium	Wartości graniczne	Klasa przydatności
Odległość od drogi	< 200 m	1
	200 m – 500 m	2
	> 500 m	3
Odległość od zabudowań	100 m – 1000 m	1
	1000 m – 3000 m	2
	< 100 m i > 3000 m	3
Odległość od linii energetycznych	< 200 m	1
	200 m – 500 m	2
	> 500 m	3
Nasłonecznienie	> 900 kWh/m^2	1
	850 kWh/m^2 – 900 kWh/m^2	2
	< 850 kWh/m^2	3
Ekspozycja terenu	SE, S, SW	1
	E, W, teren płaski	2
	NE, N, NW	3

Po przeprowadzeniu tych analiz z użyciem metody AHP wyznaczamy dodatkowo wagi każdego kryterium, ponieważ nie każdy z rozważanych czynników jest na równi istotny z pozostałymi, nie wszystkie jednakowo wpływają też na możliwość lokalizacji farmy solarnej na danym terenie.

	Nasłonecznienie	Ekspozycja terenu	Odległość od zabudowań	Odległość od linii energetycznych	Odległość od drogi	WAGA
Nasłonecznienie	1	1	5	7	9	**38**
Ekspozycja terenu	1	1	7	7	9	**41**
Odległość od zabudowań	0,2	0,14	1	3	5	**11**
Odległość od linii energetycznych	0,14	0,14	0,33	1	5	**7**
Odległość od drogi	0,11	0,11	0,20	0,20	1	**3**
SUMA	*2,45*	*2.40*	*13,53*	*18,20*	*29,00*	*100*

Cały ten proces prowadzi nas wreszcie do opracowania mapy, na której wykazane zostały trzy rodzaje terenów:

1. Obszary o najwyższym potencjale dla budowy farm solarnych
2. Obszary o średnim potencjale dla budowy farm solarnych
3. Obszary o najniższym potencjale dla budowy farm solarnych



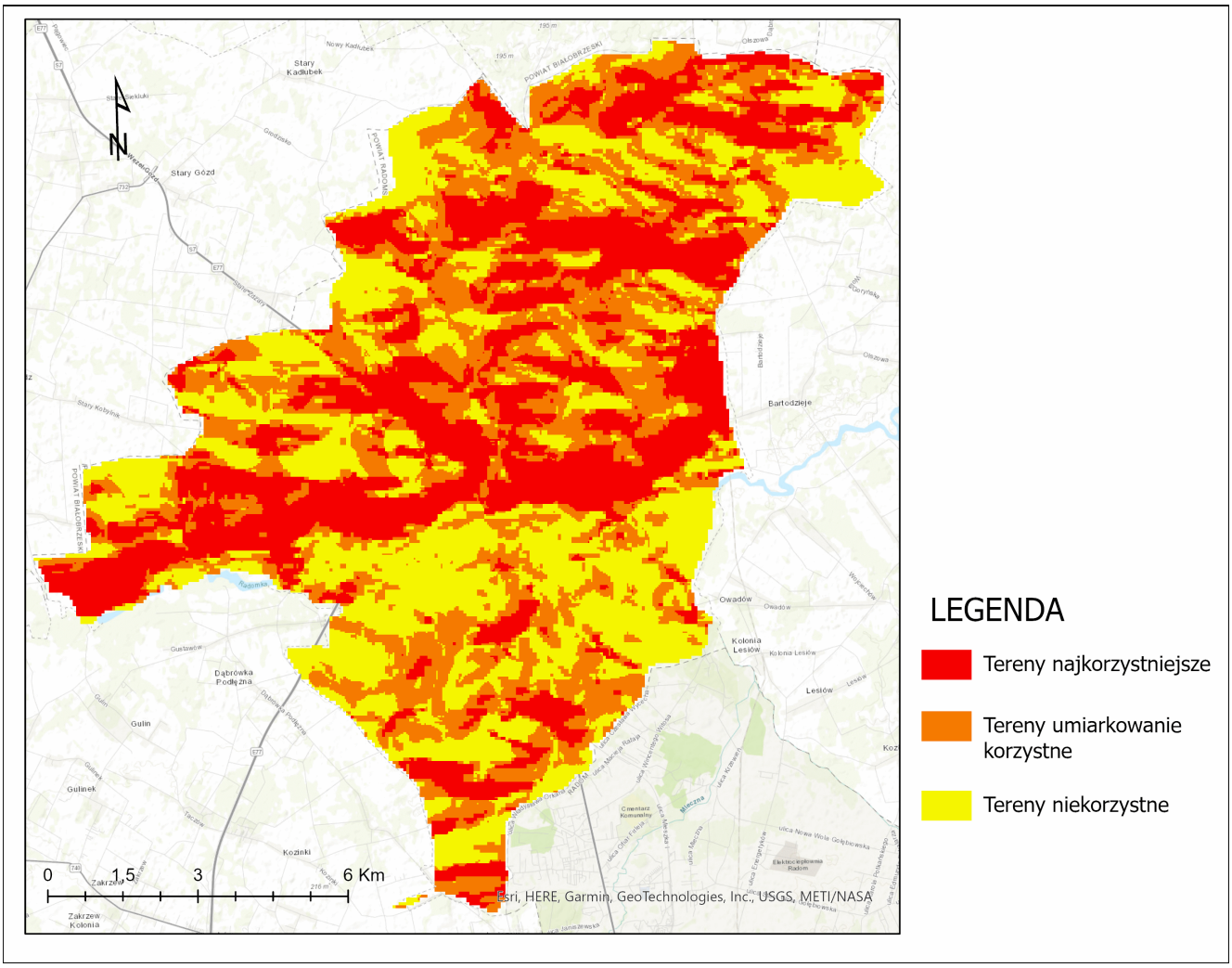
Rys. 1. Waloryzacja terenu pod inwestycje fotowoltaiczne (źródło: Mierzwiak & Całka, 2017)

Powyższy przykład analizy pochodzi z pracy dr inż. Beaty Całki i mgr. inż. Michała Mierzwiaka z Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie pt. „Multi-criteria analysis for solar farm location suitability" opublikowanej w magazynie „Reports on Geodesy and Geoinformatics" w 2017 roku.

Metoda 2

Drugi sposób analizy prześledzimy na przykładzie gminy Jedlińsk. Stosując tę metodę, również rozpoczynamy od wyboru czynników wpływających na lokalizację farm solarnych. Następnie dla takich czynników jak odległość od zabudowy, odległość od dróg, odległość od linii energetycznych, ekspozycja czy nasłonecznienie, przeprowadzamy analizy rastrowe. Dzięki temu w kolejnym kroku możemy dokonać

przeskalowania rastrów do wspólnych zakresów po to, aby później móc opracować końcową mapę. W tym scenariuszu warto wykorzystać także takie narzędzie, jak model Builder, który umożliwia opracowanie szablonu naszych analiz, dzięki czemu możliwa staje się automatyzacja pracy. W ostatnim kroku, podobnie jak poprzednio, wyznaczamy wagi wszystkich przyjętych kryteriów z użyciem metody AHP. W efekcie możemy opracować mapę, która ocenia możliwość lokalizacji farm solarnych na danym terenie z podziałem na 3 wcześniej wspomniane kategorie przydatności danych lokalizacji.



Rys. 2. Ocena terenu dla lokalizacji farm fotowoltaicznych w gminie Jedlińsk (źródło: Prace studenckie WAT, 2021)

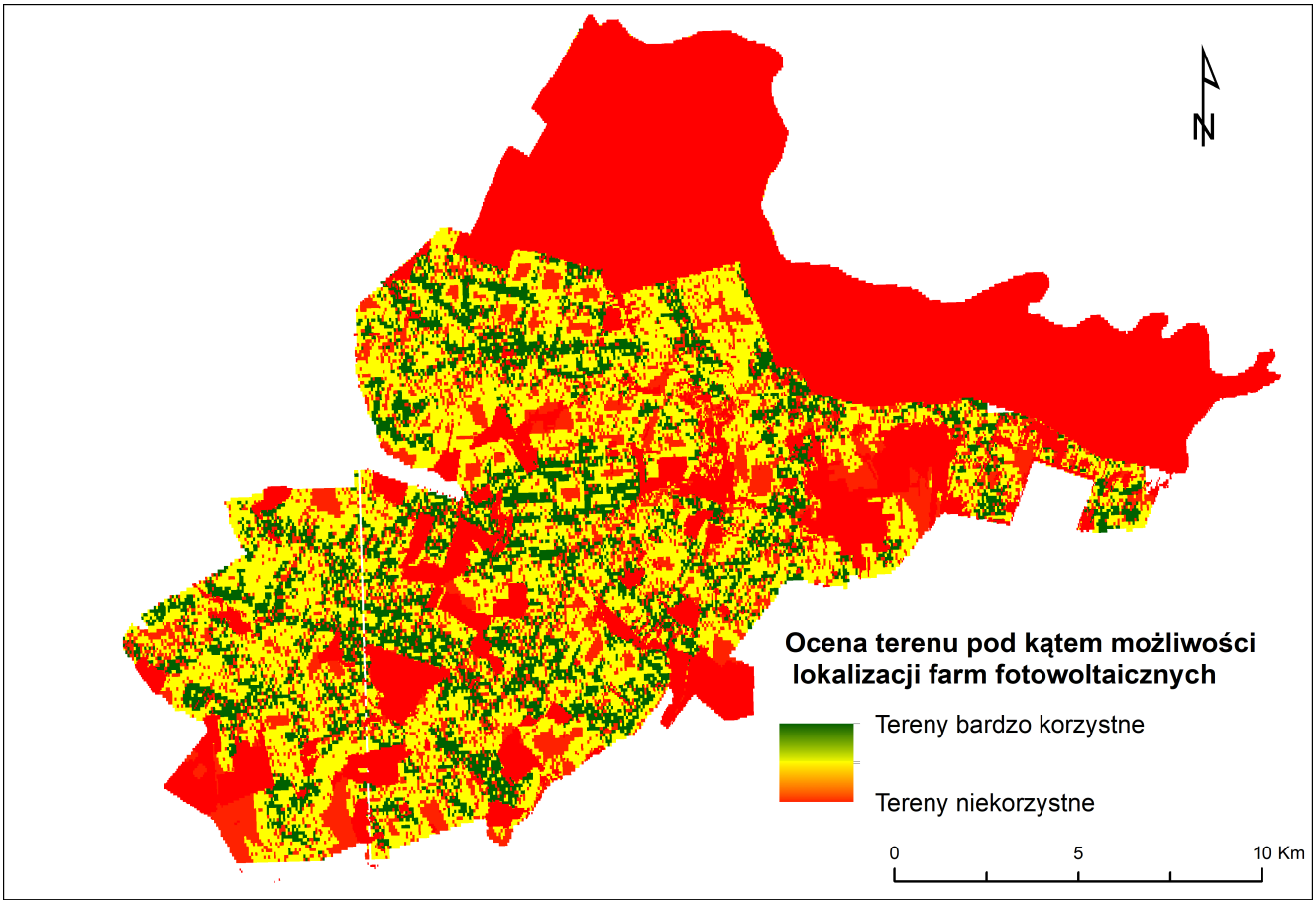
Przykład ten to z kolei praca studentów kierunku Inżynieria Geoprzestrzenna na Wojskowej Akademii Technicznej, którą wykonali w ramach przedmiotu „Zaawansowane analizy

geoprzestrzenne”.

Metoda 3

Ostatnia prezentowana metoda analizy oparta jest o funkcje rozmyte i, jak poprzednie, zaczyna się od wyboru kryteriów analizy. Następnie wykonujemy analizy rastrowe dla wszystkich uwzględnionych czynników. W kolejnym kroku z wykorzystaniem funkcji członkostwa przeprowadzamy transformację tych rastrów. W zależności od tego, jaki w danej chwili wykorzystujemy czynnik, bierzemy pod uwagę różne funkcje transformacji – najczęściej funkcję „small – large” lub funkcję liniową.

Następnie także w tym przypadku wyznaczamy wagi wszystkich kryteriów, by ostatecznie otrzymać mapę prezentującą potencjał danej przestrzeni w kontekście lokalizacji farm fotowoltaicznych. Zaprezentowany poniżej fragment północnej części województwa lubelskiego prezentuje ostateczny wynik tej analizy.



Rys. 3. Waloryzacja terenu pod inwestycje fotowoltaiczne (źródło: Ołdachowska, 2021)

Ten przykład pochodzi z pracy inżynierskiej inż. Igi Ołdachowskiej pt. „Zastosowanie narzędzi GIS i algorytmów logiki rozmytej do wyboru lokalizacji farm solarnych”, którą napisała pod kierunkiem dr inż. Beaty Całki i obroniła na Wojskowej Akademii Technicznej w 2021 roku.

Każda z tych trzech zaproponowanych metod prowadzi do finalnego celu, jakim jest wskazanie obszarów najkorzystniejszych dla budowy farm fotowoltaicznych. Możemy stwierdzić przy tym, że analizy buforowe powodują pewną utratę informacji prowadzącą do generalizacji. Jednak wszystkie te rozważania jasno pokazują, jak GIS pomaga nam właściwie tworzyć i zagospodarowywać przestrzeń – w tym wypadku na potrzeby produkcji czystej energii wprost z odnawialnego źródła.

Literatura:

Mierzwiak M., Całka B.. (2017) „Multi-criteria analysis for solar farm location suitability”, Reports on Geodesy and Geoinformatics, 104(1), 20–32, https://doi.org/10.1515/rgg-2017-0012

Ołdachowska I. (2021) „Zastosowanie narzędzi gis i algorytmów logiki rozmytej do wyboru lokalizacji farm solarnych.” Praca dyplomowa, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, opiekun: dr inż. Beata Całka

Prace studentów Wojskowej Akademii Technicznej (2021) Kierunek: Inżynieria Geoprzestrzenna, wykonane na zajęciach z przedmiotu „Zaawansowane analizy geoprzestrzenne”