

Dobre praktyki w przetwarzaniu danych projektowych dla farm wiatrowych przy pomocy GIS

Współczesny proces projektowania lokalizacji elektrowni wiatrowych wraz z infrastrukturą towarzyszącą należy do grupy inwestycji o charakterze obszarowym i wymaga wielokryterialnych analiz uwarunkowań przestrzennych. W zakresie tych analiz znajdują się zarówno oceny oddziaływania na środowisko, jak i potencjał charakteru przestrzennego zasobów energii wiatru, a także zadania związane z określeniem uwarunkowań infrastrukturalnych, w tym: odległości od linii energetycznych, dróg, obiektów lotniskowych, oraz uwarunkowania urbanistyczne. Do tych ostatnich zaliczyć trzeba analizy ograniczeń akustycznych wynikających z charakteru zabudowy, bonitacji gleb, występowania zabytków, uzdrowisk i innych [1].

Materiały kartograficzne, a w tym mapy, są zatem ważnym elementem procesu projektowania lokalizacji elektrowni wiatrowych. Niemniej jednak zaledwie od kilku lat w pracach koncepcyjno-projektowych oprócz map zasadniczych, wykorzystywane są dodatkowo bezkrytycznie różnorodne informacje tworzone w ramach powstającej państwowej infrastruktury danych przestrzennych. Są to zbiory będące uzupełnieniem danych pochodzących z lokalnych instytucji państwowych, na obszarze których zlokalizowany jest dany proces inwestycyjny, pozwalające na znaczne skrócenie czasu oraz zwiększenie efektywności prac projektowych.

Nieodzownym narzędziem do prowadzenia prac koncepcyjno-projektowych są mapy pozwalające na identyfikację uwarunkowań przestrzennych w ramach obszarów potencjalnej inwestycji. Do końca lat 90. XX wieku najpopularniejszą formą map używanych do celów projektowych były papierowe arkusze map zarówno topograficznych, tematycznych, jak i ewidencyjnych.

Współcześnie, coraz bardziej popularnym sposobem identyfikacji uwarunkowań przestrzennych obszarów pod planowaną inwestycję, pozwalającym także na przeprowadzenie szybkich wielokryterialnych analiz, są komputerowe systemy informacji geograficznej (ang. *Geographical Information System, GIS*).

Systemy te wchodzą w skład szeroko rozumianej technologii informacyjnych (ICT), wdrażanych w różnych branżach i gałęziach gospodarki. GIS, zależnie od przyjętej metodyki (wielkości obszaru) i ustaleń, nazywany jest również Systemami Informacji Przestrzennej, Systemami Informacji Terenowej lub Systemami Geoinformacyjnymi [2]. W ujęciu definicyjnym GIS to: „System pozyskiwania, gromadzenia, weryfikowania, analizowania, transferowania i udostępniania danych przestrzennych; w szerokim rozumieniu obejmującym metody, środki techniczne – sprzęt i oprogramowanie, bazy danych przestrzennych, organizację, zasoby oraz ludzi zainteresowanych jego funkcjonowaniem”[3].

W procesach projektowania inwestycji systemy GIS wykorzystywane są do wspomagania decyzji związanych z interaktywnym przetwarzaniem danych (modelowaniem danych przestrzennych) w celu określenia i identyfikacji poziomów ryzyka inwestycyjnego. Wobec czego wykorzystanie systemów GIS na etapie zarządzania pracami projektowymi optymalizuje koszty i usprawnia proces podejmowania decyzji projektowych. Analizy przestrzenne GIS pozwalają we wstępnej fazie zidentyfikować obszary nieposiadające potencjału do lokalizacji inwestycji, a tym samym stworzyć warunki pozwalające uchronić inwestorów przed nieuzasadnionymi kosztami wynikającymi z niezyskania rekomendacji realizacyjnych na dalszym etapie inwestycji.

Użyteczność systemów GIS przejawia się nie tylko w modelowaniu danych przestrzennych, ale pozwalają one również na tworzenie map tematycznych umożliwiających zobrazowanie wszystkich analiz (np. izofony hałasu czy zakres cienia) związanych z planowaną inwestycją, przez co mapy te niejednokrotnie stają się integralną częścią raportów i opracowań środowiskowych, tworząc graficzne reprezentacje treści tych raportów, a w szczególności ilustrując ich treści specjalistyczne.

Systemy Informacji Przestrzennej coraz częściej są wykorzystywane do przeprowadzenia prawidłowego prognozowania skutków środowiskowych oraz traktowane są jako narzędzie do budowania społecznych relacji opartych na wiedzy o poszczególnych etapach prac projektowych. GIS jako zestaw narzędzi do modelowania danych przestrzennych w coraz większym stopniu ma wpływ na dalszą żywotność inwestycji, przez co korzystnie wpływa na zmniejszenie poziomu ryzyka prowadzonych inwestycji.

Duża przydatność systemów GIS powoduje, iż stają się one coraz powszechniej wykorzystywane nie tylko do projektowania lokalizacji turbin wiatrowych przez inwestorów, ale również w coraz większym zakresie wykorzystuje się je do weryfikowania raportów oceny oddziaływania inwestycji na środowisko. Dla przykładu, w powyższym celu technologie GIS wykorzystują lokalne oddziały RDOŚ (Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska). Wymienione urzędy prowadzą analizy w ramach pierwszych wytycznych z zakresu prognozowania oddziaływania na środowisko farm wiatrowych – wytyczne pochodzą z 2011 roku i zostały wydane przez organy nadrzędny RDOŚ, czyli przez Generalną Dyrekcję Ochrony Środowiska w Warszawie [4] (GDOŚ).

W początkowej fazie projektowania lokalizacji elektrowni wiatrowych z wykorzystaniem technologii GIS kluczowym zagadnieniem jest posiadanie informacji o wiarygodności – aktualności oraz często utożsamianej z nią dokładności naniesienia obiektów i treści. Wiarygodność opracowań przestrzennych na potrzeby projektów inwestycyjnych wynika zatem ze skali i charakteru opracowania danych wejściowych oraz z danych poglądowych (np. opracowania ekofizjograficznego, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego czy miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego), a także jest pochodną skali i charakteru danych projektowych (np. map sytuacyjno-wysokościowych). Wymienione typy danych stanowią podstawę do podejmowania decyzji inwestycyjnych i pozwalają na uniknięcie błędów związanych z zachowaniem odległości dla nowo projektowanych turbin wiatrowych (np. odległości od faktycznych granic działek ewidencyjnych czy też od faktycznych przebiegów gazociągów czy linii energetycznych). Zbudowana baza danych przestrzennych (baza danych GIS) uwzględni wówczas wszystkie zmiany odpowiadające stanowi faktycznemu w obszarze planowanej inwestycji.

Tendencje rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce pokazują, iż rosnąca liczba projektowanych turbin wiatrowych oraz zmniejszająca się liczba dobrych lub bardzo dobrych obszarów inwestycyjnych wymusza na inwestorach coraz częstsze prowadzenie inwestycji w oparciu o narzędzia wielokryterialnych analiz przestrzennych (GIS). Celem tych analiz staje się prawidłowe określenie opłacalnej wielkości potencjału inwestycyjnego nowych obszarów w stosunku do wielkości dodatkowych kosztów, jakie mogą pojawić się w danej inwestycji z uwagi na duże odległości od sieci przesyłowej czy też koszty związane z pracami budowlanymi.

Cechą polskiego rynku elektrowni wiatrowych w pierwszym dziesięcioleciu XXI wieku, wynikającą z braku standardów i wytycznych oraz dobrych praktyk projektowych w ocenie ryzyka inwestycyjnego jest fakt, że 82% wstrzymanych projektów stanowi inwestycje na etapie zaawansowanym. Podaje się, iż w ramach tych inwestycji źle przeprowadzono proces oceny potencjału inwestycyjnego, na przykład jednego z komponentów środowiskowych dokumentu Oceny Oddziaływania na Środowisko (OOŚ) czy też uwarunkowań urbanistyczno-infrastrukturalnych, np. źle określono charakter zabudowy na obszarze inwestycji w początkowej fazie inwestycji [5]. Niekiedy skale popełnionych błędów wywołują duże zmiany w projektach i w konsekwencji prowadzą do wystąpienia lokalnego spadku zaufania do inwestora, a tym samym przyczyniają się do wystąpienia negatywnego odbioru społecznego, który silnie kształtuje możliwość przeprowadzenia inwestycji. Należy podkreślić, iż narzędzia GIS używane od początku w procesie prac projektowych umożliwiają gromadzenie danych w sposób uporządkowany, pozwalający na doprowadzenie do wytworzenia informacji i wniosków, które następnie w sposób przewidywalny przyniosą korzyści i w sposób ekonomicznie racjonalny doprowadzą do szybkiego wydania pozwolenia na budowę. Należy pamiętać o tym, aby bazy danych były budowane w oparciu o dane tylko najbardziej wiarygodne i dokładne.

Wprowadzając dane o mniejszej rozdzielczości czy też o wyższym stopniu generalizacji, inwestor musi zdawać sobie sprawę, że wartość analityczna tych danych jest ograniczona [2], co może prowadzić do zmian projektowych. Dużego znaczenia nabierają źródła, z jakiego pochodzą dane wejściowe. Już same źródła danych wskazują na rodzaj i dokładność błędów mogących pojawić się na etapie konwersji materiałów wejściowych i przetwarzania danych, np. w procesie digitalizacji arkuszy map ewidencyjnych czy też map z dokumentacją urbanistyczną.

Brak informacji o danych wyjściowych, na których prowadzone są prace projektowe, w tym brak informacji o ich dokładności, aktualności, powoduje, iż nie ma możliwości przeprowadzenia należytej oceny przydatności tych materiałów. Zatem nie posiadamy informacji o tym, czy te dane spełniają nasze oczekiwania i potrzeby w ramach prac projektowych. Warto pamiętać, iż 80% danych może dostarczyć nam 20% problemów, ale pozostałe 20% danych może spowodować ponad 80% problemów i zmian w projekcie [6].

Specyfiką inwestycji związanych z budową elektrowni wiatrowych jest fakt, iż procesy projektowania lokalizacji turbin wiatrowych cechują się kilkuletnim okresem przygotowawczym, podczas którego stopniowo gromadzone są poszczególne zbiory danych (czas zbierania danych na temat zasobów wiatru to minimum jeden rok, dane z monitoringu środowiskowego wymagają także roku, aczkolwiek monitoring zaczęty nie w porę trwa nawet półtora roku). W związku z tym należy brać pod uwagę fakt, iż w czasie prac projektowych należy liczyć się z wymogiem przeprowadzania częstych aktualizacji uwzględniających kwartalne wyniki i wprowadzających duże zmiany na obszarach planowanych inwestycji. Tym samym w pełni pokazujących aktualny potencjał i ryzyko inwestycyjne danej lokalizacji. Dlatego tak ważnym elementem jest prowadzenie prac projektowych w ramach aktualnych i wiarygodnych danych źródłowych tworzonych przez specjalistów posiadających doświadczenie pozwalające na zachowanie wysokiej jakości danych do celów projektowych.

Należy podkreślić, że wszystkie dane wykorzystywane do przeprowadzenia procesu lokalizacji turbin wiatrowych mają niejednakową rozdzielczość mówiącą o dokładności analiz. Z jednej strony stosowanie danych o różnej rozdzielczości umożliwia prowadzenie wieloaspektowych analiz, z drugiej zaś nieuwzględnienie informacji o różnej rozdzielczości danych wejściowych może powodować, iż przeprowadzone analizy mogą być bardzo uogólnione, co może prowadzić do obniżonej jakości wyników analiz, a tym samym spowodować mało efektywne wykorzystanie potencjału lokalizacyjnego danej inwestycji. Nieefektywne wykorzystanie potencjału lokalizacyjnego polega m.in. na umieszczeniu zbyt małej liczby turbin u zbyt dużej liczby właścicieli gruntów lub na ulokowaniu turbin w lokalnych obniżeniach terenu zamiast na lepiej wyeksponowanych i bardziej dostępnych obszarach sąsiednich o większym potencjale produkcyjnym energii wiatru.

Warto zatem na początkowym etapie projektowania przeprowadzić analizę uwarunkowań danej lokalizacji, odpowiedzieć sobie na pytanie, czy jakość danych, w oparciu o które chcemy prowadzić proces inwestycyjny gwarantuje właściwe przeprowadzenie analizy wszystkich aspektów, które muszą być uwzględnione w celu poprawnego zdefiniowania rodzaju i poziomu ryzyka inwestycyjnego danej lokalizacji. Jeżeli nie, to należy zweryfikować występowanie elementów brakujących oraz ustalić, po jakim czasie jakość danych będzie na tyle wiarygodna, iż możliwe będzie dalsze i pewne kontynuowanie prac projektowych.

Zgodnie z powyższym w ramach dobrych praktyk projektowania elektrowni wiatrowych warto na początkowym etapie dobrze poznać charakter oraz ograniczenia danych, które będą wykorzystywane do prac projektowych. Zatem w szczególności należy zwrócić uwagę na takie elementy, jak: skala, w jakiej wykonano opracowanie, aktualność danych, rozdzielczość wersji elektronicznej, odwzorowanie, w jakim wykonano dane oraz tolerancję błędów danych wsadowych. Skala danych źródłowych, np. skala map, na jakich zostało wykonane opracowanie, informuje o dokładności naniesienia danych obiektów oraz ich liczbie.

Obiekty na mapach małoskalowych (1:100 000) są zwykle zgeneralizowane, czyli ich wielkość i kształt na mapie nie zawsze odpowiadają faktycznym wielkościom w terenie, a tym samym zmniejsza się przydatność tego typu danych. Warto zatem na wstępie prac projektowych założyć, na jakim etapie procesu projektowego będą wykorzystywane technologie GIS oraz jaki poziom dokładności będzie wystarczający, aby w projekcie nie popełniono błędów wynikających z niedokładności danych użytych w analizach. W praktyce wielokrotnie mówi się o dokładności rzędu kilku metrów na etapie koncepcji projektu, co odpowiada dokładności, jaką mają dane umieszczone chociażby w zasobach Głównego Geodety Kraju¹ (np. mapy topograficzne w skalach od 1:10 000 do 1:25 000).

Dobre praktyki wskazują, iż unika się zmiany skali danych wyjściowych więcej niż dwa i pół raza (np. dane w skali 1:25 000 można maksymalnie wykorzystywać do skali 1:10 000), w innym przypadku mogą wystąpić błędy, które wpłyną na jakość przeprowadzonych analiz przestrzennych [6]. Należy także pamiętać, iż dane źródłowe muszą posiadać dużą rozdzielczość, a w szczególności dotyczy to danych rastrowych. A to dlatego, że mała rozdzielczość rastrów może spowodować, iż wykonanie jakichkolwiek prac projektowych będzie obarczone dużym ryzykiem popełnienia błędów. W praktyce warto pamiętać, aby dane katastralne w postaci rastrów podczas digitalizacji miały wysoką rozdzielczość, np. 600 dpi. Niestety skutkiem ubocznym jest niekiedy bardzo duża wielkość plików.

Wykorzystując dane z różnych źródeł, warto pamiętać o rodzaju użytego odwzorowania kartograficznego określającego stopień i typ zniekształceń, jaki został użyty do opracowania kartometrycznego map w projekcie. Kolejnym zagadnieniem, które należy

¹ Dostępne na: www.geoportal.gov.pl

uwzględniać w zakresie kwestii związanych z odwzorowaniem, jest użyty układ odniesienia map. Mianowicie, układ odniesienia stanowi podstawę do pomiaru pozycji na powierzchni Ziemi, czyli określa on punkty początkowe oraz orientację linii południków i równoleżników, a także określa kształt globu, któremu one odpowiadają. Stosowanie technologii GIS pozwala na przeprowadzanie sprawnej konwersji lub transformacji współrzędnych, tym samym chroniąc przed błędami wynikającymi z różnych odwzorowań i układów odniesienia w różnych typach danych służących do zbudowania danej mapy w projekcie. Kolejny element, na który należy zwrócić uwagę, to przyjęty poziom tolerancji błędów danych wsadowych.

W początkowej fazie budowania systemu GIS dla planowanej lokalizacji elektrowni wiatrowej mogą być wykorzystywane dane o charakterze ogólnogeograficznym, w tym mapy topograficzne średnioskalowe. Mapy tego rodzaju stanowią najczęściej element wyjściowy do zbierania danych na temat obszaru inwestycji oraz są punktem odniesienia do dalszych prac koncepcyjno-projektowych [6].

Przeważnie mapy te nadają się z czasem jedynie do prezentowania wyników przeprowadzonych analiz w większych skalach. Jednak z racji swej skali mapy te powodują, iż dane zawarte w ich treści obciążone są dużym błędem absolutnym odnoszącym się do identyfikacji rzeczywistego położenia obiektów w przestrzeni. Dla przykładu, przebieg linii energetycznych odczytany z mapy w skali 1:50 000 przy założeniu, że narysowana na mapie linia jest grubości 3 mm oznacza, iż błąd wyznaczenia rzeczywistego przebiegu w terenie może sięgać połowy grubości linii, czyli 75 m, co może znacząco wpłynąć na wielkość potencjału lokalizacyjnego danego obszaru, a tym samym na liczbę możliwych lokalizacji wiatraków.

Wiarygodność i staranność danych gromadzonych w czasie procesu inwestycyjnego zapewnia, że przeprowadzane analizy multikryterialne nie będą obciążone błędami oceny potencjału inwestycyjnego, tj. potencjału jednego z komponentów – czy to środowiskowego, czy też uwarunkowań urbanistyczno-infrastrukturalnych. Konsekwencją błędnych analiz przestrzennych określających potencjał inwestycyjny jest często spadek zaufania do inwestora wśród lokalnej społeczności, a tym samym przyczyniają się one do występowania negatywnych czynników społecznych. Przytoczone powyżej przykłady dobrych praktyk w zakresie omówionych wytycznych prowadzenia prac projektowych z wykorzystaniem analiz przestrzennych z użyciem technologii GIS wskazują zatem nie tylko na sposoby uniknięcia błędów i obniżenia ryzyka inwestycyjnego, ale w dużej mierze ukazują przydatność systemów GIS w przełożeniu na efektywność czasową prowadzenia procesów inwestycyjnych. Wartością dodaną w ramach wykorzystania technologii GIS jest aspekt społeczny pozwalający na budowanie dobrego wizerunku i poparcia dla danej inwestycji.

Streszczenie

Dobre praktyki w przetwarzaniu danych projektowych dla farm wiatrowych przy pomocy GIS

W procesach projektowania lokalizacji elektrowni wiatrowych Systemy Informacji Geograficznej (GIS) wykorzystywane są do wspomagania decyzji związanych z interaktywnym przetwarzaniem danych w celu identyfikacji poziomów ryzyka inwestycyjnego. Wobec czego wykorzystanie systemów GIS na etapie zarządzania pracami projektowymi optymalizuje koszty i usprawnia proces podejmowania decyzji w ramach inwestycji. Analizy przestrzenne GIS pozwalają we wstępnej fazie zidentyfikować obszary nieposiadające potencjału do lokalizacji inwestycji, a tym samym stworzyć warunki pozwalające uchronić inwestorów przed nieuzasadnionymi kosztami wynikającymi z nieuzyskania rekomendacji realizacyjnych na dalszym etapie inwestycji. Zgodnie z powyższym w ramach dobrych praktyk projektowania elektrowni wiatrowych warto na początkowym etapie dobrze poznać charakter oraz ograniczenia danych, które będą wykorzystywane do prac projektowych. W szczególności należy zwrócić uwagę na takie elementy danych źródłowych, jak: skala, w jakiej wykonano opracowania, aktualność danych, rozdzielczość wersji elektronicznej, odwzorowanie i układ odniesienia, w jakim wykonano dane oraz tolerancja błędów danych wejściowych.

Summary

Good practices in the design data processing for wind farms investments with use of the GIS technologies

Within the processes of designing the location of wind farms the Geographic Information Systems (GIS) are used to support decisions making process. And especially decisions which require identification of the investment risk levels estimated on the basis of interactive data processing analysis. Therefore, the use of GIS in the management of design process is crucial in order to optimize costs and improve the decision making procedure itself within the framework of the particular investment. The GIS spatial analysis in the initial phase of investment planning allows to identify areas with no potential for the investment location, and thereby create the conditions to protect investors against unreasonable costs related with not obtaining official recommendations at a further stage of investment. Nevertheless, within the framework of good practice of wind farms design in the initial stage there should be good understanding and knowledge about the nature and limitations of data that will be used for design work. The attention must be focused specifically on such elements of the source data as: the scale at which studies were performed, upgrade and release time of data, data resolution, performed cartographic representation and georeference system and fault tolerance of the input data.

Literatura

1. Szurlej-Kiełańska A., Kaczerowski M., *Aspekty lokalizacji farm wiatrowych*, 2011, dostęp na stronie: www.urbanistyka.info
2. Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., *GIS – obszar zastosowania*, Warszawa 2007, s. 9, 51.
3. Gaździcki J., *Leksykon geomatyki – Lexicon Geomatics*, Pol. Tow. Informacji Przestrzennej, wersja elektroniczna (uaktualniana na bieżąco) dostępna na stronie: www.ptip.org.pl
4. Stryjecki M., Mielniczuk K., *Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływania na środowisko farm wiatrowych*, Warszawa 2011.
5. TPA Horwath, *Raport – Energetyka wiatrowa w Polsce*, Listopad 2010, s. 10, 39.
6. Tomilson R., *Rozważania o GIS. Planowanie Systemów Informacji Geograficznej dla menedżerów*, Wydanie polskie, Warszawa 2008, s. 92, 97, 108.

Noty o autorach

Ionut Cosmin Deaconescu, student, Uniwersytet w Piteszti, Rumunia.

Jacek Gruber, dr inż., Politechnika Wrocławska.

Kazimierz Grzywa, dr inż., Politechnika Wrocławska

Krzysztof Jamroziak, dr inż., Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych we Wrocławiu.

Wiesław Jarguliński, dr inż., emerytowany nauczyciel akademicki Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych we Wrocławiu.

Paweł Kucharczyk, mgr inż., Politechnika Śląska.

Grzegorz Łukasiewicz, mgr, specjalista ds. monitoringu środowiska i analiz przestrzennych w firmie Topo-Wind, Warszawa.

Stanisław Piesiak, prof. dr hab. inż., DWSPiT Polkowice.

Zdzisław Pólkowski, dr inż., DWSPiT w Polkowicach.