


EWELINA GRANOSIK*, SŁAWOMIR KOBOJEK** 

Uwarunkowania przyrodnicze lokalizacji elektrowni wiatrowych w gminie Szadek

STRESZCZENIE | W artykule przedstawiono warunki przyrodnicze rozwoju energetyki wiatrowej w gminie Szadek w zachodniej części regionu łódzkiego. Podstawowe znaczenie dla decyzji o budowie siłowni wiatrowych mają warunki wietrzne występujące na obszarze gminy. Miasto Szadek i otaczające go tereny wiejskie gminy znajdują się w III strefie energetycznej wiatru, co oznacza, że wielkość wiatrowych zasobów energetycznych wynosi około 500–1000 kWh/m²/rok. W tych warunkach budowa siłowni wiatrowych jest opłacalna z punktu widzenia ekonomicznego. Na terenie gminy wybudowano w związku z tym 26 wiatrowych urządzeń energetycznych. Większość z nich zlokalizowana jest w centrum gminy w szerokim pasie o przebiegu północ–południe. Siłownie wzniesiono na powierzchni równinnej wysoczyzny morenowej, zbudowanej z gliny zwałowej. Ekspozowana na działanie wiatru równina użytkowana jest rolniczo. Występujące tu głównie uprawy zbóż i roślin okopowych nie hamują w sposób istotny ruchu powietrza, co sprzyja energetycznemu wykorzystaniu siły wiatru.

SŁOWA KLUCZOWE | Wysoczyzna Łaska, gmina Szadek, energetyka wiatrowa, przyrodnicze czynniki lokalizacji elektrowni wiatrowych

Wprowadzenie

Fundamentem rozwoju cywilizacyjnego i gospodarczego od zarania dziejów ludzkości była i nadal jest szeroko rozumiana energetyka. W minionych dekadach i poprzednich dwóch stuleciach wytwarzanie energii wiązało

* Ewelina Granosik, mgr, absolwentka, Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, kierunek gospodarka przestrzenna.

** Sławomir Kobojeck, dr, Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej, ul. Kopcińskiego 31, 90-142 Łódź, e-mail: slawomir.kobojeck@geo.uni.lodz.pl, <https://orcid.org/0000-0001-6392-3329>

się głównie z wykorzystaniem surowców kopalnych: węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego. Spalanie coraz większych ilości tych materiałów wywołało jednak negatywne skutki środowiskowe, między innymi wzrost emisji do atmosfery i kumulacje w niej gazów cieplarnianych, zwłaszcza CO₂, odpowiedzialnych za globalne ocieplenie klimatu. Z tego względu rosnące zapotrzebowanie energetyczne może i powinno być pokrywane przy użyciu alternatywnych, niskoemisyjnych i nieemisyjnych źródeł. W szczególny sposób dotyczy to gospodarki naszego kraju. Do tej pory bowiem w Polsce podstawowym surowcem energetycznym są węgiel kamienny i brunatny, czyli paliwa w największym stopniu szkodzące środowisku.

Nasze członkostwo w Unii Europejskiej wymaga zmiany dotychczasowego podejścia do wytwarzania energii. Zatwierdzona przez Radę Ministrów 2 lutego 2021 r. *Polityka energetyczna Polski do roku 2040* zakłada nisko- i zeroemisyjną transformację gospodarki, przy zapewnieniu jednocześnie bezpieczeństwa energetycznego¹. Podejmowane w tym względzie zobowiązania wymagają szybkich i skoordynowanych działań w zakresie pozyskiwania energii bazującej na alternatywnych nieemisyjnych źródłach (OZE). Warunki naturalne Polski stwarzają możliwość uzyskiwania energii: wiatrowej, solarnej – opartej na wykorzystaniu ogniw fotowoltaicznych, wodnej oraz czerpanej z ciepła wnętrza Ziemi. Bogate spektrum alternatywnych źródeł sprawia, że produkcja energii przyjaznej środowisku możliwa jest na obszarze całego kraju, stwarzając przy tym szanse rozwoju dla lokalnych społeczności. Plany gospodarcze gmin powinny uwzględniać wykorzystanie różnych źródeł energii na swoich terenach, biorąc pod uwagę miejscowe uwarunkowania przyrodnicze oraz kwestie społeczne, prawne i ekonomiczne.

W artykule przedstawiono warunki rozwoju energetyki wiatrowej w gminie Szadek, w zachodniej części regionu łódzkiego. Skupiono się na przyrodniczych aspektach produkcji energii elektrycznej pozyskiwanej z tego źródła. Dokonano analizy lokalizacji istniejących obiektów energetycznych, uwzględniając warunki wietrzne oraz usytuowanie wiatraków względem głównych form rzeźby, występujących na terenie gminy.

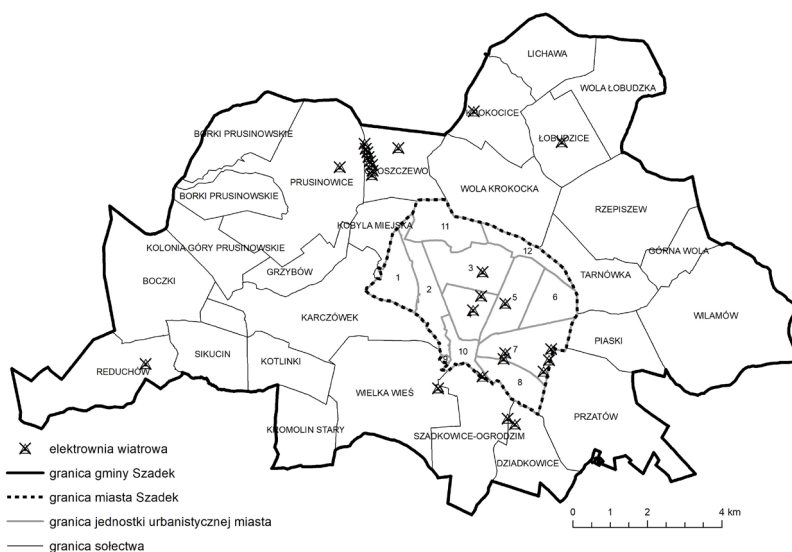
Miejsko-wiejska gmina Szadek jest jedną z czterech podstawowych jednostek administracyjnych, tworzących powiat zduńskowolski. Jej teren, o powierzchni około 151 km², w całości leży w obrębie Wysoczyzny Łaskiej, mezoregionu

¹ *Polityka energetyczna Polski do 2040 r.*, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, [online] <http://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski> [dostęp: 21.07.2021].

wchodzącego w skład Niziny Południowowielkopolskiej². Płaska, nizinna powierzchnia moreny dennej między strefą pagórków i wzgórz w okolicy Łodzi na wschodzie, a doliną Warty na zachodzie, w starszych opracowaniach geomorfologicznych określana była jako „Równina Szadkowska”³. Nazwa ta obecnie jest rzadziej stosowana, ale oddaje w pełni obraz morfologii okolic Szadku.

Elektrownie wiatrowe w gminie Szadek

Na terenie miasta i gminy wiejskiej Szadek, zgodnie ze stanem z 2019 r., znajduje się 26 elektrowni wiatrowych⁴. Ich szczegółową lokalizację zaznaczono na mapie administracyjnej gminy (ryc. 1). Z zamieszczonego szkicu wynika, że większość z nich zlokalizowanych jest w środkowej części jednostki administracyjnej, w szerokim pasie o przybliżonym przebiegu północ-południe (na terenie miasta – 10 i w obszarze wiejskim – 15 elektrowni).



Ryc. 1. Rozmieszczenie elektrowni wiatrowych na tle podziału administracyjnego gminy Szadek

Źródło: Urząd Miasta i Gminy w Szadku oraz CODGiK

2 J. Kondracki, *Geografia regionalna Polski*, Warszawa 1998, s. 441.

3 J. Dylik, *Ukształtowanie powierzchni i podział na krainy podłódzkiego obszaru*, „Acta Geographica Universitatis Lodziensis” 1948, nr 1, s. 46.

4 E. Granosik, *Elektrownie wiatrowe w gminie Szadek – analiza lokalizacji (rękopis pracy magisterskiej)*, Archiwum Prac Dyplomowych UŁ, Łódź 2020.

Jedynie siłownia w Reduchowie znajduje się poza wzmiankowaną strefą, w skrajnie zachodnim fragmencie gminy.

Sposób rozmieszczenia elektrowni wiatrowych w gminie Szadek nie jest przypadkowy. Powstały one na terenach o dogodnych warunkach przyrodniczych, w korzystnej sytuacji prawnej, przy uwzględnieniu rachunku ekonomicznego. Splot odpowiednich czynników umożliwił realizację tego typu inwestycji energetycznych, na podstawie wydanych decyzji o zatwierdzeniu projektu budowlanego i udzieleniu pozwolenia na budowę.

Informację o lokalizacji siłowni zaczerpnięto z przeglądu decyzji pozwoleń na budowę elektrowni, wydawanych przez starostę zduńskowolskiego jako organu rozpatrującego wnioski inwestorów. Materiały udostępnione przez Urząd Gminy i Miasta Szadek, czyli pozwolenia na budowę elektrowni wiatrowych, świadczą o tym, że obiekty te funkcjonują w gminie od 2008 r. Prawo budowlane nakazuje uwzględnienie w każdej decyzji informacji koniecznych, czyli: przedmiotu decyzji (w tym przypadku inwestycja polegająca na budowie elektrowni wiatrowej), autorów projektu oraz obszaru oddziaływania (działek ewidencyjnych, które obejmuje projekt budowlany).

Analiza warunków przyrodniczych w gminie Szadek, przeprowadzona pod kątem rozwoju energetyki wiatrowej, wykonana została na podstawie publikowanych materiałów naukowych, w tym także kartograficznych (map geologicznych, geomorfologicznych, geologiczno-inżynierskich i innych) oraz dokumentów planistycznych sporządzonych dla obszaru gminy.

Tabela 1. Wykaz i lokalizacja elektrowni wiatrowych w gminie Szadek

Obszar	Miejscowość	Liczba elektrowni wiatrowych	Numery działek ewidencyjnych
W granicach miasta Szadek	Szadek	1	96
		1	69
		1	81/1
		1	82
		2	142
		1	166/1
		1	166/3
		1	176/2
		1	329

W obszarze wiejskim gminy Szadek	Prusinowice	1	140/1
	Choszczewo	6	23
		1	47/2
		1	47/1
		1	109
	Krokocice	1	303/2
	Łobudzice	1	46/1
	Szadkowice-Ogrodzim	1	186
	Dziadkowice	1	342/2
		1	140
Reduchów	1	98	

Źródło: Urząd Miasta i Gminy w Szadku oraz CODGiK⁵

Czynniki lokalizacji elektrowni wiatrowych w gminie Szadek

Wykorzystanie siły wiatru przez człowieka ma długą tradycję sięgającą czasów starożytnych, gdy zastosowano żagle do napędu łodzi przewożących ludzi i towary. Od momentu odkrycia natury prądu elektrycznego w XIX w. zaczęto wykorzystywać energię elektryczną i wytwarzać ją także za pomocą urządzeń napędzanych siłą wiatru. Pierwszą elektrownię wiatrową skonstruowano w 1895 r. w Danii⁶.

Współczesne elektrownie wiatrowe to złożone urządzenia – turbiny, które przetwarzają energię kinetyczną, związaną z ruchem powietrza, na elektryczność. Typowa elektrownia wiatrowa składa się z kilku podstawowych elementów: fundamentu, wieży, wirnika z łopatomi, piasty oraz turbiny. Podstawą konstrukcji jest betonowy fundament. Jego parametry są zależne od cech nośności podłoża geologicznego. Zazwyczaj budowane są wylewki w kształcie koła lub ośmioboku o promieniu ok. 20 m. Fundament sięga przeważnie do głębokości 3 m lub posadowiony jest dodatkowo na palach wbijanych w grunt. Wieża wraz ze śmigłami stanowi najbardziej widoczny w krajobrazie element elektrowni. Stalowa, stożkowa, segmentowa

⁵ Tabela opracowana na podstawie danych zamieszczonych w pracy: E. Granosik, dz. cyt. ⁶ J.R. Craig, D.J. Vaughan, B.J. Skinner, *Zasoby Ziemi*, Warszawa 2003, s. 503.

konstrukcja wieży może osiągać wysokość 70–150 m ponad powierzchnię terenu. Całość uzupełnia wirnik, którego 3 łopaty zataczają podczas obrotów koło o średnicy 40–100 m. W gondoli wirnika umieszcza się generator, przetwarzający ruch obrotowy na energię elektryczną.

Praca wiatraka produkującego energię elektryczną uzależniona jest bezpośrednio od prędkości i kierunków wiatru. Ważny aspekt stanowi także stabilność warunków wietrznych. Wiatr, czyli poziomy ruch cząstek powietrza w dolnej atmosferze, powstaje w wyniku różnic ciśnień, będących pochodną nierównomiernego nagrzewania się powierzchni Ziemi⁷. Parametry wiatru w warstwie tarcia w troposferze, a zwłaszcza w jej dolnej części, zależą także od rzeźby powierzchni terenu – energii rzeźby oraz układu form geomorfologicznych. Ważną rolę w modyfikacji siły wiatru odgrywa również pokrycie terenu, czyli występowanie kompleksów leśnych, gruntów ornych, łąk oraz stref zwartej zabudowy mieszkaniowej i przemysłowej itp. Sposób użytkowania terenu w dużym stopniu związany jest z ukształtowaniem powierzchni oraz litologią, czyli rodzajami skał, które budują powierzchnię terenu.

Warunki wietrzne w gminie Szadek

Kluczowe znaczenie dla lokalizacji elektrowni wiatrowych mają uwarunkowania przyrodnicze. Dynamika dolnej atmosfery jest z całą pewnością najważniejszym czynnikiem lokalizacji urządzeń wytwarzających elektryczność, a napędzanych przez poziomy ruch powietrza w dolnej troposferze. Zasadniczą rolę odgrywają warunki wietrzności, występujące na obszarze przewidzianym do budowy elektrowni wiatrowych. Należy mieć na uwadze fakt, że wietrzność zmienia się wraz z wysokością, z tego względu badania poprzedzające budowę elektrowni powinny określić siłę wiatru na różnych poziomach, co pozwoli na optymalny dobór wysokości wiatraków.

Analizy warunków wietrzności w mezoskali, sporządzane dla rozległych obszarów Europy lub innych kontynentów, uwzględniają w pierwszym rzędzie parametry wiatru wynikające z ogólnych czynników cyrkulacji atmosfery w danym regionie. Warunki wietrzności, jakie panują w Polsce, często określa się w opracowaniach jako średnie dla produkcji energii elektrycznej⁸.

7 K. Kozuchowski, *Atmosfera, klimat, ekoklimat*, Warszawa 1998, s. 243.

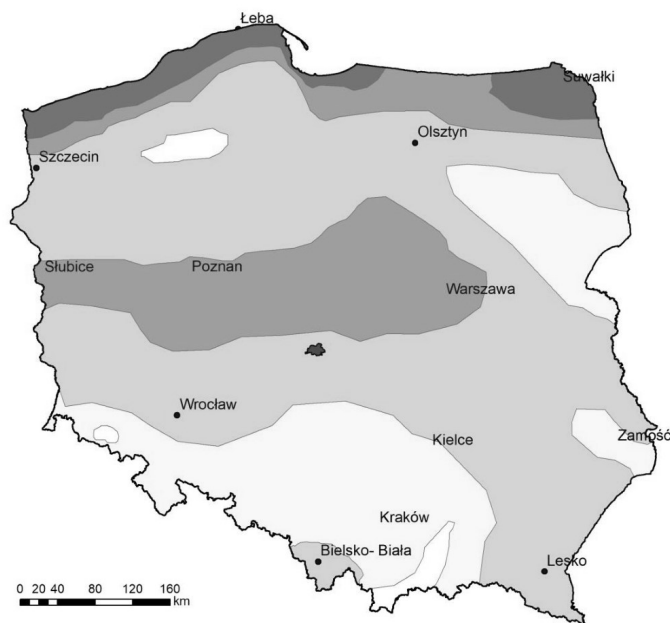
8 I. Piasecka, *Analiza wpływu na środowisko elektrowni wiatrowych (tekst referatu wygłoszony podczas konferencji: „Diagnoza stanu – dyskusja problemowa na temat możliwości rozwoju instalacji OZE w województwie kujawsko-pomorskim”)*, Bydgoszcz 2015, s. 14.

Równocześnie należy nadmienić, że umożliwiają one budowę elektrowni wiatrowych, ponieważ są wystarczające dla funkcjonowania siłowni w opłacalny sposób. Najbardziej atrakcyjnymi terenami do powstawania inwestycji farm wiatrowych w naszym kraju są regiony północne – wybrzeże Morza Bałtyckiego, Pobrzeże Słowińskie i Kaszubskie, Żuławy, region wysp Uznam i Wolin, a także Suwalszczyzna. Na obszarze środkowej Polski dobre warunki wietrzności panują na Mazowszu i w środkowej części Pojezierza Wielkopolskiego. Na południu Polski optymalne warunki wietrzności występują na terenie Beskidu Śląskiego i Żywieckiego, w Bieszczadach i na Pogórzu Dynowskim oraz w dolinie Sanu od granic państwa po Sandomierz. Zgodnie z mapą stref energetycznych wiatru w Polsce, skomponowaną na zasadzie pięciostopniowego podziału, teren gminy Szadek jest zlokalizowany w III strefie, która oznacza korzystne warunki wietrzne dla lokalizacji siłowni wiatrowych (ryc. 2). W tym wypadku określenie „korzystne warunki wietrzne” należy odczytywać jako przeciętne – pomiędzy wybitnie i bardzo korzystnymi a mało korzystnymi i niekorzystnymi⁹.

Warunki anemometryczne w gminie Szadek nie odbiegają w sposób istotny od tych, jakie występują w całym regionie łódzkim. Najbliżej Szadku znajduje się stacja meteorologiczna Łódź–Lublinek, która jest zlokalizowana we wschodniej części Wysoczyzny Łaskiej. Róża wiatrów opracowana na podstawie pomiarów kierunków i prędkości wiatrów wskazuje, że w przebiegu rocznym dominują tu wiatry zachodnie oraz południowo-zachodnie (ponad 30%). Widoczny jest także znaczący udział powietrza napływającego ze wschodu (ok. 17%), przy czym wiatry wschodnie najczęściej występują wiosną i jesienią, a wiatry zachodnie w okresie letnim¹⁰. Średnia roczna prędkość wiatrów wynosi ponad 4 m/s. Oczywiście ten ostatni parametr odznacza się dużą zmiennością przestrzenną w regionie łódzkim, gdyż uzależniony jest od wielu lokalnych czynników geograficznych, ekspozycji obszaru, ukształtowania powierzchni, szorstkości podłoża i innych. Pomiaru prędkości wiatru na stacjach meteorologicznych wykonywane są na wysokości 10–11 m. Kolumny wiatraków sięgają znacznie wyżej, do poziomu, gdzie wiatr jest znacząco silniejszy i stabilniejszy.

⁹ E. Granosik, dz. cyt.

¹⁰ K. Kłysik, *Warunki klimatyczne*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Łódź 2001, s. 68–81.



Objaśnienia

Strefy energetyczne wiatru w Polsce

- | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------|
|  | I- wybitnie korzystna |  | państwo |
|  | II- bardzo korzystna |  | gmina Szadek |
|  | III- korzystna | | |
|  | IV- mało korzystna | | |
|  | V- niekorzystna | | |

Ryc. 2. Strefy energetyczne wiatru w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów i badań Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Kolejna istotna z punktu widzenia energetyki właściwość ruchu powietrza to występowanie wiatrów o dużej sile. Zbyt silny, powyżej 20–25 m/s, stanowi niekorzystną okoliczność dla pracy wiatraków, gdyż powstające wówczas przeciążenia mogą uszkodzić wirnik i inne elementy wiatraka. W regionie łódzkim częstotliwość występowania wiatru o prędkości przekraczającej 20 m/s jest na szczęście niewielka, a zjawiskiem wyjątkowym są trąby powietrzne związane z superkomórkami burzowymi. Niestety w ostatnich latach intensywność i częstotliwość takich ekstremalnych zjawisk wzrasta, co wiąże się pośrednio z ociepleniem klimatu¹¹.

¹¹ L. Wiczeorek, *Zmienność czasowo-przestrzenna występowania trąb powietrznych w Europie i w Polsce w latach 1998–2013*, „Przegląd Geograficzny” 2016, t. 88, z. 3, s. 353–368.

Pogoda bezwietrzna, która wyklucza działanie elektrowni wiatrowych, również nie stanowi w regionie łódzkim większego problemu. Udział cisz w przebiegu warunków pogodowych nie przekracza progu 10%, a na przebieżającej części obszaru województwa wynosi mniej niż 5%¹². Warunkiem opłacalnego uruchomienia elektrowni wiatrowej jest przepływ powietrza z minimalną prędkością 4 m/s. Optymalna prędkość wiatru dla pracy siłowni to z kolei 8–15 m/s¹³.

Zdaniem naukowców roczne zasoby użytecznej energii wiatru osiągają w regionie łódzkim wartość od 500 do 1000 kWh/m²/rok¹⁴. Taka wielkość zasobu sprawia, że pozyskanie wiatrowej energii elektrycznej jest opłacalne z punktu widzenia ekonomicznego. Elektrownie zasilane wiatrem mogą w znaczący sposób uzupełniać potrzeby energetyczne gminy Szadek, jak również innych obszarów regionu łódzkiego.

Geomorfologiczne i litologiczne uwarunkowania lokalizacji elektrowni wiatrowych w gminie

Przy generalnie przeciętnych warunkach wietrzności panujących na terenie gminy Szadek istotnym problemem jest optymalny wybór lokalizacji obiektów energetycznych. Ukształtowanie powierzchni w powiązaniu z warunkami litologicznymi to jeden z czynników, który w mikroskali wpływa na warunki wietrzne. Dokonując wyboru lokalizacji elektrowni wiatrowych, należy uwzględnić zatem także uwarunkowania geomorfologiczne.

Na obszarze gminy dominującą formę rzeźby stanowi płaska wysoczyzna morenowa, której geneza związana jest z nasunięciem lądolodu w plejstocenie podczas zlodowacenia warty¹⁵. Niewielkie doliny rzeczne, Pichny w centralnej części gminy, Pisi na wschodzie i Brodni na zachodzie oraz cieków będących dopływami wymienionych rzek, dzielą zwarty teren wysoczyzny morenowej na kilka części, czyli tzw. płatów. Płaty wysoczyznowe zajmują powierzchnię od kilku do kilkunastu, a nawet ponad 20 km²¹⁶. Powierzchnię wysoczyzny

12 K. Kłysik, dz. cyt., s. 68–81.

13 T. Boczar, *Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania*, Warszawa 2008, s. 312.

14 H. Lorenc, *Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce*, Warszawa 1996, s. 155.

15 K. Turkowska, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Łódź 2006, s. 238.

16 H. Klatkova, J. Czyż, J. Forsyjak, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Szadek (625)*, Warszawa 2007, s. 31.

buduje glina zwałowa (morenowa). W części płątów wysoczyznowych glina nadbudowana jest przez osady wodnolodowcowe i ablacyjne powstałe przy udziale wód uwolnionych z topniejącego lądolodu. Piaski i żwiry wodnolodowcowe oraz utwory ablacyjne tworzą na wysoczyźnie niewielkie wypukłości. Można je zaobserwować między innymi w okolicy Lichawy i Krokocic¹⁷, Choszczewa oraz Kobyli Miejskiej – na północ od Szadku, a także w kilku miejscach w granicach administracyjnych miasta oraz w Ogrodzimiu i Szadkowicach na południe od Szadku¹⁸. Zasadniczo powierzchnie zbudowane z utworów wodnolodowcowych i ablacyjnych są niewielkie w stosunku do obszaru zajętego przez glinę zwałową. W zachodniej i południowej części gminy Szadek na powierzchni wysoczyzny morenowej, na piaskach i żwirach wodnolodowcowych, utworach ablacyjnych, a częściowo także na glinie rozwinęły się formy wydmy związane z działaniem procesów eolicznych w schyłkowym okresie plejstocenu. Wydmy zbudowane są z dobrze wysegregowanych średnio- oraz drobnodziarnistych piasków kwarcowych¹⁹.

Powierzchnia wysoczyzny morenowej najwyżej wzniesiona jest w południowej części gminy i obniża się stopniowo w kierunkach północnym oraz zachodnim (ryc. 3). Różnice wysokości między terenami leżącymi najwyżej i najniżej sięgają około 60 m. Z analizy rozmieszczenia elektrowni wiatrowych na terenie gminy wynika, że wysokość bezwzględna nie stanowi kryterium, które wpływałoby istotnie na lokalizację wiatraków. Siłownie występują zarówno na obszarach wyżej położonych w południowej części gminy, jak również na terenach leżących najniżej – w północnych sołectwach (Prusinowice, Choszczewo, Krokocice). Można natomiast zauważyć, że wszystkie wiatraki zlokalizowane są na rozległych płątach wysoczyznowych.

Planujący inwestycje wybrali w większości powierzchnie płaskie, zbudowane z gliny. Jedynie elektrownia w Reduchowie znajduje się na obszarze falistej wysoczyzny morenowej, gdzie różnice wysokości na krótkim dystansie sięgają ok. 3–5 m.²⁰ Płaska powierzchnia zapewnia względną stabilność

17 W. Baliński, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Lutomiersk (626)*, Warszawa 1988.

18 H. Klatkova, J. Czyż, J. Forysiak, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Szadek (625)*, Warszawa 1999.

19 E. Kobojeck, S. Kobojeck, *Środowisko przyrodnicze i zagospodarowanie form eolicznych w gminie Szadek*, „Biuletyn Szadkowski” 2013, t. 13, s. 5–24.

20 H. Klatkova, J. Czyż, J. Forysiak, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Szadek (625)*, Warszawa 2007, s. 31; (załącznik 1 – szkic geomorfologiczny w skali 1:100 000).



Ryc. 3. Hipsometria terenu w gminie Szadek z zaznaczoną lokalizacją elektrowni wiatrowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

warunków wietrznych. Gлина stanowi podłoże rozwoju urodzajnych gleb brunatnych i płowych²¹. Z tego względu wysoczyzna w tych obszarach użytkowana jest rolniczo i znajdują się na niej najczęściej grunty orne. Pola z uprawami zbóż lub roślin okopowych, bez większych zadrzewień, zapewniają swobodny przepływ powietrza. Powierzchnia tego typu odznacza się niską klasą szorstkości (klasa szorstkości 1), co wpływa na rozkład prędkości wiatru w funkcji wysokości (tab. 2). Przy wyższych klasach szorstkości terenu prędkość wiatru wyraźnie wzrasta wraz z wysokością. W rezultacie, aby wykorzystać optymalne warunki wietrzne, należy w takiej sytuacji budować wyższe wieże wiatraków. Podnosi to oczywiście koszty inwestycji²².

Płaskie powierzchnie wysoczyznowe, zbudowane z gliny zwałowej i użytkowane rolniczo, znajdują się w środkowym, szerokim, południkowym pasie gminy. W strefie tej na obszarze sołectw i na terenach miejskich zlokalizowano większość elektrowni. Wiatraki zbudowano wśród pól, w oddaleniu od zabudowań wsi i zurbanizowanego obszaru Szadku.

21 S. Laskowski, *Gleby*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Łódź, s. 81–92.

22 <http://agroenergetyka.pl/> [dostęp: 21.07.2021].

Wiedza o miejscach odznaczających się dobrymi warunkami wietrznymi nie była obca ludziom zamieszkującym okolice Szadku przed wiekami. Jeszcze ok. 100 lat temu na terenach wiejskich dzisiejszej gminy istniały wiatraki, które służyły do mielenia zboża, produkcji kaszy oraz innych artykułów zbożowych. Z analizy starych map topograficznych wynika, że wiatraki zbożowe pracowały między innymi w: Łobudzicach, Rzepiszewie, Krokocicach, we wsi Borki koło Prusinowic, a także w Wincentowie w pobliżu Dziadkowic, w Kotlinkach i na południe od Reduchowa – w Zamłynie²³. W wymienionych wsiach albo w ich bliskim sąsiedztwie usytuowane są obecnie elektrownie wiatrowe. Oczywiście stare wiatraki znajdowały się bliżej zabudowań wiejskich i były znacznie niższe od siłowni wiatrowych. Współczesne urządzenia elektrowni muszą z mocy prawa znajdować się w większym oddaleniu od budynków mieszkalnych²⁴.

Na terenie gminy Szadek nie ma rozległych lasów, chociaż nieduże kompleksy leśne zajmują łącznie ok. 22% powierzchni gminy Szadek, co stanowi nieco wyższą wartość w stosunku do lesistości całego regionu łódzkiego²⁵. Lasy występują na glebach uboższych – piaszczystych: bielcowych i rdzawych. Gleby te rozwinięte są na podłożu eolicznych piasków wydmyowych i pokrywowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych. Tego typu osady budują większe obszary w zachodniej części gminy. Kompleksy leśne zajmują na terenie gminy Szadek powierzchnię 2970,64 ha²⁶, przy czym w zachodniej części jednostki administracyjnej lasy zajmują 2014,43 ha, co stanowi około 68% całkowitej ich powierzchni w gminie. Większa lesistość na zachodzie gminy jest niekorzystna z punktu widzenia potencjalnej lokalizacji tam elektrowni wiatrowych. Lasy wpływają bowiem hamująco na ruch powietrza w warstwie przypowierzchniowej. Obszarom zadrzewionym przypisana jest 3 klasa szorstkości (tab. 2). Oznacza to, że maszty elektrowni wiatrowych zlokalizowanych w sąsiedztwie lasów powinny być odpowiednio wysokie. W zachodniej części gminy znajduje się tylko jedna elektrownia wiatrowa postawiona w sołectwie Reduchów.

23 Wojskowy Instytut Geograficzny – mapa topograficzna w skali 1:100 000 – Zduńska Wola, pas 42, słup 28, Warszawa 1929.

24 *Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych*, Dz.U. 2016, poz. 961.

25 B. Woziwoda, *Zróżnicowanie siedlisk i drzewostanów w lasach gminy Szadek*, „Biuletyn Szadkowski” 2009, t. 9, s. 119–133.

26 Tamże.

Tabela 2. Skala szorstkości terenu

Skala szorstkości			
Klasa szorstkości	Szorstkość / długość [m]	Energia %	Rodzaj terenu
0	0,0002	100	Powierzchnia wody
0,5	0,0024	73	Całkowicie otwarty teren, np. betonowe lotnisko, trawiasta łąka itp.
1	0,03	52	Otwarte pole uprawne z niskimi zabudowaniami (pojedynczymi). Tylko lekko pofalowany teren
1,5	0,055	45	Tereny uprawne z nielicznymi zabudowaniami i ośmiometrowymi żywopłotami, oddalonymi od siebie o ok. 1250 m
2	0,1	39	Tereny uprawne z nielicznymi zabudowaniami i ośmiometrowymi żywopłotami, oddalonymi od siebie o ok. 500 m
2,5	0,2	31	Tereny uprawne z licznymi zabudowaniami i sadami lub ośmiometrowe żywopłoty, oddalone od siebie o ok. 250 m
3	0,4	24	Wioski, małe miasteczka, tereny uprawne z licznymi żywopłotami, las lub pofalowany teren
3,5	0,8	18	Duże miasta z wysokimi budynkami
4	1,6	13	Bardzo duże miasta z wysokimi budynkami i drapaczami chmur

Źródło: opracowanie własne

Umiejscowiona jest ona na gliniastej powierzchni falistej wysoczyzny morenowej. Obszar zbudowany z gliny zwałowej o powierzchni około 1,5 km², użytkowany rolniczo, ograniczony jest od strony wschodniej i zachodniej wydrami zbudowanymi z piasków eolicznych. Pagórki wydramowe o wysokości do 10 m porastają lasy sosnowe kompleksów leśnych Reduchów (356,67 ha – po stronie zachodniej gliniastej powierzchni płata wysoczyznowego) i Boczki (53,62 ha – po stronie wschodniej). Biorąc pod uwagę falisty charakter rzeźby i bliskie sąsiedztwo kompleksów leśnych, należy uznać lokalizację elektrowni w Reduchowie za mniej korzystną. Znaczna szorstkość podłoża (3 klasa szorstkości wg tab. 2) powoduje zaburzenia w poziomym przepływie powietrza i pogorszenie tym samym warunków wietrznych na wzmiankowanym obszarze.

Mniej sprzyjające warunki wietrzności, wynikające ze skupienia terenów leśnych w zachodniej części gminy oraz występowania tam większych różnic wysokości terenu ze względu na rozwój pagórków wydramowych, tłumaczy brak zainteresowania tymi obszarami ze strony inwestorów budujących elektrownie wiatrowe.

Podsumowanie

Ważnym elementem strategii zrównoważonego rozwoju kraju i regionów jest wykorzystanie energii odnawialnej (OZE). W gminie Szadek istotnym komponentem OZE może być energetyka wiatrowa. Dobre warunki do lokalizacji siłowni wiatrowych istnieją w centralnej części gminy, w szerokim pasie terenu o przebiegu północ-południe. Obszary te odznaczają się najlepszymi w skali gminy warunkami wietrznymi, z tego względu aż 25 siłowni wiatrowych spośród 26 zbudowanych w okresie od 2008 do 2016 r. zlokalizowanych jest w wyżej wzmiankowanym centralnym pasie²⁷. Dobre warunki wietrzne na tych terenach związane są z czynnikami przyrodniczymi. Na pierwszym miejscu należy wymienić ogólne cechy dynamiki mas powietrza w obszarze Polski środkowej. Duże znaczenie dla kształtowania lokalnych warunków wiatrowych mają natomiast uwarunkowania geomorfologiczno-litologiczne, czyli występujące na terenie gminy formy rzeźby i powiązana z nimi budowa geologiczna. Najkorzystniejsze dla lokalizacji elektrowni są rozległe obszary wysoczyzny, zbudowane z gliny morenowej. Gliniaste powierzchnie stanowią

²⁷ E. Granosik, dz. cyt.

podłoże rozwoju urodzajnych gleb, a to z kolei wpływa na sposób użytkowania terenu. W tym przypadku żyzne gleby na płatach wysoczyzny użytkowane są rolniczo. Przy poszukiwaniu lepszych lokalizacji w odniesieniu do warunków wiatrowych należy zatem zwrócić uwagę na ukształtowanie i pokrycie terenu. Czynniki rzeźby i pokrycia terenu powinny być rozpatrywane wspólnie, gdyż występują między nimi silne powiązania.

W ostatnich latach na terenie gminy Szadek nie powstały nowe elektrownie wiatrowe, mimo że istnieją jeszcze dogodne miejsca do lokalizacji pojedynczych siłowni, a nawet niewielkich farm wiatrowych. Można wskazać wiele lokalizacji na obszarze gminy na wschód od Szadku, gdzie warunki wietrzne nie powinny znacząco odbiegać od tych występujących w rejonie działających aktualnie siłowni. Okolice Woli Łobudzkiej, Rzepiszewa oraz tereny leżące na południe od zabudowań Wilamowa to tylko wybrane przykłady.

Władze gminy Szadek rozumiejąc wagę problemu wykorzystania odnawialnych źródeł energii, wydały dokument, w którym umieszczono energię wiatrową jako jedno ze źródeł zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię²⁸. Niestety obecne uregulowania prawne, przyjęte przez Sejm RP, nie sprzyjają rozwojowi lądowej energetyki wiatrowej²⁹. Największą przeszkodą jest umieszczona w ustawie zasada 10H. Zgodnie z tą regułą wiatrak elektrowni musi być oddalony od zabudowań mieszkalnych o odległość wysokości wiatraka pomnożoną przez 10, przy czym wysokość wiatraka liczona jest od powierzchni terenu do najwyższego punktu urządzenia energetycznego. W praktyce może to oznaczać, że siłownia powinna być oddalona od najbliższych zabudowań o 1200–1500, a nawet więcej metrów. Na terenie gminy Szadek trudno znaleźć takie miejsca. Działające aktualnie elektrownie wiatrowe oddalone są o 500 m od zabudowy mieszkalnej. Przewidywane jest złagodzenie zasady 10H w nowelizacji wymienionej ustawy. Bez niej rozwój lądowej energetyki wiatrowej, nie tylko w gminie Szadek, stoi pod znakiem zapytania.

Oczywiste jest, że energetyka wiatrowa posiada wiele zalet, ale nie jest pozbawiona też wad. Postęp technologiczny sprawia jednak, że negatywne skutki oddziaływania generatorów wiatrowych są eliminowane lub zmniejszane. Najbardziej uciążliwym, negatywnym zjawiskiem związanym z działaniem wiatraków jest hałas. Mimo to zasada 10H wydaje się ponad miarę restrykcyjna.

28 *Plan gospodarki niskoemisyjnej gminy i miasta Szadek*, Zakład Analiz Środowiskowych Eko-precyzja, Szadek 2018, s. 113.

29 *Ustawa...*, dz. cyt.

Bibliografia

- Baliński W., *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Lutomiersk (626)*, Warszawa 1988.
- Boczar T., *Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania*, Warszawa 2008, s. 312.
- Craig J.R., Vaughan D.J., Skinner B.J., *Zasoby Ziemi*, Warszawa 2003, s. 503.
- Dylik J., *Ukształtowanie powierzchni i podział na krainy podłódzkiego obszaru*, „Acta Geographica Universitatis Lodziensis” 1948, nr 1, s. 46.
- Granosik E., *Elektrownie wiatrowe w gminie Szadek – analiza lokalizacji (rękopis pracy magisterskiej)*, Archiwum Prac Dyplomowych UŁ, Łódź 2020.
- Klatkowa H., Czyż J., Forysiak J., *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Szadek (625)*, Warszawa 2007, s. 31.
- Klatkowa H., Czyż J., Forysiak J., *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Szadek (625)*, Warszawa 1999.
- Kłysik K., *Warunki klimatyczne*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Łódź 2001, s. 68–81.
- Kobojek E., Kobojek S., *Środowisko przyrodnicze i zagospodarowanie form eolicznych w gminie Szadek*, „Biuletyn Szadkowski” 2013, t. 13, s. 5–24.
- Kondracki J., *Geografia regionalna Polski*, Warszawa 1998, s. 441.
- Kozuchowski K., *Atmosfera, klimat, ekoklimat*, Warszawa 1998, s. 243.
- Laskowski S., *Gleby*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Łódź 2001, s. 81–92.
- Lorenc H., *Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce*, Warszawa 1996, s. 155.
- Piasecka I., *Analiza wpływu na środowisko elektrowni wiatrowych (tekst referatu wygłoszony podczas konferencji: „Diagnoza stanu – dyskusja problemowa na temat możliwości rozwoju instalacji OZE w województwie kujawsko-pomorskim”)*, Bydgoszcz 2015, s. 14.
- Plan gospodarki niskoemisyjnej gminy i miasta Szadek*, Zakład Analiz Środowiskowych Eko-precyzja, Szadek 2018, s. 113.
- Turkowska K., *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Łódź 2006, s. 238.
- Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych*, Dz.U. 2016, poz. 961.
- Wieczorek L., *Zmienność czasowo-przestrzenna występowania trąb powietrznych w Europie i w Polsce w latach 1998–2013*, „Przegląd Geograficzny” 2016, t. 88, z. 3, s. 353–368. <https://doi.org/10.7163/PrzG.2016.3.4>

Wojskowy Instytut Geograficzny – mapa topograficzna w skali 1:100 000 –
Zduńska Wola, pas 42, słup 28, Warszawa 1929.

Wozniak B., *Zróżnicowanie siedlisk i drzewostanów w lasach gminy Szadek*,
„Biuletyn Szadkowski” 2009, t. 9, s. 119–133.

Źródła internetowe

<http://agroenergetyka.pl/> [dostęp: 21.07.2021].

Polityka energetyczna Polski do 2040 r., Ministerstwo Klimatu i Środowiska,
[online] <http://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski> [dostęp: 21.07.2021].

Natural determinants of the location of wind power stations in Szadek municipality

SUMMARY | The article discusses the natural determinants of the development of wind energy in the municipality of Szadek. Of primary importance for the decision on the construction of wind power stations are wind conditions in the area. Szadek and the surrounding rural areas are in III zone of wind energy, which means that wind power resources are about 500–1000 kWh/m²/year. In these conditions the construction of wind power plants is economically profitable. 26 wind turbines have been constructed in Szadek municipality. The majority of them are located in the central belt of moraine heights on the axis north-south, which is an agriculturally used area, but the crops cultivated here do not have an adverse effect on air movement.

KEYWORDS | Wysoczyzna Łaska, Szadek municipality, wind power engineering, natural determinants of wind power stations location

| Informacje o artykule: przyjęto – 25.07.2021 r.; zaakceptowano – 13.08.2021 r.