

Dariusz BRYKAŁA¹, Zbigniew PODGÓRSKI², Łukasz SARNOWSKI¹,
Piotr LAMPARSKI¹, Jarosław KORDOWSKI¹

¹Institut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
Zakład Zasobów Środowiska i Geozagrożeń, Toruń, Polska
e-mail: darek@geopan.torun.pl

²Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Geografii
Bydgoszcz, Polska
e-mail: zbigniew.podgorski@ukw.edu.pl

WYKORZYSTANIE ENERGII WIATRU I WODY W OKRESIE OSTATNICH 200 LAT NA OBSZARZE WOJEWÓDZTWA KUJAWSKO-POMORSKIEGO

USE OF WIND AND WATER ENERGY OVER THE LAST 200 YEARS IN THE KUJAWSKO-POMORSKIE REGION

Słowa kluczowe: energia wody i wiatru, województwo kujawsko-pomorskie, stare mapy, młyny wodne, wiatraki, rekonstrukcja krajobrazu

Key words: water and wind energy, Kujawsko-Pomorskie Region, old maps, watermills, wind mills, landscape reconstruction

Streszczenie

Wiatr i woda stanowiły do połowy XIX w. podstawowe źródła energii dla zakładów produkcyjnych. Jako miarę stopnia rozwoju gospodarczego danego regionu przedstawiano liczbę i wielkość młynów wodnych i wietrznych. Wskutek rewolucji przemysłowej nastąpiła zasadnicza zmiana rodzaju zakładów wykorzystujących energię wiatru i wody. Polegała ona na stopniowym odejściu od funkcji napędzania urządzeń młyna, i produkcji energii elektrycznej. Obecnie notuje się ponowne zainteresowanie dawnymi lokalizacjami młynów w celu ich przeznaczenia na potrzeby nowoczesnych elektrowni wiatrowych i małych elektrowni wodnych (MEW). W niniejszym artykule przedstawiono zmiany w zakresie pozyskiwania energii wiatru i wody na obszarze obecnego województwa kujawsko-pomorskiego. Wykazano, że obszary występowania wiatraków pokrywały się z obszarami o najniższych zasobach wodnych, na których nie funkcjonowały młyny wodne.

Abstract

Until the mid-19th century, the primary source of energy used in the industry was the energy of wind and water. As a measure of the degree of economic development of the region there were presented the number and size of watermills and wind mills. After the Industrial Revolution there has been a fundamental change in the type of plants using wind or water energy. It consisted in the gradual disappearance of mill's driving functions to the production of electricity. Currently, there has been a renewed interest in old mills for the location of modern wind turbines and small hydropower plants. This paper presents the changes of utilization of wind and water energy in the area of contemporary Kujawsko-Pomorskie Region. It has been shown that the areas of windmills prevalence converged with areas of the lowest degree of water resources – without watermills.

WPROWADZENIE

Wykorzystanie przez człowieka energii płynącej wody i wiatru do własnych potrzeb stało się kamieniem milowym rozwoju cywilizacji. Młyny wodne i wiatraki budowano nie tylko dla przemiału zboża na mąkę, ale również jako urządzenia odwadniające, tartaki, olejarnie, papiernie, prochownie, hamernie, huty i wiele innych. Wiatraki i młyny wodne stały się już w średniowieczu ważnymi elementami krajobrazu kulturowego, a urządzenia hydrotechniczne młynów wodnych, piętrzące wodę w rzekach, także trwale zmieniły warunki fluwialne w dolinach rzecznych.

Początki wykorzystania przez człowieka energii wiatru są trudne do jednoznacznego określenia. W Indiach w IV w. p.n.e. powstał pierwszy opis zastosowania wiatraka do pompowania wody, a już w II w. p.n.e. w Chinach stosowano wiatraki w kształcie kołowrotów do nawadniania pól uprawnych. Na początku naszej ery wiatraki były używane w krajach Bliskiego Wschodu. Rok 644 n.e. uznany został za datę pierwszej udokumentowanej wzmianki o wiatraku. Pierwsze wiatraki europejskie pracowały w Anglii w IX w., następnie we Francji w XI w., a od wieku XIII upowszechniły się w innych krajach Europy Zachodniej. Największy wzrost liczby wiatraków miał miejsce w połowie XIX w. W Europie pracowało wówczas około 200 tys. tego typu obiektów (Heymann, 1995).

W Europie pierwszy wiatrak do produkcji energii elektrycznej powstał w Danii w 1890 r. Już w 1960 r. na świecie wykorzystywano ponad 1 milion małych siłowni wiatrowych. Ponowny wzrost zainteresowania szerszym wykorzystaniem energii wiatru do celów energetycznych miał miejsce po kryzysie energetycznym w 1973 r. Od lat 80. XX w. nastąpił rozwój przemysłowej energetyki wiatrowej.

Młyny wodne były najprawdopodobniej powszechnie stosowane już w starożytnym Egipcie, a z pewnością w starożytnej Azji Mniejszej i na terenie północnej Syrii (np. w 88 r. p.n.e. w Habuba Kabira), a w Grecji i w Rzymie około 120-65 r. p.n.e. W świetle dotychczasowego stanu badań należy przyjąć, że młyny wodne dotarły do Europy Południowej ze wschodu (z Azji), a dopiero kilka wieków później zasięg ich występowania stopniowo się rozszerzał, by w okresie średniowiecza objąć całą Europę (Brykała, Podgórski, w druku). O skali i tempie zjawiska upowszechniania się młynów wodnych w Europie świadczy ich liczba we Francji. O ile na początku XII w. pracowało tam około 20 tys. młynów wodnych, to do końca XIII w. ich liczba podwoiła się, a w końcu XV w. sięgała 70 tys. zakładów (Braudel, 1988).

W 1827 r. Francuz B. Fourneyron skonstruował turbinę wodną, ulepszoną następnie w 1849 r. przez Amerykanina Jamesa B. Francisa. Znalazła ona zastosowanie m.in. do napędu młynów zbożowych, wypierając koło wodne. Zastosowanie maszyny parowej i turbin wodnych przyczyniło się do likwidacji wielu małych zakładów młyńskich. Dopiero od II połowy XX w. zaczęto wykorzystywać dawne młyny wodne jako małe hydroelektrownie do produkcji energii elektrycznej.

Etapy wykorzystania energii wiatru i wody w Polsce

Pierwsza udokumentowana informacja o młynie wodnym na ziemiach polskich dotyczy obiektu w Zgorzelcu, wymienionego w dokumencie z 1071 r. (Dembińska, 1973). Z kolei pierwsze zezwolenie na budowę wiatraka zostało wydane przez księcia Wiesława z Rugii dla klasztoru w Białym Buku w 1271 r. Zapis z 1289 r. książąt pomorskich na rzecz Cystersek w Szczecinie wyraźnie informuje o już istniejącym wiatraku (Dembińska, 1973). Największy rozwój młynarstwa na obszarze obecnej Polski nastąpił w XVI w. Już w połowie tego wieku funkcjonowało ok. 12 tys. młynów wodnych i wiatraków (Baranowski, 1977).

W latach 40. XIX w. turbiny wodne zaczęły zastępować koła wodne. W 1934 r. już 41% wszystkich młynów wodnych poruszanych było turbinami (Baranowski, 1977). Po II wojnie światowej, gdy wszelka własność prywatna została ograniczona do minimum, małe młyny przestały pełnić swoją rolę produkcyjną (przemiałową). Niemniej jednak jeszcze w 1954 r. zinventaryzowano na obszarze Polski 3280 wiatraków oraz 6330 czynnych i 800 zamkniętych elektrowni wodnych (Pawlik, 1984; Hoffmann, 1996; Spoz i in., 1998).

Pod koniec XX w. zaczęto ponownie wykorzystywać energię wiatru i wody w oparciu o małe obiekty (Podgórski, 2004). W latach 80. XX w. pojawiły się w krajozbrazie wiejskim pierwsze turbiny wiatrowe służące produkcji energii elektrycznej dla potrzeb własnych. W 1991 r. wybudowano w Polsce pierwszą elektrownię wiatrową – w Lisewie w województwie pomorskim (Michalak, Zimny, 2011).

Również od lat 80. XX w. datuje się odtworzenie małych elektrowni wodnych (MEW), za które uważa się obiekty o łącznej mocy zainstalowanej nie większej niż 5 MW (Dąbkowski, Mioduszewski, 1996). Aktualnie (stan na koniec 2014 r.) w Polsce funkcjonuje 740 MEW, a ich moc zainstalowana wynosi 240,848 MW (Urząd Regulacji Energetyki, 2015).

Cel, metoda i zakres opracowania

Celem badań była rekonstrukcja zagospodarowania hydroenergetycznego rzek i stopnia wykorzystania energii wiatru na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. Podjęto próbę określenia zakresu zmian w rozmieszczeniu młynów wodnych i wiatraków w wybranych przekrojach czasowych w ciągu ostatnich 200 lat, od początku XIX w. do początku XXI w.

Zakres przestrzenny opracowania obejmuje obszar współczesnego województwa kujawsko-pomorskiego, liczącego niemal 18 tys. km² powierzchni. Województwo zostało utworzone w 1999 r. i składa się z części historycznych regionów: Pomorza, Kujaw, Ziemi Chełmińskiej i Ziemi Dobrzyńskiej. Od wieków był to obszar intensywnie rozwijającego się rolnictwa. Zwarte kompleksy leśne występują jedynie w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej oraz w części NW województwa (Bory Tucholskie). Choć jest to obszar o małym zróżnicowaniu wysokości (deniwelacja terenu wynosi 190 m), to w morfologii terenu wyraźnie czytelne są krawędzie wysoczyzn morenowych.

Przez województwo kujawsko-pomorskie przebiega główny dział wodny Polski – pomiędzy dorzeczami Wisły i Odry (ryc. 1). Cechą charakterystyczną tego regionu są duże deficyty wody dla gospodarki (zwłaszcza rolnictwa). Obszar Kujaw cechuje się najniższymi w kraju opadami atmosferycznymi i zasobami wód powierzchniowych. Średni odpływ jednostkowy jest najniższy w kraju i wynosi w dorzeczu górnej Noteci i Zgłowiączki poniżej $3 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ (Bartczak, 2007; Bartczak, Brykała, 2010).

Podczas badań wykorzystano przede wszystkim dwie metody badawcze. Pierwsza polegała na stworzeniu bazy danych geoprzestrzennych o dawnych młynach wodnych i wiatrakach w środowisku GIS. Głównym materiałem badawczym dla rekonstrukcji stopnia dawnego wykorzystania energii wiatru i wody były wielkoskalowe opracowania kartograficzne, jakie powstawały dla badanego obszaru. Do najważniejszych z nich należały:

- Gilly D., 1802-1803, Special Karte von Suedpreussen (...), skala 1:150 000;
- Schrötter F.L., 1802-1812, Karte von Ost-Preussen nebst Preussisch Litthauen und West-Preussen nebst dem Netzdistrict (...), skala 1:150 000.
- Topograficzna karta Królestwa Polskiego, 1839 (1843), Kwatermistrzostwo Generalne Wojska Polskiego, skala 1:126 000;
- Nowaja Topograficheskaja karta Zapadnoj Rossii, 1914, skala 1:84 000, Piotrogród;
- Messtischblätter Karte des Deutschen Reiches, wydania z początku XX w., skala 1:25 000;
- Mapy topograficzne, 1:25 000, lata 30. XX w., Wojskowy Instytut Geograficzny;
- Rybczyński M., 1935, Rozmieszczenie siłowni wodnych w latach 1925-1935, mapy w skali 1:500 000.

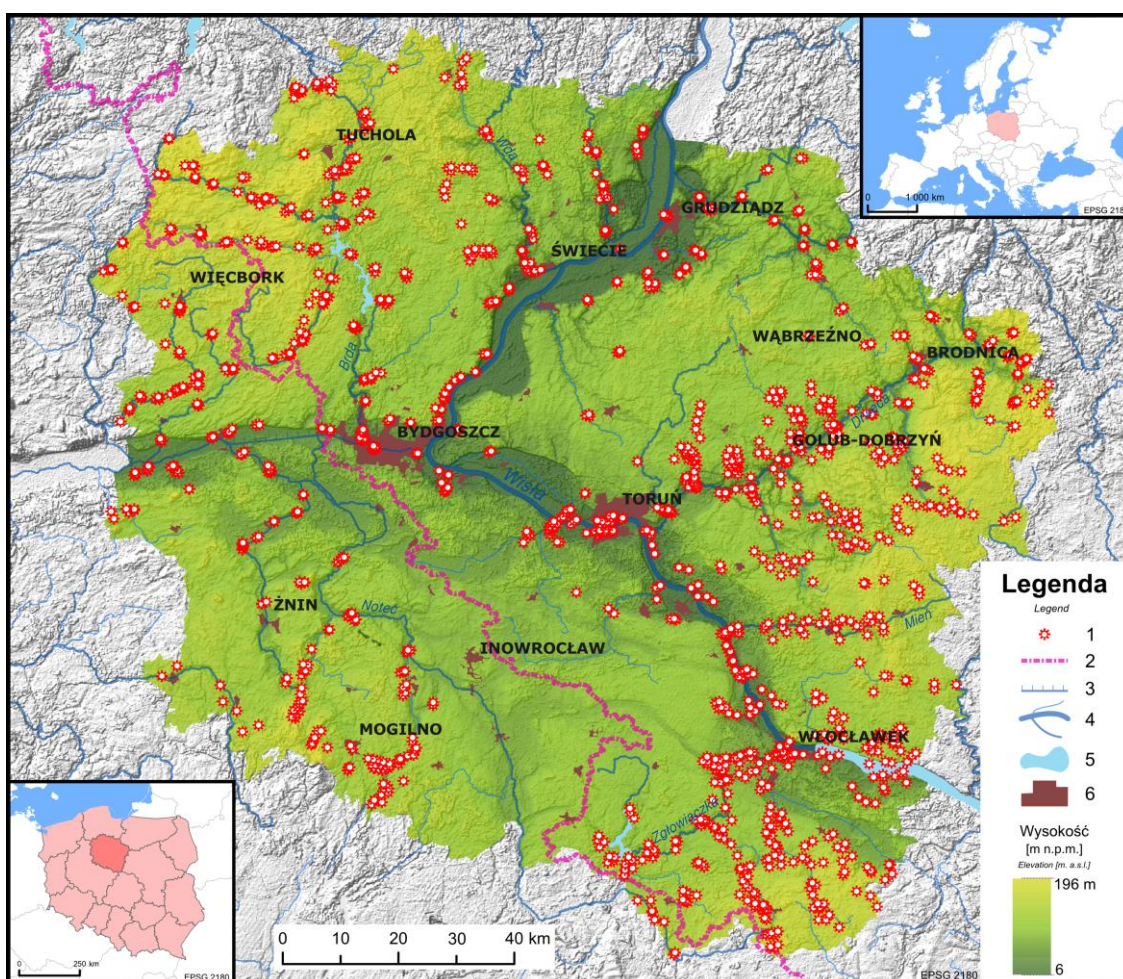
Wykorzystane w opracowaniu źródłowe materiały kartograficzne odznaczały się najwyższą możliwą dla danego okresu szczegółowością treści. Najczęściej były to mapy o przeznaczeniu militarnym, co oznaczało, że zarówno wiatraki jak i młyny wodne, stanowiły na nich jeden z ważniejszych elementów orientacyjnych. Stan rozmieszczenia obiektów wykorzystujących energię wiatru i wody udało się opracować dla 3 przedziałów czasowych: przed i po rewolucji przemysłowej oraz współcześnie.

Druga z metod polegała na weryfikacji w terenie lokalizacji dawnych młynów, ich urządzeń technicznych oraz inwentaryzacji zachowanych elementów. Podczas inwentaryzacji turbin wiatrowych i MEW ustalono położenie każdego obiektu, jego parametry (wysokość wieży turbiny wiatrowej, wysokość piętrzenia rzeki) oraz typ urządzenia produkującego energię elektryczną. Stopień współczesnego wykorzystania energii wody i wiatru określono na podstawie niepublikowanych zestawień pochodzących z jednostek administracji samorządowej.

WYNIKI BADAŃ

Wykorzystanie energii wody

Pierwsze wzmianki o młynach wodnych na badanym obszarze pochodzą z XIII w. Już w 1239 r. zarezerwowano miejsce na budowę młyna w Grabowie, na obszarze dzisiejszego powiatu świeckiego (Kubicki, 2012). Początkowo lokowano je w pobliżu większych ośrodków miejskich, a po powstaniu państwa zakonu krzyżackiego nastąpił duży przyrost ich liczby. Przed rewolucją przemysłową w połowie XIX w. sieć młynów wodnych osiągnęła swoje maksymalne zagęszczenie. Na podstawie źródeł kartograficznych udało się ustalić lokalizacje 1453 obiektów (ryc. 1).



Ryc. 1. Rozmieszczenie młynów wodnych na początku XIX w. na współczesnym obszarze województwa kujawsko-pomorskiego.

Objaśnienia: 1 – młyny wodne, 2 – dział wodny pomiędzy dorzecziami Wisły i Odry, 3 – kanały, 4 – rzeki, 5 – jeziora i sztuczne zbiorniki wodne, 6 – miasta.

Źródło: opracowanie własne, autor ryciny: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

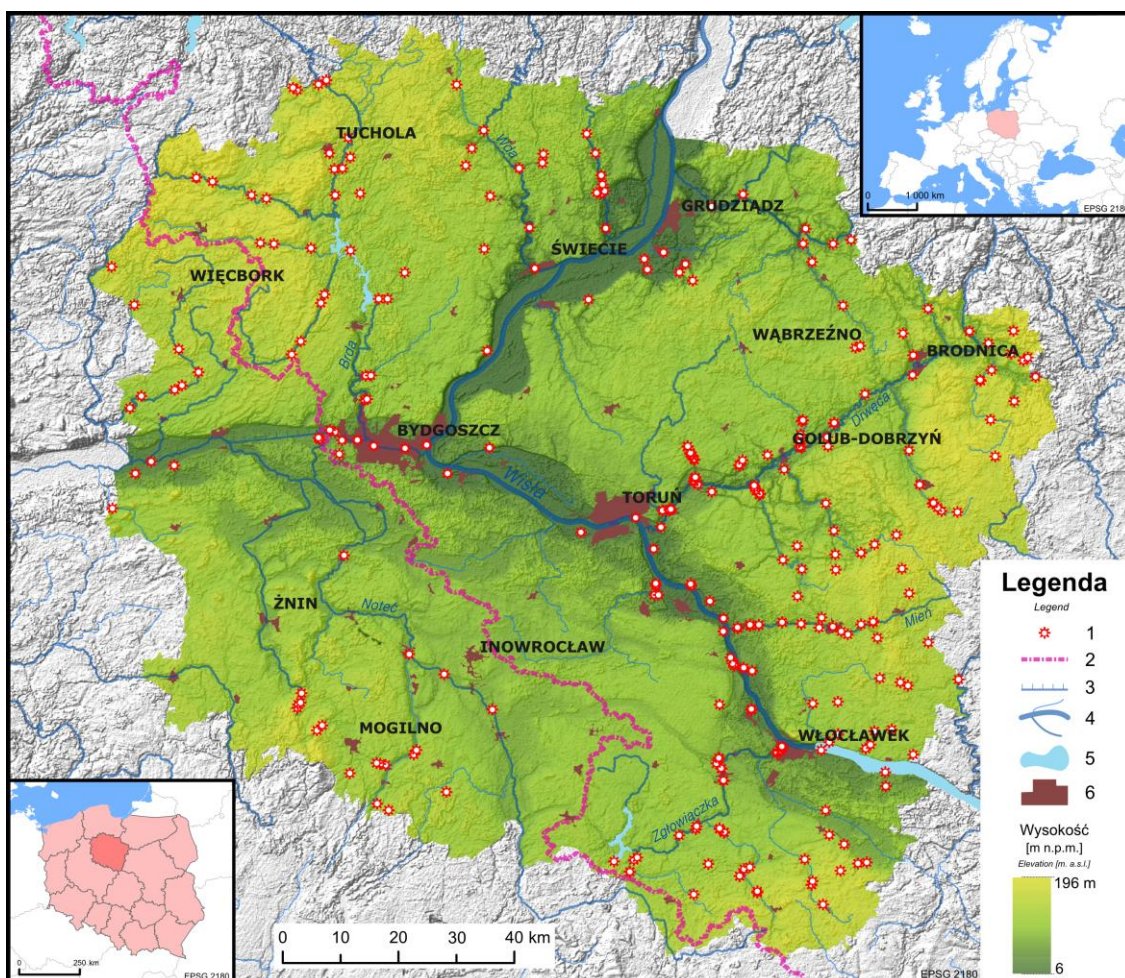
Fig. 1. Distribution of watermills in the area of currently Kujawsko-Pomorskie Region in the beginning of the 19th century.

Explanation: 1 – watermills, 2 – watershed between Vistula and Odra Bains, 3 – water canals, 4 – watercourses, 5 – lakes and reservoirs, 6 – towns.

Source: own elaboration, authors of the figure: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

Największe skupiska tego typu obiektów można było zaobserwować w pobliżu ważnych ośrodków miejskich regionu: Torunia, Włocławka i Bydgoszczy. Największym zagospodarowaniem hydroenergetycznym wyróżniały się dorzecza: Zgłowiączki, Drwęcy, Brdy i Mieni. Dwa obszary: Kujawy Zachodnie i centralna część Ziemi Chełmińskiej były niemal w zupełności pozbawione młynów wodnych.

Wynalezienie turbiny wodnej, a następnie silników parowych i spalinowych doprowadziło do znacznego zmniejszenia liczby młynów wodnych na badanym obszarze (ryc. 2).



Ryc. 2. Rozmieszczenie młynów wodnych na początku XX w.

Objaśnienia: 1 – młyny wodne, 2 – dział wodny pomiędzy dorzeczami Wisły i Odry, 3 – kanały, 4 – rzeki, 5 – jeziora i sztuczne zbiorniki wodne, 6 – miasta.

Źródło: opracowanie własne, autor ryciny: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

Fig. 2. Distribution of watermills in the beginning of the 20th century.

Explanation: 1 – watermills, 2 – watershed between Vistula and Odra Bains, 3 – water canals, 4 – watercourses, 5 – lakes and reservoirs, 6 – towns.

Source: own elaboration, authors of the figure: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

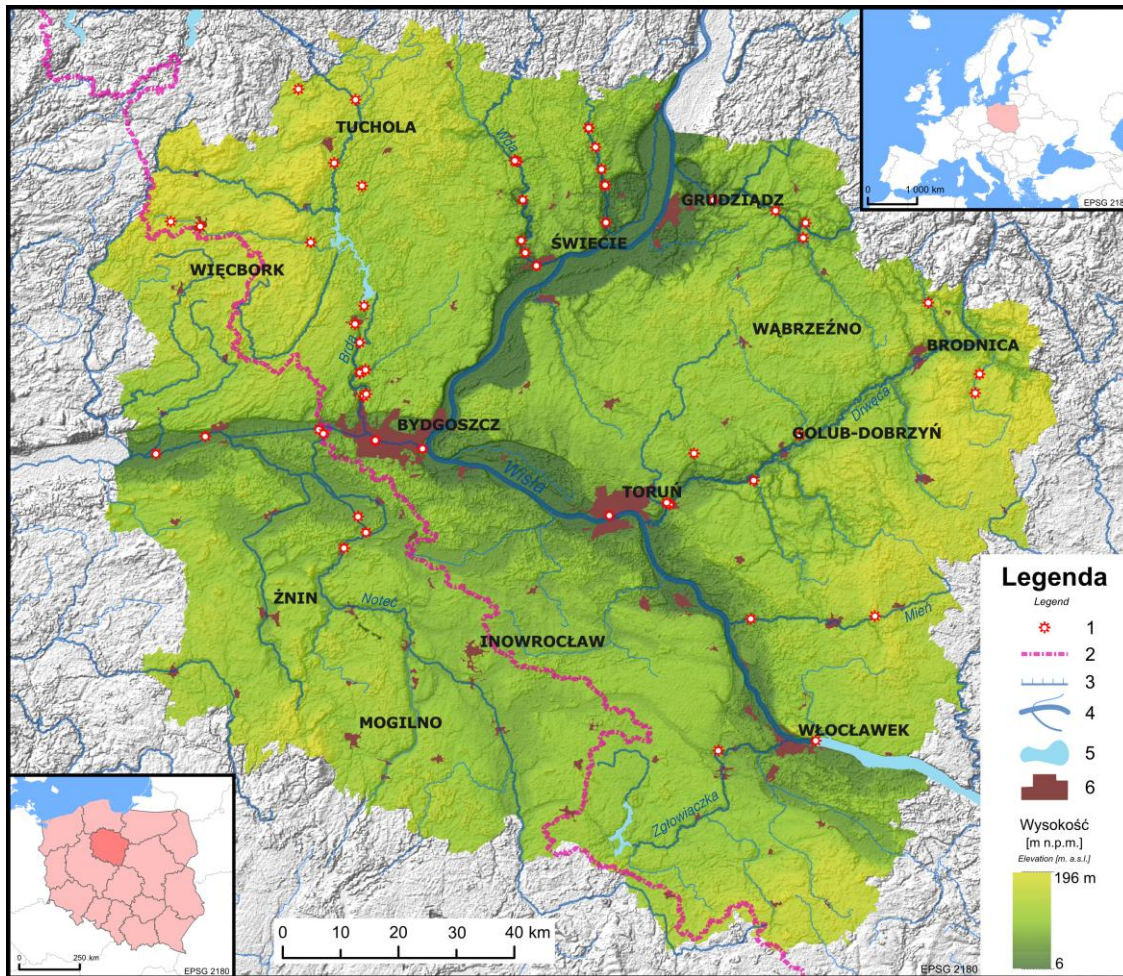
Już na początku XX w. funkcjonowało tylko 21% zakładów zinwentaryzowanych 100 lat wcześniej (306 obiektów). Zlikwidowane zostały młyny na ciekach o mniej korzystnych warunkach hydrologicznych (cieki mniejsze i górne odcinki większych rzek). W okresie międzywojennym młyny wodne były jeszcze dość liczne na obszarze Ziemi Dobrzyńskiej (rzeka Mień i dorzecze Drwęcy) i Kujaw Wschodnich (dorzecze Zgłowiączki). W tym czasie zaczęły powstawać pierwsze duże elektrownie wodne do produkcji energii elektrycznej. Na obecnym obszarze województwa kujawsko-pomorskiego, na rzece Wdzie, zlokalizowano jedne z największych hydroelektrowni w międzywojennej Polsce (Mikulski, 2004). Były to elektrownia Gródek o łącznej mocy 3,5 MW (funkcjonująca od 1923 r.) oraz elektrownia Żur o łącznej mocy 7,5 MW (funkcjonująca od 1930 r.).

Po II wojnie światowej nastąpił całkowity upadek młynów wodnych na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. Pojedyncze małe obiekty funkcjonowały jeszcze do lat 60. XX w. W tym czasie zaczęły natomiast powstawać duże hydroelektrownie na największych rzekach regionu. Na Brdzie od 1962 r. zaczął funkcjonować zespół elektrowni wodnych, w skład którego wchodziły elektrownie: Koronowo (łączna moc 26 MW funkcjonuje od 1961 r.), Tryszczyn (3,3 MW od 1962 r.) i Smukała (3,0 MW od 1951 r.). W 1969 r. została oddana do użytku elektrownia działająca w oparciu o stopień wodny na Wiśle we Włodawku o łącznej mocy 160,2 MW.

Od końca lat 80. XX w. prywatni właściciele dawnych młynów zaczęli odtwarzać MEW (Brykała, 2009). Na początku XXI w. na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego funkcjonowały 63 małe elektrownie wodne (ryc. 3). Są to obiekty małe, posiadające turbiny o mocy zainstalowanej rzędu kilkudziesięciu kW. Przykładem tego typu obiektów mogą być: MEW Nowy Młyn na Zgłowiączce (75 kW), MEW Słupski Młyn na Osie (64 kW), czy MEW Grzmięca na Skarlance (55 kW). W 85% ich lokalizacje nawiązują do wcześniej istniejących tam młynów wodnych. Inne lokalizacje MEW związane są ze śluzami na Kanale Górnonoteckim i Noteci: MEW przy śluzie Frydrychowo (40 kW) i MEW przy śluzie Nakło Zachód (283 kW). Najmniejszą elektrownią wodną w województwie była funkcjonująca w latach 2003-2011 MEW przy młynie Zamkowym-Dolnym w Toruniu o mocy zaledwie 2 kW. Łączna moc zainstalowana w MEW wynosi 16,8 MW.

Wykorzystanie energii wiatru

Pierwsze wzmianki o młynach wietrznych na Kujawach pochodzą z XIV w. Dotyczą one pozwolenia na budowę wiatraka dla miasta Radziejowa (z roku 1322) oraz pozwolenia na budowę wiatraka we wsi Parchanie (z roku 1372). Były to obiekty typu "koźlak", czyli wiatrak koźłowy. Ich cechą charakterystyczną było to, że cały budynek wiatraka wraz ze skrzydłami był obracalny wokół pionowego, drewnianego słupa tzw. sztembra (Świąch, 2005).



Ryc. 3. Rozmieszczenie elektrowni wodnych na początku XXI w.

Objaśnienia: 1 – młyny wodne, 2 – dział wodny pomiędzy dorzeczami Wisły i Odry, 3 – kanały, 4 – rzeki, 5 – jeziora i sztuczne zbiorniki wodne, 6 – miasta.

Źródło: opracowanie własne, autor ryciny: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

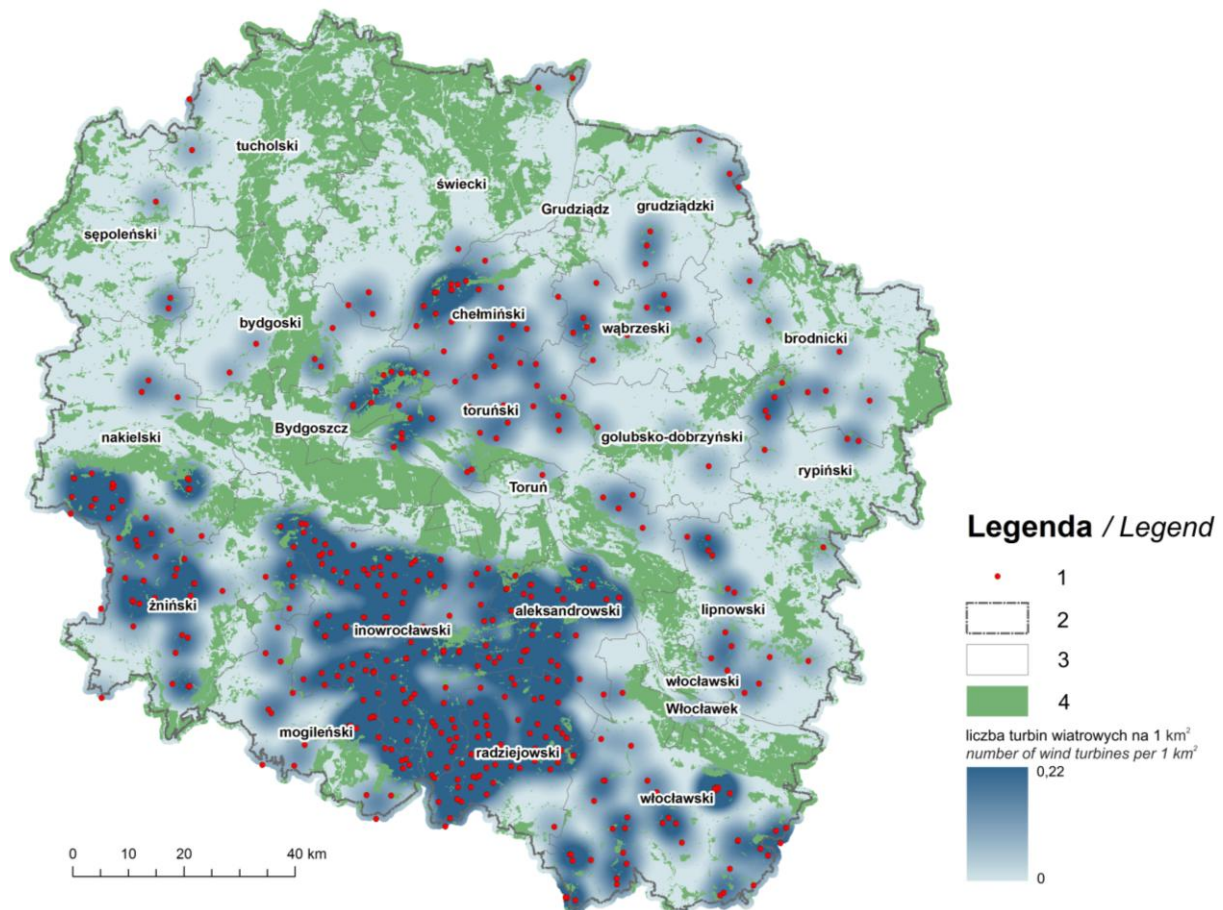
Fig. 3. Distribution of small hydroelectric plants in the beginning of the 21st century

Explanation: 1 – hydroelectric plants, 2 – watershed between Vistula and Odra Bains, 3 – water canals, 4 – watercourses, 5 – lakes and reservoirs, 6 – towns.

Source: own elaboration, authors of the figure: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

Rozmieszczenie wiatraków na Pomorzu Nadwiślańskim było na początku XIX w. bardzo nierównomierne (Podgórski, 2003). Stan ten wynikał przede wszystkim ze zróżnicowania warunków naturalnych w regionie i mniejszej sprawności wiatraków w stosunku do młynów wodnych. W południowej części obecnego województwa kujawsko-pomorskiego, po przeprowadzeniu na szeroką skalę melioracji odwodnieniowych, zasoby dyspozycyjne wód płynących wykluczały możliwość funkcjonowania młynów wodnych. Wiatr stanowił tam zatem podstawowe i jednocześnie jedyne źródło energii naturalnej, przydatnej w działalności gospodarczej. Wiatraki, które służyły przemiałowi zboża były zatem umiejscowione głównie w południowej i wschodniej części regionu (ryc. 4), nawiązując zarazem do istniejącej w tym czasie

struktury użytkowania gruntów. Największa ich koncentracja w południowej części Pomorza Nadwiślańskiego pozwoliła na wyróżnienie tzw. „pasa wiatraków” (Werner, 1935), którego północną granicę w przybliżeniu wyznacza linia Wyrzysk – Brodnica – Działdowo. Tereny wysoczyznowe (np. w powiecie chełmińskim), rozciągające się na południe od tej umownej linii, charakteryzują się bardzo korzystnym układem kierunków i prędkości wiatru w ciągu roku (por. Sliz-Szkliniarz, Vogt, 2011). Z oczywistych względów wiatraków nie umiejscawiano natomiast w obrębie zwartych kompleksów leśnych (ryc. 4).



Ryc. 4. Rozmieszczenie młynów wietrznych na początku XIX w.

Objaśnienia: 1 – wiatrak, 2 – granica województwa, 3 – granica powiatu, 4 – lasy.

Źródło: opracowanie własne, autor ryciny: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

Fig. 4. Distribution of windmills in the beginning of the 19th century

Explanation: 1 – windmill, 2 – voivodeship border, 3 – district border, 4 – forests.

Source: own elaboration, authors of the figure: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

Na przełomie XIX i XX w. na obszarze obecnego województwa kujawsko-pomorskiego liczba obiektów wykorzystujących energię wiatru była jeszcze większa niż na początku XIX w. Główny obszar, na którym wystąpił wzrost liczby młynów wietrznych stanowiła ziemia chełmińska, na której funkcjonowało około stu wiatraków (por. Prarat, 2011). Na obszarze Pomorza Nadwiślańskiego, który wszedł



Fot. 1. Prototypowa, przydomowa turbina wiatrowa w Kawęczynie (fot. D. Brykała).

Photo 1. The prototypical, household wind turbine in Kawęczyn (photo by D. Brykała).

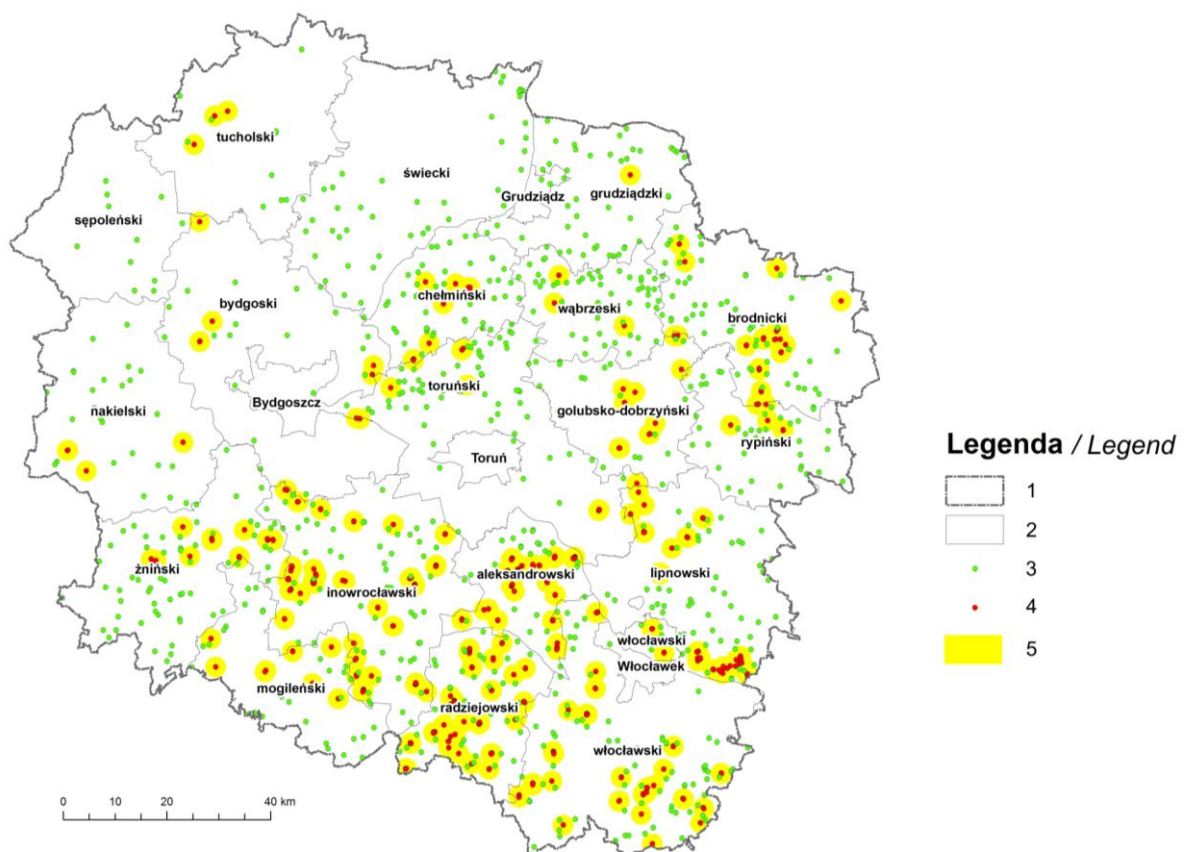
w skład II Rzeczypospolitej, liczba obiektów wykorzystujących naturalne źródła energii uległa do lat 30. XX w. znacznemu zmniejszeniu. Stanowiło to konsekwencję zakończenia z chwilą wybuchu I wojny światowej okresu rozkwitu młynarstwa, którego wcześniejszy rozwój warunkowały: niemal pełne wykorzystanie mocy produkcyjnych, chłonny rynek zbytu na mąkę w Niemczech i otręby w Rosji oraz bliski rezerwuar surowca w postaci zboża, pochodzącego z urodzajnych pól Kujaw Zachodnich. Zasadniczym jednak powodem zmian był postęp techniczny, który sprawił, że bardziej opłacalne stało się stosowanie silników parowych (a od końca XIX w. także spalinowych i elektrycznych). Zakłady wykorzystujące energię wiatru były bowiem z natury rzeczy obiektami niewielkimi i funkcjonującymi w ograniczonym czasie w ciągu roku, w nawiązaniu do zmiennych warunków pogodowych. Stopniowo stawały się coraz mniej konkurencyjne w stosunku do młynów napędzanych konwencjonalnymi źródłami energii.

Na skutek zniszczeń spowodowanych II wojną światową liczba wiatraków uległa dużej redukcji. Inwentaryzacje terenowe wykazały, że w 1952 r. w powiatach inowrocławskim i mogileńskim czynnych było jeszcze 13 wiatraków, a w 1969 r. na całych Kujawach zinwentaryzowano jeszcze 49 nieczynnych młynów wietrznych, z których do 1995 r. zachowało się tylko 15 obiektów (Świąch, 2005). W ostatnich latach na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego prowadzone są prace nad restauracją dawnych wiatraków (por. Prarat, 2011).

Ponowny wzrost zainteresowania wykorzystaniem energii wiatru zaobserwowano od lat 80. XX w. Powstawały wtedy konstrukcje prototypowe produkowane przez lokalnych rzemieślników w pojedynczych egzemplarzach. Jako przykład takiej turbiny można wymienić tę zlokalizowaną w Kawęczynie (woj. kujawsko-pomorskie, gmina Obrowo, patrz fot. 1).

Pierwsza na obszarze województwa (5. w kraju) elektrownia wiatrowa została wybudowana w miejscowości Wrocki (powiat golubsko-dobrzyński) w 1995 r. Była to pierwsza w Polsce całkowicie prywatna inwestycja tego rodzaju. Moc zainstalowana elektrowni wynosiła 160 kW, a turbinę wyprodukowała polska firma NFUG "NOWOMAG" S.A. w Nowym Sączu. Dynamiczny wzrost liczby inwestycji w energetykę wiatrową na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego nastąpił jednak dopiero od 2003 r. (Igliński i in., 2008, 2010). W 2008 r. zinventaryzowanych zostało w województwie 46 elektrowni wiatrowych przyłączonych do sieci energetycznej o łącznej mocy zainstalowanej 22 MW.

Przeprowadzona w 2011 r. inwentaryzacja elektrowni wiatrowych w województwie kujawsko-pomorskim wykazała funkcjonowanie 406 turbin wiatrowych (ryc. 5). Jeden obiekt średnio przypada na 44 km².



Ryc. 5. Rozmieszczenie turbin wiatrowych w 2011 r. w nawiązaniu do lokalizacji wiatraków z początku XX w.

Objaśnienia: 1 – granica województwa, 2 – granica powiatu, 3 – wiatrak, 4 – turbina wiatrowa, 5 – bufor 2 km od turbiny wiatrowej. **Źródło:** opracowanie własne, autor ryciny: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

Fig. 5. Distribution of wind turbines in 2011 in relation to location of windmills in the beginning of the 20th century.

Explanation: 1 – voivodeship border, 2 – district border, 3 – windmill, 4 – wind turbine, 5 – 2 km wind turbine buffer. **Source:** own elaboration, authors of the figure: Ł. Sarnowski and D. Brykała.

W przeważającej części są to pojedyncze obiekty. Największa ich koncentracja znajduje się w południowej części województwa na obszarze historycznych Kujaw. Drugie duże skupienie elektrowni wiatrowych występuje na Ziemi Chełmińskiej i na Ziemi Dobrzyńskiej. Z kolei tylko pojedyncze obiekty zlokalizowane są na Krajnie. Charakterystyczne jest nawiązywanie współczesnych lokalizacji elektrowni wiatrowych do rozmieszczenia dawnych, funkcjonujących setki lat, wiatraków.

WNIOSKI

W niniejszym opracowaniu, na podstawie źródeł kartograficznych (od przełomu XVIII i XIX w.) przedstawiono wyniki rekonstrukcji rozmieszczenia młynów wodnych i wiatraków na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. Analiza przestrzenna ustalonych lokalizacji badanych obiektów wykazała zróżnicowanie ich zagęszczenia, a ponadto umożliwiła porównanie uzyskanych wyników z aktualnym stanem wykorzystania energetycznego obszaru. Porównując rozmieszczenie wiatraków i obiektów produkcyjnych napędzanych siłą płynącej wody, można dostrzec, że miejsca koncentracji tych pierwszych niemal zawsze pokrywają się z obszarami, na których młyny wodne w ogóle nie występowały bądź były bardzo rozproszone. Należy bowiem podkreślić, że wiatraki - nawet na terenach predysponowanych do ich lokalizacji - umiejscawiano tylko wówczas, gdy warunki do budowy bardziej wydajnych młynów wodnych były nieodpowiednie. Wiatraki przegrywały rywalizację z młynami wodnymi także dlatego, że w ich sąsiedztwie nie można było lokalizować foluszy, tartaków i innych obiektów prowadzących dodatkową działalność. Silny związek pomiędzy uwarunkowaniami naturalnymi a lokalizacją obiektów wykorzystujących energię wody i wiatru widoczny jest zarówno współcześnie jak i w przeszłości. Wystarczy nadmienić za etymologami, że nazwa regionu - Kujawy wywodzi się od wiejącego tam wiatru, głównie z sektora północnego („kui” - „wiatr”, „kujawa” - „wiatr północny”, por. Święch, 2005).

Znaczna część lokalizacji młynów była wykorzystywana w zasadzie nieprzerwanie aż do połowy XIX w. Do upadku wiatraków i młynów wodnych przyczyniła się w głównej mierze rewolucja przemysłowa z połowy XIX w., która spowodowała upadek najmniej konkurencyjnych obiektów. Dość szybki rozwój gospodarczy regionu w czasach II Rzeczypospolitej wydatnie ograniczył możliwości konkurowania młynów napędzanych naturalnymi źródłami energii z nowocześniejszymi młynami parowymi i motorowymi. Młyny parowe i motorowe pracowały średnio przez 275 dni w roku, podczas gdy wodne przez około 180 dni, a wiatraki przeciętnie przez 100 dni (Werner, 1935; Śliwa, 1935). Konkurencyjność młynów napędzanych naturalnymi źródłami energii w latach 30. XX w. tkwiła zatem w obniżaniu kosztów produkcji i zwiększaniu sprawności dobowej, co wiązało się z posiadaniem nowoczesnych urządzeń technicznych. W przypadku młynów wodnych wynosiła ona średnio 11,1 dt doba⁻¹, podczas gdy młyny parowe osiągały sprawność 7,4 dt doba⁻¹, a motorowe 6,3 dt doba⁻¹. Walki konkurencyjnej nie mogły podjąć wiatraki ponieważ ich sprawność osiągała zaledwie 0,7 dt doba⁻¹. Roczna zdolność przemiałowa

młynów wynosiła: 204,8 t dla młynów parowych, 199,2 t dla młynów wodnych, 172,9 t dla młynów motorowych i zaledwie 7,5 t w przypadku wiatraków (Werner, 1935).

Niemal zupełnie zniknęły młyny wodne i wiatraki z krajobrazu rolniczego regionu w latach PRL, gdy zakazano funkcjonować prywatnym zakładom gospodarczym i nastąpił dalszy rozwój nowych technologii uzyskiwania energii. W ciągu ostatnich 25 lat dawne młyny wodne zaczęły być ponownie wykorzystywane – tym razem dla odtworzenia małych hydroelektrowni, produkujących tzw. „czystą energię”. Z kolei miejsce wiatraków zaczęły zastępować nowoczesne turbiny wiatrowe.

PODZIĘKOWANIE

Prezentowane wyniki badań uzyskane zostały w trakcie realizacji projektu naukowego pt. *Młyny wodne w dorzeczu dolnej Wisły od początku XVIII do początku XXI w.* Został on sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/D/HS3/03631.

Część wyników badań uzyskano w trakcie realizacji ekspertyzy pt. *Energetyka wiatrowa w kontekście ochrony krajobrazu przyrodniczego i kulturowego w województwie kujawsko-pomorskim*, wykonanej w latach 2011-2012 na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Kujawsko-Pomorskiego w Toruniu przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

LITERATURA

- Baranowski B., 1977: *Polskie młynarstwo*, Ossolineum, Wrocław.
- Bartczak A., 2007: *Wieloletnia zmienność odpływu rzecznoego z dorzecza Zgłowiączki*, Prace Geograficzne, 209, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Bartczak A., Brykała D., 2010: *Warunki hydrologiczne w rejonie planowanej odkrywki węgla brunatnego „Tomisławice” KWB „KONIN” S.A.* [w:] *Antropogeniczne i naturalne przemiany środowiska geograficznego województwa kujawsko-pomorskiego – wybrane przykłady*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, Warszawa: 11-44.
- Braudel F., 1988, *L'identité de la France*, Vol. 3, France loisirs. Paris.
- Brykała D., 2009, *Możliwości wykorzystania dawnych piętrzeń młyńskich dla potrzeb małych elektrowni wodnych w województwie kujawsko-pomorskim* [w:] *Kierunki rozwoju odnawialnych źródeł energii w regionach*, Stowarzyszenie Energii Odnawialnej, Toruń: 8-10.
- Brykała D., Podgórski Z., w druku, *Watermills and mill ponds – an instance of the effect of human impact on rivers in Poland* [w:] *History of Water and Civilization. Water and Humanity: Historical Overview*, UNESCO, Paris.
- Dąbkowski S.L., Mioduszewski W., 1996, *Program rozwoju małej retencji wodnej i jego korelacja z małą energetyką*, *Mała hydroenergetyka-mikroretencja-środowisko*, Materiały z sympozjum, 13-14.09.1996, Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Bielsko-Biała: 20-38.

- Dembińska M., 1973, *Przetwórstwo zbożowe w Polsce średniowiecznej (X-XIV w.)*, Instytut Historii Kultury Materialnej PAN, Ossolineum, Wrocław.
- Heymann M., 1995, *Die Geschichte der Windenergienutzung: 1890-1990*, Campus Verlag, Frankfurt/Main-New York.
- Hoffmann M., 1996, *Małe elektrownie wodne w powiązaniu z mikroretencją i ochroną środowiska, Mała hydroenergetyka-mikroretencja-środowisko*, Materiały z sympozjum, 13-14.09.1996, Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Bielsko-Biała: 7-19.
- Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M., 2008, *Energia alternatywna w województwie kujawsko-pomorskim*, UMK, Toruń.
- Igliński B., Kujawski W., Buczkowski R., Cichosz M., 2010, *Renewable energy in the Kujawsko-Pomorskie Voivodeship (Poland)* [w:] *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 1336-1341.
- Kubicki R., 2012: *Młynarstwo w państwie zakonu krzyżackiego w Prusach w XIII-XV w. (do 1454 r.)*, Uniwersytet Gdański, Gdańsk.
- Michalak P., Zimny J., 2011: *Wind energy development in the world, Europe and Poland from 1995 to 2009; current status and future perspectives* [w:] *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 2330-2341.
- Mikulski Z., 2004: *Rozwój wykorzystania energii wodnej na ziemiach polskich*, *Gospodarka Wodna*, 12: 503-509.
- Pawlik M., 1984: *Wiatraki północno-wschodniej Polski*, *Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego*, 273, Uniwersytet Warszawski, Białystok.
- Podgórski Z., 2003: *Utilization of natural sources of energy in the Vistulian Pomerania area from the beginning of c19th to the 30. of c20th* [w:] *Erfahrungen in der transnationalen Ausbildung unter Beruecksichtigung des Beitritts Polen zur Europaeischen Union*, Dedelov-Koszalin: 193-211.
- Podgórski Z., 2004: *Wpływ budowy i funkcjonowania młynów wodnych na rzeźbę terenu i wody powierzchniowe Pojezierza Chełmińskiego i przyległych części dolin Wisły i Drwęcy*, Wydawnictwo UMK, Toruń.
- Prarat M., 2011: *O potrzebie badań ciesielskich konstrukcji młynów wietrznych na przykładzie prac konserwatorskich przy koźlaku z Bierzgłowa na ziemi chełmińskiej*, [w:] *Wiadomości Konserwatorskie*, 30: 94-104.
- Spoz J., Jaśkiewicz J., Lewandowski S., Sakowicz M., Tiereszko U., 1998: *Sto lat energetyki wodnej na ziemiach polskich*, Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Warszawa.
- Sliz-Szkliniarz B., Vogt J., 2011: *GIS-based approach for the evaluation of wind energy potential: A case study for the Kujawsko-Pomorskie Voivodeship* [w:] *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 1696-1707.
- Śliwa S., 1935: *Przemysł młynarski w Polsce (na zasadzie ankiety przeprowadzonej w czerwcu 1934 przez Min. Spraw Wewnętrznych)*, Poznań.
- Święch J., 2005: *Tajemniczy świat wiatraków*, *Łódzkie Studia Etnograficzne*, t. 44, Polskie Towarzystwo Ludoznawcze, Łódź.
- Urząd Regulacji Energetyki, 2015, Warszawa,
<http://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html>
- Werner S., 1935, *Przemysł na Pomorzu i jego przyszłość*, *Poznańskie Prace Ekonomiczne* nr 22, Poznań.