

NATURALNY POTENCJAŁ WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO DO WYTWARZANIA ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH

Dagmara Samołyk¹

¹ Studentka Wydziału Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin

e-mail: dagmara.samolyk@gmail.com

STRESZCZENIE

W dzisiejszych czasach zapotrzebowanie na energię elektryczną jest ogromne i stale wzrasta pomimo zainteresowania energooszczędnością procesów technologicznych. Aby zaspokoić potrzeby użytkowników uruchamiane są coraz to nowe bloki elektrowni węglowych. Powoduje to przedostawanie się do atmosfery znacznych ilości dwutlenku węgla oraz innych związków szkodzących środowisku. Aby ograniczyć ten proces należy zacząć w jak największym stopniu korzystać ze źródeł energii odnawialnej, takiej jak energia wiatru, promieniowania słonecznego, nurtu rzek, energii geotermalnej i tym podobnych. Celem pracy była analiza potencjału województwa lubelskiego do produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. W pracy przedstawiono dane takie jak średnie promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru czy przepływ wód rzecznych Lubelszczyzny. Na ich podstawie dokonano obliczeń teoretycznej mocy jaką można by uzyskać z tych źródeł. Wyniki jakie uzyskano obrazują, jak niewielką powierzchnię w stosunku do całego województwa lubelskiego należałoby wykorzystać do budowy elektrowni korzystających ze źródeł odnawialnych aby zaspokoić zapotrzebowanie na energię elektryczną.

Słowa kluczowe: potencjał, energia wody, energia wiatru, energia słoneczna

NATURAL POTENTIAL OF THE LUBELSKIE VOIVODESHIP FOR MANUFACTURE ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES

ABSTRACT

Nowadays, the demand for electricity is increasing despite common interest in energy efficient solutions. To meet the users' needs, more and more new coal-fired power plant units are being launched. This causes the release of significant amounts of carbon dioxide and other environmental-damaging compounds into the atmosphere. To limit this practice, we need to start using as much as possible renewable energy sources such as wind, solar radiation, midland water energy, geothermal energy etc. The purpose of the work was to analyze the potential of the Lublin Province for the production of electricity from renewable sources. This work presents the data such as average solar radiation, wind speed or river water flow in the region of Lublin. Based on this information's, calculations of theoretical power that could be obtained from these sources. The results obtained show how a small area in relation to the entire Lubelskie Voivodeship could be used to build power plants using renewable sources to meet the demand for electricity.

Keywords: potential, solar energy, midland water energy, wind energy

WPROWADZENIE

Stale wzrastające zapotrzebowanie na energię elektryczną, postępujące zmiany klimatyczne oraz wzrost gospodarczy są głównymi procederami przyczyniającymi się do tworzenia atmosfery sprzyjającej rozwojowi ener-

gii przyjaznej środowisku. W przeciągu ostatnich lat istotnym wyzwaniem ekologicznym oraz ekonomicznym dla świata są w głównej mierze niesprzyjające zmiany klimatu, powiązane z emisją CO₂ oraz zanieczyszczeń powietrza, produkowanych w cyklu spalania paliw. Sposobem likwidacji takiego problemu jest

zmniejszenie, albo rezygnacja z korzystania z paliw kopalnych do wytwarzania energii, zależnie od lokalnych zasobów energetycznych. W konsekwencji tego ważne jest zapewnienie polepszenia jakości życia. Najważniejszym zadaniem jest powiększenie znaczenia OZE w strukturze wytwarzania energii. Odnawialna energia wywodzi się z naturalnych oraz niewyczerpywalnych źródeł, korzystających z energii wiatru, energii słonecznej, spadku rzek, energii biomasy i biogazu. Paliwa kopalne są to zasoby nieodnawialne i wyczerpywalne. Udział energii odnawialnej w województwie lubelskim w 2010 roku wynosił 0,8% w skali kraju, natomiast w 2016 roku wzrósł do 18,7%. Pozycja województwa w produkcji energii odnawialnej w skali kraju uległa zmianie z 16 miejsca na 9 miejsce.

Województwo lubelskie posiada duży potencjał w produkcji energii słonecznej. Większa część województwa lubelskiego znajduje się w dogodnym obszarze pod względem nasłonecznienia. Najdogodniejsze warunki dla rozwoju energii wiatrowej są w północno-zachodnim oraz zachodnim regionie województwa. Budowa farm wiatrowych powinna uwzględniać ograniczenia, które formułuje polskie ustawodawstwo, protesty społeczne czy oddziaływanie na środowisko. Zdolności hydroenergetyczne nie są wielkie w województwie lubelskim, natomiast wykorzystanie wód do wytwarzania energii może mieć istotny wpływ na skalę lokalną [1, 2].

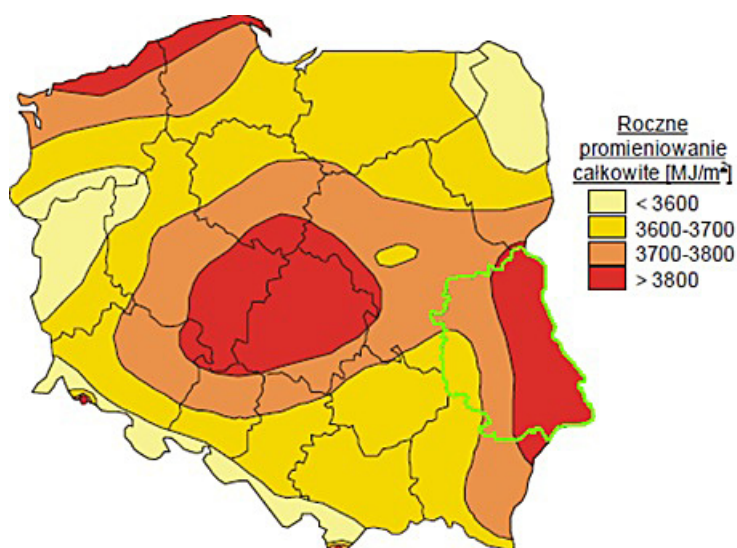
ENERGIA SŁONECZNA

Województwo lubelskie posiada szczególnie dobre warunki do korzystania z naturalnego potencjału słońca. Potencjał ten definiowany jest przez roczną gęstość mocy promieniowania słonecznego, która oscyluje od ok. 1050 do 1150 kWh/m² [3].

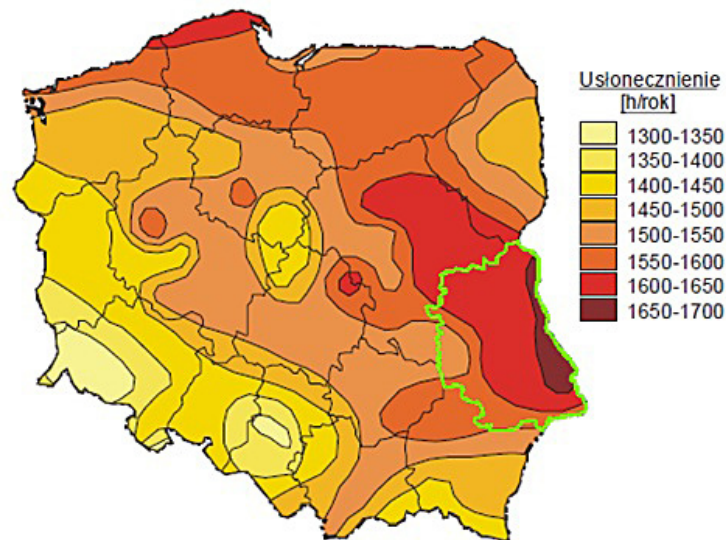
W poszczególnych miesiącach roku średnie usłonecznienie dzienne jest następujące: marzec – maj (5 godzin), czerwiec-sierpień (7godzin), wrzesień-listopad (3,5 godziny), grudzień-luty (1,5 godziny) [4]. Wynika to z różnic w długości dnia, zmienności padania kąta promieni słonecznych w przeciągu roku i różnorodnym stopniem zachmurzenia. Średnie roczne zachmurzenie w województwie lubelskim formuje się poniżej 65%, a tym samym jest ono najniższe w całym kraju [5]. Na terenie województwa Lubelskiego najdogodniejsze warunki dla pozyskania energii słonecznej są we wschodniej części województwa, gdzie roczne promieniowanie całkowite przewyższa 3800 MJ/m², przedstawia to rysunek 1.

W województwie Lubelskim jest od 1600 do 1700 godzin słonecznych, przedstawia to rysunek 2. Szacowana moc wytwarzana z 1 m² ogniw fotowoltaicznych w warunkach rzeczywistych wynosi 200 W.

Roczne zużycie energii elektrycznej na Lubelszczyźnie wynosi ok. 500 GWh [11]. Można oszacować, iż energia wytwarzana w ciągu roku przez 1 m² ogniw fotowoltaicznych wyniesie 0,2 kW·1600 h = 320 kWh. Natomiast powierzchnia



Rys. 1. Roczne promieniowanie całkowite w Polsce [6]
Fig. 1. Annual total sunlight in Poland



Rys. 2. Roczne nasłonecznienie Polski [7]

Fig. 2. Annual sun exposure in Poland

paneli fotowoltaicznych wymagana do zaspokojenia potrzeb województwa lubelskiego wynosi: $500\ 000\ 000\ 000/320\ 000 \approx 1\ 600\ 000\ \text{m}^2 = 1,6\ \text{km}^2$. Powierzchnia województwa Lubelskiego wynosi $25\ 122\ \text{km}^2$, więc: $(1,6/25\ 122) \cdot 1000\text{‰} = 0,06\text{‰}$. Tylko $0,06\text{‰}$ obszaru województwa lubelskiego zajęłyby ogniwa fotowoltaiczne.

Największą trudnością dla takiej farmy fotowoltaicznej byłoby magazynowanie energii. Potrzeba na to dużej liczby urządzeń magazynujących energię o stosunkowo znacznej kubaturze. Mogą to być na przykład akumulatory, super – kondensatory, bądź zasobniki energii.

ENERGIA WIATRU

Województwo lubelskie zlokalizowane jest w obszarze wiatrów z sektora zachodniego, dominują bardzo słabe wiatry do prędkości $2\ \text{m/s}$ na wysokości $10\ \text{metrów}$ nad poziomem gruntu, natomiast na wysokości $30\ \text{metrów}$ nad poziomem gruntu osiągają prędkość w przedziale $3\text{--}4,5\ \text{m/s}$. Wykorzystanie wiatru na wysokości $30\ \text{m n.p.g.}$ jest ekonomicznie uzasadnione dla prędkości powyżej $4\ \text{m/s}$. Wietrzność na terenie Polski ukazuje rysunek 3 [8].

Zalety budowy farm wiatrowych:

- wiatr jest niewyczerpanym oraz odnawialnym źródłem energii, którego zużycie zmniejsza wykorzystanie paliw kopalnych,
- energia elektryczna wytwarzana przez wiatr jest ekologicznie czysta, ponieważ w jej pro-

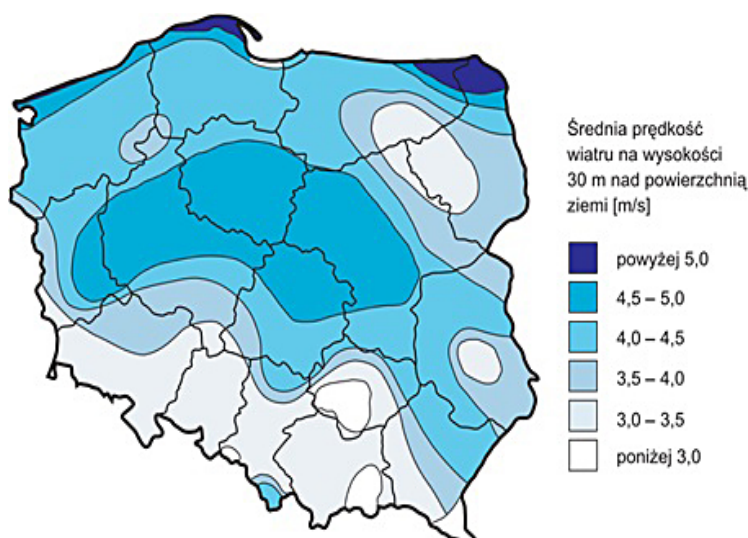
cesie produkcji nie dochodzi do zużywania paliw,

- nie ma niebezpieczeństwa wzrostu cen pozyskania energii,
- redukcja emisji gazów cieplarnianych, i poprawa jakości powietrza dzięki uniknięciu emisji tlenków siarki, tlenków azotu i pyłów do atmosfery,

Wady budowy farm wiatrowych:

- budowa elektrowni wymaga odpowiednich warunków wiatrowych,
- wysokie elektrownie wiatrowe wpływają na krajobraz (fauna),
- farmy wiatrowe emitują hałas, przez co wpływają na klimat akustyczny otoczenia,
- zajmują dużo miejsca oraz wymagają niezamieszkałych i odległych od zabudowanych terenów,
- stwarzają zagrożenie dla ornitofauny,
- budowa elektrowni wiatrowych wiąże się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi [7].

Średnia farma wiatrowa wymaga energii wiatru o minimalnej prędkości $2,5\ \text{do}\ 3\ \text{m/s}$, przy czym najbardziej korzystne prędkości wiatru mieszczą się w zakresie $6\text{--}8\ \text{m/s}$. W tym miejscu należy podkreślić, że za duża prędkość wiatru, czyli powyżej $25\ \text{m/s}$, nie jest korzystna, ponieważ turbiny wiatrowe wyłączają się w przypadku nadmiernego wiatru i ustawiają łopaty w położeniu zapewniającym minimalny opór powietrza. W ocenie zasobów energii wiatru w województwie lubelskim należy uwzględnić politykę prze-



Rys. 3. Mapa prędkości wiatru w Polsce na wysokości 30 m nad gruntem [12]

Fig. 3. Wind speed map in Poland at a height of 30 m above the ground

strzenną regionu, cenne tereny pod względem przyrodniczym i ochrony zabytkowej obszary miast z wysoką zabudową czy pofałdowany teren hamują też prędkość wiatru [3].

Na podstawie map z rysunków 4 oraz 5, można obliczyć ile potrzeba wiatraków aby zaspokoić potrzeby energetyczne województwa.

Korzystając ze wzoru: $P = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_m \cdot \eta_{el} \cdot C_p$ można wyliczyć średnią moc generowaną przez wiatrak w województwie lubelskim.

W obliczeniach uwzględniono:

- $\rho = 1,22 \text{ kg/m}^3$ – gęstość powietrza,
- $A = \pi D^2/4 = 11\,304 \text{ m}^2$ – przekrój poprzeczny strumienia wiatru, gdzie D to średnica koła które jest zataczane przez łopaty wiatraka i wynosi 120 m (łopata 60 m),
- $v = 6,25 \text{ m/s}$ – średnioroczna prędkość wiatru w województwie lubelskim na wysokości 100 m,
- $\eta_m = 0,8$ – przyjęta sprawność elementów mechanicznych wiatraka,
- $\eta_{el} = 0,85$ – przyjęta sprawność elementów elektrycznych wiatraka,
- $C_p = 0,67$ – współczynnik wykorzystania energii wiatru,
- $P = 0,5 \cdot 1,22 \cdot 11034 \cdot 6,25^3 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,67 \approx 748 \text{ kW}$ średnia wartość mocy wytwarzanej przez jeden wiatrak.

Można oszacować, że ilość energii wytwarzanej przez jeden wiatrak w ciągu roku wynosi: $748 \cdot 24 \cdot 365 = 6552 \text{ MWh}$.

Do zaspokojenia potrzeb dotyczących energii elektrycznej województwa lubelskiego nale-

ży zastosować: $500\,000\,000\,000 / 6\,552\,000\,000 \approx 76$ wiatraków.

Biorąc pod uwagę powyższe założenia oraz odpowiednio przekształcając wzór można obliczyć wymaganą dla osiągnięcia danej mocy średnicę zataczanego przez łopaty wirnika koła a tym samym długość łopat.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{0,5 \cdot \rho \cdot \pi \cdot v^3 \cdot \eta_m \cdot \eta_{el} \cdot C_p}}$$

Dla elektrowni wiatrowej o mocy 2 MW:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^6}{0,5 \cdot 1,22 \cdot 3,14 \cdot 6,25^3 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,67}} \approx 194 \text{ [m]}$$

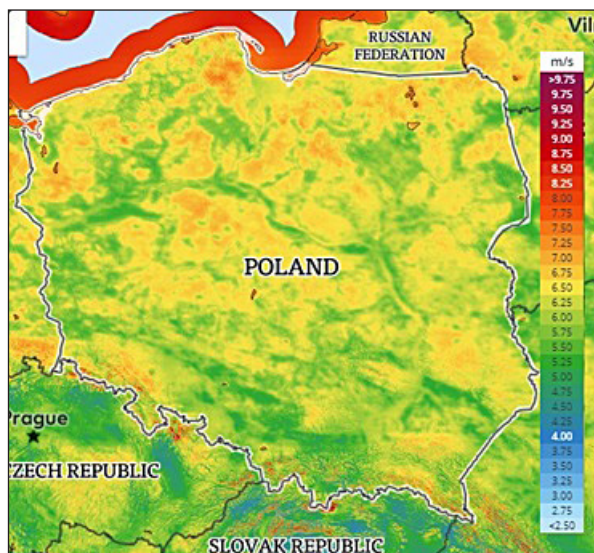
Dla elektrowni wiatrowej o mocy 4 MW:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4 \cdot 10^6}{0,5 \cdot 1,22 \cdot 3,14 \cdot 6,25^3 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,67}} \approx 275 \text{ [m]}$$

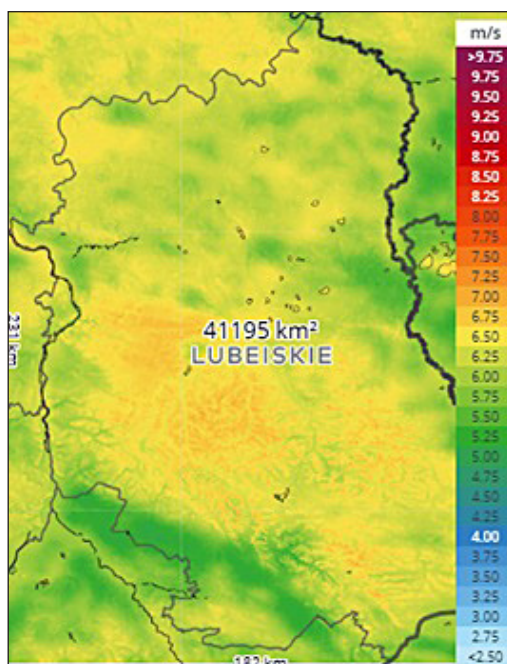
Wykonanie wiatraków o parametrach obliczonych powyżej jest praktycznie niemożliwe, jednak należy pamiętać, że największy wpływ na osiągi ma prędkość wiatru. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono średnią całoroczną prędkość wiatru na wysokości 100 m n.p.g. na Lubelszczyźnie oraz ogółem w Polsce.

Na podstawie wykonanych obliczeń na rysunku 6 przedstawiono wpływ prędkości wiatru na moc generowaną przez wiatraki.

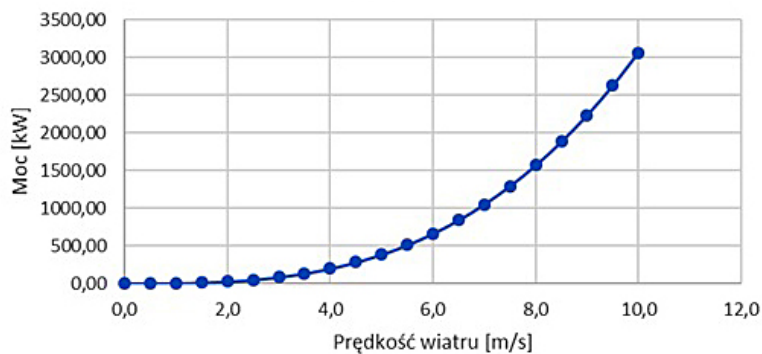
Najbardziej korzystane warunki dla lokalizacji farm wiatrowych znajdują się w północno-zachodniej części województwa.



Rys. 4. Średnia całoroczna prędkości wiatru w Polsce na wysokości 100 m nad gruntem [9]
 Fig. 4. The average yearly wind speed in Poland at a height of 100 m above the ground



Rys. 5. Średnia całoroczna prędkości wiatru w województwie lubelskim na wysokości 100 m nad gruntem [9]
 Fig. 5. The average yearly wind speed in the Lublin province at a height of 100 m above the ground



Rys. 6. Moc generowana przez przykładowy wiatrak w zależności od prędkości wiatru
 Fig. 6. The power generated by the example windmill depending on the wind speed

Tabela 1. Teoretyczne zasoby energetyczne rzek w województwie lubelskim [4]**Table 1.** Theoretic energy resources of rivers in the Lublin province

| Rzeka | Przepływ średni [m ³ /s] | Wysokość początkowa n.p.m. [m] | Wysokość końcowa n.p.m. [m] | Różnica wysokości [m] | Moc [MW] | Zasoby energet. [GWh] |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Bukowa | 4,9 | 222,0 | 147,0 | 75,0 | 3,61 | 31,58 |
| Biała Łada | 1,3 | 248,0 | 172,0 | 76,0 | 0,97 | 8,49 |
| Czarna Łada | 1,0 | 204,0 | 181,0 | 23,0 | 0,23 | 1,98 |
| Tanew | 12,3 | 290,0 | 169,0 | 121,0 | 14,60 | 127,90 |
| Sanna | 3,8 | 225,0 | 126,0 | 99,0 | 3,69 | 32,33 |
| Kurówka | 1,3 | 197,0 | 115,7 | 81,3 | 1,04 | 9,08 |
| Bystra | 1,2 | 210,0 | 118,0 | 92,0 | 1,08 | 9,49 |
| Wyżnica | 1,9 | 224,5 | 128,5 | 96,0 | 1,79 | 15,67 |
| Chodelka | 2,4 | 214,0 | 120,0 | 94,0 | 2,21 | 19,39 |
| Wieprz (Zwierzyniec) | 2,1 | 274,0 | 215,0 | 59,0 | 1,22 | 10,65 |
| Wieprz (Krasnystaw) | 11,8 | 215,0 | 175,0 | 40,0 | 4,63 | 40,56 |
| Wieprz (Łęczna) | 16,0 | 175,0 | 157,5 | 17,5 | 2,75 | 24,06 |
| Wieprz (Lubartów) | 22,4 | 157,5 | 144,1 | 13,4 | 2,94 | 25,79 |
| Wieprze (Kośmin) | 36,3 | 144,1 | 110,0 | 34,1 | 12,14 | 106,37 |
| Por (Sułów) | 2,6 | 240,0 | 196,3 | 43,7 | 1,11 | 9,76 |
| Łabuńka | 1,9 | 225,0 | 188,4 | 36,6 | 0,68 | 5,98 |
| Wolica | 1,4 | 253,0 | 179,0 | 74,0 | 1,02 | 8,90 |
| Gielczew | 1,4 | 260,0 | 165,0 | 95,0 | 1,30 | 11,43 |
| Świnka | 0,8 | 190,0 | 156,5 | 33,5 | 0,26 | 2,30 |
| Bystrzyca | 5,0 | 232,0 | 152,0 | 80,0 | 3,92 | 34,37 |
| Tyśmienica (Tchórzew) | 8,5 | 167,7 | 131,7 | 36,0 | 3,00 | 26,30 |
| Czerniejówka | 0,6 | 247,5 | 167,2 | 80,3 | 0,47 | 4,14 |
| Piwonia | 1,5 | 169,0 | 137,0 | 32,0 | 0,47 | 4,12 |
| Ciemiega | 0,6 | 233,0 | 157,5 | 75,5 | 0,44 | 3,89 |
| Bystrzyca Płn. | 2,7 | 177,0 | 134,0 | 43,0 | 1,14 | 9,98 |
| Minina | 1,5 | 203,0 | 126,0 | 77,0 | 1,13 | 9,93 |
| Sopot | 1,1 | 293,5 | 192,0 | 101,5 | 1,10 | 9,59 |
| Wojśławka | 1,1 | 220,0 | 177,0 | 43,0 | 0,46 | 4,06 |
| Żółkiewka | 0,9 | 225,9 | 176,9 | 49,0 | 0,43 | 3,79 |
| Stawek | 0,7 | 195,0 | 158,0 | 37,0 | 0,25 | 2,23 |
| Huczwa | 4,0 | 240,0 | 175,5 | 64,5 | 2,53 | 22,17 |
| Uherka | 1,6 | 209,0 | 164,0 | 45,0 | 0,71 | 6,19 |
| Włodawa | 2,3 | 177,0 | 154,0 | 23,0 | 0,52 | 4,55 |
| Krzna (Malowa Góra) | 10,6 | 168,2 | 126,2 | 42,0 | 4,37 | 38,26 |
| Klukówka | 1,0 | 178,0 | 136,0 | 42,0 | 0,41 | 3,61 |
| Zielawa | 4,2 | 153,0 | 130,0 | 23,0 | 0,95 | 8,30 |
| Hanna | 0,9 | 162,0 | 145,0 | 17,0 | 0,15 | 1,31 |
| Sołokija | 1,5 | 268,0 | 214,0 | 54,0 | 0,79 | 6,96 |
| Udał | 0,9 | 202,5 | 168,0 | 34,5 | 0,30 | 2,67 |
| Welnianka | 0,7 | 250,0 | 169,0 | 81,0 | 0,56 | 4,87 |
| Razem | | | 81,39 | | | 713,02 |
| Wisła | 520,0 | 137,0 | 110,0 | 27,0 | 137,73 | 1206,54 |
| Bug | 40,0 | 179,5 | 120,0 | 59,5 | 23,35 | 204,53 |

ENERGIA WODY

Teren województwa Lubelskiego leży w dwóch regionach wodnych przynależnych do dorzecza Wisły, są to Wisła Środkowa i Wisła Górna. Potencjał energetyczny wód uwarunkowany jest od: spadków oraz wielkości przepływu w rzekach. Dla Bystrzycy przybliżona moc wynosi 3,92 MW obliczenia tabela 1 [10]. Uwarunkowaniem dla pozyskania właściwej energii potencjalnej z rzek jest istnienie w odpowiednim miejscu dużego spadku wody. Na terenie województwa lubelskiego nie ma żadnych naturalnych spadów wód, które można wykorzystać pod względem energetycznym, wywołuje to konieczność budowania zapór. Budowa zapór wodnych stanowi także ochronę przeciwpowodziową. Teoretyczne możliwości wodno-energetyczne województwa lubelskiego, przedstawione w tabeli 1, wynoszą 713,02 GWh, przy obliczonej mocy 81,4 MW [4].

PODSUMOWANIE

Województwo lubelskie posiada duży potencjał do produkcji energii elektrycznej ze źródeł naturalnych, jednak na podstawie zebranych danych oraz uzyskanych wyników można stwierdzić, że najlepszym rozwiązaniem będzie wykorzystanie energii słonecznej. Podyktowane jest to nie tylko względami finansowymi ale także uwarunkowaniami środowiskowymi, gdyż instalacje fotowoltaiczne najmniej ingerują w środowisko. Wykorzystanie energii źródeł odnawialnych pozwoli uniezależnić się od wyczerpywalnych środków takich jak węgiel, a także pozytywnie wpłynie na florę i faunę. Lubelszczyzna może się poszczycić największym średniorocznym nasłonecznieniem w skali całego kraju. Warunki w północno zachodniej części województwa sprzyjają rozwojowi elektrowni wiatrowych, jednak

gęstość zabudowań stoi na przeszkodzie użytku ich na skalę przemysłową. Rzeki województwa lubelskiego umożliwiają budowę małych elektrowni wodnych, gdzie największy potencjał ma Wisła. Należy przy tym jednak uważać na faunę wodną, gdyż takie elektrownie często mogą ją zaburzyć, a nawet prowadzić do wyginięcia danych gatunków na konkretnych obszarach.

LITERATURA

1. <http://www.lubelskie.pl/file/2017/12/Raport-monitoringowy-18.12.2017-FINA%C5%81.pdf>
2. Raport monitoringowy z realizacji Strategii transgranicznej województwa lubelskiego, obwodu lwowskiego, obwodu wołyńskiego i obwodu brzeskiego na lata 2014–2020, 2017 r.
3. http://www.projekty.lublin.eu/sites/default/files/oze_lublin.pdf
4. http://www.archiwalne.lubelskie.pl/img/userfiles/files/PDF/Program_Rozwoju_AlternatywnychZrodelEnergii.pdf
5. <https://lublin.eu/mieszkanicy/srodowisko/zarzadzanie-energia/odnawialne-zrodla-energii/>
6. Wojewódzki Program Rozwoju Alternatywnych Źródeł Energii dla Województwa Lubelskiego.
7. Mapa Wietrzności Polski, *Projekt Czysta Energia*, Akademickie centrum czystej energii, Dygulska A., Perlańska E., Ochrona środowiska III, Słupsk 2015.
8. http://www.projekty.lublin.eu/sites/default/files/oze_lublin.pdf
9. <https://globalwindatlas.info>
10. Program rozwoju odnawialnych źródeł energii dla województwa lubelskiego, Biuro Planowania Przestrzennego w Lublinie, Lublin 2013.
11. <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/w-tych-województwach-zuzycie-pradu-jest-najwieksze,55993.html>
12. Tyimiński J. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 r. Aspekt energetyczny i ekologiczny, IBMiER, Warszawa 1997.