



Wiesław Załuska

ZASTOSOWANIE INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ JAKO ODNAWIALNEGO ŹRÓDŁA ENERGII W PARKU WODNYM W EŁKU

Wiesław Załuska, dr inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Mechaniczny

Zakład Techniki Rolno-Spożywczej

15-351 Białystok, ul. Wiejska 45C

e-mail: wieslaw_zaluska@pb.edu.pl

APPLICATION OF THE PHOTOVOLTAIC INSTALLATION, AS A RENEWABLE SOURCE OF ENERGY IN THE AQUA PARK IN CITY OF ELK

SUMMARY: The paper presents the use of photovoltaic installations in the Aqua Park in city of Elk to support the production of electricity using solar energy. It shows the accepted technological solution and presents the results of the installation and system performance analysis. Designed photovoltaic system consists of 264 panels with a total of 50.16 kW nominal power.

The application of photovoltaic in the building helped to reduce carbon dioxide emissions to the atmosphere. In Poland, for the most part based electricity generation is still on coal and lignite. Photovoltaic is one of the renewable sources of energy, the so-called „Green” energy.

KEY WORDS: renewable sources, solar radiation, photovoltaic power plant

Wstęp

Racjonalne wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych (OZE) jest jednym z istotnych komponentów zrównoważonego rozwoju, przynoszącym wymierne korzyści ekonomiczno – ekologiczne. Wzrost jej udziału w bilansie paliwowo – energetycznym przyczynia się do wzrostu efektywności wykorzystania i oszczędzania surowców energetycznych, poprawy stanu środowiska poprzez zmniejszenie zanieczyszczeń oraz redukcję wytwarzanych odpadów. Rozwój odnawialnych źródeł energii bardzo wspiera Unia Europejska. Powstaje szereg projektów i dyrektyw, które służą rozwojowi pozyskiwania energii odnawialnej. Najważniejszym z nich jest dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promocji stosowania energii ze źródeł odnawialnych, przedstawiona krajom członkowskim UE do realizacji. Zgodnie z nią Polska zobowiązana jest do osiągnięcia w 2020 roku 15% udziału energii z odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii. Krajowymi dokumentami dotyczącymi rozwoju OZE są dokumenty:

- Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, w którym potwierdzono ustaloną już w dyrektywie wartość 15% udziału OZE w zużyciu energii finalnej w 2020 roku oraz ustalono 20% udziału OZE w 2030 roku;
- Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, realizujący zobowiązania z dyrektywy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 roku w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych;
- Założenia do ustawy o odnawialnych źródłach energii, przedstawiający propozycje prawne wdrożenia systemu wsparcia rozwoju OZE, zakładający uprzywilejowanie prawne i podatkowe dla produkcji energii z małych do 5 MW, mini do 250 kW i mikro do 50 kW źródeł OZE.¹

Obecny szacunkowy udział energii ze źródeł odnawialnych wynosi w Polsce 25 GW. Największy wkład w tym udziale mają następujące nośniki: promieniowanie słoneczne – 11,7 GW, następnie biomasa w postaci słomy – 5 GW, ciepło wnętrza Ziemi – 3,2 GW, biomasa w postaci drewna – 3 GW, woda – 1,4 GW, biopaliwa – 0,5 GW i siła wiatru – 0,2 GW.²

Energetyka słoneczna stała się największą nadzieją spośród wszystkich rodzajów źródeł energii. Jest to tak zwana czysta technologia produkcji energii, lecz w dalszym ciągu niekonkurencyjna w stosunku do tradycyjnych, konwencjonalnych źródeł pozyskiwania energii. Zadowalający jest fakt, iż coraz większe są perspektywy wykorzystania energii promieniowania słonecznego.³

¹ M. Robakiewicz, *Uwarunkowania prawne i systemy wsparcia zastosowań OZE i kogeneracji w budynkach*, Fundacja Poszanowania Energii, Warszawa 2011.

² W.M. Lewandowski, *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, Wyd. Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2006.

³ J. Gronowicz, *Niekonwencjonalne źródła energii*, Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom-Poznań 2008.

Rozwój wiedzy i technologii pozwolił na wykorzystanie fotowoltaiki do produkcji prądu elektrycznego przy bezpośredniej zamianie energii promieniowania słonecznego bez emisji szkodliwych substancji, takich jak CO₂, NO_x, SO_x, czy metali ciężkich.

W dokonanych przeglądzie stanu badań i technologii stwierdzono, iż obiekty basenowe są bardzo energochłonne (duże zapotrzebowanie energii cieplnej i elektrycznej na potrzeby podgrzewu wody basenowej, prysznicowej oraz powietrza wentylacyjnego). Obecnie na wielu obiektach basenowych stosuje się duże instalacje solarne do podgrzewu wody. W fazie prac koncepcyjnych i projektowych przeprowadzono szeroki przegląd technologii zastosowania instalacji solarnych do zasilania dużych obiektów basenowych.⁴

W opracowaniach literaturowych pomija się często istotny fakt związany ze wzrostem zapotrzebowania energii elektrycznej niezbędnej do zasilania układu pomp cyrkulacyjnych układu glikolowego, ciepłej wody instalacji wewnętrznej oraz układu sterowania (sterowniki, zawory). Obniżają one rzeczywistą całkowitą sprawność energetyczną układu solarnego nawet o kilkanaście procent. Zaproponowane rozwiązanie biwalentnego układu instalacji solarnych i paneli fotowoltaicznych (siłownia elektryczna) jest nowatorskie.¹ Tak duża elektryczna siłownia solarna zainstalowana na obiekcie basenowym nie ma odpowiednika w kraju i w pełni pokrywa wzrost zapotrzebowania układów roboczych instalacji OZE na energię elektryczną.²

W referacie zaprezentowano wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej w Parku Wodnym w Ełku.

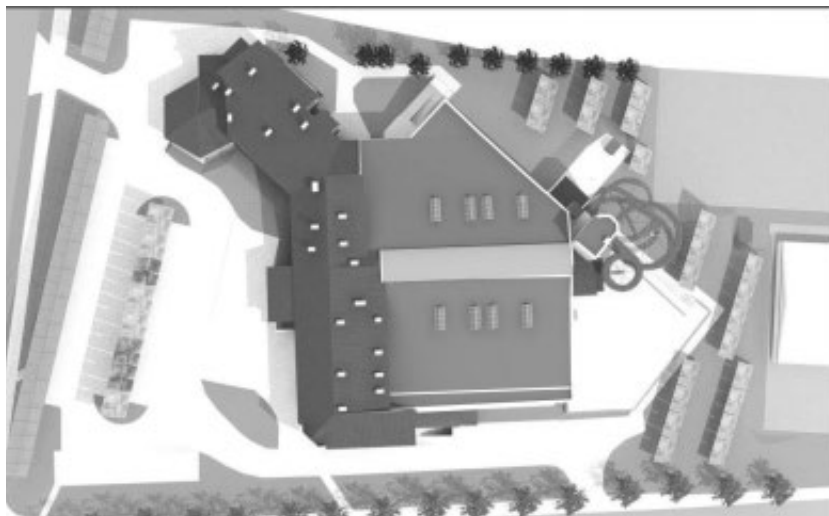
Opis obiektu Parku Wodnego w Ełku

Park Wodny w Ełku jest budynkiem wolno stojącym. W skład zespołu wchodzi hala basenów, widownia, szatnie i natryski, pomieszczenia pomocnicze, klub fitness, sauny parowe i wodne. W hali basenów są dwa baseny: jeden pływacki o wymiarach 25 m x 16 m i zmiennej głębokości od 1,8 m do 2,0 m o powierzchni 400 m² oraz basen rekreacyjny o zmiennej głębokości od 0,8 do 1,6 m, ładowisko dla zjeżdżalni płaszczyznowej oraz brodzik dla dzieci o głębokości od 0,45 do 0,65 m. Hala basenów wyposażona jest w widownię. Na zewnątrz budynku znajdują się dwie zjeżdżalnie rurowe.

Powierzchnia całkowita obiektu wynosi 4 862,4 m², a kubatura – 37 640 m³. W ramach kompleksowej modernizacji systemu energetycznego Parku Wodnego wykonano koncepcję zastosowania OZE, analizę techniczną – ekonomiczną i stu-

⁴ P. Kowalski, *Duże instalacje z kolektorami słonecznymi. Słońce na basenie*, „Magazyn Instalatora” 2011 nr 12 (160); W. Załuska, *Koncepcja funkcjonalno-użytkowa, audyt energetyczny oraz studium wykonalności modernizacji systemu energetycznego Parku Wodnego w Ełku z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii*, Ełk 2010; W. Załuska, *Projekt techniczny: Zastosowanie odnawialnych źródeł energii do zasilania obiektu Parku Wodnego w Ełku zlokalizowanego przy ul. Piłsudskiego 29*, Ełk 2011.

Rysunek 1
Widok budynku Parku Wodnego w Ełku z pokazaniem rozmieszczenia paneli fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych



Źródło: W. Załuska, *Koncepcja funkcjonalno-użytkowa...*, op. cit.

dium wykonalności oraz pozyskano środki z RPO. W zrealizowanej inwestycji wykonano nową instalację siłowni solarnej fotowoltaicznej o mocy nominalnej 50,15 kW, siłownię solarną cieplną o powierzchni 565,2 m² kolektorów i mocy ~ 422,54 kW, instalację odzysku ciepła ze ścieków oraz zmodernizowano centrale nawiewno-wywiewne wentylacji basenowej.

Widok budynku Parku Wodnego wraz z rozmieszczeniem paneli fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych pokazano na rysunku 1.

Opis technologii układu siłowni elektrycznej fotowoltaicznej

Instalacja siłowni elektrycznej fotowoltaicznej składa się z paneli fotowoltaicznych zamontowanych na czterech konstrukcjach wsporczych stalowych, zlokalizowanych przed obiektem Parku Wodnego na parkingu w płaszczyźnie nachylenia 40° do poziomu. Zamontowano łącznie 264 panele o mocy 190 W każdy i sprawności 130 W/m². Łączna powierzchnia czterech instalacji fotowoltaicznych wynosi 340 m². Połączono je przewodami dedykowanymi DC w układy obwodów, które podłączono do falowników (max. 5 obwodów do falownika). Połączenia pomiędzy obwodami DC i falownikami wykonano poprzez skrzynki DC z rozłącznikami. Falowniki (w wykonaniu IP65 bez dodatkowej obudowy) zamontowane na konstrukcjach paneli połączono przewodami kablowymi z roz-

Rysunek 2

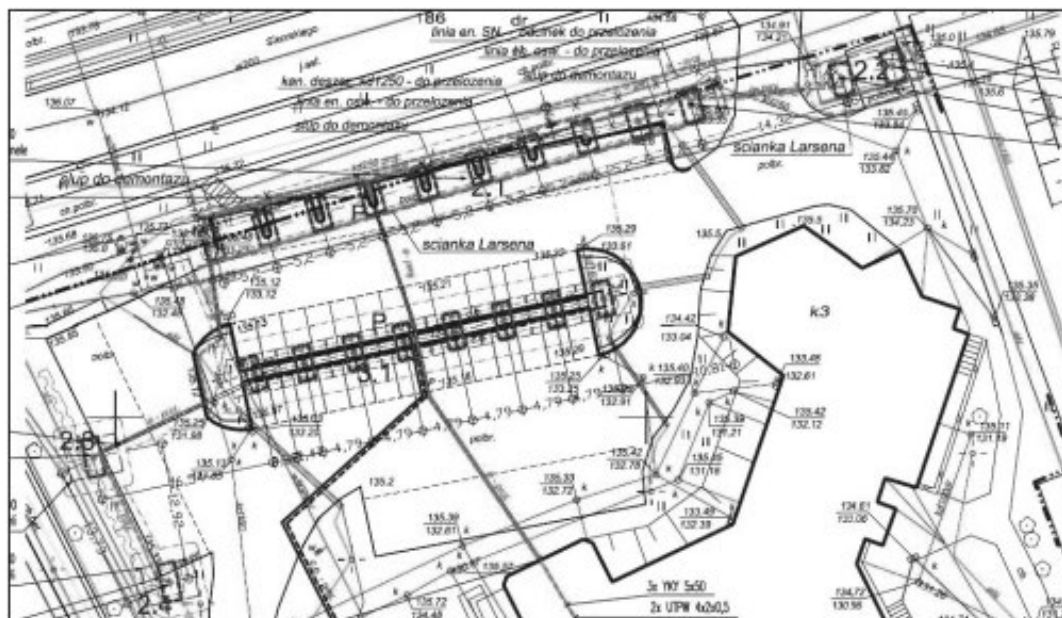
Widok montażu paneli fotowoltaicznych wykorzystujących parking przed Parkiem Wodnym



Źródło: P. Kowalski, *Duże instalacje z kolektorami słonecznymi. Słońce na basenie*, „Magazyn Instalatora” 2011 nr 12(160).

Rysunek 3

Dokładna lokalizacja paneli fotowoltaicznych na terenie parkingu Parku Wodnego w Etku



oznaczenia:

„2.1” – zestaw 192 paneli,

„2.2” – zestaw 36 paneli

„2.3” i „2.4” – zestawy po 18 paneli

Źródło: W. Załuska, *Projekt techniczny...*, op. cit.

dzielnią RPV w budynku. Moc zainstalowana: 264 paneli x 190 W = 50,16 kW, szacowana roczna produkcja energii wynosi około 49 MWh. Instalacja fotowoltaiczna produkująca energię elektryczną przy wykorzystaniu energii promieniowania słonecznego pracuje równolegle z siecią PGE Dystrybucja S.A.. Na rysunku 2 pokazano widok montażu paneli fotowoltaicznych „2.1” i „2.2” zamontowanych na parkingu Parku Wodnego, a na rysunku 3 ich dokładną lokalizację.

Schemat technologiczny zaprojektowanej siłowni fotowoltaicznej w Parku Wodnym pokazano na rysunku 4.

Na potrzeby instalacji fotowoltaicznych „2.1”, „2.2”, „2.3” i „2.4” (rysunek 3) opracowano układ nadzorczy automatyki i wizualizacji BMS, zapewniający kontrolę, sterowanie, rejestrację, pomiar energii wyprodukowanej przez panele PV i bilansowanie niezbędnych parametrów pracy systemów.

Energia elektryczna z paneli fotowoltaicznych jest przekazywana wydzielnymi obwodami, podzielonymi na grupy, do 3 falowników, w których jest przekształcana na napięcie o częstotliwości 50 Hz i dalej przekazywana do rozdzielni RPV. W rozdzielni tej zlokalizowano pomiar energii wyprodukowanej brutto i układ zabezpieczeń dodatkowych. Rozdzielnica RPV połączona jest z rozdzielnią główną, w której dokonywany jest pomiar rozliczeniowy energii dla całego obiektu.

Na etapie projektowania przewidziano następującą budowę instalacji – montaż 264 paneli fotowoltaicznych, podłączonych do 3 falowników. Założono podłączenie maksymalnie 5 obwodów (stringów) do każdego z falowników. Połączenia pomiędzy obwodami DC i falownikami wykonano poprzez skrzynki przyłączeniowe DC z rozłącznikami oraz ochronnikami przeciwprzepięciowymi. Falowniki (w wykonaniu IP65 bez konieczności stosowania dodatkowej obudowy) montowane bezpośrednio na konstrukcjach paneli połączono przewodami kablowymi z rozdzielnią RPV w budynku. Moc zainstalowana: 264 paneli x 190 W = 50,16 kW, szacowana roczna produkcja energii wynosi około 48 MWh, zgodnie z obliczeniami wykonanymi w programie SMA SunnyDesign.

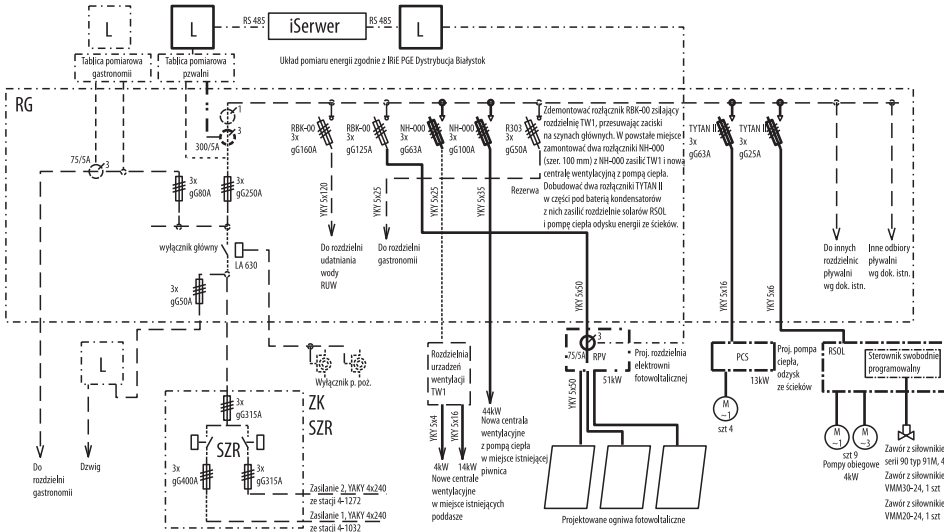
Zastosowane na etapie projektowania urządzenia to: panele fotowoltaiczne Viessmann VitoVolt 200 M190SA i falowniki SMA Tripower 17000TL.

Na etapie wykonawstwa dokonane zostały następujące zmiany – zamontowano 264 paneli fotowoltaicznych, podłączonych do 3 falowników. Połączenia pomiędzy obwodami DC i falownikami wykonano poprzez skrzynki przyłączeniowe DC z rozłącznikami oraz ochronnikami przeciwprzepięciowymi. Falowniki wraz z dodatkową aparaturą i zabezpieczeniami zamontowano w wolno stojących obudowach przy konstrukcjach wsporczych paneli fotowoltaicznych i połączono przewodami kablowymi z rozdzielnią RPV w budynku. Moc zainstalowana: 264 paneli x 190 W = 50,16 kW, szacowana roczna produkcja energii wynosi około 47 MWh – zgodnie z obliczeniami wykonanymi w programie SMA SunnyDesign i 45,8 MWh – zgodnie z symulacją wykonaną w programie PV*SOL.

Zastosowane urządzenia to: panele fotowoltaiczne Ningbo Qixin Solar Electrical Appliance SL190CE-36M i falowniki SMA Tripower 17000TL.

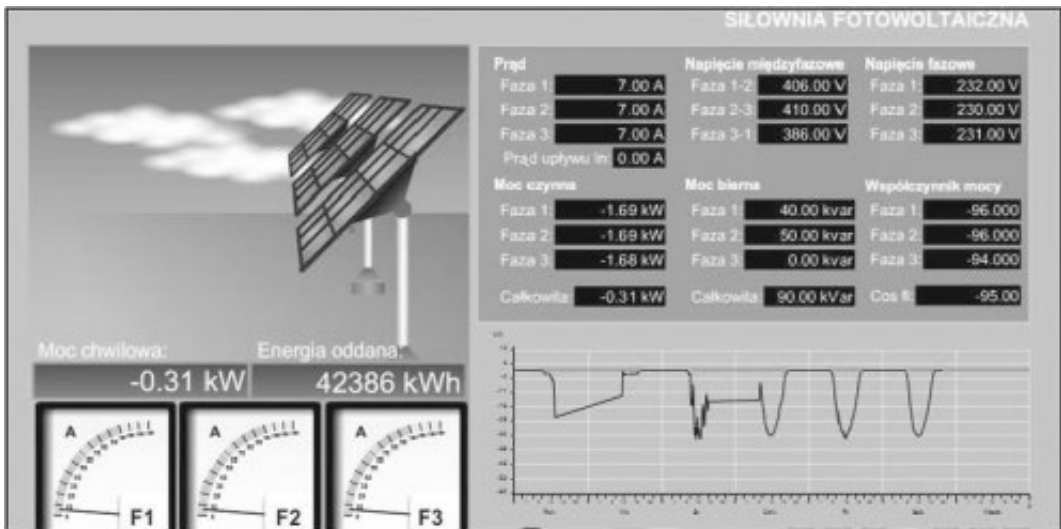
W celu monitorowania pracy elektrowni zastosowano analizator parametrów sieci z modułem komunikacyjnym MODBUS RTU (do systemu BMS) i wy-

Rysunek 4
Schemat technologiczny siłowni fotowoltaicznej o mocy nominalnej 50,16 kW



Źródło: J. Topolski, Zastosowanie odnawialnych źródeł energii do zasilania obiektu Parku Wodnego w Elku zlokalizowanego przy ul. Piłsudskiego 29; Instalacje elektryczne, Projekt wykonawczy, PPJT Topolski, Białystok 2011.

Rysunek 5
Podgląd pracy instalacji siłowni elektrycznej PV w obiekcie Parku Wodnego w Elku



Źródło: Park Wodny w Elku.

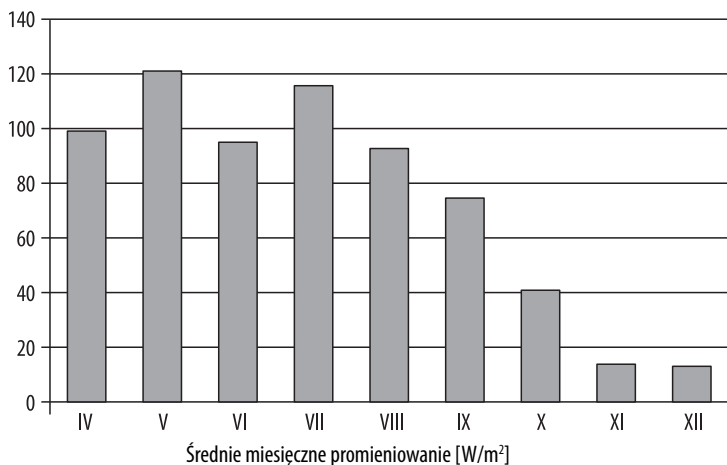
prowadzono sygnały stykowe o stanie łączników. Przewidziano także układ do odczytu parametrów nasłonecznienia i parametrów pracy falowników oraz wyprowadzenie sygnałów o stanie pracy elektrowni (rysunek 5) – wizualizacja i nadzór nad pracą siłowni są zdalnie realizowane ze strony www.

Analiza produkcji energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych

Na podstawie danych od kwietnia 2012 roku do grudnia 2012 roku oszacowano w poszczególnych miesiącach wydajność modułów fotowoltaicznych przy orientacji południowej i nachyleniu płaszczyzny paneli 40° , średnią i maksymalną użyteczną moc elektryczną oraz podano średnie nasłonecznienie. Wyniki przedstawiono na rysunkach 6-9. Łączny czas pracy instalacji fotowoltaicznej w tym okresie wynosił ponad 2953 godziny. Panele fotowoltaiczne wyprodukowały w sumie 42 728 kWh energii, średnia elektryczna moc użyteczna od kwietnia 2012 roku do grudnia 2012 roku uzyskana z paneli wynosiła 6,45 kW, a moc elektryczna maksymalna 51,54 kW. Od kwietnia do grudnia teoretyczna produkcja energii na podstawie symulacji wyniosła 38 503 kWh, co pozwala wnioskować, że prognozowana wartość produkcji rocznej na poziomie 45 840 kWh zostanie osiągnięta.

Rysunek 6

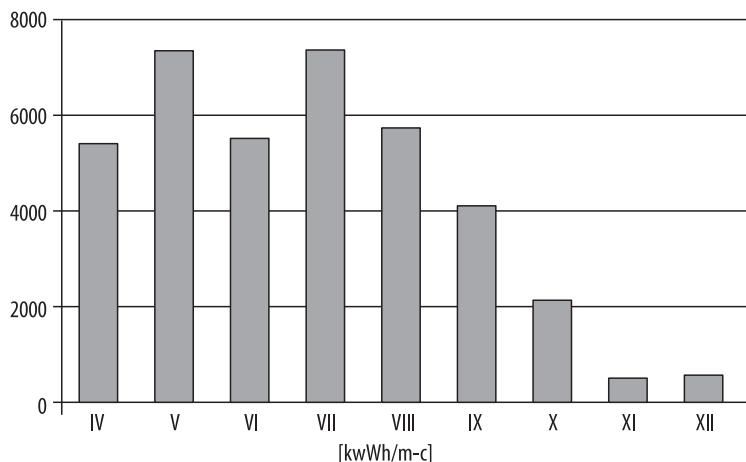
Średnie miesięczne nasłonecznienie [W/m^2] na powierzchni paneli fotowoltaicznych ustawionych pod kątem 40° w miesiącach od kwietnia do grudnia 2012 roku w Parku Wodnym w Elku



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 7

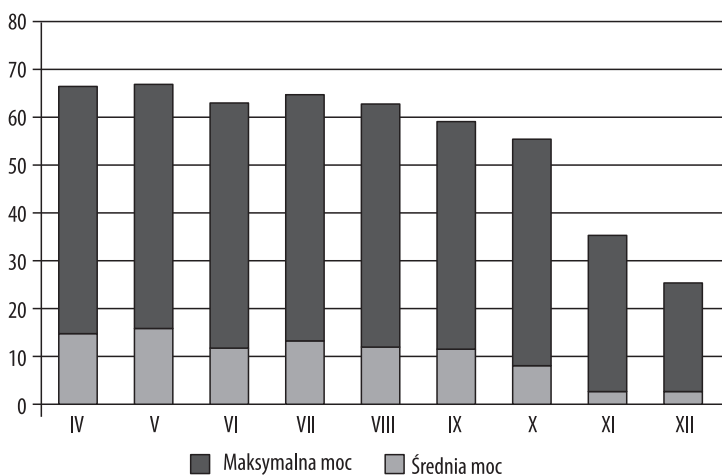
Miesięczna produkcja energii w [kWh/m-c] z modułów fotowoltaicznych w miesiącach od kwietnia do grudnia 2012 roku w Parku Wodnym w Ełku



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 8

Średnia i maksymalna użyteczna moc elektryczna uzyskana z instalacji PV w poszczególnych miesiącach w Parku Wodnym w Ełku



Źródło: opracowanie własne.

Produkcja energii elektrycznej ściśle związana jest z nasłonecznieniem, średnie dobowe nasłonecznienie występujące w poszczególnych miesiącach pokazano na rysunku 6. Wartości dobowych sum promieniowania wahały się od 13,19 W/m² – 13,50 W/m² w listopadzie i grudniu do 115,85 W/m² w lipcu i 120,18 W/m² w maju. Ilość energii elektrycznej produkowanej przez instalację PV w poszczególnych miesiącach pokazano na rysunku 7. Wynosiła ona od 441 kWh/m-c – 521 kWh/m-c w listopadzie i grudniu do 7 290 kWh/m-c w lipcu i 7 320 kWh/m-c w maju.

Średnia użyteczna moc elektryczna uzyskana z instalacji fotowoltaicznej wahała się od minimum 2,52 kW w październiku do maksimum 15,55 kW w maju. Maksymalna moc w poszczególnych miesiącach wahała się od 22,42 kW w grudniu do 51,53 kW w maju.

Średnia i maksymalna miesięczna moc uzyskana z paneli fotowoltaicznych w miesiącach od kwietnia do grudnia 2012 roku w Parku Wodnym w Ełku pokazana została na rysunku 8.

Na podstawie uzyskanych wyników widać, że w okresie jesienno-zimowym system fotowoltaiczny osiąga minimum wydajności z uwagi na ograniczoną liczbę dni słonecznych (rysunek 6). Sytuacja zmienia się w porze wiosenno-letniej, gdzie duże nasłonecznienie powoduje pracę systemu fotowoltaicznego w najbardziej optymalnej fazie. W okresie wiosenno-letnim system wykazuje największy przyrost energii elektrycznej (rysunek 7).

Podsumowanie

W ramach prowadzonej kompleksowej modernizacji układu energetycznego Parku Wodnego w Ełku zastosowano instalację fotowoltaiczną jako nowoczesny układ pozyskania energii elektrycznej przy wykorzystaniu energii promieniowania słonecznego.

Od stycznia 2012 roku do grudnia 2012 roku siłownia elektryczna solarna wyprodukowała na potrzeby własne ~ 43 MWh energii elektrycznej. Produkowana energia elektryczna z paneli PV pokrywa do 14,98% globalnego zapotrzebowania energii Parku Wodnego.

Wydajność modułów fotowoltaicznych w okresie letnim jest bardzo wysoka, co związane jest z natężeniem promieniowania słonecznego, które na terenie Polski jest najintensywniejsze w okresie wiosenno – letnim.

Celem modernizacji było obniżenie ilości konsumowanej energii elektrycznej ze źródeł konwencjonalnych na potrzeby technologiczne obiektu. Zastosowanie instalacji PV pozwoliło na jej obniżenie i jednocześnie pozwoliło zredukować emisję dwutlenku węgla do środowiska. Inwestycja była finansowana w 85% w ramach programu RPO Warmia i Mazury 2007-2013, a w 15% ze środków własnych.

W Polsce należy zintensyfikować działania na rzecz wykorzystywania instalacji fotowoltaicznych do produkcji energii elektrycznej; nadal brakuje rozwiązań

prawnych, które pozwolą na szybką budowę systemów fotowoltaicznych i przyłączenie ich do sieci.

Producenci zielonej energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych mogą liczyć na razie na tak zwane świadectwo pochodzenia, potocznie zwane zielonym certyfikatem, które producenci energii odnawialnej otrzymują oprócz regularnej ceny energii, oraz ewentualne dotacje z Unii Europejskiej na inwestycje na duże projekty elektrowni solarnych, co pokazano na przykładzie Parku Wodnego w Ełku.

Zrealizowana w 2011 roku i obecnie działająca siłownia elektryczna PV jest największym tego typu obiektem w regionie północno-wschodniej Polski.