

Aspekty prawno-ekonomiczne i ekologiczne dla elektrowni fotowoltaicznych

Streszczenie. W artykule zaprezentowano aspekty prawno-ekonomiczne inwestycji elektrowni fotowoltaicznej na tle prowadzonej polityki państwa. Przedstawiono dane dotyczące dynamiki zmian w zakresie pozyskiwania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Opisano problematykę zielonych certyfikatów w świetle analizy rentowności przedsięwzięcia. Dodatkowo zwrócono uwagę na aspekty ekologiczne, które należy uwzględnić przy dokonywaniu analizy opłacalności projektu.

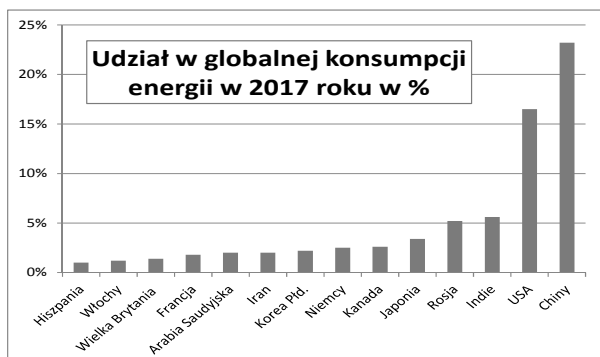
Abstract. The article presents the legal and economic aspects of a photovoltaic plant investment in the context of the state policy. There are presented the data on the dynamics of changes in the scope of acquiring electricity from renewable sources. The issue of green certificates in the light of the analysis of the project efficiency is also described. In addition, the attention was paid to ecological aspects that should be taken into account during analyzing the profitability of the enterprise. (**Photovoltaic power plants - legal, economic and ecological aspects**).

Słowa kluczowe: OZE, elektrownia fotowoltaiczna, opłacalność fotowoltaiki, efekt ekologiczny.

Keywords: Renewable energy, photovoltaic power, photovoltaics cost-effectiveness, ecological effect.

Wstęp

Presja konkurencyjna w której efektywność, niezawodność i dyscyplina kapitałowa wiedzie prym na globalnych rynkach energii to siła, która kształtuje politykę państw i która nasila się z roku na rok. Nowe technologie wspierane coraz większą świadomością społeczną i konsekwentnie prowadzoną polityką rządową zmieniają sposób w jaki energia jest i będzie produkowana oraz konsumowana w przyszłości tak, by zaspokoić potrzeby energetyczne rozwijającej się gospodarki światowej.

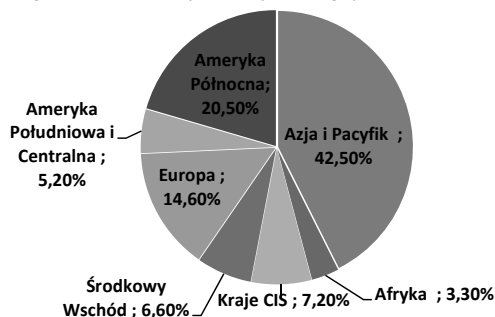


Rys.1. Konsumpcja energii w wybranych krajach wg. [2] w roku 2017 (wartości procentowe)

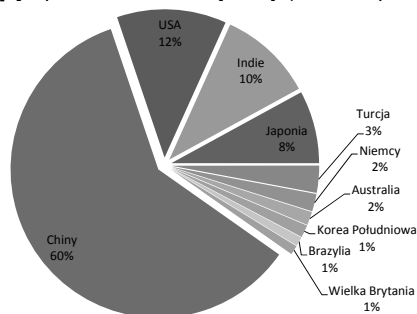
Obecne szacunki i prognozy bez wątpienia wskazują, że popyt na energię będzie nadal rósł, a globalne zużycie [1] energii wzrośnie o około jedną trzecią do 2040r. Największym konsumentem energii w świecie [2] stały się na przestrzeni ostatnich lat Chiny, które zużywają około 23,2 procent wyprodukowanej energii światowej, wyprzedzając pod tym względem pozostałe kraje w tym Stany Zjednoczone, Indie i Rosję. Procentowy udział poszczególnych państw w globalnej konsumpcji energii odnawialnej w 2017 roku (uwzględniających produkcję energii z zasobów wiatru, energii solarnej, geotermalnej i biomasy) przedstawiono na rysunku 1. Udział w ogólnym zasobie konsumowanej energii w 2017r. [2] z podziałem na kontynent prezentuje rysunek 2.

Postęp technologiczny w produkcji energii, jaki zachodzi w oparciu o odnawialne źródła i zasoby powoduje, że zdolność światowa do wytwarzania energii rośnie

stosunkowo szybko. Szczególnie jest on widoczny w dynamicznie przyrastających mocach w sektorach bazujących na odnawialnych źródłach energii, zwłaszcza wykorzystujących energię słoneczną i energię wiatru. Ma to również swoje konsekwencje w wykorzystywaniu niekonwencjonalnych zasobów, w tym np. ropy i gazu potrzebnego do zapewnienia natychmiastowej produkcji energii w przypadku braku możliwości jej produkcji ze źródeł odnawialnych. Procentowy przyrost wykorzystania gazu jako nowego źródła w miksie energetycznym jest szczególnie widoczny pod tym względem. [3]



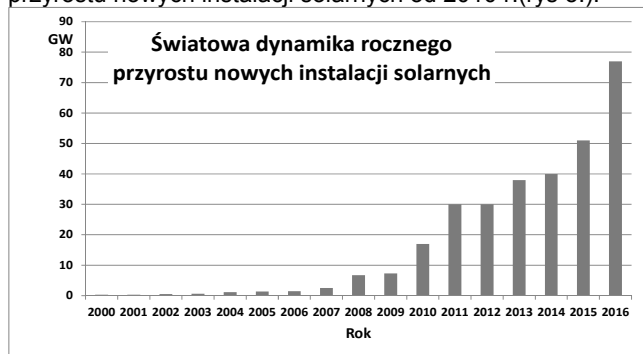
Rys.2. Udział w ogólnym zasobie konsumowanej energii w 2017r. wg. [2] z podziałem na kontynenty (wartości procentowe)



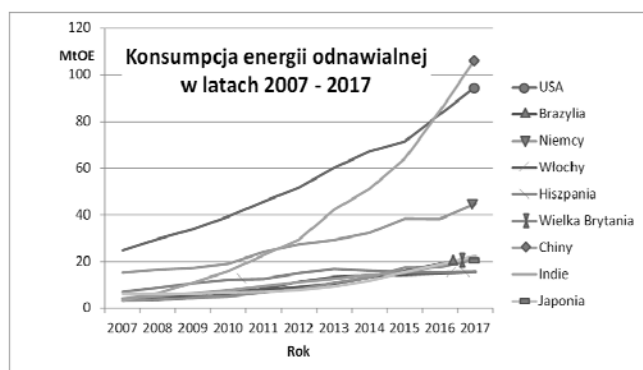
Rys.3. Procentowy udział nowych instalacji fotowoltaicznych na świecie w 2017 roku, w podziale na kraje.

Przykładowo nowe instalacje PV w 2017 r. w Chinach stanowiły około 60,07% całkowitej zainstalowanej na świecie mocy fotowoltaicznej, w USA 12%, w Indiach 10% a w Japonii 8% (rys.3), zaś największym konsumentem energii odnawialnej były Stany Zjednoczone a w ostatnich

dwóch latach wyższy poziom zanotowały Chiny (rys.4.). Widoczny jest również znaczny wzrost światowej dynamiki przyrostu nowych instalacji solarnych od 2010 r.(rys 5.).



Rys.4. Światowa dynamika rocznego przyrostu nowych instalacji solarnych w GW.



Rys.5. Konsumpcja energii odnawialnej w latach 2007 - 2017 (w tym energii wiatrowej, geotermalnej, słonecznej, biomasy i odpadów).

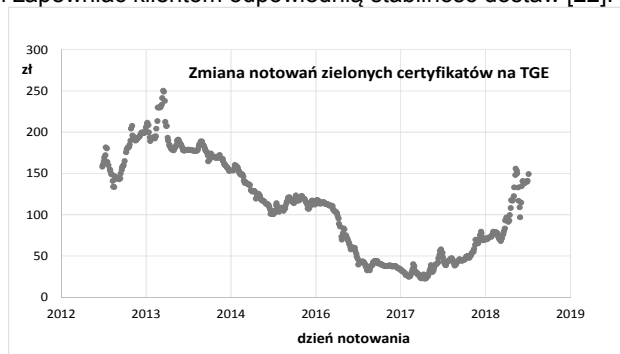
Przedstawione dane dotyczą zarówno stacjonarnych jak i nadających systemów fotowoltaicznych. Dynamika przyrostu instalowanych systemów PV zależy zarówno od uwarunkowań ekonomicznych, ale również od uwarunkowań klimatycznych danego państwa jak i rozwiniętej technologii wytwarzania modułów. Jednym z ważniejszych parametrów w przypadku pozyskiwania energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych jest średnie dzienne natężenie promieniowania słonecznego. Na świecie waha się ono od 4 do 7 kilowatogodzin (kWh/m²). Promieniowanie słoneczne zależy od pory roku, miesiąca, pory dnia, warunków pogodowych, położenia geograficznego i położeniem słońca na niebie [6-9]. Dostępna gęstość mocy promieniowania słonecznego jest funkcją wielu zmiennych. Oprócz intensywności promieniowania zależy również od współczynnika przezroczystości atmosfery, zanieczyszczeń i kurzu, zmian temperatury oraz od kąta padania promieni słonecznych na powierzchnię modułu fotowoltaicznego, co wynika z pozornego ruchu Słońca.

Biorąc pod uwagę duże zapotrzebowanie na energię, wiele ośrodków badawczych pracuje nad optymalizacją hybrydowych systemów fotowoltaicznych i eliminowaniem obecnych ograniczeń. Liczne metody, takie jak wykorzystanie systemów eksperckich lub inteligentne techniki, takie jak sieci neuronowe, logika rozmyta lub algorytmy genetyczne umożliwiają lepszą kontrolę i sterowanie systemami hybrydowymi [10-18].

Aspekty ekonomiczne inwestycji na tle prowadzonej polityki państwa

Utrzymujący się wzrost produkcji ze źródeł odnawialnych prowadzi tym samym do najbardziej zróżnicowanej mieszanki paliwowej, jaką kiedykolwiek

widziano. Wydajne i zróżnicowane źródła energii będą jednocześnie stanowiły trudny rynek, który ma gwarantować i zapewniać klientom odpowiednią stabilność dostaw [22].



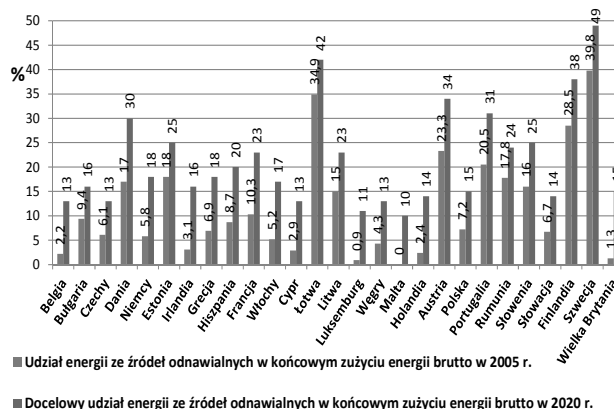
Rys. 6. Zmiana notowań zielonych certyfikatów na Rynku Praw Majątkowych TGE

Obowiązujący w Polsce system w oparciu o zielone certyfikaty cechował się dużym wahaniami cen tych certyfikatów na Towarowej Giełdzie Energii i zasadniczo uniemożliwiał rzetelne szacowanie stóp zwrotu z inwestycji w odnawialne źródła energii oraz przeprowadzenie rzetelnej kalkulacji ryzyka inwestycji. Zmiana notowań zielonych certyfikatów na Rynku Praw Majątkowych TGE zaprezentowana została na rysunku 6.

Skutkowało to nieprzewidywalnością i brakiem możliwości ubiegania się o źródło finansowania na inwestycje z krajowych i zagranicznych instytucji finansowych. Doprowadziło to również do utraty płynności finansowej wielu przedsiębiorców i postawienie ich w stan praktycznej likwidacji z koniecznością zwrotu uzyskanej pomocy publicznej.

Istotne pod tym względem są stabilne i przewidywalne dla rynku energii odnawialnej regulacje prawne, zapewniające możliwość prognozowania potencjalnych przychodów i stóp zwrotu, które gwarantować będą przy akceptowalnym ryzyku opłacalności inwestycji.

W krajach członkowskich Unii Europejskiej przyjęte zostały zadania dla poszczególnych państw, a odnoszące się do promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Zakres zobowiązań produkcji energii ze źródeł odnawialnych regulują odpowiednie dokumenty i akty normatywne UE. Na mocy wprowadzonego przez Parlament Europejski prawa wyznaczono cele osiągnięcia ustalonych wskaźników udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto.



Rys. 7. Krajowe cele ogólne w zakresie zużycia energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r wg [20].

Przyjęte i zadeklarowane przez poszczególne kraje cele do osiągnięcia w zakresie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych (w stosunku do zużycia energii brutto) w 2020r zaprezentowane zostały na rys. 7.

W Polsce podstawowymi aktami normatywnymi regulującymi obowiązki z zakresu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych są oprócz Ustawy Prawa Energetycznego, „Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii” (Dz. U. z 2015 r. poz.478, poz.2365 i z 2016r. poz. 9250) oraz „Ustawa (z dnia 7 czerwca 2018r.) o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw” [21-24].

Wymienione akty prawne wprowadzają nowe zasady wsparcia dla energii ze źródeł odnawialnych, które mają przybliżyć Polskę do wywiązania się z celu OZE do roku 2020. Zmiany ogłoszone w dzienniku ustaw poz.2365 i z 2016r. poz. 9250 zasadniczo doprecyzowują wprowadzone pojęcia oraz uściślają zasady, usuwając jednocześnie wątpliwości interpretacyjne wobec przepisów ustawy z dnia 20 lutego 2015r. Nowelizacja porządkuje sytuację wytwórców energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii oraz zasad udzielania pomocy publicznej, wprowadza definicję prosumenta, wytwarzającego energię elektryczną wyłącznie z odnawialnych źródeł energii z mikro instalacji w celu jej wykorzystania na własne potrzeby, niezwiązane z wykonywaną działalnością gospodarczą oraz wprowadza zasady rozliczania się inwestorów zainteresowanych mikro instalacjami w tym instalacjami do 10kW. Takiemu inwestorowi pozwala się na skorzystanie z korzystniejszych współczynników odnoszących się do ilości energii elektrycznej wprowadzonej i pobranej z sieci przez prosumenta. Przy mikro instalacjach do 10kW stosunek ilościowy wynosi 1 do 0,8.

Natomiast „Ustawa (dnia 7 czerwca 2018r.) o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw” wprowadza naprawę wadliwych regulacji prawnych związanych z łączeniem pomocy publicznej i operacyjnej, które zakwestionowała Komisja Europejska.

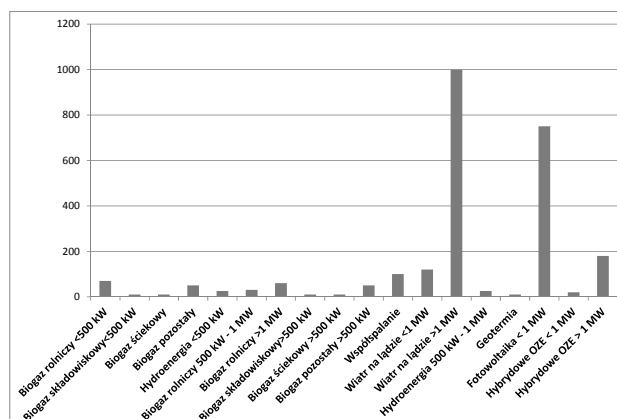
Wyrównuje ona szanse w systemie aukcyjnym wszystkich uczestników rynku, w tym również tych, którzy wsparcia środkami publicznymi nie otrzymali w wystarczającym stopniu. Wprowadzona reguła kumulacji pomocy publicznej skutkuje pomniejszeniem tej pomocy w aukcji polegającej na pozyskaniu gwarantowanej ceny za energię o wszelką uprzednio otrzymaną publiczną pomoc inwestycyjną w tym np. unijną dotację.

Brak szczegółowego doprecyzowania poruszanej kwestii w pierwszej wersji ustawy w stosunku do systemu aukcyjnego dawał zasadniczą przewagę inwestorom, którzy posiadali wydatną pomoc inwestycyjną ze środków publicznych w realizacji projektu. Dzięki temu mogli oni oferować niższe ceny za energię, zwiększając tym samym swoje szanse na wygranie aukcji kosztem innych uczestników rynku. Zaburzało to zdrowe mechanizmy rynkowe, które stały u podstaw wprowadzonych zmian w ustawie.

Jednocześnie system aukcyjny gwarantuje stałą cenę energii inwestorowi przez 15 lat od uruchomienia wytwarzania, co roku powiększaną o wskaźnik inflacji. Z punktu widzenia inwestora jest to bardzo korzystne, gdyż wprowadza przewidywalność w szacowaniu stóp zwrotu z inwestycji i umożliwia znaczące ograniczenie ponoszonego ryzyka (w stosunku do systemu opartego o zielone certyfikaty), co w horyzoncie założeń długiego czasu pracy, zwrotu i amortyzacji takich systemów jest kwestią zasadniczą.

W myśl nowelizacji, ustawodawca w modelu aukcyjnym dodatkowo rozgraniczył poszczególne źródła energii odnawialnej ze względu na typ instalacji (np. biogaz, hydroenergetyka) oraz moc instalacji i wprowadził rozróżnienie ich, dzieląc po między nimi ilość energii przeznaczoną do sprzedaży przez tzw. koszyki. Zatem to w obrębie danych koszyków producenci będą składać oferty.

Zakłada się przy tym, że odrębna pula energii elektrycznej zostanie przeznaczona dla instalacji o mocy do i powyżej 1 MW, a URE będzie mógł przeprowadzić aukcje uzupełniające w przypadku braku wystarczającej liczby ofert sprzedaży. Ma to doprowadzić do sytuacji, w której na danych aukcjach skorzystać mają wybrani inwestorzy np. w 2018r planujący budowę farm wiatrowych o mocy ponad 1 MW, którzy zgodnie z założeniami ministerstwa powinni zbudować w systemie aukcyjnym instalacje wiatrowe o łącznej mocy do 1 GW. W systemie aukcyjnym przewidziano również w 2018r duże wsparcie dla elektrowni fotowoltaicznych o mocy do 1 MW, co skutkowało na budowę elektrowni słonecznych o łącznej mocy do 750 MW. Rysunek 8 wskazuje również na znaczące wsparcie dla projektów hybrydowych (wsparcie do 180 MW) jako wyodrębnionych zespołów urządzeń w których energia elektryczna jest wytwarzana wyłącznie z odnawialnych źródeł energii, różniących się rodzajem oraz charakterystyką dyspozycyjności wytwarzanej energii.



Rys. 8. Zmiana notowań zielonych certyfikatów na Rynku Praw Majątkowych TGE

Aspekty ekologiczne

Każdy wytworzony przemysłowo produkt, w tym panele fotowoltaiczne, ma wpływ na środowisko naturalne. W tym przypadku analiza ekologiczna powinna dotyczyć takich zagadnień jak ilość energii potrzebna do wytworzenia modułów fotowoltaicznych, recykling ogniw po czasie ich użytkowania oraz materiały wykorzystywane lub wytwarzane w trakcie ich produkcji. Te czynniki mają nie tylko wpływ na środowisko naturalne, ale również na analizę ekonomiczną wykorzystania tego typu źródła energii elektrycznej. Zasadne jest zatem przeprowadzenie szczegółowej analizy oceny cyklu życia (LCA) paneli fotowoltaicznych oraz wszystkich elementów stanowiących elementy składowe farm fotowoltaicznych. Tego typu analiza obejmuje ocenę potencjalnych zagrożeń dla środowiska naturalnego w całym procesie wykorzystania ogniw fotowoltaicznych, a jej istotą jest nastawienie nie tylko na ocenę wyniku końcowego danego procesu technologicznego.

Większość modułów fotowoltaicznych zbudowana jest na bazie nieszkodliwego krzemu. Jednakże w trakcie procesu produkcyjnego modułów pojawiają się toksyczne odpady, które należy kontrolować ze szczególną starannością, aby zapobiec degradacji środowiska naturalnego.

Krzem krystaliczny jest wytwarzany z wykorzystaniem gazu silanowego, którego produkcja prowadzi do powstania tetrachlorku krzemu jako efektu ubocznego. Gaz ten może być wykorzystany w cyklu zamkniętym, jednakże jest to gaz toksyczny. Kolejnym związkiem chemicznym, który może powodować negatywne środowiskowe skutki, jest bardzo silny gaz cieplarniany sześćsiorku siarki. Służy on do

czyszczenia reaktora stosowanego do produkcji krzemu. W procesie produkcji paneli wykorzystywany jest również ołów i niewielkie ilości aluminium i srebra. Niektórzy producenci stosują lutowie bezołowiowe.

Niektóre rodzaje paneli fotowoltaicznych zawierają wyjątkowo toksyczny metal - kadm. Wykorzystuje się go w postaci tellurku kadmu (CdTe). Związek ten jest nierozpuszczalną w wodzie substancją niemetaliczną dopuszczalną do użytku na podstawie przepisów UE. Warto podkreślić, że w jednej baterii NiCd znajduje się 2500 razy więcej kadmu niż w cienkowarstwowych ogniwach fotowoltaicznych zbudowanych w oparciu o CdTe. Dla porównania produkcja 1 kWh energii elektrycznej w tradycyjnej elektrowni węglowej to 360 razy wyższa emisja kadmu jako zanieczyszczenia powietrza niż w porównaniu z modułami słonecznymi typu CdTe. Należy jednak podkreślić, że wymienione związki nie wyczerpują listy wszystkich szkodliwych substancji wykorzystywanych w procesie produkcji paneli fotowoltaicznych, gdyż istnieją różne technologie ich wytwarzania.

Jednym z problemów, który należy uwzględnić przy analizie ekonomicznej wykorzystania paneli fotowoltaicznych a związanych z ekologią jest ich recykling po zakończeniu jego eksploatacji. Analogicznie do odbierania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego planuje się zobowiązanie producenta paneli PV do ewentualnej utylizacji lub recyklingu. Grupa producentów i dystrybutorów paneli fotowoltaicznych spotkała się w ramach programu CYKL PV, którego celem jest osiągnięcie poziomu recyklingu wynoszącego 85% do 2020 r. [25].

Przy dokonywaniu analiz opłacalności stosowania paneli fotowoltaicznych przewiduje się, że czas ich użytkowania wynosi powyżej 30 lat.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono dane dotyczące konsumpcji energii elektrycznej na świecie oraz udziału paneli fotowoltaicznych w jej produkcji. Opisano problemy wynikające ze stosowania obowiązującego w Polsce systemu wprowadzania na rynek energii wytworzonej ze źródeł odnawialnych w oparciu o zielone certyfikaty, które są przedmiotem umów handlowych na Towarowej Giełdzie Energii. Zgodnie z wyznaczonymi przez Komisję Europejską celami osiągnięcia ustalonych wskaźników udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto ustawodawca wprowadził nowe akty prawne. W niniejszym artykule przedstawiono ich główne założenia. Opisano również aspekty ekologiczne, które należy wziąć pod uwagę przy analizie opłacalności realizacji inwestycji w panele fotowoltaiczne.

Autorzy: dr inż. Ewa Korzeniewska, dr inż. Artur Szczęsny, Politechnika Łódzka, Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej, Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: ewa.korzeniewska@p.lodz.pl; artur.szczesny@p.lodz.pl; dr Agnieszka Drzymała, Uniwersytet Łódzki, Instytut Ekonomii, Katedra Gospodarki Światowej i Integracji Europejskiej ul. Rewolucji 1905 Nr. 41, 90-255 Łódź, mail: agnieszka.drzymala@uni.lodz.pl; dr inż. Rafał Zawislak, Politechnika Łódzka, Instytut Automatyki, Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: rafal.zawislak@p.lodz.pl;

Sebastian Seme PhD Eng. University of Maribor, Faculty of Energy Technology, email: sebastijan.seme@um.si

LITERATURA

- [1] World Energy Outlook 2017; U.S. Energy Information Administration; <https://www.eia.gov>
- [2] BP Statistical World Energy Review 2017: <http://www.bp.com/>
- [3] IEA (2017), World Energy Statistics 2017, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/world_energy_stats-2017-en

- [4] EUROSTAT <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- [5] Drzymała A. "Aspekty szacowania opłacalności i inwestycji w odnawialne źródła energii na przykładzie elektrowni fotowoltaicznej", *Przegląd Elektrotechniczny*, Vol. 89, 12/2013, 360-363
- [6] Nęcka K., Lis S., Drózd T., Oziębłowski M., Kielbasa P., Tomasiak M., Ostafin M., Nawara P.: "Characteristics of photovoltaic power unit under variable meteorological conditions" *Przegląd Elektrotechniczny* (2016) Vol. 92, 12.: 105-108
- [7] Korzeniewska E., Drzymała A. "Photovoltaic power plants - technical and economic aspects" *Przegląd Elektrotechniczny* (2013) Vol. 89, (12): 324-327
- [8] Zielińska A., Skowron M., Bień A. "Modelling of photovoltaic cells in variable conditions of temperature and intensity of solar insolation as a method of mapping the operation of the installation in real conditions" *IIPhDW 2018* pp. 200-204
- [9] Pawlak R., Kawczyński R., Korzeniewska E., Lebioda, M., Rosowski A., Rymaszewski J., Sibiński M., Tomczyk M., Walczak M.: "Photovoltaic cells of unconventional shapes" *Przegląd Elektrotechniczny* Vol. 89, no. 7, 2013, 288-292
- [10] Kasprzyk L., Nawrowski R., Tomczewski A.: Optimization of Complex Lighting Systems in Interiors with the Use of Genetic Algorithm and Elements of Paralleling of the Computation Process, *Intelligent Computer Techniques in Applied Electromagnetics, Studies in Computational Intelligence*, 2008 Vol 119, 21-29,
- [11] Drzymała P., Welfle H.: "Przetwarzanie dużych zbiorów danych xml z użyciem struktur relacyjno-hierarchicznych w systemie ibm db2" *Przegląd Elektrotechniczny* r. 93 nr 6/2017 p.33-36
- [12] Drzymała P., Welfle H.: Zaawansowane mechanizmy wymiany danych w środowisku sql server z użyciem standardu xml" *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 93 no 1/2017 p. 137-140
- [13] Drzymała P., Welfle H.: obliczanie oraz weryfikacja eksperymentalna strat dodatkowych występujących w łączniku belek jarzmowych dużych transformatorów, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 94 no 1/2018 p. 29-32
- [14] Drzymała P., Welfle H.: Szacowanie strat dodatkowych w uzwojeniach transformatorów z wykorzystaniem numerycznych metod polowych, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 91 no 1/2015 p.133-135
- [15] Chomatek L., Duraj A. "Multiobjective genetic algorithm for outliers detection" *INISTA 2017*, Art no 8001190, pp 379-384
- [16] Rymarczyk T.; Sikora J., Polakowski K., Adamkiewicz P. „Efficient algorithm of ultrasound and radio tomography imaging for two dimensional problems”, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 94, no. 6, 2018, pp. 62-69.
- [17] Rymarczyk T., Kłosowski G., "Application of neural reconstruction of tomographic images in the problem of reliability of flood protection facilities", *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* vol. 20, no. 3, 2018, pp. 425–434
- [18] Bugała A., Bednarek K., Kasprzyk L., Tomczewski A., Statistical analysis of the electric energy production from photovoltaic conversion using mobile and fixed constructions, *EEMS 2017, E3S Web of Conferences* 19, 01002 (2017), 1-6,
- [19] M. Trela, A. Dubel: Porównanie systemów wsparcia odnawialnych źródeł energii w Polsce: zielone certyfikaty vs system aukcyjny, na przykładzie instalacji PV *Polityka Energetyczna* (2017) z. 2, 105-116
- [20] Energia ze źródeł odnawialnych w 2016 roku; GUS; ISSN 1896-4347; <https://stat.gov.pl>
- [21] Joint Research Centre European Commission (JRC) <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [22] USTAWA z dnia 20 lutego 2015r odnawialnych źródeł energii: <http://isap.sejm.gov.pl> Dz. U. 2015 poz. 478
- [23] Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20160000925>
- [24] Ustawa o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw; Dz.U. 2018 poz. 1276; <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180001276>
- [25] <http://info.cat.org.uk/questions/pv/what-environmental-impact-photovoltaic-pv-solar-panels/>