



Stanisław Wieteska

Uniwersytet Humanistyczno-Ekonomiczny
im. Jana Kochanowskiego w Kielcach
Filia w Piotrkowie Trybunalskim
Wydział Nauk Społecznych
Katedra Ekonomii i Zarządzania
r.gudz@unipt.pl

Iwona Laskowska

Uniwersytet Łódzki
Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny
Katedra Ubezpieczeń
ilaskow@uni.lodz.pl

OCENA RYZYKA EKSPLOATACJI URZĄDZEŃ FOTOWOLTAICZNYCH DLA POTRZEB ICH UBEZPIECZENIA OD WYBRANYCH ZDARZEŃ LOSOWYCH NA TERENIE POLSKI

Streszczenie: Ograniczone zasoby konwencjonalnych źródeł energii oraz wzrost dwutlenku węgla w atmosferze powodują, że sięgamy do odnawialnych źródeł energii. Już od wielu lat w państwach Europy Zachodniej obserwujemy rosnące wykorzystanie energii wiatru, słońca, energii geotermalnej dla celów energetycznych. W Polsce także wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem energii słonecznej dla produkcji energii elektrycznej za pomocą urządzeń fotowoltaicznych. Jak każde urządzenie, także i urządzenia fotowoltaiczne narażone są na różnego rodzaju zdarzenia losowe. Celem artykułu jest ocena ryzyka niezbędna przy ubezpieczeniu urządzeń fotowoltaicznych od wybranych zdarzeń losowych. Na bazie podstawowych informacji o urządzeniach fotowoltaicznych stawiamy tezę o konieczności objęcia ochroną ubezpieczeniową tego rodzaju urządzeń. W artykule wskazujemy na podstawowe elementy oceny ryzyka ubezpieczeniowego, tj. przedmiot ubezpieczenia, zakres odpowiedzialności, sumę ubezpieczenia.

Słowa kluczowe: energia słoneczna, panel fotowoltaiczny, ubezpieczenia, ryzyko.

JEL Classification: G22, P22, Q42.

Wprowadzenie

Odkrycie zjawiska fotoelektrycznego na początku XX w. zapoczątkowało intensywny rozwój badań nad pozyskaniem energii elektrycznej z promieniowania słonecznego. To z kolei zaowocowało powstaniem nowej, interdyscyplinarnej dziedziny zwanej fotowoltaiką. Według Międzynarodowej Agencji Energii

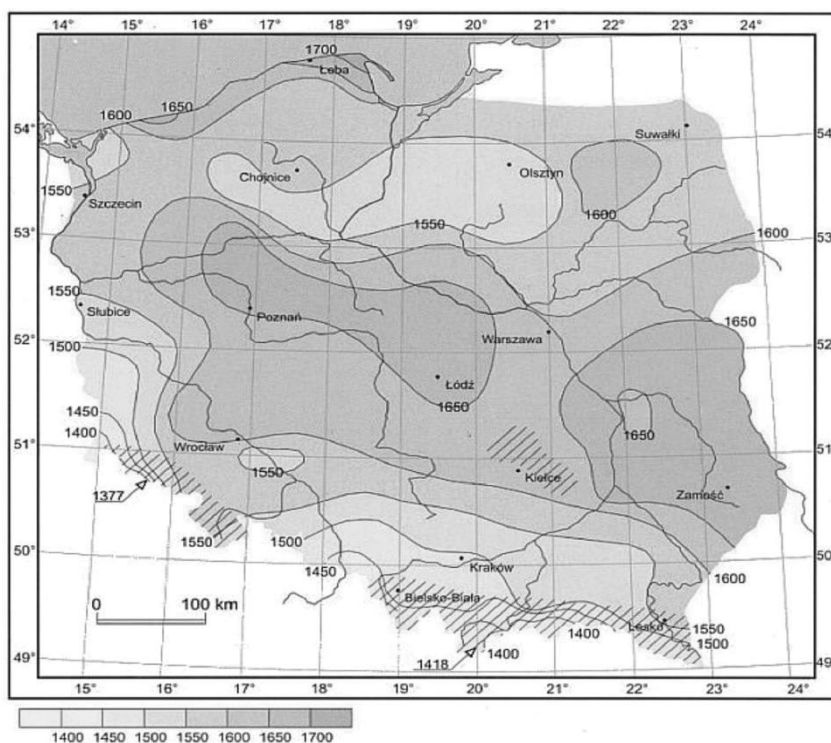
Odnawialnej (*International Renewable Energy Agency – IRENA*) we wszystkich krajach Unii Europejskiej na koniec 2016 r. było już 102,5 GW mocy zainstalowanej w fotowoltaice, przy czym 40 986 MW to instalacje niemieckie [*Rynek fotowoltaiki w Polsce w 2016 r.*, 2017, s. 14].

W Polsce także od wielu lat wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem energii słonecznej dla produkcji energii elektrycznej za pomocą urządzeń fotowoltaicznych. Zgodnie z założeniami Krajowego Planu Działań do 2020 r. ponad 2,5 mln prosumentów będzie wykorzystywać mikroinstalacje OZE, z czego ok. 500 tys. instalacje fotowoltaiczne [Rosolek, 2013, s. 30]. Biorąc powyższe pod uwagę, można zakładać stopniowy wzrost udziału energii słonecznej w całkowitej produkcji energii elektrycznej.

Jak każde urządzenie, także i urządzenie fotowoltaiczne narażone jest na różnego rodzaju zdarzenia losowe. Aby choć w części zrekompensować straty w urządzeniach fotowoltaicznych (PV), koniecznością jest objęcie ich ochroną ubezpieczeniową. Celem artykułu jest ocena ryzyka niezbędna przy ubezpieczeniu urządzeń fotowoltaicznych od wybranych zdarzeń losowych. W artykule poruszono podstawowe problemy związane z urządzeniami fotowoltaicznymi, które należy wziąć pod uwagę podczas ich ubezpieczenia. Artykuł wskazuje na nowy, współczesny przedmiot ubezpieczeń, który powinien być objęty ochroną przez zakłady ubezpieczeń majątkowo-osobowych.

1. Stopień usłonecznienia na terenie Polski jako czynnik warunkujący rozwój fotowoltaiki

Warunkiem sprawnego i efektywnego funkcjonowania urządzeń fotowoltaicznych jest odpowiedni stopień nasłonecznienia. Według *Słownika meteorologicznego* „Usłonecznienie rzeczywiste to liczba godzin, podczas których tarcza słoneczna nie jest zasłonięta przez chmury, czyli czas występowania promieniowania bezpośredniego; do pomiaru usłonecznienia służy przyrząd zwany heliografem” [Niedźwiedz, red., 2003, s. 347]. Obszerną dyskusję na temat promieniowania słonecznego przeprowadził D. Matuszko [2011, s. 27-30]. Rozkład usłonecznienia regionów w Polsce przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Usłonecznienie – średnie roczne sumy (godziny)

Źródło: Lorenc [red., 2005, s. 21].

W świetle danych GUS np. w 2014 r. największe usłonecznienie (liczone w godzinach) wystąpiło: w Łodzi (2071), Warszawie (2278), Chojnicach (1978), Toruniu (1939), Poznaniu (1962), Terespolu (1965), Wrocławiu (1917). Najmniejsze usłonecznienie było obserwowane w Suwałkach (1654), Kaliszu (1631), Gorzowie Wlkp. (1541), na Śnieżce (1411) [GUS, 2005, tab. 11].

Ilość energii docierającej w poszczególnych miesiącach roku jest zróżnicowana (tabela 1).

Tabela 1. Średnia ilość energii słonecznej docierającej do 1 m² powierzchni panelu fotowoltaicznego oraz średnia ilość energii możliwa do uzyskania dziennie z panelu fotowoltaicznego o powierzchni 1 m² (przy sprawności 15%)

Miesiąc	Energia docierająca [kWh]	Energia uzyskana [kWh]
1	2	3
Styczeń	0,67	0,10
Luty	1,68	0,25
Marzec	2,45	0,37
Kwiecień	3,73	0,56
Maj	4,96	0,74

cd. tabeli 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Czerwiec	5,13	0,77
Lipiec	5,16	0,77
Sierpień	4,45	0,67
Wrzesień	2,96	0,44
Październik	1,90	0,29
Listopad	0,86	0,13
Grudzień	0,51	0,08

Źródło: Strzyżewski [2010, s. 46, 48].

Warto odnotować, że w 2015 r. przy Centrum Technologii Energetycznych w Świdnicy powstało największe laboratorium badawcze, testowe i demonstracyjne energii słonecznej [www 1]. Przedmiotem badań jest również usłonecznienie efektywne¹.

Funkcjonowanie urządzeń fotowoltaicznych uzależnione jest także od przezroczystości powietrza [Michalak, 2011, s. 23-26]. Ograniczeniem ich wydajności mogą być zacienienia spowodowane różnymi przyczynami (np. drzewa, budynki), a także zachmurzenie [Skrzypski, 1990, s. 65-82].

2. Ogólna charakterystyka urządzeń fotowoltaicznych (PV) i ich zastosowań

Urządzenia fotowoltaiczne powodują bezpośrednie przetwarzanie (konwersję) energii promieniowania słonecznego na prąd elektryczny. Podstawowe elementy systemu fotowoltaicznego definiowane są następująco²:

- Falownik (a nie spolszczony „inwerter”, od ang. *inverter*) – urządzenie, do którego przyłącza się łańcuchy. Polskie określenie „falownik” doskonale oddaje jego podstawowe zadanie, czyli przemianę prądu stałego (ang. *direct current*, DC) na wyjściowy prąd przemienny (ang. *alternate current*, AC), powszechnie stosowany w sieci (ang. *grid*) operatora sieci dystrybucyjnej (ang. *network grid operator*);
- Generator (ang. *generator*) – urządzenie przetwarzające (a nie „wytwarzające”) energię nieelektryczną w elektryczną;
- Łańcuch (ang. *string*) – elektryczny układ szeregowo połączonych modułów;
- Moduł (ang. *module*) – mechanicznie i elektrycznie najmniejszy zestaw połączonych ogniw fotowoltaicznych. Moduł zabezpieczony jest przed oddziały-

¹ Więcej na ten temat: Koźmiński i Michalska [2006, s. 46-50].

² Opracowano na podstawie: Piliński [2013, s. 4].

- waniem warunków atmosferycznych i stanowi najmniejszy pojedynczy element stosowany do budowy panelu;
- Ogniwo, ogniwo słoneczne (ang. *solar cell*) – najmniejszy element fotowoltaiczny generujący energię elektryczną pod wpływem padającego światła słonecznego. Pojedyncze ogniwo wytwarza niewielkie napięcie (ok. 1,56V), więc aby można było stosować ogniwa na skalę przemysłową, musimy szeregowo łączyć je w moduły;
 - Panel (ang. *panel*) – zestaw wzajemnie połączonych elektrycznie modułów, zmontowanych i okablowanych, przewidzianych do instalowania w sekcji pola modułów (ang. *array*). Taki zestaw zawiera już konstrukcję wsporczą (ale bez fundamentu), różnego rodzaju aparaturę pomiarową lub sterującą. Nadal jest to jednak zestaw urządzeń, który przetwarza energię promieniowania słonecznego na energię prądu stałego. Możemy zatem nazwać go również generatorem. W Polsce przyjęło się, niestety, błędne stosowanie nazwy „panel fotowoltaiczny” do określenia pojedynczego modułu.

Warto zwrócić uwagę, że przeprowadzane są liczne symulacje komputerowe wpływu lokalizacji geograficznej odbiornika i parametrów czasowych ogniw fotowoltaicznych na możliwą do pozyskania gęstość promieniowania słonecznego w taki sposób, aby uzyskać największe efekty energetyczne [Frydrychowicz-Jastrzębska, Szaferski, 2008, s. 13-15]. Dotychczas opracowane zostały ogniwa I, II i III generacji. Trwają dalsze prace nad ogniwami o większej sprawności oraz wykorzystaniem dwustronnych baterii słonecznych (*double bitcal solar panels*) [Szlachta, 2013, s. 56-59; Klugmann-Radziemska, 2014, s. 40-42]. Do nowych rozwiązań w energetyce słonecznej zaliczyć można elektrownie heliocentryczne, wieże słoneczne, piece słoneczne, zwierciadła paraboliczne, a także elektrownie heliocentryczne, wieże słoneczne, piece słoneczne, zwierciadła paraboliczne [Sikorski, 2015, s. 38-39], kominy słoneczne [Redliński, Zapałowicz, 2010, s. 61-64].

Panele fotowoltaiczne mogą być stosowane:

- jako obudowa ścian zewnętrznych,
- w postaci dachówek, elementów zadaszeń, okapów, znaków, dodatkowych elementów budynku [*Aspekty ekonomiczne fotowoltaiki...*, 2014, s. 42-43],
- w przeszklonych fasadach i dachach,
- jako oświetlenie punktów poboru rowerów, generatorów prądu, solarnych wind [*Solarna winda...*, 2015, s. 14], oświetlenie ulic [*Panele podążające za słońcem*, 2015, s. 17], oświetlenie dworców kolejowych [Burchart, 2008, s. 27-28],

- w suszarnictwie produktów rolnych [Kurowski, Wiśniewski, 2003, s. 159-165], w suszeniu osadów ściekowych [Trojanowska, 2013, s. 76-80],
- jako połączenia modułu fotowoltaicznego z kolektorem słonecznym [Klugmann-Radziemska, 2007, s. 34-35], rozwiązania hybrydowe,
- w obiektach sakralnych [Wojciechowska, 2011, s. 28; Krzyżak, 2016],
- w zasilaniu energią słoneczną jednostek pływających [Duda, Leśniewski, Litwin, 2008, s. 32-36],
- dla wspomagania energią słoneczną miejskich sieci ciepłowniczych [Kotowski, Konopka, 2011, s. 26-27].

Podjęmowane są próby lokalizacji PV na terenach zdegradowanych albo na składowiskach odpadów, co znacznie ogranicza koszty utrzymania terenów [Lipiecka, 2015a, s. 24-27]. Prąd elektryczny z fotowoltaiki jest wsparciem dla przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych zużywających go dostatecznie dużo [Lipiecka 2015b, s. 28-29].

Instalacja fotowoltaiczna może wspomóc efektywność energetyczną budynku [Hernas, 2013, s. 61-65]. Systemy fotowoltaiczne występują w dwóch postaciach: BIPN (*Building Integrated Photovoltaics*) oraz zintegrowane z budynkiem BAPV (*Building Attached Photovoltaics*) [Karaś, 2014, s. 30-32]. Ustawodawca wprowadził pojęcie mikroinstalacji, definiując ją jako „odnawialne źródło energii o łącznej mocy zainstalowanej nie większej”; „Mikroinstalacje mogą mieć od 40 KW, przyłączone do sieci elektroenergetycznej o napięciu 120 KW” [Ustawa o zmianie ustawy Prawo energetyczne..., 2013]. Instalacje takie znajdują zastosowanie w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw, a także rolniczych gospodarstwach domowych.

Fotowoltaika ma swoje zalety i wady. Wśród zalet możemy wymienić m.in.:

- nieograniczony zasób energii, możliwość pokrycia dziennego zapotrzebowania na moc; brak kosztów pozyskania paliwa,
- nieoddziaływanie na zanieczyszczenie środowiska,
- niski koszt eksploatacji, szybka instalacja, brak części ruchomych,
- wysoką niezawodność paneli fotowoltaicznych, możliwość dowolnej modulacji mocy,
- dużą akceptację społeczną.

Do wad należy zaliczyć:

- duży koszt instalacji,
- brak urządzeń do ekonomicznej akumulacji energii,
- stopniowe starzenie się instalacji fotowoltaicznej,

- konieczność stosowania systemów nadążnych [*Panele podążające za słońcem*, 2015, s. 22-25] po to, by zwiększyć efektywność wykorzystania promieni słonecznych [Bugala, Frydrychowicz-Jastrzębska, 2014, s. 47-54].

3. Rozwój energetyki słonecznej w Polsce

Rozwój energetyki fotowoltaicznej w Polsce ma już długą historię³. Pierwsze ogniwa fotowoltaiczne opracowano w 1980 r. W Polsce fotowoltaika (konwersja bezpośrednia energii promieniowania na energię elektryczną) jest technologią, która rozwija się dynamicznie w kontekście energetyki prosumenckiej [Bolesta, 2015a, s. 6-9]. Na koniec 2016 r. moc instalacji zainstalowanych w systemach fotowoltaicznych wyniosła 116,2 MW. Około 84,7 MW to instalacje, które otrzymały świadectwa pochodzenia energii oraz 31,5 MW mikroinstalacji *off grid*. Tempo rozwoju fotowoltaiki w Polsce w latach 2013-2016 przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Rozwój rynku fotowoltaiki w Polsce w latach 2013-2016

Wyszczególnienie	2013	2014	2015	2016
MW	2,1	25,3	201,5	219,2

Źródło: *Rynek fotowoltaiki w Polsce w 2016 r.* [2017].

Bilans energii słonecznej w latach 2004-2013 przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Bilans energii słonecznej w latach 2004-2013

Wyszczególnienie	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
	w TJ									
Pozyskanie energii słonecznej	3,6	6,3	10,6	15,0	54,0	283,4	350,0	434,4	544,0	639,3
Zużycie końcowe (finalne) z tego:	3,6	6,3	10,6	15,0	54,0	283,4	350,0	434,4	544,0	639,3
handel i usługi	3,6	6,3	10,6	15,0	54,0	83,4	100,0	134,4	164,2	179,3
gospodarstwa domowe	–	–	–	–	–	200,0	250,0	300,0	379,8	460,0

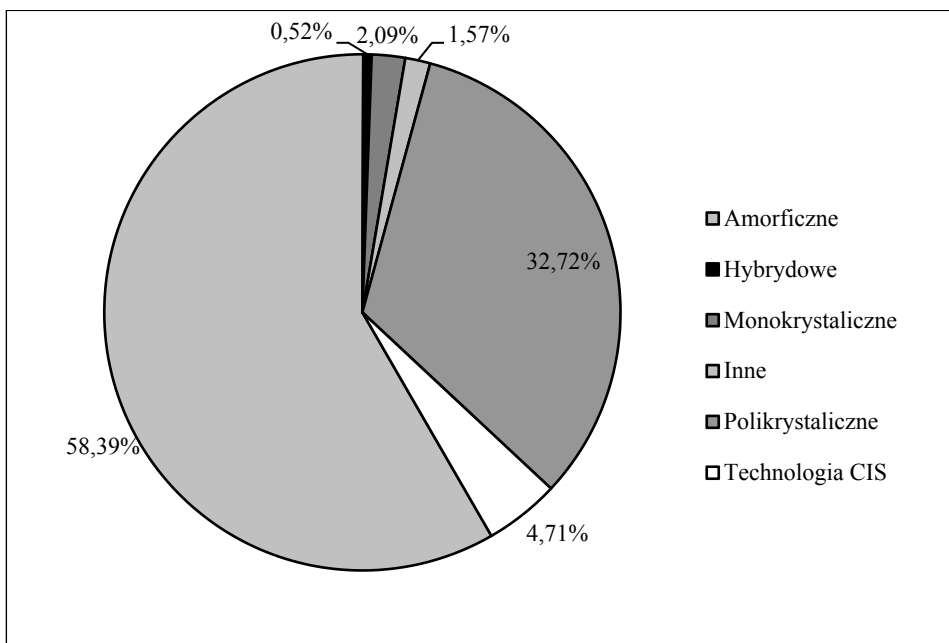
Źródło: GUS [2014, s. 47].

Z danych zawartych w tabeli 3 wynika, że najszybsze zużycie końcowe z urządzeń fotowoltaicznych miało miejsce od 2008 r.

Elektrownie fotowoltaiczne powstają zarówno na wsi, jak i w miastach. Postęp techniczny i technologiczny powoduje, że produkowane są coraz lepszej

³ Por. m.in. Dąbrowski [2006, s. 6-10].

jakości ogniwa fotowoltaiczne [por. Sibiński, Walczak, 2013, s. 136-138]. Strukturę sprzedaży paneli przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Panele fotowoltaiczne w ofertach polskich firm według technologii

Źródło: Bolesta [2015b, s. 39].

Najbardziej korzystny kąt nachylenia panelu fotowoltaicznego w polskiej szerokości geograficznej wynosi 36° nie tylko dla systemów nadążnych (a więc przy stosowaniu tzw. trackerów), lecz również przy wykonywaniu tego typu instalacji bez śledzenia trajektorii Słońca [Korzeniewska, Drzymała, 2013, s. 325].

Podjęmowane są problemy sterowania zespołem orientowanych ogniw fotowoltaicznych. Zadaniem takiego zespołu jest wyprodukowanie jak największej ilości energii elektrycznej przy jak najmniejszym zużyciu wyprodukowanej „samodzielnie” energii na sterowanie zespołu [Oprzedkiewicz, Teneta, 2011, s. 881 i n.] (zainstalowanie takiego sterowania powiększa koszty całej instalacji).

Podjęmowana jest produkcja akumulatorów współpracujących z instalacją fotowoltaiczną [Jak efektywnie magazynować..., 2015, s. 84-87]. W 2005 r. powstało Polskie Towarzystwo Fotowoltaiczne promujące możliwości zastosowań urządzeń fotowoltaicznych. Powstała także Europejska Platforma Technologiczna Fotowoltaiki [Bełtowska-Lehman, 2011, s. 23-26].

Popularyzacja energetyki odnawialnej wśród gospodarstw domowych w Europie i w Polsce przyczyniła się do wzrostu popytu na urządzenia fotowoltaiczne [Curkowski, 2014, s. 12-13]. Potencjalne pole ubezpieczeniowe to np. ok. 5 mln budynków jednorodzinnych (w tym ok. 1,5 mln budynków na terenach wiejskich).

4. Przedmiot i zakres ubezpieczenia urządzeń fotowoltaicznych

Dla użytkowników fotowoltaiki zagrożeniami mogą być:

- porażenia prądem,
- zanieczyszczenia modułów PV: pył, sadze, ptaki, drzewa, liście oraz zanieczyszczenia przez pojazdy mechaniczne,
- pożar budynku,
- huragan (trąba powietrzna),
- obciążenia śniegiem, wyładowania atmosferyczne, gradobicie o dużych średnicach gradzin [Głuchy, Kurz, Trzmiel, 2013, s. 253-260].

Przedmiotem ochrony ubezpieczeniowej powinny być:

- mikroinstalacje, np. produkujące energię elektryczną dla celów gospodarstwa domowego [Mazur, Partyka, 2012, s. 53-57],
- elektrownie fotowoltaiczne obliczone na produkcję energii elektrycznej o charakterze komercyjnym (produkcja energii elektrycznej na dużą skalę),
- mikroinstalacje poza siecią energetyczną [Kowalski, 2013, s. 22-23].

Towarzystwo ubezpieczeniowe Gothaer jako pierwsze wystawiło ofertę ubezpieczeniową⁴.

Warunkiem objęcia ochroną ubezpieczeniową jest wykonanie instalacji fotowoltaicznej przez instalatorów posiadających certyfikat⁵. Osoby te powinny być przeszkolone przez Urząd Dozoru Technicznego i posiadać wiedzę nie tylko z zakresu budownictwa, ale i elektryczności, prądu stałego, pracy na wysokościach. Chodzi o zapewnienie długoterminowego bezpieczeństwa instalacji⁶.

⁴ Zakres ubezpieczenia obejmuje zagrożenia m.in. naturalne (np. huragan mróz, grad, powódź, masowe ruchy ziemi); pożar, osmolenie dymem pożarniczym, przypalenie, implozja, wybuch, upadek statku powietrznego (dronów), kradzież, dewastacje; awarie mechaniczne wynikające z wadliwego działania lub niezadziałania osprzętu elektrycznego, w tym inwerterów lub urządzeń osprzętu elektrycznego, zwarcie, przepięcie.

⁵ Więcej na ten temat: Stando [2012, s. 20-23].

⁶ Dyrektywa 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych narzuca państwom członkowskim tworzenie wzajemnie uznawanych systemów certyfikacji. Każde państwo członkowskie uznaje certyfikaty przyznane w innych państwach. W Polsce zasady certyfikacji instalatorów PV oraz akredytacji organizatorów szkoleń zostały określone

Według badań niemieckich statystyka przyczyn uszkodzeń (PV) przedstawia się następująco [Wincencik, 2014, s. 48]: wyładowania i przepięcia – 26%, pożary (ogień) – 2%, kradzież – 2%, błędy ludzkie – 3%, złośliwość – 3%, błędy techniczne – 6%, huragan, silne wiatry – 9%, naciski śniegu – 14%, pozostałe – 35%. Jak łatwo zauważyć, największym zagrożeniem są wyładowania atmosferyczne. Bezpośrednie doziemne wyładowania atmosferyczne mogą uszkodzić różne elementy instalacji (PV).

W świetle powyższego dla celów ubezpieczeniowych wymagana powinna być zainstalowana instalacja odgromowa [Wincencik, 2009, s. 108-109; Sowa, 2012, s. 36-39, 2013, s. 52-56]. Warunkiem ubezpieczenia instalacji fotowoltaicznych jest zainstalowanie ograniczników przepięć [Błażejewski, 2014, s. 38-39], a także zabezpieczeń przed przeciążeniami i zwarciami.

Najnowszą innowacją jest monitoring instalacji fotowoltaicznych za pomocą komunikacji między falownikami a smartfonami [*Monitoring systemów PV...*, 2014, s. 28-29]. Za pomocą smartfonów czy systemu bezprzewodowej sieci lokalnej (Wi-Fi) można obserwować i rejestrować zakłócenia pracy falowników. Warunkiem ubezpieczenia powinien być całodobowy monitoring funkcjonowania tych urządzeń.

Przedmiotem ochrony ubezpieczeniowej może być również wykazanie losowego uszkodzenia falownika. Niewłaściwy dobór trybu pracy falowników do obciążeniowej mocy może skutkować ich awaryjnością [Mühlberger, 2012, s. 41-45]. Kiedy natężenie promieniowania słonecznego jest bardzo małe, straty są relatywnie wysokie.

5. Proponowany zakres odpowiedzialności zakładu ubezpieczeń

Zakład ubezpieczeń powinien odpowiadać za instalację fotowoltaiczną uszkodzoną następującymi zdarzeniami:

- pożar obiektu spowodowany przyczynami losowymi, m.in. samozapłonem, elektrycznością statyczną, zwarcie instalacji, wyładowaniem atmosferycznym;
- skutki pożarów, które wystąpiły w otoczeniu budynku, w którym eksploatowane są urządzenia fotowoltaiczne;
- gradobicia w przypadku gradzin o średnicy powyżej np. 1,5 cm;

w Ustawie z 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy Prawo energetyczne oraz niektórych innych Ustaw oraz z 2014 r. poz. 457 i 490 w rozdziale 36 *Warunki i tryb wydawania certyfikatów instalatorom mikroinstalacji oraz akredytowania organizatorów szkoleń*, a także Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 25 marca 2014 r. w sprawie warunków i trybu wydawania certyfikatów oraz akredytowania organizatorów szkoleń w zakresie odnawialnych źródeł energii.

- upadek statków powietrznych, w tym bezzałogowych statków powietrznych o masie startowej do 25 kg (a także spadających części samolotów);
- obciążenia ciężarem zlodowaciałego śniegu pow. 50 kg/m²;
- tworzenie się worków śniegowych;
- huraganowe wiatry o sile pow. 25 m/sek., a także porywy wiatrów;
- uszkodzenia spowodowane pracą dachów w przypadku wiatrów i porywów wiatru;
- skutki trąby powietrznej;
- wybuch gazu;
- kradzież, kradzież z włamaniem;
- drgania sejsmiczne i parasejsmiczne powodujące m.in. rozszczelnienie instalacji.

Warto podkreślić, że uszkodzenia instalacji fotowoltaicznej mogą być także spowodowane [Gutowski, 2015, s. 9-11; Piliński, 2015, s. 8-9]:

- błędami projektowymi (np. zbyt ogólna dokumentacja lub jej brak);
- nieuwzględnieniem poziomu nasłonecznienia, kąta nachylenia, zacienienia modułów fotowoltaicznych;
- nieodpowiednim doбором paneli, kabli połączeniowych falownika, brakiem zabezpieczenia łańcuchów modułów;
- nieuwzględnieniem w czasie projektowania obciążeń spowodowanych wiatrem, śniegiem, gołoledzią;
- kierowaniem się „niepisanymi przepisami”, stosowaniem najniższej ceny.

Zakład ubezpieczeń powinien wypłacić odszkodowania spowodowane nie tylko powyższymi zdarzeniami, ale i awariami technicznymi. Techniczne awarie urządzeń fotowoltaicznych mogą być spowodowane przez [Kłopacki, 2013, s. 16-18]:

- przebicia przekształtnika bez wbudowanego transformatora,
- uszkodzenie izolacji kabli.

Zakład ubezpieczeń nie powinien odpowiadać za szkody spowodowane:

- niewłaściwą eksploatacją urządzeń;
- zachowaniami eksperymentalnymi użytkowników tej instalacji;
- aktami wandalizmu, celowych zachowań (np. rzucania kamieniami);
- wybuchem petard;
- brakiem instalacji odgromowej i przepięciowej;
- uszkodzeniami w czasie konserwacji dachów (rynien, rur spustowych, obróbek blacharskich);
- wykonywaniem czynności kominiarskich;
- naprawą anten RTV.

6. Metody określenia sumy ubezpieczenia urządzeń fotowoltaicznych

Ważny element w ubezpieczeniach stanowi suma ubezpieczenia. Suma ubezpieczenia jest górną granicą odpowiedzialności zakładu ubezpieczeń. Koszt zainstalowania instalacji fotowoltaicznej może stanowić podstawę do ustalenia sumy ubezpieczenia przyjętej w polisie ubezpieczeniowej. Ceny dla modułów fotowoltaicznych podawane są w raportach branżowych [*Moduły fotowoltaiczne – raporty*, 2013, s. 34-36]. Wysokość sumy ubezpieczenia określić powinien ubezpieczający wspólnie z zakładem ubezpieczeń na podstawie wartości odtworzeniowej z uwzględnieniem czasu eksploatacji i stopnia zużycia fizycznego urządzeń. Koniecznością jest wzięcie pod uwagę napraw i ich kosztów w okresie gwarancyjnym. Pozyskiwane obecnie informacje, przydatne przy określeniu sumy ubezpieczenia, są fragmentaryczne. Na przykład dla fotowoltaiki koszty zainstalowania wynoszą 6000-10 000 euro na 1 kW dla urządzeń o mocy 1-100 kW; koszt wyprodukowania jednej elektrowni fotowoltaicznej wynosi 7-10 tys. zł /kW w zależności od wielkości inwestycji [Klugmann-Radziemska, 2010, s. 15-17].

Należy zwrócić uwagę, że o cenie zainstalowanej fotowoltaiki (w tym sumie ubezpieczenia) decyduje potencjalne zaciemnienie terenu (tzw. potencjalne obniżenie wartości nieruchomości), w którym przewidywana jest instalacja fotowoltaiczna [Werner, 2015, s. 39-41]. Ceny modułów fotowoltaicznych (PV) systematycznie spadają, gdyż działa konkurencja międzynarodowa. Spadają także ceny materiałów, z których są zbudowane. Jest to efekt organizowania także przetargów fotowoltaicznych [por. m.in. *Przetargi fotowoltaiczne*, 2014, s. 52]. Przykładową strukturę kosztów realizacji elektrowni fotowoltaicznej zawiera tabela 4.

Tabela 4. Koszty realizacji elektrowni fotowoltaicznej o mocy 1 MW

Lp.	Wyszczególnienie	Koszt [tys. zł]
1.	Panele fotowoltaiczne	2400
2.	Inwertery	850
3.	Instalacja konstrukcji wsporczej i modułów	1165
4.	Wykonanie przyłącza	643,5
5.	System monitoringu, ogrodzenia i inne	270,3
	Razem	5328,8

Źródło: Treła [2013, s. 26].

Z danych zawartych w tabeli 4 wynika, że najdroższymi urządzeniami są panele fotowoltaiczne oraz konstrukcja i falowniki.

7. Uwarunkowania obliczeń składki ubezpieczeniowej dla instalacji PV

Należy zwrócić uwagę, że zakłady ubezpieczeń podejmujące się ubezpieczenia urządzeń fotowoltaicznych powinny posiadać osoby przeszkolone tak pod względem akwizycji ubezpieczenia, jak i likwidacji szkód. Warunkiem ubezpieczenia urządzeń jest wszechstronna i głęboka wiedza o ich produkcji, eksploatacji i zagrożeniach. Na obecnym etapie nie posiadamy zbyt wielu doświadczeń w zakresie likwidacji szkód dotyczących urządzeń fotowoltaicznych.

Wiadomym powszechnie jest, że obliczenie stopy składki w ubezpieczeniach majątkowych uzależnione jest od częstości (prawdopodobieństwa) powstania szkód. W Polsce mamy niewiele danych o częstości szkód powstałych w instalacji PV. W sposób ogólny możemy częstość szkód zdefiniować jako powierzchnie uszkodzonych paneli w stosunku do powierzchni ubezpieczonej PV. Tak zdefiniowana częstość szkód spowodowana jest przez czynniki zewnętrzne wobec instalacji PV. Sprawę jednak komplikuje fakt, że poszczególne czynniki są różnorodne i oddziałują na eksploatację urządzeń PV niezależnie od miejsca, czasu, przyczyn i okoliczności. Stąd dopóki nie mamy wieloletniego empirycznego doświadczenia w eksploatacji PV, możemy się posługiwać jedynie prawdopodobieństwem (częstością) subiektywnym. Ważna jest przy tym wymiana informacjami poszczególnych ubezpieczycieli bez względu na zjawisko konkurencji. W warunkach braku doświadczeń w eksploatacji PV wygodne jest tworzenie rezerwy na ryzyka wyjątkowe ze składek ubezpieczeniowych. Utworzenie takiej rezerwy zapewni bezpieczeństwo finansowe w początkowym okresie ubezpieczenia instalacji PV.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że:

1. Obserwujemy dynamiczny rozwój fotowoltaiki w Polsce.
2. Występuje wiele miejsc w Polsce, w których mogą mieć zastosowanie urządzenia fotowoltaiczne. Zatem pole ubezpieczeniowe jest dość szerokie.
3. Urządzenia fotowoltaiczne powinny być objęte ochroną ubezpieczeniową, gdyż na terenie Polski występuje wiele zagrożeń, które mogą wystąpić w dowolnym czasie.

Ograniczone ramy artykułu spowodowały, że podjęty temat w artykule nie został wyczerpany. Konieczne są dalsze badania, które powinny pójść w kierunku

ku ograniczenia strat spowodowanych np. awaryjnością urządzeń fotowoltaiki. Podjęty temat badawczy wymaga kontynuacji, konieczność objęcia ochroną ubezpieczeniową urządzeń fotowoltaicznych wydaje się bowiem bezsporna. Dyskusyjnym jest natomiast, czy mają to być ubezpieczenia dobrowolne czy obowiązkowe.

Literatura

- Aspekty ekonomiczne fotowoltaiki zintegrowanej z architekturą* (2014), „Magazyn Fotowoltaiki”, nr 3, s. 42-43.
- Bełtowska-Lehman E. (2011), *Europejska Platforma Technologiczna Fotowoltaiki*, „Magazyn Fotowoltaiki”, nr 3, s. 23-26.
- Błażejowski Z. (2014), *Zabezpieczenie instalacji fotowoltaicznych*, „Czysta Energia”, nr 5, s. 38-39.
- Bolesta J. (2015a), *Fotowoltaika prosumencka w świetle ustawy o OZE (I)*, „Elektroinstalator”, nr 4, s. 6-9.
- Bolesta J. (2015b), *Fotowoltaika w Polsce – aktualny stan i perspektywy*, „Czysta Energia”, nr 10, s. 36-39.
- Bugała A., Frydrychowicz-Jastrzębska G. (2014), *Bilans ekonomiczny pracy układów nadążnych w fotowoltaice dla lokalnych warunków miejskich*, „Poznań University of Technology Academic Journals”, nr 79, s. 47-54.
- Burchart M. (2008), *Innowacyjne dworce z pompami ciepła*, „Czysta Energia”, nr 5-6, s. 27-28.
- Curkowski A. (2014), *Ogólnoeuropejska mapa Repower map*, „Magazyn Fotowoltaiki”, nr 4, s. 12-13.
- Dąbrowski M. (2006), *Fotowoltaiczne przetwarzanie energii*, „Nowa Elektrotechnika”, nr 6, s. 6-10.
- Duda D., Leśniewski W., Litwin W. (2008), *Projekt i budowa małej jednostki pływającej zasilanej energią słoneczną*, „Polska Energetyka Słoneczna”, nr 4, s. 32-36.
- Frydrychowicz-Jastrzębska G., Szaferski M. (2008), *Maksymalne wykorzystanie energii Słońca poprzez optymalne ustawienie panelu fotowoltaicznego*, „Nowa Elektrotechnika”, nr 7-8, s. 13-15.
- Generacja rozproszona i odnawialne źródła energii. Integracja i przyłączenie do sieci* (b.r.), Polskie Centrum Promocji Miedzi COPPER, European Institute Leonardo ENEGZ, www.lpqi.org (dostęp: 10.10.2018).
- Głuchy D., Kurz D., Trzmiel G. (2013), *Wpływ wiatru i śniegu na instalacje fotowoltaiczne w Polsce*, „Poznań University of Technology Academic Journals”, nr 74, s. 24-25.
- GUS (2005), *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, Warszawa.

- GUS (2014), *Energia ze źródeł odnawialnych*, Warszawa.
- Gutowski R. (2015), *Typowe błędy wykonawców inwestycji*, „Magazyn Fotowoltaiki”, nr 2, s. 9-11.
- Hernas A. (2013), *Wpływ fotowoltaiki na efektywność energetyczną budynku (1)*, „Elektroinstalator”, nr 4, s. 61-65.
- Jak efektywnie magazynować energię w instalacjach fotowoltaicznych z korzyścią dla środowiska?* (2015), „Elektroinstalator”, nr 6.
- Karaś A. (2014), *Fotowoltaika zintegrowana z budynkiem*, „Czysta Energia”, nr 4, s. 30-32.
- Klugmann-Radziemska E. (2007), *Urządzenia fotowoltaiczne – termalne (PVT)*, „Czysta Energia”, nr 7-8, s. 34-35.
- Klugmann-Radziemska E. (2010), *Koszty inwestycyjne instalacji fotowoltaicznych*, „Czysta Energia”, nr 1, s. 18-19.
- Klugmann-Radziemska E. (2014), *Technologiczny postęp w fotowoltaice*, „Czysta Energia”, nr 5, s. 40-42.
- Kłopacki R. (2013), *Elektrownia fotowoltaiczna w praktyce cz. 2*, „Magazyn Fotowoltaika”, nr 2, s. 16-18.
- Korzeniewska E., Drzymała A. (2013), *Elektrownie fotowoltaiczne – aspekty techniczne i ekonomiczne*, „Przegląd Elektrotechniczny”, nr 12, s. 325.
- Kotowski W., Konopka E. (2011), *Miejskie sieci ciepłownicze wspomagane energią słoneczną*, „Czysta Energia”, nr 1, s. 26-27.
- Kowalski M. (2013), *System fotowoltaiczny poza siecią*, „Magazyn Fotowoltaiczny”, nr 4, s. 22-23.
- Koźmiński C., Michalska B. (2006), *Usłonecznienie efektywne w Polsce*, „Balneologia Polska”, nr 1, s. 46-50.
- Krzyżak T. (2016), *Księża stawiają na słońce*, „Rzeczpospolita” 9 sierpnia.
- Kurowski K., Wiśniewski G. (2003), *Możliwości wykorzystania energii słonecznej w suszarnictwie produktów rolnych w Polsce*, „Inżynieria Rolnicza”, nr 4, s. 159-165.
- Lipiecka M. (2015a), *Fotowoltaika nowe oblicze składowisk*, „Czysta Energia”, nr 11, s. 24-27.
- Lipiecka M. (2015b), *Fotowoltaika w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych*, „Czysta Energia”, nr 7-8, s. 28-29.
- Lorenc H., red. (2005), *Atlas klimatu Polski*, IMGW, Warszawa.
- Matuszko D. (2011), *O terminologii dotyczącej promieniowania słonecznego*, „Polska Energetyka Słoneczna”, nr 2-4, s. 27-30.
- Mazur M., Partyka J. (2012), *Zastosowanie energii słonecznej do zasilania urządzeń elektrycznych w typowym gospodarstwie domowym*, „Elektroinfo”, nr 5, s. 53-57.
- Michalak P. (2011), *Współczynnik przezroczystości atmosfery na wybranych stacjach Południowej i Wschodniej Polski*, „Polska Energetyka Słoneczna”, nr 2-4, s. 23-26.

- Moduły fotowoltaiczne – raporty* (2013), „Czysta Energia”, nr 7-8, s. 34-36.
- Monitoring systemów PV przez aplikacje mobilne* (2014), „Magazyn Fotowoltaika”, nr 4, https://magazynfotowoltaika.pl/wp-content/uploads/2016/01/aplikacjemobilne_640.jpg (dostęp: 16.01.2019).
- Mühlberger T. (2012), *Maksymalny zysk*, „Magazyn Fotowoltaika”, nr 3, s. 41-45.
- Niedźwiedz T., red. (2003), *Słownik meteorologiczny*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Oprzedkiewicz K., Teneta J. (2011), *Problemy sterowania optymalnego zespołem orientowanych ogniw fotowoltaicznych*, „Automatyka”, nr 2, s. 881-883.
- Panele podążające za słońcem* (2015), „Agroenergetyka”, nr 4, s. 22-25.
- Przetargi fotowoltaiczne* (2014), „Magazyn Fotowoltaika”, nr 2, s. 52.
- Piliński M. (2013), *Podstawy projektowania systemów fotowoltaicznych. Terminologia, elementy systemu*, „Magazyn Fotowoltaika”, nr 1(dodatek), s. 4.
- Piliński M. (2015), *Najczęściej popełniane błędy w projektach PV*, „Magazyn Fotowoltaika”, nr 1, s. 8-9.
- Redliński M., Zapalowicz Z. (2010), *Uproszczona metodyka obliczeń komina słonecznego*, „Polska Energetyka Słoneczna”, nr 2-4, s. 61-64.
- Rosołek K. (2013), *Polski Rynek PV w liczbach*, „Czysta Energia”, nr 10, s. 30.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 25 marca 2014 r. w sprawie warunków i trybu wydawania certyfikatów oraz akredytowania organizatorów szkoleń w zakresie odnawialnych źródeł energii, Dz.U. z 2014 r., poz. 505.
- Rynek fotowoltaiki w Polsce w 2016 r.* (2017), Raport Instytutu Energetyki Odnawialnej, Warszawa.
- Sebastian M. (2014), *Zabezpieczenia przeciwporażeniowe instalacji PV*, „Czysta Energia”, nr 1.
- Sibiński M., Walczak S. (2013), *Cienkwarstwowe ogniwa słoneczne w aplikacjach elastycznych*, „Przegląd Elektrotechniczny”, nr 10, s. 136-138.
- Sikorski W. (2015), *Nowe oblicza energetyki słonecznej, cz. 1*, „Czysta Energia”, nr 12, s. 38-39.
- Skrzypski J. (1990), *O zależności natężenia promieniowania słonecznego od wielkości zachmurzenia i usłonecznienia*, „Balneologia Polska”, nr 1-4, s. 65-82.
- Solarna winda – innowacyjne rozwiązanie firmy Schindler*, (2015), „Magazyn Fotowoltaiki”, nr 1, s. 14.
- Sowa A. (2012), *Ochrona odgromowa systemów fotowoltaicznych na dachach dwuspadowych*, „Elektroinfo”, nr 4.
- Sowa A. (2013), *Ochrona odgromowa systemów fotowoltaicznych na rozległych dachach płaskich*, „Elektroinfo”, nr 6, s. 36-39.
- Stando M. (2012), *Certyfikacja instalatorów systemów PV*, „Czysta Energia”, nr 7-8.

- Strzyżewski J. (2010), *Fotowoltaika*, „Elektroinstalator”, nr 6, s. 46-48.
- Szlachta J. (2013), *Ogniwa DSSC – kolorowa przyszłość fotowoltaiki*, „Czysta Energia”, nr 9, s. 56-59.
- Trela G. (2013), *Analiza opłacalności projektów fotowoltaicznych*, „Czysta Energia”, nr 3, s. 26-28.
- Trojanowska K. (2013), *Suszarnie słoneczne – aspekty ekonomiczne*, „Wodociągi i Kanalizacja”, nr 5, s. 76-80.
- Ustawa z 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy Prawo energetyczne oraz niektórych innych Ustaw, Dz.U. z 2013 r., poz. 984 i 1238 oraz z 2014 r. poz. 457 i 490.
- Werner W.A. (2015), *Wycena ograniczenia nasłonecznienia nieruchomości*, „Nieruchomości”, nr 4.
- Wincencik K. (2009), *Ochrona odgromowa paneli słonecznych*, „Elektroinfo”, nr 9, s. 108-109.
- Wincencik K. (2014), *Zagrożenia i ochrona instalacji prosumenckich PV*, „Elektroinstalator”, nr 2, s. 14.
- Wojciechowska U. (2011), *Elektrownia w sanktuarium*, „Czysta Energia”, nr 11, s. 28.
- [www 1] <https://magazynfotowoltaika.pl/29/> (dostęp: 16.01.2019).

THE RISK ASSESSMENT FOR THE OPERATION OF PHOTOVOLTAIC FOR THEIR INSURANCE OF SOME RANDOM EVENTS IN POLAND

Summary: Limited resources of conventional energy sources and an increase in carbon dioxide in the atmosphere causes that we turn to renewable energy sources. Already for many years in Western European countries, we observe the use of wind, solar and geothermal energy. Also in Poland for many years, there is interest in using solar energy for the production of electricity using photovoltaic devices. The article discusses the development of solar energy using photovoltaic, and indicates areas of insolation in Poland. Based on the basic information about the photovoltaic devices, we put the thesis of the need for insurance coverage of photovoltaic devices located on the construction site. In the article, we point to the basic elements of the evaluation of insurance risk in the subject, extent of liability, the sum insured.

Keywords: solar energy, photovoltaic panel, insurance, risk.