

BHP I MAŁOSKALOWE INSTALACJE SOLARNE

1 Wprowadzenie

Choć małoskalowe instalacje solarne oraz instalacje solarne domowego użytku są powszechnie stosowane, powiązane z nimi kwestie dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy nie były przedmiotem szczególnego zainteresowania. W pracy nad tego rodzaju systemami, począwszy od ich produkcji, poprzez transport, montaż i konserwację, a skończywszy na wycofywaniu z eksploatacji i recyklingu, zaangażowanych jest wiele różnych grup pracowników w różnego rodzaju miejscach pracy i sektorach. Dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę na kwestie związane z BHP przy projektowaniu i planowaniu tego rodzaju zastosowań, aby nie dopuścić do wystąpienia zagrożeń związanych z BHP na którymkolwiek etapie ich cyklu życia. Celem niniejszego dokumentu z serii e-fakty jest podniesienie poziomu świadomości na temat czynników ryzyka związanych z pracą oraz kwestii dotyczących BHP powiązanych z małoskalowymi instalacjami solarnymi i instalacjami solarnymi domowego użytku przez cały cykl ich życia.



Author: David Tijero Osorio

1.1 Podstawa technologiczna i stosowanie małoskalowych instalacji solarnych

Energię słoneczną wykorzystuje się, stosując dwa rodzaje technologii: technologię fotowoltaiczną oraz technologię termiczną. Stosowanie żadnej z tych technologii nie prowadzi do powstawania emisji gazów cieplarnianych ani toksycznych gazów i obydwie z nich nadają się do zastosowania w instalacjach małoskalowych. Skoncentrowana energia słoneczna jest wykorzystywana wyłącznie w instalacjach wielkoskalowych.

W systemach fotowoltaicznych, które są najpowszechniej stosowanym rodzajem systemów, wykorzystuje się ogniwa przekształcające promieniowanie słoneczne w energię elektryczną. Wskutek oddziaływania światła słonecznego na powłokach wykonanych z materiału półprzewodnikowego wytwarza się pole elektryczne, co prowadzi do wygenerowania stałego prądu elektrycznego. Przemiennik prądu przekształca prąd stały w prąd przemienny. Konwersja promieniowania jest procesem fizycznym i nie można jej wyłączyć.

Materiałem półprzewodnikowym najczęściej wykorzystywanym do produkcji ogniw fotowoltaicznych jest krzem. Procesy produkcji i materiały są podobne do tych wykorzystywanych w przemyśle mikroelektronicznym. Najnowocześniejsza technologia bazuje na ogniwach „cienkowarstwowych” wykonanych z bardzo niewielkiej ilości materiałów półprzewodnikowych, których cienką warstwę rozprowadza się na powierzchniach szklanych i metalowych oraz na powierzchniach wykonanych z tworzyw sztucznych. Materiały wykorzystywane na potrzeby technologii fotowoltaicznych obejmują krzem krystaliczny (x-Si), krzem amorficzny (a-Si), tellurek kadmu (CdTe), diselenek miedziowo-indowy (CIS) i disiarczek miedziowo-indowo-galowy (CIGS).

Większość małoskalowych instalacji fotowoltaicznych jest podłączonych do systemu zasilania energią. Systemy mogą mieć postać instalacji montowanych na dachach domów, bloków mieszkalnych lub budynków handlowych. Materiały fotowoltaiczne mogą również stanowić element budynku, np. poprzez ich wbudowanie w frontową ścianę domu lub w pokrycie dachu.

Termiczne kolektory słoneczne lub słoneczne systemy podgrzewania ciepłej wody użytkowej przekształcają światło słoneczne w energię cieplną. Obejmują one płaskie kolektory słoneczne

wykorzystujące mieszaninę wody/glikolu jako ciecz będącą nośnikiem ciepła. Energia cieplna jest przenoszona do zbiornika i może zostać wykorzystana do podgrzania wody lub w celach grzewczych. W odróżnieniu od instalacji fotowoltaicznych panele STP nie są wykonane z toksycznych, żrących lub potencjalnie rakotwórczych materiałów, a korzystanie z systemu nie wiąże się z ryzykiem narażenia na zagrożenia elektryczne.

1.2 Cele polityczne

Unia Europejska (UE) opracowała ambitną strategię służącą realizacji polityki energetycznej i klimatycznej, której celem jest przeciwdziałanie zmianie klimatu, poprawa bezpieczeństwa energetycznego i przekształcenie gospodarki europejskiej w gospodarkę niskoemisyjną. Aby przyspieszyć ten proces, Komisja Europejska (KE) wyznaczyła cel zakładający ograniczenie emisji CO₂ do 2020 r. o co najmniej 20% w porównaniu z poziomem emisji z 1990 r. oraz zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w ogólnej ilości zużywanej energii pierwotnej o 20%.

Energia słoneczna odgrywa istotną rolę w zrównoważonym europejskim koszyku energetycznym, a Komisja podejmuje inwestycje na rzecz jej wspierania. W ramach strategicznego planu w dziedzinie technologii energetycznych ustanowiono europejską inicjatywę przemysłową na rzecz energii słonecznej, aby zagwarantować, że technologie słoneczne będą czyste, konkurencyjne i zrównoważone i umożliwią zaspokojenie nawet 15% popytu na energię elektryczną w Europie do 2020 r.

Technologie w zakresie energii słonecznej są zasadniczo bardziej pracochłonne niż technologie konwencjonalne, takie jak technologie bazujące na paliwach kopalnych, dlatego też dążenie UE do zwiększenia udziału energii słonecznej wywiera wpływ na strukturę zatrudnienia i prowadzi do powstawania dużej liczby miejsc pracy w sektorze energii słonecznej.

1.3 Rola i wpływ energii słonecznej

W minionym dwudziestolecu sektor energii słonecznej odnotowywał szybki wzrost, przy czym przewiduje się, że tendencja ta prawdopodobnie się utrzyma. Zmniejszenie kosztów związanych z systemami energii słonecznej i dostępność finansowania i inwestycji publicznych przyczyniły się do wysokiego popytu na instalacje solarne domowego użytku. O skali inwestycji, jakie Europa poczyniła w obszarze energii słonecznej, najlepiej świadczy fakt, że w 2011 r. w sektorze energii słonecznej zatrudnionych było 320 000 pracowników, co stanowiło wzrost o 86% w porównaniu ze stanem z 2009 r.[1].

Ilość energii elektrycznej generowanej z energii słonecznej dzięki stosowaniu systemów fotowoltaicznych we wszystkich państwach członkowskich wynosiła 26 gigawatów (GW) w 2010 r. – zgodnie z przewidywaniami liczba ta ma do 2020 r. wzrosnąć do 84 GW. Średnie roczne tempo wzrostu ilości energii elektrycznej generowanej z energii słonecznej wynosiło 64% w latach 2005–2010. Prognozowany średni roczny wzrost ilości energii generowanej przez urządzenia wytwarzające termiczną energię słoneczną ma utrzymać się na stałym poziomie 16% w latach 2005–2020, choć udział tego rodzaju energii jest w dalszym ciągu znacząco niższy niż udział energii elektrycznej generowanej z energii słonecznej.

W państwach przewodnich, takich jak Niemcy czy Hiszpania, odnotowano spowolnienie rozwoju rynku energii słonecznej, głównie z uwagi na ograniczenie wsparcia rządowego. Z kolei niektóre mniejsze rynki w Europie Środkowej i Wschodniej odnotowują gwałtowny wzrost – dotyczy to rynków w Austrii, Belgii, na Ukrainie, w Bułgarii, Republice Czeskiej i Rumunii. W państwach tych coraz częściej wprowadza się zachęty np. w postaci taryf gwarantowanych o stałej wysokości oraz ulg podatkowych. Może to doprowadzić do zapewnienia bardziej jednolitego rozkładu energii słonecznej w UE w niedalekiej przyszłości.

2 BHP w cyklu życia małoskalowych systemów solarnych

Cykl życia małoskalowych instalacji solarnych obejmuje następujące etapy: projektowanie i planowanie, produkcję, transport, montaż, podłączanie do infrastruktury, eksploatację i konserwację, wycofanie z eksploatacji oraz unieszkodliwienie/recykling. Prace na poszczególnych etapach są prowadzone przez różne grupy pracowników w różnych rodzajach miejsc pracy i sektorów, np. mechaników maszyn przemysłowych, inżynierów elektroników, spawaczy, metalowców, elektryków, monterów systemów solarnych, robotników budowlanych, pracowników zajmujących się gospodarowaniem odpadami itp.[3].

Analiza aspektów związanych z BHP na tych etapach wykazała, że główne zagrożenia – substancje stwarzające zagrożenie, praca na wysokości, poślizgnięcia, potknięcia i upadki oraz zagrożenia elektryczne i pożarowe – mogą wywierać wpływ na wielu pracowników w różnych miejscach pracy. Dlatego też przy projektowaniu kolektorów fotowoltaicznych należy rozważyć kwestie związane z BHP w całym cyklu życia systemu oraz zaprojektować ten system w sposób pozwalający zniwelować zagrożenia dla BHP występujące na dalszych etapach cyklu życia do minimum. Przed wprowadzeniem produktu do obrotu należy również przeprowadzić badanie wydajności w zakresie BHP, aby zapewnić zgodność produktu z obowiązującymi normami BHP.

Większość zagrożeń związanych z małoskalowymi systemami solarnymi występuje również w innych branżach, dlatego związane z nimi kwestie można z powodzeniem rozwiązywać, korzystając z istniejącej wiedzy w obszarze BHP. Jednak aby rozwiązać problemy związane z nowymi rodzajami zagrożeń i nowymi typami produktów (np. płytki fotowoltaiczne, które mogą stanowić źródło zagrożeń elektrycznych) oraz substancji takich jak nowe nanomateriały, należy wyposażyć odpowiednie podmioty w nowy zestaw umiejętności. Na przykład konserwację instalacji słonecznych zasobników ciepłej wody użytkowej powinni przeprowadzać pracownicy dysponujący umiejętnościami dekarza, hydraulika i elektryka, jak również wiedzą w zakresie prowadzenia prac na wysokości.

Rosnący popyt na małoskalowe instalacje solarne domowego użytku może również skutkować powstaniem niedoboru wykwalifikowanej kadry, który może być trudny do uzupełnienia w krótkim terminie; w konsekwencji może to doprowadzić do sytuacji, w której pracownicy będą zmuszeni do obsługi nowych technologii lub technologii, z którymi nie są dobrze zaznajomieni, bez odbycia odpowiedniego szkolenia i przy braku wymaganych kompetencji w tym zakresie[4]. Ponadto dostępność finansowania publicznego zachęcającego do zakładania tego rodzaju instalacji może przyciągnąć nowe przedsiębiorstwa, które nie dysponują odpowiednim doświadczeniem w tym obszarze. Dążenie do jak najszybszego skorzystania z tego rodzaju dotacji przed ich ewentualnym wycofaniem może również prowadzić do zaniedbywania kwestii związanych z BHP.

Obecnie brak jest wiarygodnych danych na temat wypadków w pracy, do których doszło w związku z systemami solarnymi. Ponieważ istotną część prac związanych z montażem tego rodzaju systemów wykonują osoby samozatrudnione lub osoby zatrudnione w szarej strefie, zebranie danych na temat wypadków w miejscu pracy i chorób zawodowych stanowi wyzwanie. Przeprowadzenie oceny ryzyka w miejscu pracy również może być utrudnione z uwagi na brak danych dotyczących bezpieczeństwa i zdrowia, w szczególności danych na temat szerokiego spektrum technologii słonecznych i procesów produkcji ogniw fotowoltaicznych. Dostępne dane na temat ilości upadków z wysokości zakończonych śmiercią wskazują, że prace związane z montażem instalacji solarnych na dachach są kilkakrotnie bardziej niebezpieczne, niż odpowiednie prace prowadzone w elektrowniach wiatrowych czy jądrowych (0,44 zgonu na terawatogodzinę rocznie w porównaniu z, odpowiednio, 0,15 i 0,04 zgonu na terawatogodzinę)[6]. Wraz ze wzrostem popytu na małoskalowe instalacje solarne wzrastać może również prawdopodobieństwo wystąpienia wypadków związanych ze zdrowiem i bezpieczeństwem.

Rozwój sektora energii słonecznej przyczynia się do istotnego zwiększenia poziomu narażenia coraz większej liczby osób na zagrożenia, które mogą wystąpić na wszystkich etapach cyklu życia danej technologii. Po zakończeniu swojego cyklu życia panele fotowoltaiczne prowadzą do powstania ogromnej ilości odpadów elektronicznych (e-odpadów), które mogą wywrzeć wpływ na zdrowie i środowisko. Wspomniany rozwój wywiera również wpływ na inne etapy cyklu życia instalacji solarnych, takie jak etap ich budowy i konserwacji, dlatego też wspomniane etapy należy ściśle monitorować pod kątem zgodności z przepisami w zakresie BHP. Zagrożenia związane z nowymi technologiami fotowoltaicznymi (ogniwa słoneczne z półprzewodnikami organicznymi, ogniwa barwnikowe, cienkowarstwowe mikrokrystaliczne ogniwa z węgla krzemu oraz ogniwa wykonane z

nanomateriałów) są trudne do oceny, ponieważ technologie te są w dalszym ciągu przedmiotem badań laboratoryjnych[5].

2.1 Zagrożenia dla BHP związane z produkcją instalacji solarnych

Różnego rodzaju chemikalia i materiały wykorzystywane w ramach procesu produkcji ogniw fotowoltaicznych mogą wywrzeć negatywny wpływ na zdrowie pracowników. Zagrożenia chemiczne są związane z toksycznością, działaniem żrącym, palnością i wybuchowością materiałów. Ilości i rodzaje stosowanych chemikaliów różnią się w zależności od typu wytwarzanego ogniwa, przy czym same materiały półprzewodnikowe są wykorzystywane w małych ilościach, w szczególności w procesie produkcji ultra cienkich powłok [7]. Ponadto spoiwa lutownicze między panelami mogą zawierać metale ciężkie, takie jak ołów.

Szczególnie niebezpiecznymi substancjami wykorzystywanymi w procesie produkcji ogniw x-Si są chemikalia żrące, takie jak kwas fluorowodorowy (HF) wykorzystywany do czyszczenia płytek krzemowych, a także skrajnie łatwopalny i wybuchowy gaz silanowy (SiH₄). Obecnie znaczna ilość krzemu wykorzystywanego jako podstawowy materiał w procesie produkcji ogniw x-Si jest wytwarzana w państwach takich jak Chiny, gdzie normy w zakresie BHP nie są zharmonizowane. Z kolei produkcja ogniw a-Si wymaga zastosowania dużych ilości SiH₄. Główne zagrożenie związane z ogniwami CdTe jest spowodowane toksycznością i rakotwórczością kadmu. CdTe wydaje się być mniej toksyczny niż kadm pierwiastkowy, przynajmniej jeśli chodzi o narażenie krótkoterminowe [8]. Wykorzystywanie selenowodoru (H₂Se) stanowi główne zagrożenie występujące w procesie produkcji ogniw CIS/CIGS; jak do tej pory nie zgromadzono wystarczających danych na temat toksyczności CIS [9]. Wymienione powyżej substancje chemiczne są rutynowo wykorzystywane w przemyśle półprzewodnikowym, dlatego też w większości przypadków odpowiednie środki bezpieczeństwa zostały już ustanowione. Przestrzeganie bezpiecznych procedur pracy oraz stosowanie zamkniętych systemów produkcji lub systemów wentylacyjnych i szaf wyciągowych pozwala ograniczyć ryzyko narażenia do minimum.

W trakcie procesów produkcji należy również wziąć pod uwagę kwestie związane z ręcznym przemieszczaniem, w szczególności w sytuacji, w której dochodzi do zwiększenia rozmiaru produktów wymagających ręcznego przemieszczania [10]. Środki zapobiegawcze mogą obejmować stosowanie dostosowanych rozwiązań ergonomicznych, takich jak próżniowe urządzenia podnośnikowe oraz rozwiązania z zakresu automatyki i robotyki. Działania montażowe wymagające wykonywania powtarzających się ruchów kończyn górnych (rąk i dłoni) stanowią główny czynnik ryzyka związany z rozwojem schorzeń kończyn górnych.

Kwestie związane z transportem (części) niewielkich instalacji solarnych z fabryki na miejsce montażu nie mają kluczowego znaczenia, choć należy pamiętać o przestrzeganiu przepisów w zakresie BHP obowiązujących w kontekście przewozu towarów.

2.2 Zagrożenia dla BHP związane z montażem, konserwacją i wycofaniem z eksploatacji

Główne zagrożenia są związane z pracą na wysokości i obejmują: problemy z dostępem; spadające przedmioty; upadki, poślizgnięcia i potknięcia spowodowane np. śliską powierzchnią szklonych płytek lub tym, że płytki montowane na powierzchniach dachowych są pokryte glonami lub mchem; prowadzenie prac na dachach o znacznym nachyleniu, dachach wykonanych z delikatnego materiału oraz kruchych lub uszkodzonych dachach. Poza ryzykiem odniesienia obrażeń wskutek poślizgnięć, potknięć i upadków, wspomniane zagrożenia mogą również przyczyniać się do rozwoju zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego. Na przykład panele słoneczne, w szczególności panele do podgrzewania wody, mogą być ciężkie i trudne do wniesienia na dach. Działania te często wiążą się również z koniecznością długotrwałej pracy w nienaturalnej pozycji, np. na kłęczkach lub w przysiadzie, co oznacza, że pracownicy są narażeni na zagrożenia ergonomiczne podczas (de)montażu i prowadzenia działań konserwacyjnych, które mogą doprowadzić do rozwoju zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego, takich jak urazy kręgosłupa.

Niesprzyjające warunki pogodowe, takie jak skrajne temperatury, wiążą się z dodatkowymi zagrożeniami, np. zagrożeniem wychłodzenia lub przegrzania organizmu. Narażenie na oddziaływanie

promieniowania słonecznego może prowadzić do poparzeń słonecznych, chorób oczu i rozwoju niektórych rodzajów raka. Opady deszczu lub śniegu mogą zwiększyć śliskość powierzchni i prowadzić do poślizgnięć i upadków.

Termiczne instalacje solarne nie narażają pracowników na zagrożenia elektryczne, ale mogą wiązać się z ryzykiem oparzeń lub poparzeń spowodowanych gorącymi cieczami, natomiast systemy fotowoltaiczne wiążą się z zagrożeniami elektrycznymi. Po pierwsze, wykonywanie pracy w pobliżu linii napowietrznych, które przebiegają nad dachami, stanowi zagrożenie. Po drugie, systemy fotowoltaiczne wiążą się z zagrożeniami elektrycznymi, jeżeli doszło do naruszenia układu elektrycznego lub jeżeli pokrywy ochronne umieszczone na odpowiednich elementach uległy uszkodzeniu. Typowe napięcie stosowane w instalacjach, które mieści się w granicach 600 woltów, może doprowadzić do porażenia prądem lub spowodować oparzenia elektryczne, termiczne i oparzenia spowodowane wyładowaniami łukowymi. Ponadto nawet niskie poziomy natężenia prądu mogą powodować mimowolne skurcze mięśni, co może doprowadzić do upadku z dachu. Dodatkowo wyzwanie jest związane z faktem, że systemy fotowoltaiczne są cały czas zasilane promieniowaniem słonecznym i w związku z tym nie można ich wyłączyć na czas przeprowadzania prac konserwacyjnych lub innych czynności. Również wprowadzanie nowych technologii może doprowadzić do powstania nowych zagrożeń elektrycznych. Na przykład ogniwa fotowoltaiczne mogą być wbudowane w płyty dachówkowe, co doprowadzić do sytuacji, w której będą one montowane przez dekarzy bez przygotowania z zakresu elektryki.

Wymagania dotyczące (de)montażu i konserwacji systemów solarnych instalowanych w gospodarstwach domowych lub przedsiębiorstwach są złożone i wymagają dysponowania wiedzą z różnych dziedzin, co oznacza, że wszelkie zlecenia podwykonawstwa powinny być realizowane przez pracowników posiadających odpowiednie umiejętności z różnych obszarów. Niedobór tego rodzaju wykwalifikowanych pracowników w połączeniu z dążeniem do uzyskania dotacji sprzyja częstemu zatrudnianiu pracowników o niskich kwalifikacjach, pracowników migrujących dysponujących słabą znajomością języka państwa przyjmującego oraz nielegalnemu zatrudnianiu pracowników. Niebezpieczne warunki pracy wynikające z presji czasu lub kosztów mogą przyczyniać się do zwiększania poziomu stresu wśród pracowników. Z tego względu należy usprawnić komunikację w ramach łańcucha podwykonawstwa oraz zapewnić ściślejsze przestrzeganie norm BHP przez wszystkich podwykonawców.

W miarę upraszczania procesu montażu może dojść do wzrostu liczby nielegalnych instalacji montowanych przez osoby prywatne, na przykład w postaci zestawów do samodzielnego montażu, które można zakupić w lokalnym sklepie żelaznym. Dlatego też monitorowanie procesu montażu przez ekspertów w dziedzinie BHP może okazać się konieczne, aby zapewnić bezpieczeństwo montażu oraz mieszkańców, pracowników wykonujących prace konserwacyjne oraz osób udzielających pomocy przedmedycznej w sytuacjach nadzwyczajnych [12].

2.3 Zagrożenia dla BHP związane z podłączaniem do infrastruktury i eksploatacją

Podłączanie systemów solarnych domowego użytku lub innych niewielkich systemów solarnych do sieci elektroenergetycznej i eksploatacja systemu wiążą się z podobnymi zagrożeniami elektrycznymi i pożarowymi, jak zagrożenia związane z montażem i konserwacją. W warunkach normalnej eksploatacji modułów fotowoltaicznych nie dochodzi do narażenia na oddziaływanie substancji niebezpiecznych, gazów ani chemikaliów, ponieważ moduły te nie wytwarzają żadnych par ani pyłów.

Wykwalifikowani pracownicy z reguły podłączają panele słoneczne do sieci zasilającej. Właściciele budynków, najemcy, właściciele przedsiębiorstw lub dozorczy mogą jednak podejmować również próby samodzielnego przeprowadzenia odpowiednich prac, nie dysponując wymaganymi umiejętnościami i narażając się tym samym na ryzyko. Poza czynnościami związanymi z podłączaniem paneli, wspomniane podmioty mogą również podejmować próby samodzielnego przeprowadzenia innych prac, takich jak czyszczenie, sprawdzanie powierzchni i oprawy oraz mechanizmu regulacji elektrycznej i przemiennika itp., do prowadzenia których również mogą nie być odpowiednio przygotowani. Jeżeli takie osoby zatrudniają pracowników, powierzając im zadanie wykonania prac podłączeniowych i wspomniane inne zadania, ponieważ sami nie zdają sobie sprawy z istniejących

zagrożeń i konieczności dysponowania odpowiednimi kwalifikacjami, może to skutkować zatrudnieniem niewykwalifikowanych pracowników, a tym samym narażeniem ich na ryzyko.

2.4 Zagrożenia dla BHP związane z gospodarowaniem odpadami i recyklingiem

Przewidywany okres eksploatacji modułów wynosi około 30 lat – po upływie tego okresu moduły należy zdemontować i unieszkodliwić lub wykorzystać ponownie, podobnie jak w przypadku innych wyrobów elektronicznych. Rozwiązaniem preferowanym ze względów środowiskowych jest recykling systemów fotowoltaicznych po upływie ich cyklu życia, ponieważ 95% materiałów półprzewodnikowych i 90% szkła podlega recyklingowi [13]. Odseparowanie szkodliwych metali od szkła i ram metalowych pozwala ograniczyć ilość odpadów niebezpiecznych do trzech rzędów wielkości [14].

Oczekiwany wzrost wykorzystania recyklingu może stanowić potencjalne zagrożenie dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach zajmujących się recyklingiem podczas gromadzenia i przetwarzania odpadów przetwarzalnych. Podobnie jak w przypadku procesu produkcji pracownicy mogą być narażeni na kontakt z materiałami półprzewodnikowymi lub metalami ciężkimi, z których wykonano demontowane panele słoneczne. Pracownicy ci są również narażeni na zagrożenia ergonomiczne i zagrożenia związane z zaburzeniami układu mięśniowo-szkieletowego podczas przenoszenia ciężkich modułów lub częstego przemieszczania. Ponieważ odpady przetwarzalne są coraz częściej gromadzone w ramach pojedynczego strumienia przy wykorzystaniu nowych, w większym stopniu zmechanizowanych linii sortujących, liczba osób, które muszą sortować materiały ręcznie, ustawicznie się zmniejsza. Opisany proces automatyzacji przyczynia się do zmniejszenia narażenia na tego typu zagrożenia.

Gospodarowanie odpadami generowanymi przez systemy fotowoltaiczne wiąże się z narażeniem na podobne zagrożenia, jak zagrożenia występujące w przypadku innych rodzajów odpadów elektronicznych. Wszystkie opisane zagrożenia można kontrolować, stosując odpowiednie środki zapobiegawcze. Zagrożenia te ulegają zwiększeniu w przypadku (nielegalnego) wysyłania odpadów elektronicznych do innych państw, w których dobre praktyki w zakresie BHP mogą nie być przestrzegane, a pracownicy zajmujący się odpadami niebezpiecznymi mogą być niedostatecznie dobrze chronieni.

2.5 Zagrożenia dla BHP, na które narażone są służby ratownicze

W przypadku pożaru systemu fotowoltaicznego służby ratownicze są narażone nie tylko na zagrożenia elektryczne, ale również np. na zagrożenia dla układu oddechowego spowodowane substancjami niebezpiecznymi, zagrożenia związane z zawaleniem się konstrukcji, poślizgnięciami i potknięciami, upadkiem z wysokości i spadającymi elementami konstrukcji. W przypadku termicznych instalacji solarnych występują te same zagrożenia, z wyjątkiem zagrożeń elektrycznych. Prawdopodobieństwo wygenerowania znacznych emisji materiałów fotowoltaicznych jest znikome, ponieważ temperatura płomienia w pożarach dachu jest znacznie niższa niż temperatury parowania materiałów fotowoltaicznych [9]. Podobnie jednak jak w przypadku każdego innego pożaru obiektu konstrukcyjnego, należy przeprowadzić odpowiednią ocenę zagrożeń. Strażaków należy niezwłocznie poinformować, że dany budynek jest wyposażony w system solarny i określić rodzaj tego systemu, aby umożliwić im podjęcie decyzji dotyczącej dalszych działań zgodnie z wytycznymi w zakresie gaszenia pożarów [15]. Należy również mieć na uwadze fakt, że w trakcie gaszenia pożarów domów strażacy często dostają się do ich wnętrza przez dach. Jeżeli na dachu zainstalowano panele fotowoltaiczne ograniczające możliwość uzyskania dostępu do budynku tą drogą, może to utrudnić przeprowadzanie akcji.

3 Zapobieganie

Zagrożenia związane z systemami solarnymi domowego użytku mają zasadniczo konwencjonalny charakter. Są one jednak zróżnicowane i mogą występować łącznie, wiązać się z nowymi produktami i substancjami oraz pojawiać się w nowych sytuacjach, a ich zwalczaniem mogą potencjalnie zajmować się nowe, niewykwalifikowane podmioty prowadzące działalność w tym sektorze. Podstawą działań w obszarze zapobiegania jest przeprowadzenie dogłębnej i dostosowanej do cech danego miejsca pracy oceny ryzyka. Jak zostało to opisane w dyrektywie ramowej UE ⁽¹⁾, zagrożenia muszą zostać zidentyfikowane, a ryzyko poddane ocenie i spriorytetyzowane. Następnie należy przestrzegać hierarchii środków kontroli: wyeliminowanie lub zastąpienie zagrożenia, ograniczenie ryzyka u źródła do minimum przy wykorzystaniu technik regulacji, zastosowanie organizacyjnych środków kontroli oraz, w ostateczności, zastosowanie środków ochrony indywidualnej.

Sektor energii słonecznej jest wysoce dynamiczną branżą, która w dalszym ciągu rozwija się, jeżeli chodzi o opracowywanie nowych systemów. Stosowanie nowych technologii, elementów wyposażenia lub substancji, wdrażanie nowych metod i procedur pracy oraz stała zmiana struktury siły roboczej wymaga dynamicznego zarządzania ryzykiem i przeprowadzania regularnych przeglądów. Proces ten nie powinien zakończyć się w momencie zapewnienia skutecznej kontroli zagrożeń występujących w miejscu pracy. Należy wdrożyć systematyczny system monitorowania i przeglądu, ponieważ w miejscach pracy zawsze mogą pojawić się nowe zagrożenia.

Należy również wzmocnić wysiłki na rzecz wyeliminowania i minimalizacji zagrożeń na wczesnym etapie procesu projektowania [16]. Na etapie projektowania należy stosować podejście multidyscyplinarne uwzględniające aspekty związane z BHP występujące w całym cyklu życia małoskalowych instalacji solarnych [17].

Ponieważ na zagrożenia związane z małoskalowymi instalacjami solarnymi narażeni mogą być pracownicy z różnych sektorów oraz, dodatkowo, grupy osób inne niż grupy zawodowe, należy dążyć do wypracowania powszechnie uznawanej kultury bezpieczeństwa i higieny we współpracy z różnymi podmiotami, takimi jak przedstawiciele pracowników, liderzy biznesu, (pod)wykonawcy, służby straży pożarnej i władze samorządowe. W tym kontekście następujące środki należy uznać za szczególnie istotne: organizowanie regularnych szkoleń z udziałem zaangażowanych osób, stałe monitorowanie (nowych, potencjalnych) zagrożeń, ograniczanie wykorzystania materiałów toksycznych na etapie produkcji, odpowiednie testowanie nowych materiałów i procesów w oparciu o zasadę ostrożnego zarządzania zasobami oraz opracowywanie produktów zapewniających możliwość ich bezpiecznej eksploatacji przez cały cykl życia, jak również bezpieczny recykling systemu po upływie tego cyklu.

Lista kontrolna towarzysząca niniejszemu dokumentowi z serii e-fakty została również udostępniona pod adresem: <https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-69-hazard-identification-checklist-osh-risks-associated-with-small-scale-solar-energy-applications> – jej celem jest ułatwienie rozpoczęcia procesu identyfikacji zagrożeń, dlatego też może okazać się ona pomocna przy przeprowadzaniu oceny ryzyka w miejscu pracy. Lista kontrolna zawiera również przykłady środków zapobiegawczych, aby ułatwić zidentyfikowanie odpowiednich środków zapobiegawczych i ich zastosowanie w praktyce.

Dodatkowe informacje

KE – Komisja Europejska. <http://setis.ec.europa.eu/technologies/Solar-photovoltaic>,
<http://setis.ec.europa.eu/technologies/Solar-heating-and-cooling>

EPIA – Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Fotowoltaicznego. <http://www.epia.org/about-epia/who-is-epia.html>

ESTIF – Europejska Federacja Przemysłu Termalnej Energii Słonecznej:
http://www.estif.org/statistics/st_markets_in_europe_2010/

¹ Dyrektywa Rady z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy (89/391/EWG). Dokument dostępny pod adresem: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:01989L0391-20081211:EN:NOT>

- IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. [http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestiseng:sdbeng](http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll?f=templates$fn=default.htm$vid=gestiseng:sdbeng)
- MOP – Międzynarodowa Organizacja Pracy. <http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/lang-en/index.htm>, http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_175600.pdf, http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@emp_ent/documents/publication/wcms_152065.pdf
- NFPA – National Fire Protection Association, *Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems*, Quincy, maj 2010 r. Dokument dostępny na stronie internetowej: http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/research/ffttacticssolarpower.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=ffttacticssolarpower.pdf
- NIOSH – Krajowy Instytut Zdrowia i Bezpieczeństwa w Pracy: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/PtD/greenjobs.html>, <http://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2010/01/green-2/>
- OPPBTP - La prévention BTP, Pose De Panneaux Photovoltaïcs - Préparation d'un chantier, wydanie 2., kwiecień 2011 r. Dokument dostępny na stronie internetowej : http://www.oppbtp.fr/thematiques/danger_nuisance_risque/electricite/documentation/pose_de_panneaux_photovoltaïques_preparation_d_un_chantier
- OSEIA - Oregon Solar Energy Industries Association, *Solar Construction Safety*, Portland, 12/06. Dokument dostępny na stronie internetowej: http://www.coshnetwork.org/sites/default/files/OSEIA_Solar_Safety_12-06.pdf
- OSFM - Office of the State Fire Marshal, *Fire Operations for Photovoltaic Emergencies*, Sacramento, listopad 2010 r. Dokument dostępny na stronie internetowej: http://osfm.fire.ca.gov/training/pdf/Photovoltaics/Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf
- OSHA – Administracja Stanów Zjednoczonych ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy. <http://www.osha.gov/dep/greenjobs/solar.html>
- PV Cycle – Europejskie stowarzyszenie na rzecz dobrowolnego odbioru i odzyskiwania modułów fotowoltaicznych A.I.S.B.L. <http://www.pvcycle.org/>
- UNEP – Program Narodów Zjednoczonych ds. Ochrony Środowiska – http://www.unep.org/labour_environment/pdfs/green-jobs-background-paper-18-01-08.pdf

Odniesienia

- [1] Observ'ER, „The State of Renewable Energies in Europe 11th – EurObserv'ER Report”, Paryż, grudzień 2011 r. Dokument dostępny pod adresem: http://www.euroobserver.org/pdf/barobilan11.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=barobilan11.pdf
- [2] Beurskens, L. W. M., Hekkenberg, M. & Vethman P., „Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States”, ECN-E-10-069, 2011 r.. Dokument dostępny pod adresem: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10069.pdf>
- [3] EU-OSHA (Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy), „Foresight of New and Emerging Risks to Occupational Safety and Health Associated with New Technologies in Green Jobs by 2020, Phase I – Key drivers of change”, 2011 r. Dokument dostępny pod adresem: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/foresight-green-jobs-drivers-change-TERO11001ENN>
- [4] Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), „Summary of the Making Green Jobs Safe Workshop”, Waszyngton, DC, 14–16 grudnia 2009 r. Dokument dostępny pod adresem: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-201/pdfs/2011-201.pdf>

- [5] Silicon Valley Toxics Coalition, „Toward a Just and Sustainable Solar Energy Industry”, biała księga, 2009 r. Dokument dostępny pod adresem: http://svtc.org/wp-content/uploads/Silicon_Valley_Toxics_Coalition_-_Toward_a_Just_and_Sust.pdf
- [6] Next Big Future, ‘Deaths per TWH by Energy Source’, 2011 r. Dostęp uzyskano w dniu 10 września pod adresem: <http://nextbigfuture.com/2011/03/deaths-per-twh-by-energy-source.html>
- [7] EPRI (Electric Power Research Institute), „Potential Health and Environmental Aspects Associated with the Manufacture and Use of Photovoltaic Cells”, sprawozdanie końcowe, Palo Alto, 2003 r. Dostępne pod adresem: <http://www.energy.ca.gov/reports/500-04-053.PDF>
- [8] Zayed, J. & Philippe, S., „Acute Oral and Inhalation Toxicities in Rats with Cadmium Telluride”, International Journal of Toxicology, t. 28, nr 4, 2009 r., s. 259–265.
- [9] Fthenakis, V. M., „Overview of Potential Hazards”, w Markvart T. & Castaner, L. (red.), Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Elsevier, 2003 r., s. 854–868. Dokument dostępny pod adresem: http://www.bnl.gov/pv/files/pdf/art_170.pdf
- [10] Wang, M-J. J., Chung, H-C. & Wu, H-C., „Evaluating the 300mm Wafer-Handling Task in Semi-Conductor Industry”, International Journal of Industrial Ergonomics, t. 34, nr 6, 2004 r., s. 459–466. Dokument dostępny pod adresem: <http://ir.lib.cyut.edu.tw:8080/bitstream/310901800/7335/1/A7.pdf>
- [11] Chen, H., Green and Healthy Jobs, Labour Occupational Health Program, University of California w Berkeley, czerwiec 2010 r. Dokument dostępny pod adresem: <http://www.cpw.org/pdfs/Green-Healthy%20Jobs%20fnl%20for%20posting.pdf>
- [12] Grant, C. C., „Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems”, sprawozdanie końcowe, sfinansowane w ramach DHS/Assistance to Firefighter Grants (AFG) Funded Study, maj 2010 r. Dokument dostępny pod adresem: http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/research/ffacticssolarpower.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=ffacticssolarpower.pdf
- [13] Krueger, L., „An Overview of First Solar’s Module Collection and Recycling Program”, przedstawione podczas warsztatów na temat zakresu recyklingu instalacji fotowoltaicznych, 34. konferencji ekspertów ds. fotowoltaiki zorganizowanej 11 czerwca 2009 r. w Filadelfii, USA, oraz podczas 1. międzynarodowej konferencji dotyczącej recyklingu modułów zorganizowanej w styczniu 2010 r. w Berlinie, Niemcy. Dokument dostępny pod adresem: http://www.bnl.gov/pv/files/PRS_Agenda/2_Krueger_IEEE-Presentation-Final.pdf
- [14] Fthenakis, V. M., „End-of-Life Management and Recycling of PV Modules”, Energy Policy, t. 28, 2000 r., s. 1051–1058. Dokument dostępny pod adresem: http://clca.columbia.edu/papers/End_Life_Management_Recycling_Energy_Policy.pdf CAL Fire (Office of the State Fire Marshal), „Fire Operations for Photovoltaic Emergencies”, Sacramento, listopad 2010 r. Dokument dostępny pod adresem: http://osfm.fire.ca.gov/training/pdf/Photovoltaics/Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf
- [16] Schulte, P. A., Rinehart, R., Okun, A., Geraci, C. L. & Heidel, D. S., „National Prevention through Design (PtD) Initiative”, Journal of Safety Research, t. 39, nr 2, 2008 r., s. 115–121.
- [17] Ertas, A., „Prevention through Design: Transdisciplinary Process”, Lubbock, Teksas, 2010 r. Dokument dostępny pod adresem: http://basarab.nicolescu.perso.sfr.fr/ciret/ARTICLES/Ertas_fichiers/ptd.pdf