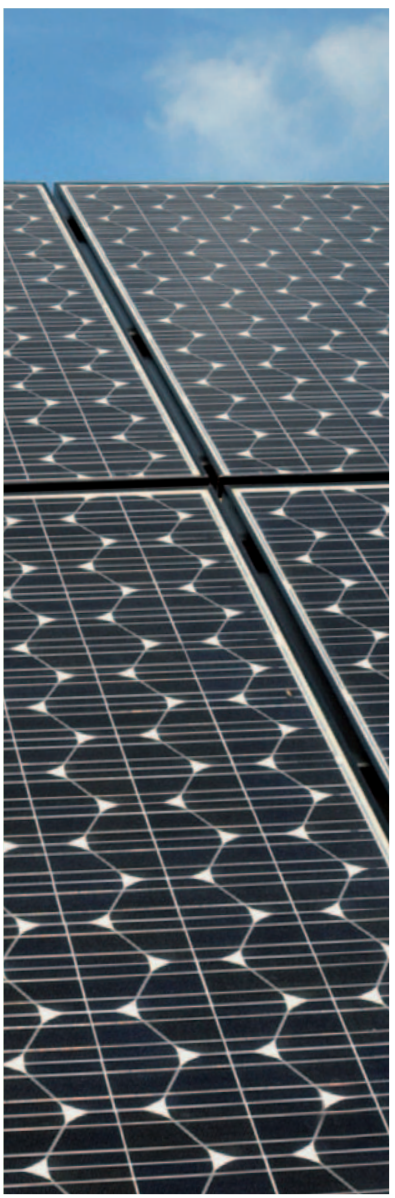
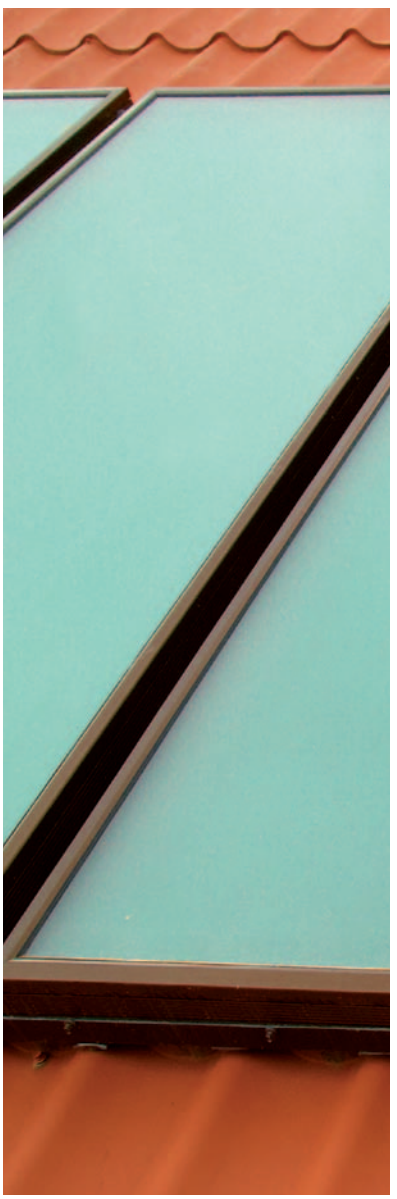
HEINRICH BÖLL STIFTUNG
EKOLOGIA

MAŁOSKALOWE ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII I MIKROINSTALACJE

Kolektory słoneczne, systemy fotowoltaiczne, małe elektrownie wiatrowe

Poradnik opracowany przez Instytut Energetyki Odnawialnej





HEINRICH BÖLL STIFTUNG
SERIA PUBLIKACJI O EKOLOGII

Małoskalowe odnawialne źródła energii i mikroinstalacje

Kolektory słoneczne, systemy fotowoltaiczne, małe elektrownie wiatrowe

Publikację opracowano w Instytucie Energetyki Odnawialnej

Grzegorz Wiśniewski (red.)
Aneta Więcka
Piotr Dziamski
Maria Kamińska
Konrad Rosołek
Anna Santorska

Heinrich-Böll-Stiftung
Publikacja opracowana w Instytucie Energetyki Odnawialnej
Autorzy: Grzegorz Wiśniewski (red.), Aneta Więcka, Piotr Dziamski, Maria Kamińska, Konrad Rosołek, Anna Santorska
Małoskalowe odnawialne źródła energii i mikroinstalacje
Kolektory słoneczne, systemy fotowoltaiczne, małe elektrownie wiatrowe

Instytut Energetyki Odnawialnej
ul. Mokotowska 4/6, 00-641 Warszawa
tel./fax: +48 22 875 86 78
e-mail: biuro@ieo.pl
www.ieo.pl

Publikacja Fundacji im. Heinricha Bölla, Biuro Regionalne Europa Centralna, Warszawa
Wydrukowano w Polsce
Wydanie pierwsze lipiec 2012

Korekta i koordynacja: Monika Walencka

Opracowanie graficzne: Micheline Gutman
Skład i druk: Studio27
Zdjęcia na okładce: instalacja fotowoltaiczna – projekt UrbanSolPlus, mała elektrownia wiatrowa – Eko-Diuna, kolektory słoneczne – dovapi

ISBN 978-83-61340-05-8

Zamówienia prosimy kierować na adres:
Fundacja im. Heinricha Bölla
ul. Żurawia 45, III p.
00-680 Warszawa
T 22 59 42 333 F 22 59 42 337
E pl-info@pl.boell.org W www.boell.pl

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie: mikrogeneracja, mikroinstalacje i małoskalowe odnawialne źródła energii 5

1. Kolektory słoneczne 9
1.1 Zastosowanie kolektorów słonecznych 9
1.2 Rynek kolektorów słonecznych w Polsce 9
1.3 Ogólna zasada działania kolektorów słonecznych 11
1.4 Budowa instalacji grzewczych wyposażonych w kolektory słoneczne 15
1.5 Zakup instalacji słonecznej 18

2 Małe instalacje fotowoltaiczne 21
2.1 Budowa i zasada działania ogniw i modułów fotowoltaicznych 21
2.2 Rodzaje instalacji (systemów) fotowoltaicznych 22
2.3 Rynek instalacji fotowoltaicznych w Polsce 25
2.4 Zakup instalacji fotowoltaicznej 26

3 Małe elektrownie wiatrowe 28
3.1 Zasada działania 28
3.2 Rodzaje instalacji małych elektrowni wiatrowych 31
3.3 Rynek małych turbin wiatrowych 32
3.4 Zakup małej instalacji wiatrowej 33

RYSUNKI I TABELE

Rysunek 1: Sprzedaż instalacji słonecznych w Polsce w latach 2000-2011 10
Rysunek 2: Sprzedaż instalacji słonecznych w podziale na regiony Polski 11
Rysunek 3: Przekrój przez kolektor słoneczny plaski 11
Rysunek 4: Słoneczne kolektory płaskie zamontowane na dachu budynku 12
Rysunek 5: Przekrój pojedynczej rury kolektora próżniowo-rurowego wraz ze zwierciadłem parabolicznym (CPC) 13
Rysunek 6: Kolektory próżniowe zamontowane na fasadzie budynku jednorodzinnego 13
Rysunek 7: Przekrój przez rurę kolektora próżniowego. Kanał przepływowy typu U rury. Warstwa absorpcyjna umieszczona jest na elementach bezpośrednio przylegających do rur przewodzących ciecz 14
Rysunek 8: Przekrój przez rurę kolektora próżniowego. Kanał przepływowy typu rury ciepła 14
Rysunek 9: Schemat pracy zestawu słonecznego z elektrycznym grzejnikiem dogrzewającym włączonym w obieg słoneczny 15
Rysunek 10: Schemat instalacji dwufunkcyjnej do dogrzewania co i cwu 16
Rysunek 11: Schemat instalacji ON-GRID 23
Rysunek 12: Schemat instalacji OFF-GRID 23
Rysunek 13: Schemat instalacji mieszanej 24
Rysunek 14: Wykres średniej ceny jednostkowej modułów 26
Rysunek 15: Turbiny o poziomej osi obrotu 29
Rysunek 16: Turbiny o pionowej osi obrotu 29

Rysunek 17: Oddziaływanie przeszkód terenowych na przepływ mas powietrza 30
Rysunek 18: Zależność między wysokością masztu a wydajnością elektrowni wiatrowej 30
Rysunek 19: Autonomiczny (wyspowy) system zasilania gospodarstwa domowego 31
Rysunek 20: System zasilania gospodarstwa domowego zintegrowany z siecią energetyczną 32
Rysunek 21: Potencjał małej energetyki wiatrowej w Polsce. Mapa prezentuje liczbę małych turbin wiatrowych <10kW, które mogą być zainstalowane na obszarach wiejskich z uwzględnieniem kryteriów środowiskowych i infrastrukturalnych ich lokalizacji 33
Rysunek 22: Możliwości wykorzystania małej elektrowni wiatrowej 34

Tabela 1: Ocena okresu zwrotu nakładów na instalację kolektorów słonecznych 20
Tabela 2: Zestawienie kosztów netto zakupu elektrowni PV o mocy 3 kW i 10 kW 27
Tabela 3: Wykaz kosztów urządzeń i prac montażowych dla instalacji przydomowej elektrowni wiatrowej 35

WPROWADZENIE: MIKROGENERACJA, MIKROINSTALACJE I MAŁOSKALOWE ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

Stanisław Lem, jak wspomina jego syn[1], już w latach 70-tych, aby wzmocnić swoje poczucie bezpieczeństwa energetycznego i zapewnić np. światło niezbędne nocą do pisania książek, zaadaptował do swojego domu agregat prądotwórczy z kutra rybackiego. Ten rodzaj przedsiębiorczości pokazuje potencjał indywidualizmu obywateli, którzy bez wsparcia ze strony państwa już od dawna musieli sobie sami radzić ze słabością scentralizowanego systemu energetycznego, nawet wtedy gdy na rynku nie było małoskalowych odnawialnych źródeł energii. W tej chwili obywatele poszukujący niezależności i pewności dostaw energii dysponują już znacznie większą gamą (ciągle jednak zbyt małą) technologii energetycznych, które mogą z powodzeniem bezpośrednio wykorzystywać.

Niniejsza publikacja jest o możliwościach wykorzystania w budynkach mieszkalnych, gospodarstwach rolnych oraz małych przedsiębiorstwach mikroinstalacji z odnawialnymi źródłami energii (OZE), w szczególności systemów fotowoltaicznych, kolektorów słonecznych oraz małych elektrowni wiatrowych. Spośród małoskalowych technologii odnawialnych źródeł energii są to technologie o największym potencjale wzrostu w najbliższych latach. Niektóre z nich są już skutecznie wspierane przez państwo systemami mikrodotacji (w szczególności kolektory słoneczne), inne (systemy fotowoltaiczne, małe elektrownie wiatrowe) mają być wspierane już od 2013 roku, po uchwaleniu nowej ustawy o odnawialnych źródłach energii, systemem specjalnych taryf za energię zużywaną na potrzeby własne i sprzedawaną do sieci.

Generalnie są to nowe, innowacyjne technologie i potrzebna jest odpowiednia wiedza na ich temat zarówno po stronie inwestorów i użytkowników jak i instalatorów oraz architektów. Wpisują się w nowe trendy w zakresie budowy energooszczędnych, a nawet pasywnych budynków, nowe koncepcje związane z koncepcją „prosumenta" (obywatela lub przedsiębiorcy będącego konsumentem energii i jej producentem), mikrosieci i inteligentnych sieci energetycznych i najszerzej – w ramy rozwoju generacji rozproszonej, w tym mikrogeneracji, jako alternatywy dla obecnego scentralizowanego systemu zapotrzebowania na energię.

Energetyka rozproszona obejmuje bardzo duży zakres technologii energetycznych małej skali do wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i paliw płynnych w sposób zdecentralizowany i ich lokalnego wykorzystania. Ciepło w lokalnych źródłach, w znacznym zakresie, od dawna było wytwarzane w taki właśnie sposób, ale koncepcja energetyki rozproszonej została najszerzej rozwinięta dla potrzeb opisania zmian w sektorze i na rynku wytwarzania energii elektrycznej i jest znana pod nazwą „generacji rozproszonej". Generacja rozproszona (ang. *distributed generation*) obejmuje, według najprostszej definicji, źródła energii współpracujące z siecią dystrybucyjną (do 110kV) lub bezpośrednio zasilające odbiorcę. Na świecie definiuje się górny zakres mocy takich źródeł, uznając, że maksymalna wielkość jednostki wytwórczej może sięgać 50 MW, podczas gdy mikrogeneracja rozproszona oznacza źródła o mocy rzędu 50 kW. Źródła generacji rozproszonej nie podlegają bezpośrednio centralnemu planowaniu rozwoju i dysponowaniu mocą. Elementem tak rozumianej generacji rozproszonej, a zwłaszcza mikrogeneracji są jednak lokalne systemy magazynowania energii elektrycznej i ciepła (możliwe korzyści finansowe dzięki elastyczności i zakupie przez prosumenta energii z zewnątrz wtedy, gdy jest najtańsza i sprzedaż nadwyżek w okresach gdy jest ona najdroższa) oraz zarządzanie ich pracą łącznie z pracą indywidualnych źródeł ciepła i chłodu oraz świadomą gospodarką energetyczną u jej odbiorców.

W początkowym okresie rozwoju elektroenergetyki (koniec XIX w.) istniała wyłącznie generacja rozproszona – wszystkie źródła były niezależne i zasilały wydzielone sieci odbiorców lokalnych. Dopiero na początku XX wieku, wraz z opanowaniem technologii przesyłu energii

1 Tomasz Lem: „Awantury na tle powszechnego ciążenia". Wyd. Literackie, 2009.

elektrycznej na duże odległości nastąpił rozwój dużych elektrowni systemowych, obsługujących wielu odbiorców na dużych obszarach. Przyczyną tego była ekonomika skali (większe moce i wzrost sprawności powodowały spadek kosztu jednostkowego energii) oraz lokalizowanie elektrowni w pobliżu złóż paliw, głównie węgla. Do lat 90-tych XX w. rozproszone źródła energii pełniły głównie rolę zasilania awaryjnego, na wypadek przerw w dostawach prądu lub zasilały w energię niewielkich, autonomicznych odbiorców nie mających dostępu do sieci. Udział tzw. niezależnych producentów energii (ang. *independent power producer* – IPP) na rynku spadał z ok. 30-40% na początku XX wieku do 3-4% w 1990 roku, utwierdzając tym samym dominację na rynku tradycyjnych przedsiębiorstw energetycznych – dostawców i wytwórców energii zarazem.

Powrót idei generacji rozproszonej nastąpił w wyniku rozwoju i zdobywania dojrzałości rynkowej nowych (małoskalowych) źródeł energii wykorzystujących lokalne (głównie odnawialne) zasoby energii, ewolucji systemów energetycznych i dążenia do wyeliminowania wad generacji scentralizowanej; długie cykle budowy, znaczne ryzyko skutków awarii, szkodliwe oddziaływanie na środowisko i wysokie koszty dla odbiorców czemu sprzyja wykorzystywanie przez dostawców energii pozycji monopolistycznej.

Najważniejsze czynniki stymulujące rozwój generacji rozproszonej to:

- rozwój technologii wytwarzania energii i pojawienie się źródeł wysokosprawnych, o mniejszych kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych oraz krótkich cyklach budowy; dotyczy to zwłaszcza odnawialnych źródeł energii (OZE), stanowiących podstawę współcześnie rozwijanej generacji rozproszonej,
- demonopolizacja i prywatyzacja sektora energetycznego, umożliwiająca budowę źródeł w pobliżu odbiorców końcowych, wykorzystujących lokalne zasoby energii,
- konieczność poprawy bezpieczeństwa energetycznego, poprzez zwiększenie pewności lokalnego zasilania w energię, zmniejszenie strat sieciowych i obciążenia szczytowego, przy jednoczesnym ograniczeniu nakładów na rozbudowę i modernizację sieci przesyłowych,
- chęć zmniejszenia uzależnienia od zewnętrznych nośników energii, zwłaszcza ropy i gazu,
- sprzyjająca rozwojowi generacji rozproszonej polityka energetyczna i ochrony środowiska oraz różne formy wsparcia generacji rozproszonej, zwłaszcza z OZE.

Choć w dalszym ciągu na rynku dominuje generacja scentralizowana, to z uwagi na powyższe czynniki i uwarunkowania wśród nowych inwestycji dominują już te, które można zaliczyć do generacji rozproszonej i udział tej ostatniej systematycznie rośnie. Nie oznacza to, że pomimo rosnącej konkurencyjności ekonomicznej generacji rozproszonej odbywać się to będzie bezkonfliktowo. Konieczne są regulacje, które służą ułatwieniu rozpoczęcia działalności w obszarze zdominowanym przez dotychczasowych monopolistów. Takie regulacje oraz instytucje mające z definicji tworzyć warunki do konkurencyjności i chronić odbiorców energii i konsumentów (Urząd Regulacji Energetyki, Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów) wprowadzane są także w Polsce od lat 90-tych, ale proces dostosowywania regulacji i przechodzenia od energetyki scentralizowanej do rozproszonej nie dokona się w ciągu kilku lat. Może zająć nawet kilka dekad i w zależności od wizji przyszłości, przebiegać według różnych scenariuszy. Istnieją np. opracowania[2] które przedstawia-

2 Popczyk J.: Energetyka rozproszona jako odpowiedź na potrzeby rynku (prosumenta) i pakietu energetyczno-klimatycznego. Instytut na rzez Ekorozwoju. Warszawa 2010 rok.

ją ten proces w ujęciu historycznym i w kontekście walki politycznej, ilustrując przykładami zmagania zainteresowanej utrzymaniem *status quo* energetyki „korporacyjnej" (wieloskalowej) i tzw. energetyki „prosumenckiej" (kojarzonej w szczególności z mikrogeneracją).

Generacja rozproszona opiera się na 2 klasach technologii:

1. Technologie wykorzystujące paliwa kopalne, z dominacją gazu ziemnego w silnikach tłokowych, turbinach gazowych, mikroturbinach i ogniwach paliwowych; coraz powszechniej stosuje się także procesy skojarzone (kogeneracja, poligeneracja)

2. Technologie wykorzystujące odnawialne zasoby energii dla pozyskiwania ciepła (kolektory słoneczne, geotermalne pompy ciepła i/lub energii elektrycznej (małe elektrownie wiatrowe, systemy fotowoltaiczne oraz źródła zasilane biomasą, w tym biogazownie i małe elektrownie wodne).

Technologie mikrogeneracji rozproszonej należy rozpatrywać z punktu widzenia wielkości zapotrzebowania na moc u odbiorcy.

a) odbiorcy indywidualni – gospodarstwa domowe[3] z wymaganą mocą źródła do 10 kW,

b) gospodarstwa rolne[4] wraz z małymi przedsiębiorstwami z mocą źródeł do 100 kW.

Szereg technologii mikrogeneracji właśnie teraz dynamicznie wchodzi na rynek i są to: małe elektrownie wiatrowe, systemy fotowoltaiczne, blisko rynku są mikrobiogazownie i mikroelektrownie wodne. Inne technologie takie jak ogniwa paliwowe, silniki Stirlinga i mikroturbiny na gaz oraz układy kogeneracyjne tzw. ORC do wykorzystania niskotemperaturowych zasobów geotermalnych wymagają jeszcze prac rozwojowych w celu zmniejszenia kosztów i poprawy niezawodności. Jednakże lista technologii generacji rozproszonej wchodzących na rynek stanie się coraz dłuższa i coraz większa, ich liczba będzie w stanie konkurować na rynku. Na krajowym rynku są już obecne atrakcyjne rynkowo i szybko zwiększające swoje udziały technologie produkcji zielonego ciepła w systemach zdecentralizowanych, takie jak kolektory słoneczne (obecnie najszybszy wzrost i już największy udział w rynku) i geotermalne pompy ciepła oraz automatyczne kotły na przetworzone paliwa z biomasy (pelety, brykiety itp.).

Technologie generacji rozproszonej charakteryzują się dość dużym zakresem kosztów produkcji energii (zależy on od lokalizacji jak i indywidualnej charakterystyki źródła). Jednakże już obecnie niektóre z nich są konkurencyjne wobec tradycyjnych, scentralizowanych źródeł. Należy oczekiwać, że stosowanie odnawialnych źródeł generacji rozproszonej będzie jeszcze bardziej opłacalne, nie tylko z powodu szybkiego rozwoju technologii, ale także braku wpływu na koszty wahań (wzrostów) cen na światowym rynku paliw. Opłacalność technologii generacji rozproszonej zależy też od kosztów alternatywnych zaopatrzenia w energię, które są różne u różnych odbiorców i rosną u tych, którzy są bardziej oddaleni od centrów zaopatrzenia w energię ze źródeł scentralizowanych.

Rozwojowi energetyki rozproszonej, a zwłaszcza mikrogeneracji, sprzyjają rozwijane obecnie technologie magazynowania energii i koncepcja inteligentnych sieci. Rozwój takich technologii generacji rozproszonej, jak kolektory słoneczne, czy małe elektrownie wiatrowe wymaga wykorzystania technologii lokalnego magazynowania energii (ciepła i energii elektrycznej), z których najtańsze obecnie i najbardziej dostępne są technologie magazynowania energii w gorącej wodzie (zasobniki/boilery indywidualne w domach mieszkalnych pozwalające na magazy-

3 Ocenia się, że ok. 90% gospodarstw domowych i 60% gospodarstw rolnych ma moc przyłączeniową poniżej 10 kW.

4 W przypadku gospodarstw rolnych szczególnie takich, w których z uwagi na potrzeby produkcji rolnej moc przyłączeniowe powinna wynosić ok. 20 kW (wg. badań ankietowych Instytutu Energetyki Odnawialnej w wybranych regionach dotyczy to tylko 30% gospodarstw), obecny system zaopatrzenia w energię stanowi ograniczenie w ich rozwoju i tworzy w Polsce szczególną potrzebę i rynek dla generacji rozproszonej.

nowanie energii w cyklach dobowych, gruntowe magazyny ciepła oraz tzw. osiedlowe, ziemne magazyny ciepła do magazynowania sezonowego). Na rynek, także krajowy, wchodzą też nowe technologie magazynowania ciepła w lokalnych systemach z przemianą fazową. Wkrótce na rynku pojawią się bardziej sprawne i wydajne systemy magazynowania energii elektrycznej. Dodatkowy impuls i nowoczesny kierunek rozwoju generacji rozproszonej nadaje koncepcja tzw. inteligentnych sieci energetycznych (ISE), w tym mikrosieci. Koncepcja ta rozwijana dopiero od niedawna w Polsce i promowana m.in. przez Urząd Regulacji Energetyki oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, obejmuje nie tylko zmianę podejścia do samych sieci dystrybucyjnych, ale także systemy generacji rozproszonej oparte na wykorzystaniu OZE i „mikroźródła" wraz z systemami zdecentralizowanego magazynowania energii. Elementy w mikrosieciach współpracują z lokalnymi sieciami i są łączone w węzłach, zwyczajowo do sieci niskiego napięcia. ISE umożliwiają dwukierunkową wymianę informacji i energii pomiędzy producentami i użytkownikami, a co za tym idzie, wyższy poziom przejrzystości, który promuje odpowiedzialne i oszczędne korzystanie z energii po stronie użytkowników. ISE, służąc interesom odbiorcy końcowego energii i prosumenta, pozwalają na zwiększenie efektywności lokalnego wykorzystania OZE i zmniejszenie straty energii wytwarzanej w scentralizowanych źródłach oraz tworzą dodatkowy rynek dla generacji rozproszonej.

Niniejsza publikacja ma charakter praktyczny, wskazując uwarunkowania ekonomiczne i możliwości techniczne rozwoju energetyki rozproszonej w obecnych oraz planowanych do wprowadzenia uregulowaniach prawnych. W koncepcji generacji rozproszonej podmioty inwestują przede wszystkim w źródła na własne potrzeby i sprzedaż (jako prosumenci) nadwyżek energii do sieci. Przyjęty w Polsce w połowie ub. dekady model wsparcia „zielonej" energii elektrycznej w postaci tzw. „świadectw pochodzenia" (praw majątkowych do wprowadzanej do sieci energii z OZE) powodował, że energia wyprodukowana nie jest najpierw zużywana na własne potrzeby, a potem (ew. nadwyżki) na sprzedaż oraz nie służył rozwojowi mikrogeneracji ani mikroinstalacji. Sytuację ma zmienić nowa ustawa o odnawialnych źródłach energii. Wg projektu ustawy z maja 2012 roku wprowadzać ma ona definicję mikroinstalacji jako odnawialnego źródła energii, o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 40 kW lub o łącznej mocy zainstalowanej cieplnej nie większej niż 70 kW. Mikroinstalacje będą mogły korzystać min. z wyższej określonej w regulacji taryfy na sprzedaż energii do sieci, która będzie wyższa od ceny energii obecnie kupowanej przez odbiorcę z sieci. W szczególności ze specjalnego wsparcia będą mogły korzystać małe elektrownie wiatrowe, systemy fotowoltaiczne oraz małe instalacje biogazu rolniczego i małe elektrownie wodne.

Z konieczności, niniejsza publikacja nie może omówić wszystkich istotnych dla mikrogeneracji rozproszonej technologii, ani poruszyć wszystkich zagadnień z nią związanych. Uwzględnia te technologie które, zdaniem autorów i w świetle niektórych najnowszych dokumentów rządowych takich jak „Krajowy plan działań w zakresie energii z odnawialnych źródeł energii" oraz projekt ustawy o OZE, mają największe szanse rozwoju w Polsce w obecnej dekadzie oraz te, które mają aktualnie największy sens ekonomiczny. Każdą z ww. mikroinstalacji można zbudować indywidualnie, ale można je też ze sobą łączyć w tzw. systemy zintegrowane i poszukiwać synergii. W kolejnych rozdziałach omówiono kolejno domowe i przydomowe mikroinstalacje wykorzystujące kolektory słoneczne, systemy fotowoltaiczne oraz małe elektrownie wiatrowe. Są to diametralnie różne technologie, jeśli chodzi o sposób wytwarzania energii, ale podobne jeśli chodzi o możliwości ich indywidualnego i zintegrowanego wykorzystania, dojrzałość technologiczną i aktualne możliwości rynkowe. Na nich w znacznej mierze będzie opierał się prosumencki model energetyki rozproszonej w Polsce.

1. Kolektory słoneczne

1.1. Zastosowanie kolektorów słonecznych

Instalacje słoneczne posiadają mnóstwo zalet. Stanowią element zdecentralizowanego systemu energetycznego, uniezależniając, w pewnym stopniu, region/gminę oraz pojedynczego inwestora od zewnętrznego zaopatrzenia w energię. Pozwalają zmniejszyć zużycie tradycyjnych paliw kopalnych, których spalanie powoduje powstawanie różnorodnych zanieczyszczeń i w rezultacie prowadzi do zmian klimatycznych.

Pomimo, że nasłonecznienie w Polsce nie jest tak intensywne jak w krajach południowych, jest zupełnie wystarczające, aby wykorzystywać kolektory słoneczne w sposób efektywny. Przykładowo w Niemczech, charakteryzujących się podobnymi warunkami nasłonecznienia, rozwiązania takie cieszą się niezwykłą popularnością i są powszechnie stosowane (prawie 40% wszystkich kolektorów w całej UE instaluje się właśnie w tym kraju). Właściwie zaprojektowana i zamontowana instalacja powinna w polskich warunkach klimatycznych zaspokoić ok. 60% rocznego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej (cwu) i tym samym znacznie obniżyć koszty energii.

Wspomaganie dogrzewania pomieszczeń ciepłem promieniowania słonecznego (co) jest w naszym kraju raczej rzadko stosowane, chociaż w Europie rozwiązania te są coraz bardziej popularne. W okresie przejściowym (wiosna, jesień) dogrzewanie pomieszczeń w Polsce może stanowić znaczniejszy wkład energetyczny. Szacuje się, że przy pomocy instalacji słonecznej można pokryć do 30% rocznego zapotrzebowania na ciepło do dogrzewania pomieszczeń.

Innym, coraz popularniejszym zastosowaniem słonecznej techniki grzewczej jest podgrzewanie wody w basenach. Baseny wymagają dużych ilości niskotemperaturowego ciepła, jakiego właśnie mogą dostarczyć instalacje słoneczne.

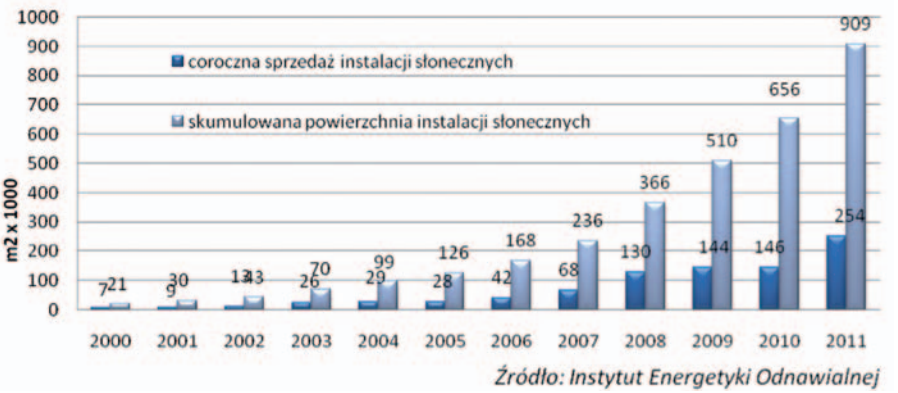
Instalacje słoneczne są szczególnie zalecane do podgrzewania cwu w budynkach mieszkalnych, jedno- i wielorodzinnych, w hotelach, na campingach, w budynkach użyteczności publicznej (biura, szpitale). Rzadziej stosuje się je dla celów przemysłowych (głównie w przetwórstwie), gdzie wymagane są duże ilości gorącej wody, co można osiągnąć poprzez budowę wysoce skomplikowanych instalacji grzewczych z kolektorami słonecznymi.

W ostatnich latach coraz popularniejsze stają się słoneczne systemy chłodzenia pomieszczeń, gdzie w instalacji wykorzystuje się system chłodziarek absorpcyjnych. Słoneczne systemy chłodnicze mają obecnie największe znacznie w krajach południowych.

1.2. Rynek kolektorów słonecznych w Polsce

Obecnie polski rynek kolektorów słonecznych jest jednym z wiodących rynków europejskich i znajduje się na czwartym miejscu w europejskim rankingu sprzedaży instalacji słonecznych, tuż za Niemcami, Włochami i Hiszpanią (uwzględniając uwzględniając wyniki sprzedaży w 2011 r.). W Polsce sprzedaż w tym okresie wzrosła o ponad 70% i wynosiła ok. 253,7 tys. m^2, biorąc pod uwagę powierzchnię czynną paneli słonecznych. Na koniec 2011 roku łącznie zainstalowanych i użytkowanych było 909 tys. m^2 kolektorów słonecznych, co stanowi równoważnik 637 MW mocy cieplnej.

Rysunek 1. Sprzedaż instalacji słonecznych w Polsce w latach 2000-2011



W Polsce w ostatnich latach nie zaobserwowano wzrostu cen kolektorów słonecznych. W 2011 roku średnia cena ofertowa za 1 m^2 powierzchni czynnej kolektora kształtowała się na poziomie 1300 zł i była o 1-2% wyższa niż w roku 2010. Uwzględniając fakt, że inflacja w Polsce kształtowała się na poziomie 4%, praktycznie miał miejsce spadek cen kolektorów.

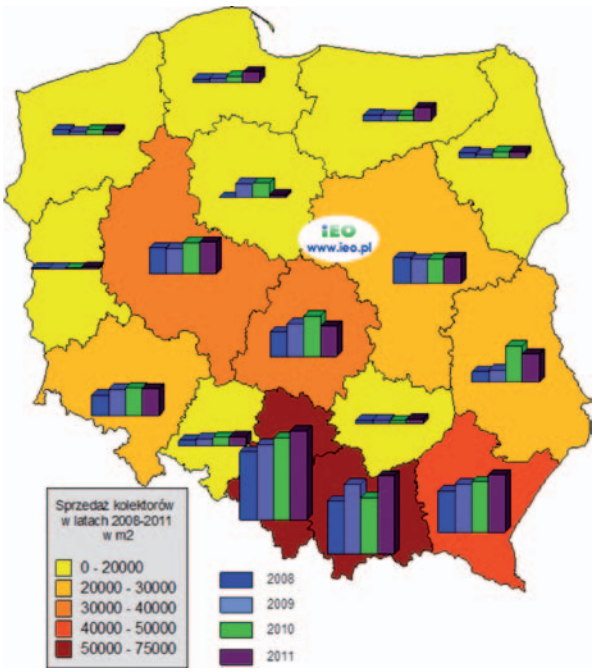
Obecnie w Polsce funkcjonują 74 firmy produkujące i dystrybuujące kolektory słoneczne, ponad połowa to dystrybutorzy zagranicznych firm, dla których polski rynek jest bardzo atrakcyjny. W sprzedaży jest obecnie ponad 440 typów kolektorów słonecznych. Znaczna liczba firm ulokowana jest w Polsce południowej (województwa śląskie i małopolskie), jednakże wiele znajduje się również w województwie mazowieckiem. Oprócz producentów kolektorów słonecznych, coraz ważniejsze ogniwo stanowią instalatorzy systemów solarnych. Obecny projekt ustawy o odnawialnych źródłach energii przewiduje regulację działania instalatorów OZE – każdy z nich będzie podlegał obowiązkowemu szkoleniu i certyfikacji dopuszczającej do wykonywania zawodu, co ma gwarantować wysoką jakość usług.

Analizując sprzedaż instalacji kolektorów słonecznych w Polsce, warto zwrócić uwagę na ich sprzedaż w poszczególnych regionach. Co roku największą popularnością cieszą się instalacje słoneczne w województwach małopolskim i śląskim. Znaczna ilość sprzedawana jest również w województwie podkarpackim (tj. 50-60 tys. m^2), a w województwach łódzkim i wielkopolskim sprzedaż wynosi ok. 30-40 tys. m^2. Zainteresowanie instalacjami słonecznymi widać również w woj. dolnośląskim, mazowieckim i lubelskim, gdzie sprzedaż waha się od ponad 20 do 30 tys. m^2. Natomiast województwa Polski północnej nadal mają niewielki udział w sprzedaży i instalacji kolektorów słonecznych, pomimo powstania kilku firm w tym regionie.

Kolektory słoneczne zawdzięczają obecny sukces w Polsce m.in. programom dotacji, np. program dotacji na zakup instalacji słonecznych prowadzony przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Największe zainteresowanie wzbudziły Regionalne Programy Operacyjne, w ramach których na lata 2007-2013 przeznaczono łącznie 231 mln zł na energetykę słoneczną (20% całego budżetu na energetykę odnawialną). Łącznie do końca listopada 2011 r. zatwierdzono do dofinansowania w ramach RPO wnioski na budowę instalacji słonecznych o wartości 328 mln zł, tj. o 30% więcej niż alokowano środków. Ponadto realizowane są inwestycje z Programu Szwajcarskiego[5], który przewiduje wsparcie w Polsce 8 projektów z zakresu energetyki odnawialnej w których łącznie dofinansowane zostaną inwestycje na ponad 17 tys. budynkach należących do gospodarstw domowych oraz około 200 obiektów - budynków użyteczności publicznej na terenie 17 gmin.

5 Inwestycje realizowane będą w 2012 r. i 2013 r.

Rysunek 2. Sprzedaż instalacji słonecznych w podziale na regiony Polski

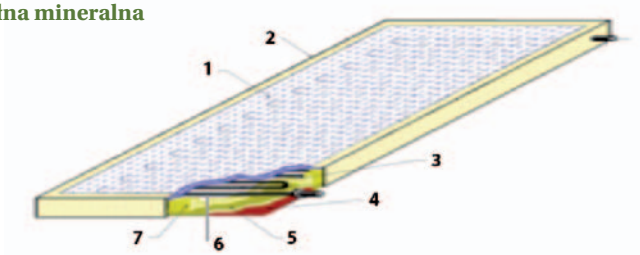


1.3. Ogólna zasada działania kolektorów słonecznych

Kolektory słoneczne służą do przemiany energii promieniowania słonecznego w ciepło lub, inaczej, są to konwertery (przetworniki) energii promieniowania słonecznego w energię cieplną. Najpopularniejsze w naszym kraju są dwa zasadnicze typy kolektorów słonecznych: **płaskie** i **próżniowo-rurowe**.

Ze względu na cenę i prostotę konstrukcji najszerzej wykorzystywanym obecnie typem kolektorów są **kolektory płaskie**. Budowane są one według jednakowych reguł, różniąc się jednak technologią produkcji, zastosowanymi materiałami i konstrukcją. Konstrukcja płaskiego kolektora słonecznego nie jest skomplikowana. Przykładowy przekrój konstrukcji kolektora obrazuje rys. 3.

Rysunek 3. Przekrój przez kolektor słoneczny plaski[6]: 1 – szyba hartowana, 2 – obudowa, 3 – układ rur, 4 – spód kolektora, 5 – izolacja cieplna, 6 – rura zbiorcza, 7 – wełna mineralna



6 „Kolektory słoneczne – energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle", Dom Wydawniczy MEDIUM, 2008

Promieniowanie słoneczne pochłaniane jest przez płytę absorbera, wykonaną najczęściej z aluminium lub miedzi i pokrytą powłoką zwiększającą absorpcję promieniowania. Powłoką tą może być zwykła czarna farba, niemniej obecnie nowoczesne konstrukcje posiadają specjalne powłoki selektywne o właściwościach optycznych zwiększających absorpcję promieniowania słonecznego, przy jednoczesnym zmniejszeniu emisyjności cieplnej (tzw. TINOX, SUNSELECT, BlueTec, itp.).

Od spodu płyty absorbera przymocowany jest układ rur w sposób zapewniający dobry kontakt cieplny (poprzez zgrzewanie, spawanie lub lutowanie), którym przepływa czynnik grzewczy (dobrze przewodzący ciepło, niezamarzający płyn – np. mieszanina glikolu z wodą). Odbiera on ciepło od nagrzanego absorbera i przekazuje do wymiennika ciepła. Układ rur ukształtowany jest najczęściej w postać harfy, meandra (wężownicy) lub harfy podwójnej. Od spodu płyty absorbera umieszczona jest warstwa izolacji cieplnej, przeważnie z wełny mineralnej. Cała konstrukcja kolektora zamknięta jest w obudowie wykonanej zazwyczaj z aluminium lub tworzywa. Od góry kolektor osłonięty jest szybą ze szkła hartowanego lub specjalnego tworzywa, odznaczającego się dobrą przepuszczalnością promieniowania słonecznego i wysoką wytrzymałością na zmienne warunki atmosferyczne.

Widok kolektora zamontowanego na dachu budynku przedstawiono na rys. 4.

Doskonalone przez wiele lat płaskie kolektory słoneczne są obecnie najbardziej popularną technologią energetyki słonecznej do wytwarzania ciepłej wody użytkowej zarówno w Polsce jak i w UE.

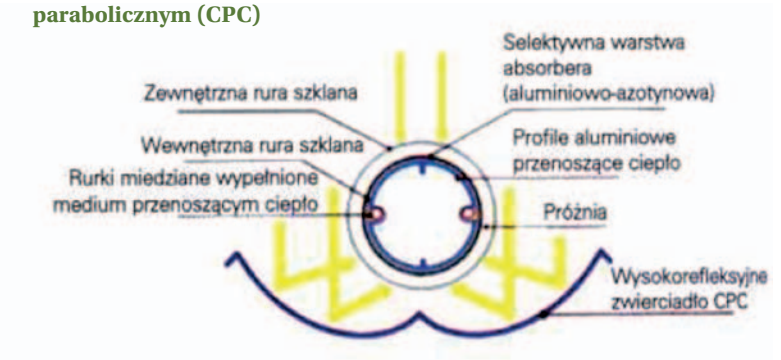
Nieco mniejszą, ale ciągle rosnącą popularnością w naszym kraju cieszą się **kolektory próżniowo-rurowe.** Podstawowym elementem kolektora próżniowo-rurowego jest rura szklana wykonana ze specjalnego szkła borokrzemowego.

Rysunek 4. Słoneczne kolektory płaskie zamontowane na dachu budynku[7]

7 Źródło: Rapid

Obecnie mają zastosowanie dwa typy takich rur: podwójne i pojedyncze. W rurach szklanych występuje wysokie podciśnienie, bliskie próżni, co pozwala na ograniczenie strat ciepła do otoczenia. Rury te połączone są u góry kolektora systemem zbiorczym podgrzanej cieczy. Czasami stosuje się zwierciadła (odbłyśniki), umieszczone od spodu rur szklanych, nakierowujące promieniowanie z otoczenia na powierzchnię czynną kolektora i w ten sposób zwiększające jego wydajność cieplną (rys. 5). Widok kolektora próżniowego, zamontowanego na budynku mieszkalnym przedstawia rys. 6.

Rysunek 5. Przekrój pojedynczej rury kolektora próżniowo-rurowego wraz ze zwierciadłem parabolicznym (CPC)



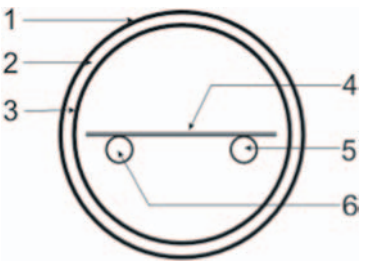
Rysunek 6. Kolektory próżniowe zamontowane na fasadzie budynku jednorodzinnego[8]

8 Materiały własne

Rozróżnia się dwa rodzaje kolektorów próżniowych:

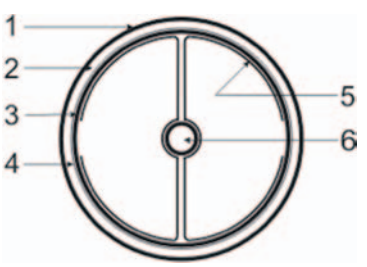
z bezpośrednim przepływem czynnika grzewczego – czynnik grzewczy transportowany jest bezpośrednio w rurach miedzianych zagiętych na kształt litery U, przymocowanych od spodu płaskiego, tradycyjnego absorbera umieszczonego wewnątrz podwójnej rury szklanej. Przykładowe rozwiązanie pokazano w przekroju (rys. 7). Technologia ta pozwala na uzyskanie wysokiej temperatury czynnika roboczego i, w następstwie, wyższych uzysków energetycznych. Jedną z wad tego rozwiązania jest możliwość przegrzania się systemu, gdy nie ma możliwości odbioru ciepła (np. podczas dłuższego wyjazdu) oraz możliwość powstania osadów, które przyczyniają się do zmniejszenia sprawności urządzenia.

Rysunek 7. Przekrój przez rurę kolektora próżniowego. Kanał przepływowy typu U rury. Warstwa absorpcyjna umieszczona jest na elementach bezpośrednio przylegających do rur przewodzących ciecz. Oznaczenia: 1-zewnętrzna ścianka rury szklanej; 2-próżnia; 3-wewnętrzna ścianka rury szklanej; 4-powłoka absorpcyjna; 5-U rurka, wlot; 6-U rurka, wylot



z rurką ciepła (heat pipe) – czynnikiem grzewczym jest nisko wrząca ciecz (np. freon), której punkt wrzenia osiągany jest w temperaturze ok. 27°C. Po nagrzaniu rur przez energię promieniowania słonecznego, znajdujący się w nich płyn zaczyna parować, para konwekcyjnie unosi się do kondensatora rurki cieplnej umieszczonego w miedzianych przewodach z czynnikiem transportującym ciepło. Czynnik ten odbiera ciepło z kondensatorów rurek, zaś para w kondensatorach skrapla się i spływa na spód rurek, gdzie następuje kolejny cykl jej podgrzania. W przypadku tej technologii ograniczony został problem przegrzewania się instalacji. Czynnik grzewczy nie przepływa bezpośrednio przez kolektor, a jedynie w głowicy kolektora. Przykładowe rozwiązanie pokazano na rys. 8.

Rysunek 8. Przekrój przez rurę kolektora próżniowego. Kanał przepływowy typu rury ciepła. Oznaczenia: 1-zewnętrzna ścianka rury szklanej; 2-próżnia; 3-wewnętrzna ścianka rury szklanej; 4-powłoka absorpcyjna; 5-blacha przewodząca ciepło; 6-rurka ciepła



Obecnie większą popularnością na rynku cieszą się kolektory z rurami ciepła, niż kolektory z bezpośrednim przepływem powietrza, głównie dlatego że tego typu kolektory słoneczne są tańsze.

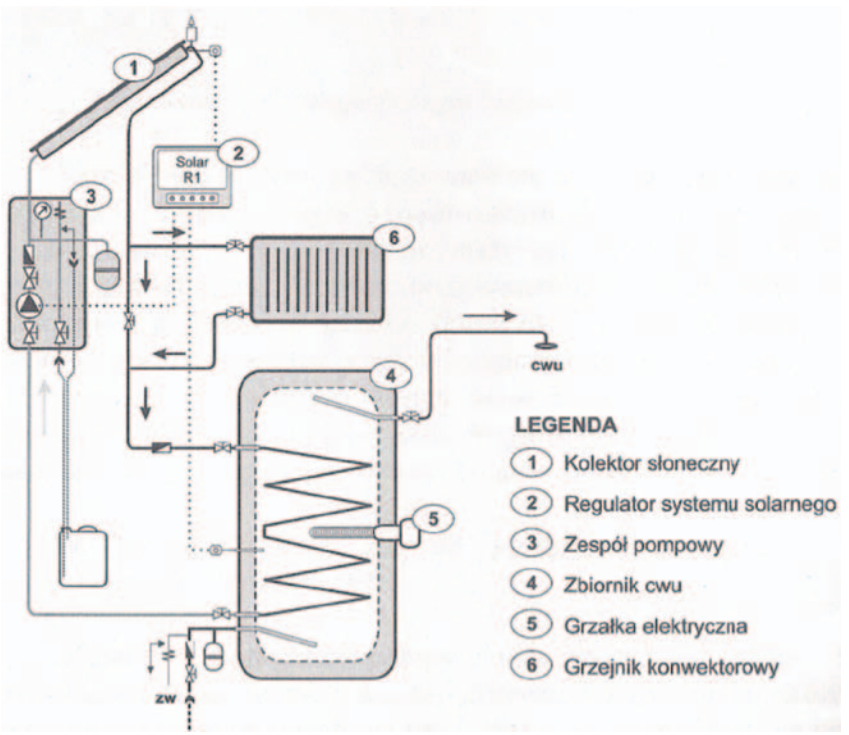
1.4. Budowa instalacji grzewczych wyposażonych w kolektory słoneczne

Kolektor słoneczny jest częścią **instalacji grzewczej**, której pozostałymi elementami są:

- zasobnik magazynujący ciepłą wodę
- układ pompujący ciecz
- zespół bezpieczeństwa (zawór bezpieczeństwa)
- regulator sterujący pracą instalacji
- rurociągi łączące elementy układu hydraulicznego,
- zasilanie energii elektrycznej dla regulatora i pompy,
- bojler gazowy/węglowy/elektryczny do podgrzewania wody do wymaganej temperatury.

Instalacja kolektorów słonecznych może się znacznie różnić w zależności od zastosowanych kolektorów, jak też od istniejących już elementów grzewczych budynku. Najbardziej powszechny układ instalacji został przedstawiony na rysunku nr 9. Najczęściej instalacja słoneczna jest dobudowywana do istniejącego już układu grzewczego (wyposażonego w bojler elektryczny, gazowy lub olejowy) w ten sposób, że podgrzewa wodę wstępnie i, w zależności od osiągniętej temperatury, następuje jej dogrzanie przez tradycyjny boiler, o ile nie osiągnie wymaganej temperatury (przeważnie 45°C). Jeśli temperatura przekroczy wyznaczoną wartość, woda może być wykorzystywana bezpośrednio lub też magazynowana w zasobniku.

Rysunek 9. Schemat pracy zestawu słonecznego z elektrycznym grzejnikiem dogrzewającym włączonym w obieg słoneczny[9]



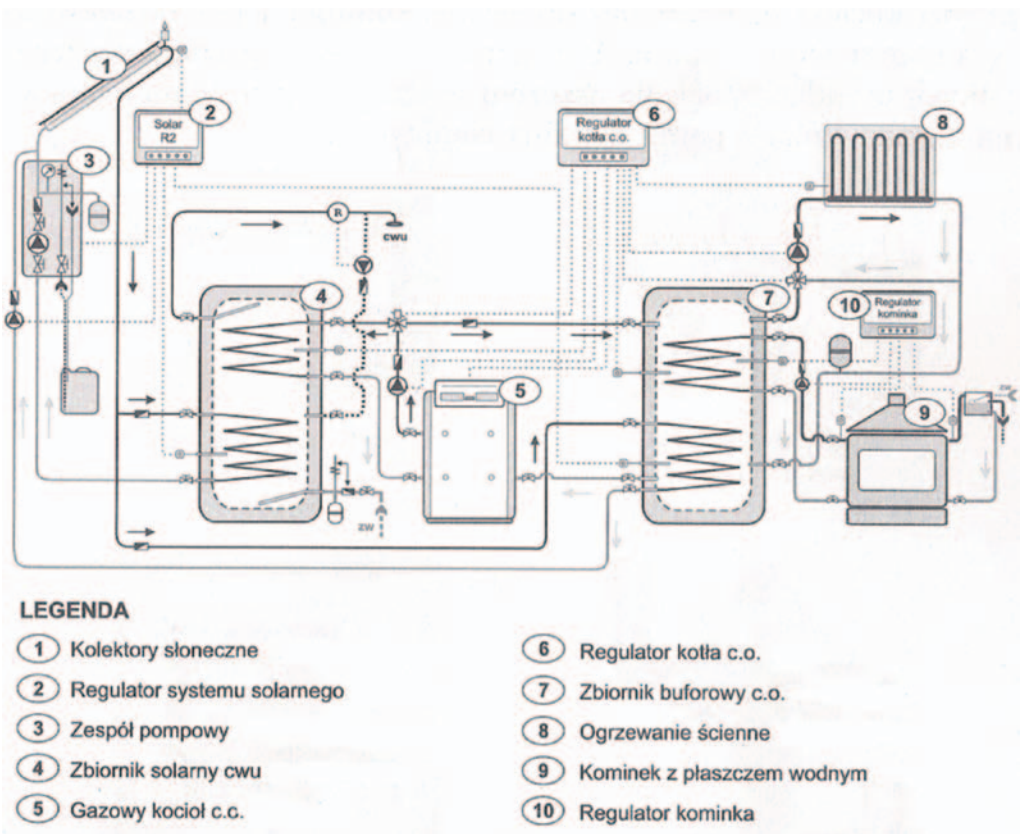
9 Mirosław Zawadzki – „Kolektory słoneczne i pompy ciepła na tak", Polska Ekologia, 2003.

Najczęściej instalacje słoneczne posiadają tzw. obieg wymuszony, to znaczy wyposażone są w pompę cyrkulacyjną wspomagającą cyrkulację czynnika grzewczego pomiędzy kolektorem słonecznym a zasobnikiem. Pompa sterowana jest automatycznie, włączana jest tylko wtedy, gdy temperatura w kolektorze jest o 2-5°C wyższa od temperatury wody w zbiorniku. Pracą pompy zawiaduje regulator systemu solarnego.

Zasadnicza część budowanych w kraju instalacji słonecznych jest przeznaczona do pracy jednofunkcyjnej, tj. do wytwarzania ciepłej wody użytkowej. Spotyka się również słoneczne instalacje dwufunkcyjne – do jednoczesnego ogrzewania budynku i wody użytkowej (tzw. kombi). W Polsce wykorzystanie kolektorów do zasilania instalacji ogrzewania pomieszczeń nie jest zbyt często stosowane, co uzasadnia się niesprzyjającymi warunkami klimatycznymi. Podgrzanie wody użytkowej przy równoczesnym wspomaganiu ogrzewania możliwe jest tylko w okresach wczesnowiosennym i wczesnojesiennym. Należy jednak pamiętać, że korzystając z odnawialnych źródeł energii do celów grzewczych, należy posługiwać się niskotemperaturowymi systemami centralnego ogrzewania.

Schemat przykładowej instalacji systemu grzewczego typu kombi pokazano na rys. 10.

Rysunek 10. Schemat instalacji dwufunkcyjnej do dogrzewania co i cwu[10]



10 Mirosław Zawadzki – „Kolektory słoneczne i pompy ciepła na tak", Polska Ekologia, 2003

Producenci oferują gotowe zestawy wytwarzające ciepłą wodę użytkową w gospodarstwach domowych. Nie występuje w tym przypadku konieczność samodzielnego doboru poszczególnych elementów. Dotyczy to małych instalacji (przeważnie dla domków jednorodzinnych). Producenci przeważnie służą również doradztwem przy doborze i sposobie zainstalowania takiego zestawu.

W przypadku samodzielnego wyboru składników instalacji należy posłużyć się ogólnymi wytycznymi. Określają one rozlokowanie kolektorów, jak też sposoby doboru poszczególnych elementów instalacji. Przy podejmowaniu decyzji o zamontowaniu instalacji z kolektorami słonecznymi należy wziąć pod uwagę możliwość zainstalowania samych kolektorów słonecznych. Zestaw kolektorów powinien być zamontowany bezpośrednio na nachylonej połaci dachowej o ekspozycji południowej lub na specjalnej konstrukcji wspierającej i umieszczony pod odpowiednim kątem. Kąt ten uzależniony jest od okresu (pór roku), w jakim chcemy korzystać z energii słonecznej. Dla całorocznego wykorzystywania kolektora przyjmuje się kąt 45°, jeśli chcemy korzystać z instalacji tylko latem, kąt ten zmniejszamy do 30°. Jeśli zaś chcemy wykorzystywać system głównie do dogrzewania pomieszczeń kąt zwiększamy do 60°. Dopuszczalne jest też instalowania kolektorów na dachach nachylonych w kierunku południowo-wschodnim i południowo-zachodnim. Odpowiednie usytuowanie kolektora przyczynia się do zwiększenia ilości energii uzyskiwanej z systemu w określonym okresie z uwzględnieniem wysokości słońca nad horyzontem.

Najczęściej przyjmuje się następujące założenia:

– przeciętne dzienne zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową wynosi 50 litrów na osobę wody o temperaturze 45°C;

– szacunkowa wielkość powierzchni kolektorów przyjmowana jest od 1,0 do 1,5 m^2 na osobę;

– pojemność zasobnika powinna wynosić 70 do 100 litrów na osobę, co odpowiada od 1,5- do 2-krotnego dziennego zapotrzebowania.

Rozważając możliwość instalacji kolektorów słonecznych, trzeba również zapoznać się z istniejącymi warunkami architektoniczno-budowlanymi w miejscu przewidywanej inwestycji. W przypadku instalowania kolektorów na dachu ważne są następujące kwestie:

1) Czy jest wystarczająca ilość miejsca na dachu dla planowanej powierzchni kolektorów słonecznych?

2) Czy powierzchnia dachu, gdzie mają być zamontowane kolektory słoneczne, nie jest zacieniona przez drzewa lub inne budynki?

3) Czy dach ma odpowiednio wytrzymałą konstrukcję?

Sprawą zasadniczą jest również wybór instalatora. Jest niezwykle ważne, aby miał on odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie. O działaniu instalacji decyduje, bowiem nie tylko jakość pojedynczych urządzeń lecz także ich prawidłowe zestawienie, optymalizacja wielkości zasobnika, powierzchni kolektorów i innych komponentów, a także ich montaż. Istotny jest także serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.

1.5. Zakup instalacji słonecznej

Zakup kolektorów słonecznych jest w ostatnich latach bardzo modny. Coraz częściej widzimy instalacje słoneczne w nowobudowanych domach, ale również w budynkach już istniejących, kilku-, kilkunastoletnich. Głównym impulsem skłaniającym do korzystania z energii Słońca jest przekonanie o rentowności zakupu. Chcielibyśmy, aby poniesione koszty zakupu i montażu instalacji słonecznej zwróciły się w przyszłości w postaci zaoszczędzonej energii ze źródeł konwencjonalnych.

Ogólnie rzecz ujmując, w celu oceny opłacalności ekonomicznej dowolnej inwestycji, należy porównać poniesione (lub planowane do poniesienia) nakłady z przewidywanymi dochodami z eksploatacji inwestycji. W przypadku instalacji kolektorów słonecznych, warunkiem opłacalności poniesienia dość wysokich kosztów inwestycyjnych jest uzyskanie odpowiednio dużych oszczędności eksploatacyjnych. Oszczędności te wynikają z jednej strony z ilości energii użytecznej pozyskanej z instalacji (czyli z tzw. „uzysku słonecznego") i, z drugiej strony, z uniknięty kosztów zakupu paliwa konwencjonalnego. Istnieje wiele formuł i wskaźników do oceny efektywności ekonomicznej inwestycji, z uwagi jednak na złożoność wielu z nich, na potrzeby niniejszego poradnika ograniczymy się do prostego okresu zwrotu nakładów finansowych i przeanalizujemy podstawowe czynniki nań wpływające, tj.: koszty inwestycyjne, uzysk słoneczny oraz związaną z nim redukcję zużycia energii konwencjonalnej o określonej cenie jednostkowej zakupu.

Na całkowite koszty ponoszone z tytułu zakupu i użytkowania instalacji słonecznych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej składają się:

- całkowite nakłady inwestycyjne – wydatek rzędu średnio ok. 2500 zł/m^2 powierzchni instalacji słonecznej oraz
- pomijalnie w tym przypadku, niskie koszty eksploatacyjne (związane z pracą pompy obiegowej, rzędu 20-30 zł/rok oraz z okresowym serwisem, przede wszystkim wymianą czynnika roboczego raz na 5 lat).

Należy zauważyć, iż dominującym składnikiem tych kosztów jest cena zakupu[11] samych kolektorów słonecznych, których udział wynosi ok. 30-40% dla małych systemów oraz do 60% dla systemów wielkowymiarowych. Widzimy, zatem, iż cena tego elementu instalacji ma niebagatelne znaczenie dla opłacalności ekonomicznej całej inwestycji. W Polsce ceny kolektorów płaskich wynoszą średnio ok. 900 zł/m^2 powierzchni czynnej, natomiast kolektorów próżniowych średnio ok. 1800 zł/m^2. Cena kolektorów jest czynnikiem niezwykle istotnym, nie należy jej zatem rozpatrywać w oderwaniu od właściwości danego kolektora.

Wyższa cena zakupu niejednokrotnie oznacza lepsze parametry cieplne urządzania, a to przekłada się na większą ilość pozyskiwanej energii użytecznej i w konsekwencji na mniejsze zużycie energii konwencjonalnej (należy mieć świadomość, że instalacja solarna w praktyce nigdy nie pokryje w całości zapotrzebowania na ciepło, może tylko wspomagać system ogrzewania tradycyjnego). Bazując na wynikach obliczeń polskiego programu Kolektorek2.0[12], dla przykładowej instalacji cwu wykorzystywanej przez czteroosobową rodzinę (zapotrzebowanie: 14 GJ/rok, ok. 3900 kWh/rok, lokalizacja: Warszawa) dokonano porównania wybranych kolektorów płaskich

11 Ceny kolektorów słonecznych pochodzą z corocznie aktualizowanej bazy danych IEO z grudnia 2011 r.
12 Program dostępny jest na stronie www.kolektorek.pl

i próżniowych. Uzysk słoneczny w przypadku kolektorów płaskich wynosił średnio ok. 405 kWh/m^2/rok, natomiast w przypadku kolektorów próżniowych ok. 435 kWh/m^2/rok (obliczeń dokonano dla kilkunastu wybranych i dostępnych na polskim rynku kolektorów słonecznych płaskich i kilkunastu próżniowych). Gdybyśmy zatem mieli porównać dwa hipotetyczne kolektory: płaski i próżniowy, charakteryzujące się podaną powyżej średnią ceną i średnim uzyskiem słonecznym, lepszą ocenę, z punktu widzenia opłacalności ekonomicznej, zdobyłby kolektor płaski. Widzimy, iż cena kolektora próżniowego, w stosunku do ilości pozyskiwanej energii użytecznej, jest ok. 2 razy wyższa niż kolektora płaskiego, a to, w przypadku podgrzewania cwu, oznacza dłuższy okres zwrotu nakładów inwestycyjnych (zakładając taką samą cenę pozostałych elementów instalacji). Oczywiście, w rzeczywistości spotkamy się z całą gamą różnych kolektorów, lepszych i słabszych, tańszych i droższych, zaś ww. wskaźnik (stosunek ceny do uzysku) w indywidualnych przypadkach będzie się znacząco różnił.

Oprócz parametrów cieplnych kolektora, na wielkość uzysku słonecznego wpływa również szereg innych czynników, takich jak np. lokalizacja[13], profil zapotrzebowania na ciepłą wodę, ustawienie kolektora względem stron świata, jego nachylenie, grubość izolacji, strumień przepływającego czynnika grzewczego, wielkość zasobnika, zakładany stopień pokrycia zapotrzebowania (nie wspominając o metodzie wykonania i montażu danej instalacji). Uwzględnienie tylu zmiennych, może być kłopotliwe, dlatego w praktyce do obliczeń, najczęściej stosuje się specjalne oprogramowanie, takie jak np. program Kolektorek2.0.

Z wielkości uzysku słonecznego bezpośrednio wynika, że wielkość redukcji zużycia paliwa konwencjonalnego w podstawowym systemie ogrzewania wraz z aktualną jego ceną decyduje o kosztach eksploatacyjnych. Im większa jest redukcja zużycia energii konwencjonalnej oraz im wyższa jest cena zakupu tej energii, tym większe są oszczędności eksploatacyjne i krótszy jest okres zwrotu inwestycji. Największe roczne oszczędności, występują w przypadku podgrzewania wody użytkowej bojlerem/grzałką elektryczną lub kotłem na olej opałowy, następnie kotłem/piecykiem gazowym, zaś najmniejsze w przypadku ogrzewania kotłem na paliwo stałe (węglowym lub opalanym drewnem). Oczywiście, oszczędności eksploatacyjne rosną w miarę jak zwiększamy stopień pokrycia zapotrzebowania na ciepło, ale nie zapominajmy o związanych z tym nakładach inwestycyjnych, które rosną również i to w sposób wykładniczy. Aby uniknąć przewymiarowania instalacji i poniesienia z tego tytułu nadmiernych kosztów początkowych, należy ocenić planowaną inwestycję z użyciem wskaźników opłacalności ekonomicznej, takich jak np. wspomniany wcześniej okres zwrotu inwestycji.

Warto dodać, iż na opłacalność, rentowność zakupu instalacji kolektorów słonecznych pozytywny wpływ mają także krajowe instrumenty wsparcia finansowego, które czasami docierają również bezpośrednio do klientów indywidualnych. W 2010 r. po raz pierwszy w Polsce został uruchomiony ogólnokrajowy program dotacji dla osób indywidualnych: „Dopłaty na częściowe spłaty kapitału kredytów bankowych przeznaczonych na zakup i montaż kolektorów słonecznych dla osób fizycznych i wspólnot mieszkaniowych". Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, we współpracy z sektorem bankowym, realizuje program dopłat do kredytów bankowych przeznaczonych na zakup i montaż kolektorów słonecznych w budynkach mieszkalnych. Program kierowany jest dla osób fizycznych i wspólnot mieszkaniowych, przewiduje dopłaty w wysokości 45% . Dotacja jest opodatkowana (jest przychodem podatkowym), ale nawet po uwzględnieniu opodatkowania (PIT) możliwość dotowania inwestycji w ok. 31% (dla osób będących w tzw. drugim progu podatkowym) stanowi ciekawą ofertę, która już znacząco przyczyniła się do wzrostu wykorzystania energetyki słonecznej w gospodarstwach domowych. Dotychczas zain-

13 Lokalizacja instalacji jest ważna, ale należy zaznaczyć, że różnice w Polsce pomiędzy najbardziej uprzywilejowanym rejonem pod względem natężenia promieniowania słonecznego (powyżej 1048 kWh/m2/rok), a najmniej uprzywilejowanym (najmniej nasłonecznionym) wynoszą zaledwie ok. 10%.

stalowano prawie 141 tys. m^2 instalacji słonecznych przy wsparciu NFOŚiGW[14].

W tabeli 1 zestawiono wyniki obliczeń dla wybranych, przykładowych instalacji kolektorów słonecznych, w różnych wariantach inwestycji i rozwiązań technicznych kolektorów słonecznych (przy tych samych założeniach dotyczących zapotrzebowania, lokalizacji, ustawienia kolektorów itp.).

Tabela 1. Ocena okresu zwrotu nakładów na instalację kolektorów słonecznych

Podstawowe założenia do oceny okresu zwrotu nakładów			
Powierzchnia kolektorów	6 m^2	Nakłady inwestycyjne (założono 2 500zł/m^2)	15 000 zł
Udział środków własnych	9 465 zł 63,1% nakładów	Skala podatkowa	18%
Dotacja NFOŚiGW (bez opodatkowania)	6 750 zł 45% nakładów	Efektywna dotacja NFOŚiGW (po opodatkowaniu)	5 535 zł 36,9% nakładów
Wyniki ocen ekonomicznych dla różnych zastępowanych nośników energii*			
Konwencjonalny system przygotowania cwu	Energia elektryczna	Gaz ziemny	Węgiel
Roczne oszczędności (w pierwszym roku)	1 357 zł	625 zł	311 zł
Prosty okres zwrotu nakładów	6 lat	11 lat	17 lat

*założono raczej konserwatywny na następne lata 5% wzrost cen paliw i energii ze źródeł kopalnych w każdym roku

Przy powyższych założeniach dla przykładowej instalacji, dobranej dla czteroosobowej rodziny, przy założeniu, że pierwotnie ogrzewała wodę tylko za pomocą energii elektrycznej, okres zwrotu nakładów inwestycyjnych będzie wynosił 6 lat, a roczne oszczędności na rachunkach ok. 1300 zł/rok.

Dla gazu będzie to odpowiednio mniej, tzn. 11 lat i ok. 600 zł oszczędności rocznie, natomiast w przypadku węgla 17 lat i ok. 300 zł. Tak więc, najwyższą opłacalność mają instalacje, w których podstawowym źródłem ciepła jest instalacja elektryczna, natomiast, z najniższą mamy do czynienia w przypadku ogrzewania węglem lub drewnem (także w przypadku ciepła sieciowego). Powyższa analiza nie uwzględnia korzyści wynikających z braku nakładów pracy własnej na obsługę konwencjonalnych (zastępowanych) źródeł energii w półroczu letnim, kiedy kolektor słoneczny może być jedynym źródłem ciepła. Ma to szczególnie duże znaczenie w przypadku gdy podstawowym (zastępowanym) źródłem ciepła jest tradycyjny kocioł na paliwo stałe, np. węgiel[15].

Wiele zależy również od rodzaju instalacji kolektorów słonecznych, ich zastosowania, przyjętego rozwiązania technicznego kolektora słonecznego, a także od jakości wykonania i montażu danej instalacji. Nie bez znaczenia jest uwzględnienie przy obliczaniu okresu zwrotu inwestycji dynamiki zmian cen paliw kopalnych. Rzeczywista, uwzględniająca wymienione czynniki, rentowność instalacji kolektorów słonecznych (i w ogóle wszystkich systemów OZE) nie jest tak niska jak to starają się czasem udowodnić sceptycy.

14 Dane z 18 czerwca 2012 r.

15 Potwierdzają to, wyniki omówionego wcześniej programu dotacji NFOŚiGW, wskazujące, że bardzo często właściciele budynków z ogrzewaniem węglowym decydują się na zakup instalacji słonecznej.

2. Małe instalacje fotowoltaiczne

Produkcja energii elektrycznej z promieniowania słonecznego przy użyciu małych elektrowni fotowoltaicznych, zwanych też systemami fotowoltaicznymi, jest tematem niniejszego rozdziału. Systemy te mogą być autonomiczne (wyspowe) lub przyłączone do sieci elektroenergetycznej, co jest rozwiązaniem najbardziej atrakcyjnym i temu poświecono największą uwagę. Najważniejszym elementem systemów są moduły (panele) fotowoltaiczne, które składają się z ogniw fotowoltaicznych.

2.1 Budowa i zasada działania ogniw i modułów fotowoltaicznych

Ogniwa fotowoltaiczne są to półprzewodnikowe elementy, w których następuje bezpośrednia konwersja energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną[16]. Każdy panel składa się z wielu ogniw fotowoltaicznych, połączonych ze sobą elektrycznie w sposób szeregowy, zamkniętych w jednej obudowie i osłoniętych warstwami szczelnie chroniącymi przed warunkami atmosferycznymi. Pojedyncze ogniwo wchodzące w skład panelu fotowoltaicznego (PV) generuje prąd o natężeniu rzędu 4 A przy napięciu 0,5 V (napięcie pojedynczego panelu PV, w zależności od mocy, to około 15-40 V). Obecnie największy pojedynczy panel fotowoltaiczny dostępny na polskim rynku osiąga moc około 300 W_p (moc szczytowa przy nasłonecznieniu 1000 W/m^2 i temperaturze równej 25°C). Z tego względu, celem uzyskania większej mocy, łączy się ze sobą panele tworząc instalację fotowoltaiczną.

Ogniwo fotowoltaiczne wytwarza energię dzięki zjawisku fotoelektrycznemu. Zaistnieć ono może między dwoma półprzewodnikami (jednego typu „p", drugiego typu „n"), przedzielonymi barierą potencjału. Materiałem półprzewodnikowym najczęściej stosowanym do produkcji paneli PV jest krzem. Półprzewodnik typu „p" otrzymuje się przez domieszki do krzemu takich pierwiastków jak bor, glin, gal, ind lub tal. Dzięki temu w strukturze krystalicznej półprzewodnika „p" otrzymuje się niedobór liczby elektronów swobodnych.

Półprzewodnik typu „n" otrzymuje się przez domieszki do krzemu takich pierwiastków jak antymon, fosfor, arsen lub bizmut. Dzięki temu w strukturze krystalicznej półprzewodnika „n" otrzymuje się nadmiar elektronów swobodnych.

Padające na ogniwo fotowoltaiczne kwanty promieniowania elektromagnetycznego pochodzące ze słońca, powodują wybicie elektronów z sieci krystalicznej półprzewodnika typu „p". W ich miejsce powstają „dziury" o ładunkach dodatnich. Takie elektrony stają się swobodnymi w obrębie półprzewodnika. Przedostają się one przez barierę potencjału (złącze „p-n") do obszaru „n". Jeżeli przyłożone zostaną do obszarów „p" i „n" wyprowadzenia elektryczne, umożliwi to wybitym elektronom przepływ do odbiornika energii elektrycznej. Następnie elektrony wracają do obszaru „p" zajmując miejsca powstałych przez wybicie dziur. Na wyjściu z ogniwa fotowoltaicznego uzyskuje się prąd stały. Jego napięcie jest jednak ściśle związane z nasłonecznieniem – ilością kwantów promieniowania słonecznego powodujących wybijanie elektronów.

Moduły fotowoltaiczne (panele) są urządzeniami płaskimi i lekkimi. Z powodzeniem mogą generować energię elektryczną dla gospodarstwa domowego lub rolnego po ich zainstalowaniu na dachu domu jednorodzinnego lub pomieszcze-

16 Podstawowe informacje o konwersji fotowoltaicznej, w formie popularno-naukowej, można znaleźć w publikacji: Z. Pluta – „Słoneczne instalacje energetyczne", OWPW Warszawa 2008 (przyp. aut.)

nia gospodarczego. Ponadto wytwarzanie prądu elektrycznego odbywa się w sposób całkowicie bezgłośny, same urządzenia zaś nie powodują zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Panele PV cechuje także mało skomplikowana budowa, a fakt, iż są one praktycznie bezobsługowe sprawia, że koszty eksploatacji elektrowni fotowoltaicznej są znikome.

2.2 Rodzaje instalacji (systemów) fotowoltaicznych

W skład instalacji fotowoltaicznej, zwanej też systemem fotowoltaicznym, prócz samych paneli PV, wchodzi szereg urządzeń pomocniczych. Pierwszym są akcesoria montażowe. Małe elektrownie fotowoltaiczne, zwykle do 10 kW, można zainstalować na dachu budynków mieszkalnych lub gospodarczych. Większe instalacje, z racji zajmowanej powierzchni, będą musiały być instalowane bezpośrednio na gruncie (instalacje wolnostojące). Na wyjściu z paneli PV odbierany jest prąd stały o parametrach zależnych od warunków nasłonecznienia w danej chwili. Poprzez kontroler ładowania można naładować więc akumulatory i zasilić urządzenia prądu stałego (DC). W przypadku chęci zasilenia urządzeń prądu przemiennego (AC) niezbędne okaże się kupno inwertera sieciowego. Ponadto elektrownia słoneczna będzie wymagała specjalnego „kabla solarnego" – przewodu transmitującego energię elektryczną, odpornego na warunki atmosferyczne, w szczególności wysoką temperaturę, a także na promieniowanie UV.

Wszystkie wyżej wymienione elementy połączone ze sobą w odpowiedniej konfiguracji tworzyć będą instalację fotowoltaiczną. Jednak o typie instalacji decyduje końcowy sposób wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej z paneli PV. Wyróżnić możemy trzy podstawowe typy instalacji:

- przyłączane do sieci elektroenergetycznej (ang. ON-GRID);
- nie przyłączane do sieci elektroenergetycznej (ang. OFF-GRID);
- systemy mieszane.

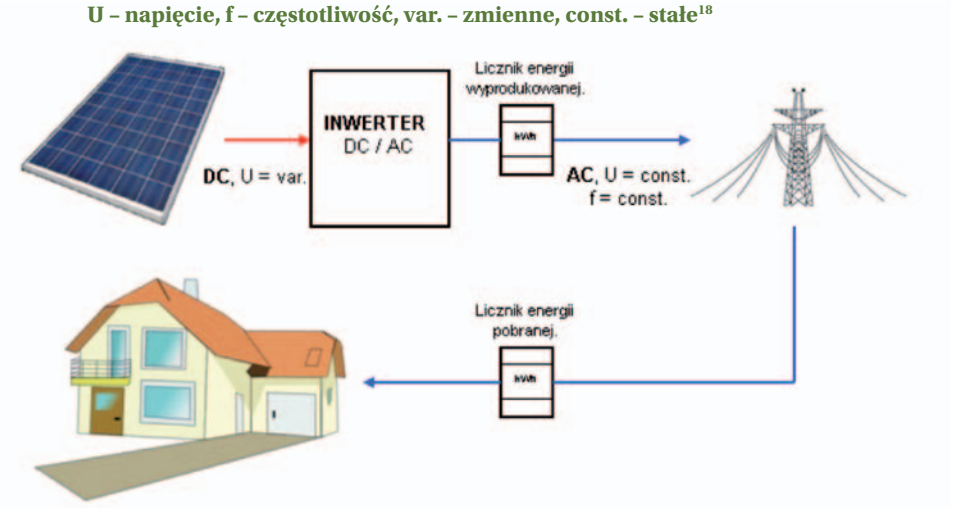
Instalacje PV przyłączane do sieci to inaczej systemy ON-GRID. Energia elektryczna wyprodukowana przez panele PV jest w inwerterze sieciowym zamieniana na prąd przemienny o napięciu i częstotliwości zgodnych z siecią elektroenergetyczną, z którą współpracuje. Inwerter musi spełniać wszelkie normy pod względem parametrów i jakości prądu przekazywanego do sieci. Licznik dokonuje pomiaru energii przekazanej do sieci, na tej podstawie dokonywane są rozliczenia sprzedaży wyprodukowanego prądu z lokalnym operatorem systemu dystrybucyjnego. Energię elektryczną służącą do zasilenia urządzeń w gospodarstwie domowym można zakupić osobno, ale w tzw. systemie producenckim może bardziej opłacać się ich wykorzystanie na potrzeby własne i sprzedaż nadwyżek do sieci . Na rysunku 11. przedstawiono schemat instalacji ON-GRID w wersji podstawowej.

Instalacje PV nie przyłączane do sieci to inaczej systemy OFF-GRID. Mówi się też o nich instalacje autonomiczne, gdyż mogą pracować niezależnie od sieci. Służą do zasilania obiektów, gdzie prowadzenie przyłącza elektroenergetycznego okazuje się nieopłacalne, na przykład schroniska górskie, oświetlenie i sygnalizacje drogowe poza miastem, domki letniskowe. Systemy takie wymagają jednak magazynowania energii w akumulatorach, by umożliwić ciągłość zasilania w czasie braku dostatecznej ilości promieniowania słonecznego.

W pierwszej kolejności energia elektryczna wyprodukowana w panelach PV jest magazynowana, w dalszej kolejności może bezpośrednio zasilić urządzenia prądu stałego lub prądu przemiennego podłączone poprzez inwerter. Konieczność stosowania akumulatorów w istotny sposób wpływa na koszt instalacji. Baterie akumulatorów stanowią średnio 20% całkowitych kosztów instalacji OFF-GRID[17]. Wadą najczęściej stosowanych aku-

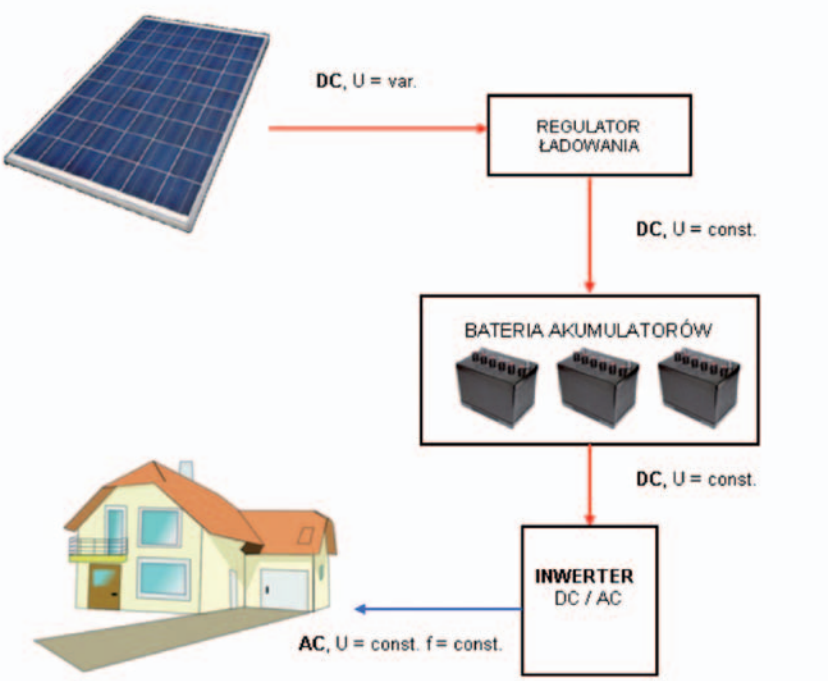
17 Baza danych urządzeń PV dostępnych na krajowym rynku, stan na 30 czerwca 2012. Instytut Energetyki Odnawialnej.

Rysunek 11. Schemat instalacji ON-GRID: Oznaczenia: DC – prąd stały, AC – prąd przemienny, U – napięcie, f – częstotliwość, var. – zmienne, const. – stałe[18]



mulatorów kwasowo-ołowiowych są też ich ograniczenia techniczne, pozwalające na odzyskanie około 80% energii zmagazynowanej. Ponadto muszą być one wymieniane co jakiś czas – ich żywotność to 5-8 lat. Możliwe jest stosowanie bardziej zaawansowanych technicznie akumulatorów żelowych (pozbawionych niektórych wad wyżej wymienionych), jednakże należy liczyć się z jeszcze większym wzrostem ceny. Na rysunku 12. przedstawiono schemat instalacji OFF-GRID.

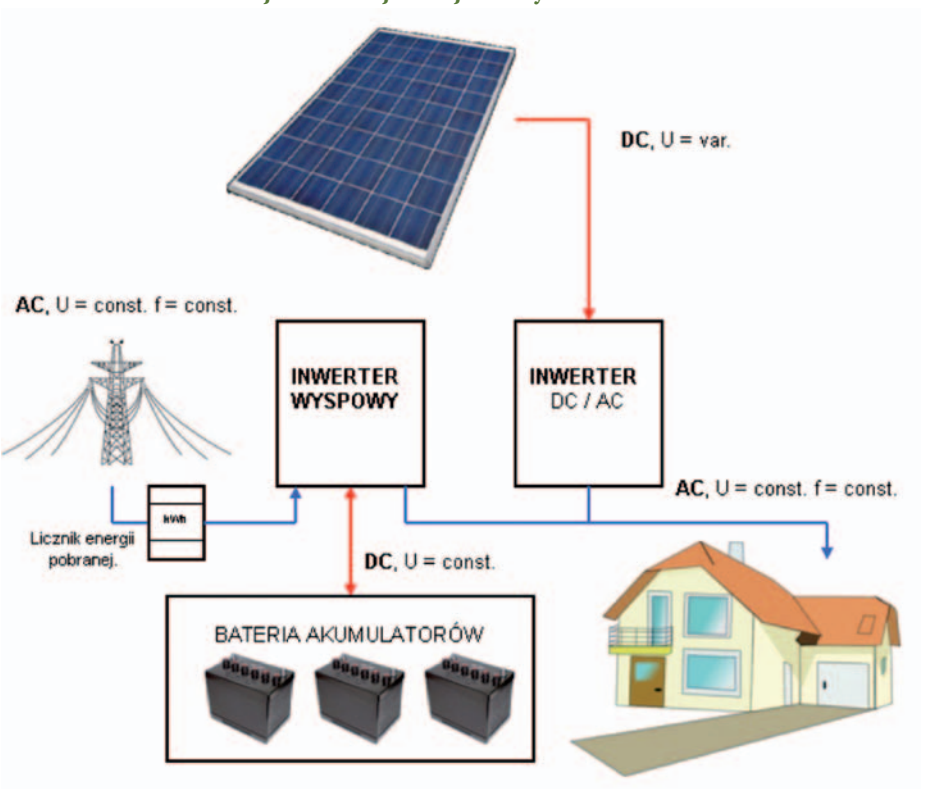
Rysunek 12. Schemat instalacji OFF-GRID. Ozn. jak na rys. 11[19]



18, 19 Źródło: Instytut Energetyki Odnawialnej

Systemy mieszane PV wytwarzają w pierwszej kolejności energię elektryczną na potrzeby własne gospodarstwa domowego/rolnego. W przypadku niedoboru energii, wyczerpania się akumulatorów lub awarii elektrowni PV, możliwe jest przełączenie na zasilanie z innego źródła, jak na przykład sieć elektroenergetyczna lub rezerwowy generator Diesela. System w takim przypadku musi zostać rozbudowany o inwerter wyspowy. Pełni on rolę podobną jak urządzenie typu UPS. Przyłączony do sieci elektroenergetycznej pobiera z niej energię ładując akumulatory i kontrolując ich pracę. Przy zwiększonym zapotrzebowaniu na energię, urządzenie w pierwszej kolejności zamienia prąd stały zmagazynowany w akumulatorach na prąd przemienny, zaś w przypadku dalszego niedoboru – pobiera prąd bezpośrednio z publicznej sieci elektroenergetycznej lub innego źródła rezerwowego. Na rysunku 13. przedstawiono schemat systemu mieszanego.

Rysunek 13. Schemat instalacji mieszanej. Ozn. jak na rys. 11 i 12



2.3 Rynek instalacji fotowoltaicznych w Polsce

Obecnie na rynku można spotkać ogromną różnorodność konstrukcji paneli fotowoltaicznych. Można podzielić je na cztery podstawowe grupy:

- Panele fotowoltaiczne z ogniw polikrystalicznych są obecnie najbardziej popularne na rynku. Ich sprawność jest rzędu 12-14%. Cechują się przystępną ceną za jednostkę mocy (1 Wp). W wyglądzie zewnętrznym można wyraźnie dostrzec tworzące panel kryształy krzemu.
- Panele fotowoltaiczne z ogniw monokrystalicznych – każde ogniwo wykonane jest z pojedynczego kryształu krzemu. Cechują się wyższą sprawnością niż panele polikrystaliczne: 14-16%. Wyższa jest jednak też cena za jednostkę mocy niż w przypadku paneli polikrystalicznych.
- Panele fotowoltaiczne z krzemu amorficznego: osadza się cienkie warstwy krzemu na szkle. Jest to najoszczędniejszy sposób produkcji paneli PV, co za tym idzie, najkorzystniejsza jest relacja ceny za jednostkę mocy. Cechują się jednak stosunkowo niewielka sprawnością: 6-8%.
- Panele fotowoltaiczne z tellurku kadmu. Podobnie jak w panelach PV amorficznych, nakłada się cienką warstwę półprzewodnika (tutaj tellurku kadmu) na taflę szklaną. Są one znacznie tańsze niż panele wykonane z krzemu. Ich sprawność jest rzędu 11%. Obecnie są jeszcze dość rzadko spotykane w Polsce.

W Polsce ponad sto firm ma w swojej ofercie sprzedaż modułów fotowoltaicznych i montaż systemów oraz sprzedaż akcesoriów do nich[20]. Ponad połowa z tych firm świadczy usługi montażowe oraz niezbędną pomoc przy doborze optymalnej instalacji dopasowanej do potrzeb klienta. Warto również wspomnieć o ok. dziesięciu rodzimych firmach, specjalizujących się w produkcji paneli fotowoltaicznych eksportowanych do wielu miejsc na świecie.

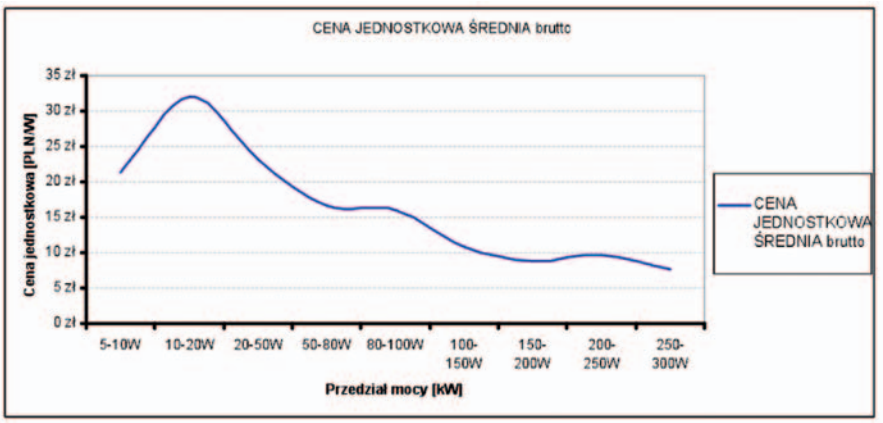
Najwięcej paneli na polskim rynku stanowią urządzenia produkcji chińskiej (28%), niemieckiej (24%), kanadyjskiej (17%) i japońskiej (9%). Z równie bogatą ofertą można się spotkać planując zakup urządzeń pomocniczych. Mnogość akumulatorów i kontrolerów ładowania oraz inwerterów (zarówno wyspowych, jak i sieciowych, jedno- i trójfazowych) pozwala na dobór odpowiednich urządzeń dopasowanych do wielkości instalacji fotowoltaicznej, jak i preferencji klienta. Warto też wspomnieć o bogatym wyborze akcesoriów montażowych, dostosowanych do różnych typów pokryć dachowych oraz zestawów służących do zainstalowania elektrowni PV wolnostojących. Dostępne są też systemy śledzące („trackery"). Na bieżąco analizują położenie słońca i obracają stelaż z panelami PV tak, by jak najefektywniej wykorzystać energię słoneczną.

Średnia jednostkowa cena brutto paneli fotowoltaicznych (za 1 W_p) waha się między 7,6 zł a 21 zł. Jednostkowy koszt maleje wraz ze wzrostem mocy panelu PV. Na rysunku 14. można prześledzić średnią cenę jednostkową urządzeń dostępnych na polskim rynku. Wzrost ceny w przedziale 10-20 W spowodowany jest przez drogie elastyczne panele, znajdujące zastosowanie na przykład na jachtach.

Na rynku dostępnych jest dużo gotowych zestawów, zoptymalizowanych do potrzeb konkretnych grup odbiorców. Dominujący udział mają zestawy OFF-GRID. Znacznie mniejsza liczba zestawów przyłączanych do sieci elektroenergetycznej operatora podyktowana jest wciąż nie do końca doprecyzowanymi aspektami formalno-prawnymi, jak i (na dzisiaj) niewystarczającym wsparciem dla małych inwestycji fotowoltaicznych ON-GRID ze strony państwa.

20 Baza danych urządzeń PV dostępnych na krajowym rynku, stan na 30 czerwca 2012. Instytut Energetyki Odnawialnej.

Rysunek 14. Wykres średniej ceny jednostkowej modułów PV[21]



Krajowy rynek jest na początkowym etapie rozwoju z niewielką całkowitą mocą zainstalowaną rzędu 2 MW_p. Spodziewany szybki rozwój rynku krajowego w najbliższych latach oraz dalszy spadek kosztów produkcji urządzeń doprowadza do szybkiego spadku kosztów. Potencjał spadku kosztów urządzeń PV w Polsce jest bardzo duży, nawet poniżej 50% obecnych kosztów.

2.4 Zakup instalacji fotowoltaicznej

Jeszcze przed dokonaniem zakupu należy zdecydować, w jakim celu będzie wykorzystana instalacja fotowoltaiczna: czy będzie ona źródłem dochodu dzięki odsprzedaży wyprodukowanej energii elektrycznej do sieci, czy też będzie służyć obniżeniu wolumenu kupowanej energii od lokalnego przedsiębiorstwa energetycznego.

Gdy rozważamy inwestycję w małą elektrownię fotowoltaiczną montowaną na dachu budynku, nie jest wymagane nawet zgłoszenie budowy. Większe instalacje montowane jako wolnostojące będą wymagały pozwolenia na budowę, a co za tym idzie i szeregu innych dokumentów, takich jak: wyciąg z księgi wieczystej, wypis z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, decyzja o warunkach zabudowy, mapa do celów projektowych, dokumentacja techniczna oraz naniesiony na mapę projekt elektrowni. Jeśli w planach jest sprzedawanie energii elektrycznej do sieci w obecnie funkcjonującym systemie, należy ponadto ubiegać się o koncesję w Urzędzie Regulacji Energetyki. Tam też należy zgłosić swoją instalację wytwórczą. Wejście w życie przygotowywanej ustawy o odnawialnych źródłach energii umożliwi wprowadzenie stałych taryf typu FIT (*Feed in Tariff*) i uprości także całą procedurę.

Mając już wybrany wariant przyłączeniowy, warto zwrócić się do firmy zajmującej się w sposób kompleksowy budową modułów fotowoltaicznych. Zapewniona będzie fachowa konsultacja i pomoc w doborze urządzeń, zainstalowanie elektrowni PV, przyłączenie oraz serwis gwarancyjny.

Koszt zakupu urządzeń elektrowni fotowoltaicznej zależy w sposób ścisły od wybranej mocy i wariantu przyłączeniowego elektrowni. Stałym elementem będzie koszt zakupu paneli PV, inwertera sieciowego oraz niezbędnego osprzętu elektrycznego. W przypadku chęci sprzedaży energii do sieci, należy ponadto nabyć licznik energii elektrycznej zgodny z co-

21 Baza danych urządzeń PV dostępnych na krajowym rynku, stan na 30 czerwca 2012. Instytut Energetyki Odnawialnej .

raz powszechniejszym wymogiem instalowania inteligentnych liczników stawianym lokalnym przedsiębiorstwom energetycznym. W wariancie OFF-GRID konieczne będzie nabycie kontrolera ładowania oraz akumulatorów.

W poniższej tabeli przedstawiono przykładowe koszty zakupu (netto) dla dwóch wariantów: elektrowni o mocy 3 kWp w wariancie OFF-GRID, montowanej na dachu budynku oraz wolnostojącej elektrowni o mocy 10 kWp w wariancie ON-GRID.

Tabela 2. Zestawienie kosztów netto zakupu elektrowni PV o mocy 3 kW i 10 kW [PLN][22]

Urządzenia	3 kW	10 kW
Panele PV	12 672	42 240
Kontroler ładowania (OFF-GRID)	450	n/d
Akumulatory (OFF-GRID)	1 200	n/d
Inwerter	6 033	14 870
Osprzęt elektryczny (+ licznik energii elektrycznej, jeśli instalacja ON-GRID)	880	4 150
Fundament	n/d	126
Konstrukcja do montażu PV na dachu	1 957	n/d
Konstrukcja do montażu PV na gruncie	n/d	8 700
Transport paneli PV, urządzeń pomocniczych i zestawów montażowych	200	420
Instalacja		
Wykonanie fundamentu	n/d	300
Wykonanie konstrukcji dachowej i montaż paneli	2 610	n/d
Wykonanie konstrukcji gruntowej i montaż paneli	n/d	13 050
Przyłączenie elektrowni PV do sieci domowej (OFF-GRID)	650	n/d
Przyłączenie elektrowni PV do sieci elektroenergetycznej (ON-GRID)	n/d	1 219

Obecnie funkcjonujący system wsparcia nie pozwala na czerpanie realnych korzyści przez małych wytwórców energii elektrycznej. Ceny sprzedaży energii elektrycznej do sieci (zbliżone dla tych na rynku hurtowym) wraz z możliwymi przychodami ze sprzedaży „zielonych certyfikatów", nie pozwalają na szybki zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych. Ponadto system wymaga rejestracji działalności gospodarczej, co powoduje dodatkowe koszty z tym związane.

Planując sprzedaż wyprodukowanej energii elektrycznej do sieci, warto wziąć pod uwagę projekt ustawy o odnawialnych źródłach energii autorstwa Ministerstwa Gospodarki odnośnie tzw. stałych taryf FIT (ang. Feed in Tariff). W założeniu będzie można odsprzedawać lokalnemu operatorowi systemu dystrybucyjnego energię po z góry ustalonej stawce za kilowatogodzinę. Odpowiednio dobrana stawka pozwoli na zapewnienie stabilnych i trwałych warunków związanych ze zbytem energii elektrycznej przez ustalony czas (obecnie projekt zakłada 15-letni okres). Pozwoli także na szybszy zwrot poniesionych kosztów inwestycyjnych. Z analiz Instytutu Energetyki Odnawialnej wykonanych dla Ministerstwa Gospodarki wynika, że możliwym jest osiągnięcie okresu zwrotu nakładów na budowę instalacji fotowoltaicznej w ciągu około 9-10 lat. W swoich założeniach ustawa ma także znieść obowiązek rejestrowania działalności gospodarczej związanej z wytwarzaniem energii, a także zminimalizować formalności Urzędu Regulacji Energetyki.

22 Baza danych urządzeń PV dostępnych na krajowym rynku, stan na 30 czerwca 2012. Instytut Energetyki Odnawialnej.

3. Małe elektrownie wiatrowe

3.1 Zasada działania

Energia wiatru jest jednym z najstarszych źródeł energii odnawialnej stosowanych przez człowieka. Pierwsze wiatraki pojawiły się na początku naszej ery w Chinach oraz w basenie Morza Śródziemnego. Były one wykorzystywane przede wszystkim do pompowania wody (w systemach nawadniania pól) oraz do mielenia ziarna itd. Po raz pierwszy energię elektryczną w turbinie wiatrowej wyprodukowano w latach 80-tych XIX wieku. Rozmiary ówczesnej elektrowni o mocy 12 kW były ogromne: wirnik miał 17 metrów średnicy i był wyposażony w 144 łopatki. Obecnie największe turbiny wiatrowe mają moc nawet 7 MW, jednak niniejszy rozdział poświęcony jest przydomowym, małym elektrowniom wiatrowym, których moc nominalna nie przekracza 100 kW. Takie elektrownie mogę być przyłączone bezpośrednio do lokalnej sieci niskiego napięcia, mogą też pracować na sieć wydzieloną lub ogrzewać wodę. Najbardziej opłacalna może być współpraca elektrowni z lokalną siecią energetyczną.

Zasadniczym i wyróżniającym elementem elektrowni wiatrowej jest wirnik, który wychwytuje energię ruchu mas powietrza i przekształca ją w energię mechaniczną, która przekazywana jest wałem do prądnicy. Istnieje bardzo wiele konstrukcji wirników, jednak najpopularniejszy jest model o poziomej osi obrotu i trzech łopatkach (rys. 15), ale istnieją również rozwiązania o pionowej osi obrotu (rys. 16).

Obydwa elementy umieszczone są na gondoli przymocowanej do masztu o wysokości od kilku do kilkudziesięciu metrów ponad powierzchnią gruntu. Ilość generowanej energii elektrycznej zmienia się wraz z prędkością wiatru, a energia elektryczna wytworzona przez prądnicę będzie nieprzydatna, jeżeli nie osiągnie odpowiednich parametrów jakościowych (napięcie, a w przypadku prądu zmiennego również częstotliwość). Zatem do generatora podłączany jest regulator napięcia, który je stabilizuje i sprawia, że przy każdym wietrze i niezależnie od prędkości obrotowej wirnika, energia elektryczna będzie miała takie samo napięcie (zazwyczaj 12 V, 24 V lub 48 V).

Jeśli, w najbardziej pożądanej sytuacji, energia elektryczna miałaby być zużywana bezpośrednio w gospodarstwie domowym jako substytut energii z sieci, a jej nadwyżki sprzedawane do sieci energetycznej, to elektrownia wiatrowa powinna być wyposażona w inwerter, który doprowadza energię elektryczną do standardowych parametrów (230 V i 50 Hz). Może także sterować strumieniem prądu do ładowania baterii akumulatorów, które wymagają prądu stałego o napięciu 12 V.

Instalacje przydomowych elektrowni wiatrowych mogą być również wyposażone w magazyny energii w postaci akumulatorów elektrochemicznych lub zasobnika z ciepłą wodą użytkową. Gromadzą one energię wtedy, gdy wieje wiatr, a bieżące potrzeby nie są w stanie skonsumować całej generowanej w danej chwili energii. Magazynowana energia wykorzystywana jest w okresach bezwietrznych. Magazyny energii w postaci baterii akumulatorów powinno stosować się głównie w miejscach, gdzie doprowadzenie energii z sieci jest bardzo drogie (np. schroniska wysokogórskie). Z uwagi na skomplikowane procedury prawne i trudności ze sprzedażą energii do sieci przez właścicieli małych wiatraków, akumulatory stosuje się także w gospodarstwach domowych z powszechnym dostępem do sieci. Drugim, tańszym sposobem gromadzenia energii jest ciepła woda użytkowa. System małej turbiny wiatrowej z zasobnikiem cwu wymaga jedynie uproszczonego regulatora napięcia, który połączony jest z grzałką elektryczną.

Coraz więcej mieszkańców Polski, którzy nie tylko chcą uniknąć wyższych rachunków za energię elektryczną i szukają innych, alternatywnych i nie-

zawodnych źródeł energii, ale którym nie są obojętne zagadnienia związane z ochroną środowiska naturalnego zadaje sobie pytanie, czy mała energetyka wiatrowa spełnia ww. oczekiwania i czy jest konkurencyjna wobec innych małych odnawialnych źródeł energii. W mikrogeneracji energii ze źródeł odnawialnych, mała energetyka wiatrowa ma istotny potencjał. Według strategicznego dokumentu rządowego – „Krajowego planu działania w zakresie rozwoju energetyki odnawialnej", do 2020 roku ma powstać ok. 100 tysięcy przydomowych elektrowni wiatrowych o łącznej mocy 550 MW.

Najkorzystniejszymi terenami przeznaczonymi pod lokalizacje energetyki wiatrowej są tereny leżące wzdłuż wybrzeża Bałtyku, północna część Mazur, Pogórze Karpackie oraz części centralne województw wielkopolskiego i mazowieckiego. Z praktyki jednak wynika, że w najniższych warstwach atmosfery (poniżej 20 m), średnie prędkości wiatru w Polsce są względnie zbliżone i wahają się w granicach 4,0-5,5 m/s. Tworzy to umiarkowane warunki dla rozwoju małej energetyki wiatrowej.

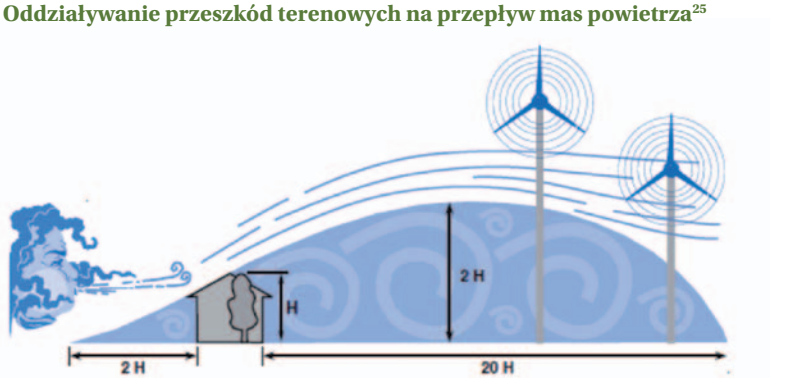
Produktywność małej elektrowni wiatrowej w znacznym stopniu zależy od jej lokalizacji. Stąd czynnikiem, który głównie wpływa na efektywność ekonomiczną inwestycji jest odpowiednie, prawidłowe umiejscowienie instalacji. Należy możliwie wysoko montować turbinę (obowiązuje tzw. reguła 30 stóp, tzn. wyniesienie turbiny o minimum 6 m ponad wysokość najwyższej przeszkody w okolicy)

Rysunek 15. Turbiny o poziomej osi obrotu[23]

Rysunek 16. Turbiny o pionowej osi obrotu[24]

23 Turbina wiatrowa marki Enwia (po lewej) i Southwest Windpower (po prawej)
24 Turbina wiatrowa marki Quiet Revolution (po lewej) i Ropatec (po prawej)

Rysunek 17. Oddziaływanie przeszkód terenowych na przepływ mas powietrza[25]

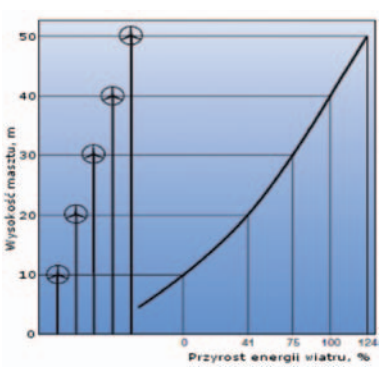


oraz unikać miejsc osłoniętych od wiatru lub rejonów o wysokiej turbulencji (rys. 17). W realnych warunkach dla małych elektrowni wiatrowych parametr produktywności wynosi ok. 250 W/m^2. Należy dodać, że z uwagi na wysokie koszty prowadzenia monitoringu warunków wiatrowych, dla instalacji małych turbin wiatrowych takich audytów się nie wykonuje, ograniczając się do miejscowej oceny lokalizacji pod kątem występowania przeszkód terenowych.

Większość oferowanych na rynku rozwiązań to turbiny o poziomej osi obrotu i wirnikach trójskrzydłowych. Rzadziej spotykane są modele o pionowej osi, głównie z powodu wyższej ceny i mniejszej produktywności urządzenia. Najmniejsze elektrownie wiatrowe są stosunkowo łatwe w montażu i zazwyczaj instaluje się je na dachu budynku. Trzeba jednak pamiętać, że zgodnie z prawem budowlanym, taka turbina nie może wystawać więcej, aniżeli 3 m ponad obrys budynku. W przeciwnym wypadku oprócz zgłoszenia inwestycji w urzędzie gminy trzeba także wystąpić o pozwolenie budowlane i wykonać projekt instalacji. Zwyczajowo na dachu montuje się tylko te najmniejsze urządzenia, do 1-2 kW.

Większe elektrownie instaluje się na masztach. Mogą być to lekkie maszty kratownicowe na odciągach linowych, na których montuje się małe wiatraki o mocy do 5 kW. Pozostałe urządzenia, o mocy powyżej 5 kW, instaluje się na masztach wolnostojących, na stałe związanych z gruntem. Istotnym czynnikiem wpływającym na wydajność elektrowni wiatrowej jest wysokość masztu, na którym zamontowany jest generator wraz z wirnikiem. „Silnik wiatrowy" powinien pracować zawsze powyżej warstw atmosfery, w której występują największe turbulencje. Zwyczajowo wysokość masztu dla turbin o mocy poniżej 10 kW to najczęściej 12–15 m, jednak już dwukrotne zwiększenie wysokości masztu

Rysunek 18. Zależność między wysokością masztu a wydajnością elektrowni wiatrowej[26]



25, 26 Źródło: Small Wind Energy Systems –Consumer's Guide, U.S. Department of Energy Oprac. IEO.

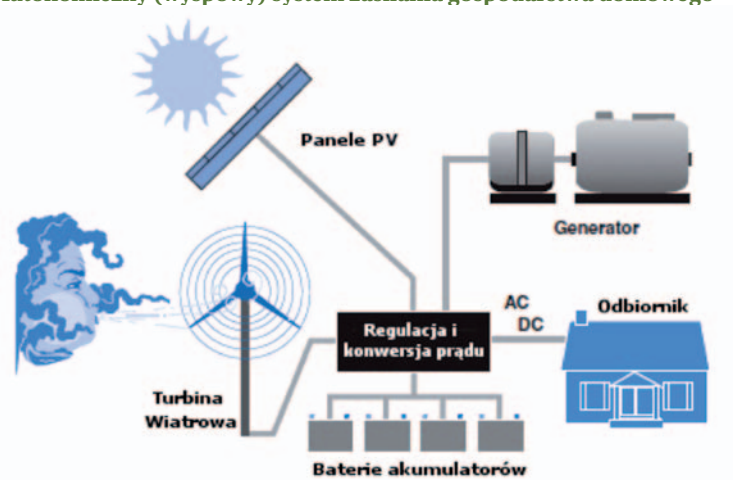
daje o 75% energii z wiatru więcej (rys. 18). Trzeba jednak pamiętać, że według Polskiej Normy całkowita wysokość małej elektrowni wiatrowej (łącznie z wirnikiem) nie może przekroczyć 30 m. W przeciwnym wypadku jest ona już traktowana jak duża turbina wiatrowa, a to wiąże się z koniecznością przeprowadzenia badań środowiskowych.

3.2 Rodzaje instalacji małych elektrowni wiatrowych

Brakuje oficjalnej i jednorodnej klasyfikacji małych elektrowni wiatrowych ze względu na wielkość i możliwe zastosowania, stąd w różnych źródłach spotykana jest inna terminologia, np. instalacja ma poniżej 30 m wysokości (Prawo ochrony środowiska) albo wirnik turbiny ma powierzchnię omiatania poniżej 200 m^2 (norma bezpieczeństwa EN 61400-2). Jednak najczęściej przyjmuje się graniczną moc 100 kW (klasyfikacja CIEMAT). Zastosowania małych elektrowni wiatrowych obejmują obecnie trzy główne obszary:

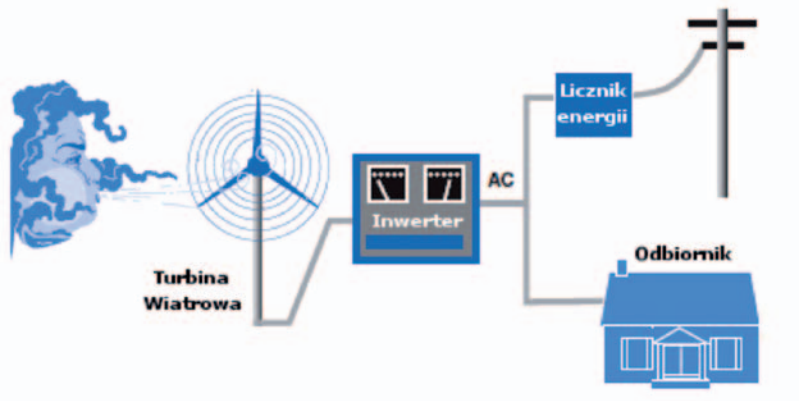
- Systemy autonomiczne (ang. OFF-GRID), nie podłączone do sieci elektroenergetycznej, co łączy się z koniecznością dostaw energii elektrycznej nie tylko w określonej ilości, lecz także jakości (napięcie i częstotliwość) oraz jej magazynowania (akumulatory elektrochemiczne, zasobniki gorącej wody i inne). Mogą również występować w postaci układów hybrydowych, tzn. zintegrowanych z innymi źródłami energii odnawialnej, np. z panelami fotowoltaicznymi (rys. 19).
- Systemy działające w ramach generacji rozproszonej (ang. ON-GRID lub grid connected), podłączone do większych systemów dystrybucji energii, gdzie operator systemu elektroenergetycznego przejmuje odpowiedzialność za ciągłość dostaw energii oraz jej parametry jakościowe (rys. 20),
- Systemy mieszane z zastosowaniem magazynowania energii (akumulatory elektrochemiczne), działające w zasadzie jak autonomiczne, jednak podłączone do sieci w celu zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej.

Rysunek 19. Autonomiczny (wyspowy) system zasilania gospodarstwa domowego[27]



27 Źródło: Small Wind Energy Systems –Consumer's Guide, U.S. Department of Energy. Oprac. IEO.

Rysunek 20. System zasilania gospodarstwa domowego zintegrowany z siecią energetyczną[28]



3.3 Rynek małych turbin wiatrowych

W Polsce najpopularniejsze są turbiny o pionowej osi obrotu i mocy od 3 do 5 kW, które działają w systemach do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Często tego typu instalacje wspomagają lub zastępują systemy kolektorów słonecznych. Atrakcyjność cenowa takiego rozwiązania polega na prostszym układzie elektrycznym składającym się z regulatora napięcia i grzałki elektrycznej. Taki układ nie wymaga spełnienia rygorystycznych parametrów jakościowych energii elektrycznej, jak to ma miejsce w przypadku sprzedaży energii do sieci. Przy produkcji energii na potrzeby własne inwestor również nie musi spełniać szeregu innych kryteriów, które wpływają na późniejszy zwrot inwestycji – ale o tym mowa w dalszej części.

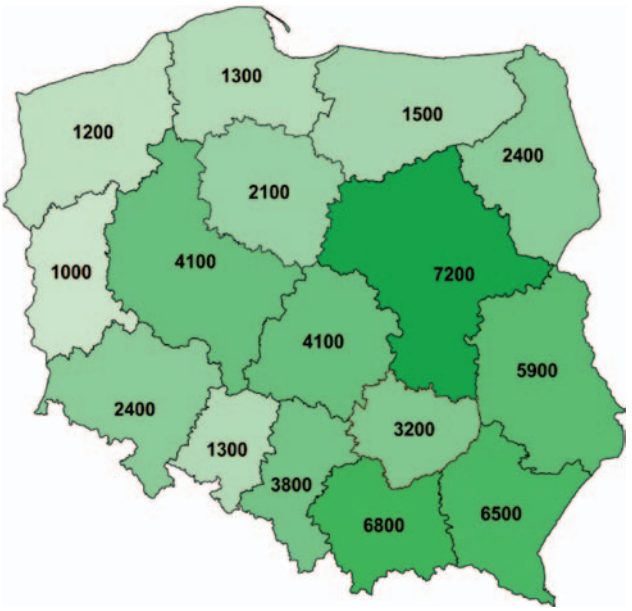
Droższym rozwiązaniem są instalacje elektrowni wiatrowych z magazynem energii elektrycznej w postaci akumulatorów elektrochemicznych, ponieważ baterie znacznie podnoszą koszt całej instalacji (nawet o równowartość samej turbiny). Tego typu rozwiązania stosuje się tylko w miejscach, gdzie nie ma dostępu do sieci energetycznej, bądź koszt jej doprowadzenia jest bardzo wysoki (np. schroniska wysokogórskie, oświetlenie przydrożnych znaków drogowych itp.). Jednakże analizy ekonomiczne Instytutu Energetyki Odnawialnej pokazują, że najbardziej optymalnym rozwiązaniem byłoby bezpośrednie włączanie małych elektrowni wiatrowych do sieci energetycznej, gdzie inwestor nie musiałby ponosić dodatkowych kosztów na budowę magazynów energii.

Bardzo duże zainteresowanie inwestycjami w małe elektrownie wiatrowe występuje wśród rolników oraz inwestorów indywidualnych. Pomimo, że warunki wiatrowe sprzyjające małej energetyce wiatrowej są w zasadzie takie same w całym kraju i zależą od lokalnych uwarunkowań fizjograficznych (tereny otwarte, brak przeszkód oraz występowanie lokalnych wyniesień), szczególnie duży potencjał wykorzystania małych turbin wiatrowych występuje w centralnej i południowej Polsce. Na tych obszarach znajduje się relatywnie najwięcej gospodarstw rolnych (powyżej 10 ha), które mają wystarczające zasoby finansowe, by zrealizować inwestycję małej elektrowni wiatrowej, a ich potrzeby energetyczne są na tyle duże, aby inwestycja w małą elektrownię wiatrową znalazła swoje uzasadnienie (rys. 21).

Zainteresowanie małą energetyką wiatrową wśród rolników jest także skutkiem wzrostu zużycia energii w szybko modernizujących się gospodarstwach rolnych oraz wzrostu cen zaopatrzenia w paliwa i energię, zwłaszcza elektryczną.

28 Źródło: Small Wind Energy Systems –Consumer's Guide, U.S. Department of Energy. Oprac. IEO.

Rysunek 21. Potencjał małej energetyki wiatrowej w Polsce (źródło: IEO). Mapa prezentuje liczbę małych turbin wiatrowych <10kW, które mogą być zainstalowane na obszarach wiejskich z uwzględnieniem kryteriów środowiskowych i infrastrukturalnych ich lokalizacji



Odbiorcy energii elektrycznej niskiego napięcia, przyłączeni do wiejskich sieci dystrybucyjnych płacą za prąd proporcjonalnie więcej niż odbiorcy miejscy czy przemysłowi. Ponadto opóźnienia w modernizacji wiejskich sieci rozdzielczych dodatkowo wpływają zarówno na wyższe straty w dystrybucji energii, jak i coraz częstsze przerwy w dostawie energii elektrycznej. Małe elektrownie wiatrowe od strony technicznej mogą efektywnie integrować się z innymi małymi OZE (mikrobiogazownie, kolektory słoneczne, pompy ciepła, panele fotowoltaiczne) w mikrosieci i inteligentne sieci energetyczne, a także spełniają warunki współpracy z siecią ogólnokrajową.

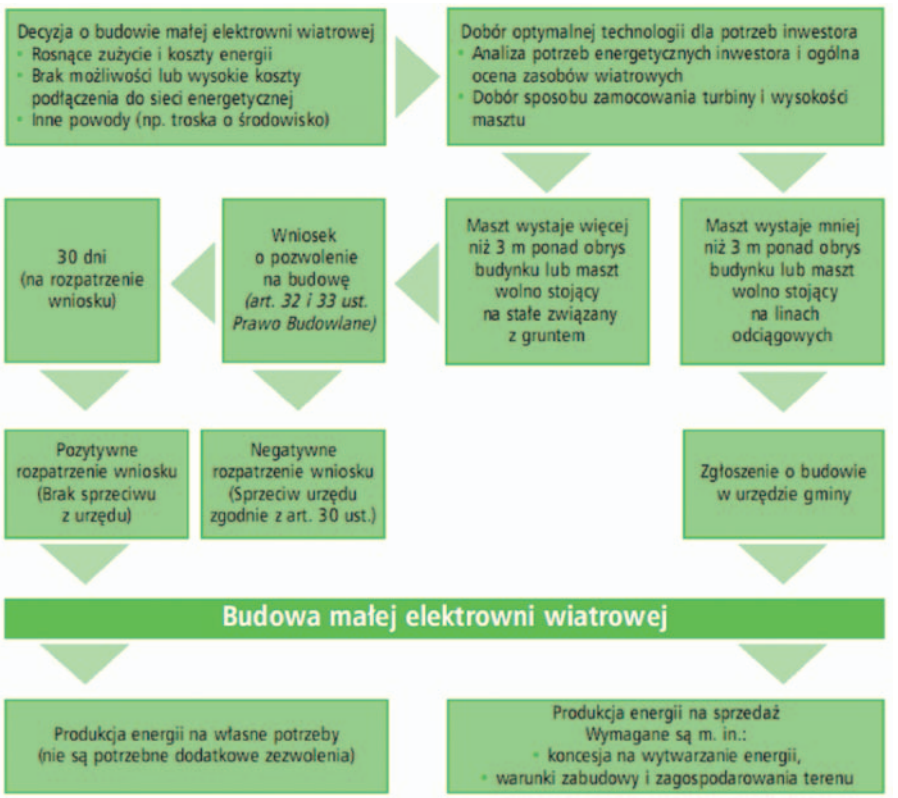
1.4 Zakup małej instalacji wiatrowej

Przydomowa elektrownia wiatrowa w polskich warunkach klimatycznych może pracować z pełną mocą nominalną w przedziale od 600 do 1200 godzin, tj. 8-16% roku (w bardzo dobrych lokalizacjach położonych na terenach nadmorskich i lokalnych wyniesieniach terenowych). Przeciętne gospodarstwo domowe na terenach wiejskich zużywa w ciągu roku ok. 2400 kWh[29]. Można zatem przyjąć, że przydomowa elektrownia wiatrowa już o mocy od 3 kW do 5 kW byłyby w stanie zaspokoić potrzeby energetycznie gospodarstwa, w zależności od panujących w jego okolicy warunków wiatrowych.

Inwestor powinien rozważyć, w jaki sposób zamierza czerpać korzyści z inwestycji, tzn. czy elektrownia wiatrowa miałaby zmniejszyć rachunki za energię z zakładu energetycznego i stać się dodatkowym, alternatywnym źródłem energii wykorzystywanym np. do podgrzewania wody użytkowej, czy też produkowana przez nią energia miałaby stanowić dodatkowe źródło dochodu dla inwestora i być sprzedawana do sieci elektroenergetycznej (rys. 22).

29 GUS, Gospodarka Paliwowo-Energetyczna. 2010).

Rysunek 22. Możliwości wykorzystania małej elektrowni wiatrowej[30]



W przypadku gdy inwestor zdecyduje się na sprzedaż energii jako dodatkowego źródła przychodu, będzie musiał spełnić kilka dodatkowych kryteriów, m.in. uzyskać koncesję na wytwarzanie energii w Urzędzie Regulacji Energetyki, zarejestrować działalność gospodarczą oraz zdobyć warunki przyłączenia do sieci energetycznej u operatora sieci dystrybucyjnej. Ponadto wygenerowaną energię powinien zbyć na Towarowej Giełdzie Energii S.A.

W tabeli 3 zestawiono koszty dwóch typowych instalacji, z których pierwsza, o mocy 3 kW generuje energię na własne potrzeby inwestora (magazyn w ciepłej wodzie i akumulatorach), natomiast druga, o mocy 10kW podłączona jest do sieci energetycznej.

Z powyższej tabeli można wywnioskować, że istotny wpływ na ekonomikę inwestycji wywierają koszty magazynowania energii. Instalacja z własnym magazynem energii w postaci akumulatorów elektrochemicznych i/lub zasobnika ciepłej wody użytkowej z grzałką elektryczną, wykazuje o ponad 30% wyższe koszty jednostkowe, niż elektrownia podłączona do sieci energetycznej.

Pomimo, że nakłady inwestycyjne przemawiają za budową elektrowni zintegrowanej z siecią energetyczną, w rzeczywistości niewielu inwestorów decyduje się na tego typu rozwiązania, ponieważ status producenta energii zobowiązuje do podjęcia szeregu ww. czynności, które powodują wysokie koszty operacyjne dla producenta energii. Przez wiele lat polskie

30 Instytut Energetyki Odnawialnej i Instytut na rzecz Ekorozwoju: Zielona energia- poradnik wydany w ramach projektu „Z energetyką przyjazną środowisku za pan brat". Warszawa 2011 r.

Tabela 3. Wykaz kosztów urządzeń i prac montażowych dla instalacji przydomowej elektrowni wiatrowej[31]

Urządzenia	3 kW	10 kW
Turbina wiatrowa	15 500	38 000
Kontroler ładowania	1 450	11 000
Akumulatory (OFF-GRID)	11 000	n/d
Grzałka zrzutowa (OFF-GRID)	1 100	n/d
Inwerter jednofazowy	3 200	n/d
Inwerter trójfazowy	n/d	15 000
Osprzęt elektryczny (+ licznik energii elektrycznej jeśli instalacja ON-GRID)	900	4 150
Maszt na linkach odciągowych	3 000	n/d
Maszt wolnostojący	n/d	15 000
Fundament	n/d	3000
Transport całej instalacji	n/d	1000
Prace montażowe		
Wykonanie fundamentu	n/d	3000
Posadowienie masztu na linach odciągowych	2 650	n/d
Posadowienie masztu wolnostojącego	n/d	4 000
Przyłączenie elektrowni do sieci domowej (OFF-GRID)	500	n/d
Przyłączenie elektrowni do sieci elektroenergetycznej (ON-GRID)	n/d	1 200
Sumaryczny koszt instalacji budowy elektrowni	**39 300**	**95 350**
Średni koszt 1 kW instalacji (tylko nakłady inwestycyjne)	**13 100**	**9 535**

prawo nie przewidywało funkcjonowania małego producenta energii, a głównymi graczami na rynku są koncerny energetyczne w scentralizowanym (a nie rozproszonym) systemie energetycznym.

Jednak warto zwrócić uwagę na fakt, że Ministerstwo Gospodarki opracowując nową ustawę o odnawialnych źródłach energii, która planuje odnieść się ze szczególną uwagą do mikrogeneracji energii odnawialnej, w tym małych elektrowni wiatrowych. Według proponowanych założeń projektu ustawy, właściciel mikroelektrowni o mocy nie przekraczającej 40 kW uzyskałby wiele udogodnień pozwalających na sprzedaż energii elektrycznej do sieci, m.in. zwolnienie z obowiązku prowadzenia działalności gospodarczej, uzyskania koncesji na produkcję energii elektrycznej, czy obrotu energią na giełdzie.

Dotychczasowy system wsparcia „zielonej energii" (tzw. system zielonych certyfikatów) pozwala uzyskać opłacalność ekonomiczną w przypadku wielkoskalowych farm wiatrowych i dużych pojedynczych elektrowni wiatrowych (>500-1000 kW). Pomimo wzrostu cen energii elektrycznej okazał się niewystarczający dla rozwoju energetyki prosumenckiej i bez zmiany systemu wsparcia, na opłacalność MEW należałoby poczekać jeszcze kilka lat. Wejście w życie nowej ustawy z systemem stałych taryf gwarantowanych typu FIT uczyniłoby technologie małej energetyki wiatrowej atrakcyjnymi, niemalże od zaraz, dla przeciętnego Kowalskiego.

31 Baza danych urządzeń Małych Elektrowni Wiatrowych (MEW), aktualizacja na dzień 30 czerwca 2012, Instytut Energetyki Odnawialnej

Za każdą wygenerowaną kilowatogodzinę energii oddaną do sieci, właściciel mikroinstalacji uzyskałby stałą stawkę, tzw. taryfę zastępczą (ang. *feed-in tariff* - FIT) w ciągu 15 lat działania elektrowni. Takie rozwiązanie umożliwiłoby odpowiednie zaplanowanie finansowania inwestycji i zmniejszenie ryzyka inwestycyjnego przez instytucje finansujące. Oprócz tego, w odróżnieniu od dotacji, stałe taryfy gwarantowane promują wydajne i niezawodne technologie, gdyż według ustawy wsparcie byłoby dostępne za wolumen produkcji zielonej energii, a nie ilość powstałych instalacji. Z analiz ekonomicznych Instytutu Energetyki Odnawianej (IEO) wynika, że przy rozważanej stawce taryfy FIT na poziomie już od 1 zł/kWh, całość inwestycji zwróciłaby się w okresie krótszym niż 9 lat.

Głównym tematem publikacji jest opis możliwości wykorzystania w budynkach mieszkalnych, obiektach turystycznych, gospodarstwach rolnych oraz małych przedsiębiorstwach mikroinstalacji z odnawialnymi źródłami energii (OZE), w szczególności systemów fotowoltaicznych, kolektorów słonecznych oraz małych elektrowni wiatrowych. Spośród małoskalowych technologii odnawialnych źródeł energii są to technologie o największym potencjale wzrostu w najbliższych latach.

Są to już sprawdzone, ale ciągle nowe, innowacyjne technologie i potrzebna jest odpowiednia wiedza na ich temat, zarówno po stronie inwestorów i użytkowników jak i instalatorów oraz architektów.

Omówione w publikacji technologie wpisują się w nowe trendy w zakresie budowy energooszczędnych, a nawet pasywnych budynków, jak również w nowe trendy związane z urzeczywistnieniem koncepcji „prosumenta" (obywatela lub przedsiębiorcy będącego konsumentem energii i jej producentem), rozwojem mikrosieci i inteligentnych sieci energetycznych oraz generacji rozproszonej, w tym mikrogeneracji, jako alternatywy dla obecnego scentralizowanego systemu zapotrzebowania na energię.

Instytut Energetyki Odnawialnej (IEO) założony został w 2001 roku jako niezależny *think-tank* i jest jednym z pierwszych prywatnych centrów badawczych, utrzymujących się bez pomocy państwa. W swojej działalności łączy prace badawczo-rozwojowe z wdrożeniami i działalnością konsultingową w sektorach: energia wiatrowa, energia słoneczna, biogaz, biomasa, planowanie energetyczne i strategiczne. Zyski osiągane z komercjalizacji wyników prac i świadczonych usług są przeznaczane na dalsze prace badawcze lub opracowania prognostyczne, wyprzedzające aktualne potrzeby klientów. W ten sposób Instytut działa na rzecz realizacji długookresowych celów społecznych i zadań o charakterze publicznym, związanych z promocją zrównoważonej środowiskowo gospodarki lokalnej i generacji rozproszonej oraz rozwojem i wprowadzaniem na rynek nowych technologii energetyki odnawialnej. Kluczowymi odbiorcami produktów i usług Instytutu są małe i średnie przedsiębiorstwa, samorządy terytorialne oraz inwestorzy korporacyjni i niezależni producenci energii z odnawialnych zasobów energetycznych. Instytut wykonuje prace o charakterze ciągłym dla Rządu RP (np. ekspertyzy dla Ministerstwa Gospodarki i Ministerstwa Środowiska), Sejmu RP, Komisji Europejskiej oraz organizacji biznesu i przemysłu (np. Związek Pracodawców Forum Energetyki Odnawialnej, PKPP Lewiatan).

HEINRICH BÖLL STIFTUNG
WARSZAWA

ul. Żurawia 45, III p., 00-680 Warszawa
T 22 59 42 333 F 22 59 42 337
E pl-info@pl.boell.org W www.boell.pl

HEINRICH BÖLL STIFTUNG
Zielona Polska. Zielona Europa. Zielona Przyszłość

10 lat Fundacji im. Heinricha Bölla w Polsce!