

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica V (2012)

Stanisław Gumuła, Krzysztof Pytel

Analiza techniczna i ekonomiczna wybranych technologii solarnych

Wprowadzenie

W ostatnich trzydziestu latach wzrosło zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii. Energia słoneczna, energia kinetyczna wiatrów, energia wnętrza oceanów, fal morskich, pływów morskich, energia wnętrza skorupy ziemskiej, energia rzek i energia biomasy w odróżnieniu od źródeł konwencjonalnych są dostępne w różnym stopniu na całym świecie. Zarówno w skali lokalnej, jak i w skali kraju produkcja energii odnawialnej to uniezależnienie się od importu paliw, zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego, redukcja nadwyżek w rolnictwie, zagospodarowanie nieużytków, zmniejszenie bezrobocia. Energia przyjazna dla środowiska nie powoduje wzrostu koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze i tym samym spowalnia niepokojące zmiany klimatyczne, których skutków człowiek nie jest w stanie w pełni przewidzieć.

Energetyka, będąca bazą rozwoju przemysłu, stanowi jeden z najważniejszych jego sektorów. Wytwarzanie, gromadzenie i przetwarzanie energii pozwala na zasilanie procesów produkcyjnych, uruchamianie maszyn, urządzeń, automatów obecnych w naszym otoczeniu. Wzrost liczby ludności i narastająca mechanizacja oznaczają większe zapotrzebowanie na energię, co z kolei wiąże się ze stopniowym zanieczyszczeniem naturalnych ekosystemów. Racjonalne wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych to najważniejsza droga prowadząca do rozwoju gospodarki Polski.

Powszechnie dostępnym i bezpiecznym dla środowiska zasobem energii odnawialnej jest energia promieniowania słonecznego. Jest to zasób o praktycznie niewyczerpalnej mocy, który docierając do powierzchni Ziemi funkcjonuje jako promieniowanie bezpośrednie, rozproszone i odbite. Energia słoneczna docierająca na Ziemię jest kilka tysięcy razy większa niż światowe zapotrzebowanie na energię. Współcześnie jednak nie jest ona pozyskiwana w znaczącej ilości w energetyce. Energia promieniowania słonecznego jest podstawowym źródłem energii na Ziemi, a promieniowanie słoneczne wykorzystywane jest bezpośrednio do produkcji energii elektrycznej oraz cieplnej.

Uniwersalny wymiar energetyki solarnej

Rozwój polskiej energetyki odnawialnej związany jest z wejściem do Unii Europejskiej, która wywiera w krajach stowarzyszonych polityczny nacisk na rozwój energetyki opartej na własnych zasobach. Biorąc pod uwagę deficyt konwencjonalnych zasobów energetycznych, priorytetem stało się wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, między innymi energetyki solarnej. Warunki klimatyczne w Polsce są zbliżone do panujących w Niemczech oraz korzystniejsze niż w Skandynawii, gdzie intensywnie rozwija się niepowodujące żadnych efektów ubocznych, szkodliwych emisji czy zubożenia zasobów naturalnych pozyskiwanie energii z promieniowania słonecznego. W Polsce istnieją sprzyjające warunki do wykorzystania energii promieniowania słonecznego.

Celem określenia zasobów energetycznych promieniowania słonecznego określa się natężenie promieniowania. Natężenie promieniowania słonecznego jest różne w poszczególnych regionach kraju i waha się w granicach około 900–1250 kWh/m². Za czas nasłonecznienia przyjmuje się okres o natężeniu promieniowania słonecznego powyżej 200 W/m². Nasłonecznienie waha się w przeciągu lat do 12%. Analizując warunki solarne na terenie Polski, nie zauważa się wielkich różnic w zasobach energii słonecznej w poszczególnych regionach, co pokaże przeprowadzona analiza. Największe nasłonecznienie występuje na wybrzeżu oraz krańcach Polski wschodniej, najmniejsze zaś na południu Polski, ale jest to równocześnie teren o największym nasłonecznieniu w miesiącach zimowych. Dla oszacowania potencjalnych efektów eksploatacji instalacji słonecznych szczególnie przydatne są dane dotyczące rozkładu dawek promieniowania w ciągu roku, bowiem usłonecznienie w Polsce to 1390–1900 h/rok w zależności od regionu. Średnie usłonecznienie w Polsce wynosi 1600 h/rok. Około 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na sześć miesięcy sezonu wiosenno-letniego, od początku kwietnia do końca września. Czas operacji słonecznej w lecie trwa do 16 h/dzień, w zimie zaś od 8 h/dzień. Szacunkowe warunki nasłonecznienia przedstawia tabela 1, natomiast w rzeczywistości lokalne zanieczyszczenia powietrza oraz przeszkody terenowe negatywnie wpływają na zmianę zaprezentowanych wartości.

Tab. 1. Energia solarna w Polsce

Region	Energia solarna w Polsce (kWh/m ² /rok)			
	styczeń–grudzień	kwiecień–wrzesień	czerwiec–sierpień	październik–marzec
Północno-zachodni	1076	881	497	195
Wschodni	1081	821	461	260
Centralny	985	785	449	200
Zachodni	962	785	438	204
Południowo-wschodni	956	682	373	280
Południowo-zachodni	950	712	393	238

Energia promieniowania słonecznego podlega konwersji w energię użyteczną. Konwersja fototermiczna to przetworzenie energii promieniowania słonecznego

w ciepło, natomiast konwersja fotowoltaiczna to przetworzenie energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Systemy konwersji są dostosowane do elementów architektonicznych, a stosowanie pasywnych i aktywnych systemów słonecznych umożliwia realizację konwersji fototermicznej. Systemy słoneczne służące do produkcji energii elektrycznej stosowane w budownictwie to systemy z ogniwami fotowoltaicznymi. Pozyskanie energii słonecznej nie jest trudne, trzeba jednak potrafić ją magazynować.

Technologie wykorzystania energii słońca

Wykorzystanie technologii solarnych narzuca potrzebę stosowania szeregu energooszczędnych rozwiązań, które prowadzą do zredukowania zapotrzebowania na energię, a tym samym do samowystarczalności energetycznej. Dużą rolę odgrywa wykorzystanie energii w systemach aktywnych i pasywnych. Użycie energii promieniowania słonecznego w aktywnych systemach słonecznych ma w warunkach polskich charakter autonomiczny. Istnieje wiele typów kolektorów słonecznych. Kolektory słoneczne powietrzne wykorzystywane są najczęściej w systemach ogrzewania powietrznego i służą do wstępnego podgrzewania powietrza, które zostaje następnie dogrzane przez urządzenie pracujące w sposób tradycyjny. Kolektory słoneczne cieczowe mają wyższą sprawność od kolektorów powietrznych, co pozwala na wykorzystanie ich w instalacjach grzewczych. Kolektory występują jako płaskie, gazowe, cieczowe, dwufazowe, płaskie próżniowe, próżniowo-rurowe, skupiające i specjalne. Rzeczywista wydajność urządzeń uzależniona jest w znacznym stopniu od szerokości geograficznej i kąta padania promieni słonecznych. Przewiduje się, że do 2030 r. słoneczne systemy grzewcze będą miały znaczący udział na rynku ciepła i staną się jednym z głównym udziałowców w bilansie energetyki na świecie, natomiast Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej zaleca 2–8 m² kolektora/mieszkańca.

Pasywne systemy słoneczne to rozwiązania uwzględniane w projekcie architektoniczno-budowlanym.

Wśród technologii solarnych znaleźć można technologie sprawdzone w zastosowaniach rynkowych (systemy fotowoltaiczne stosowane od 60 lat), systemy gotowe do komercyjnego wdrożenia w przeciągu kilku lat (systemy CSP) oraz technologie w fazie badań laboratoryjnych (systemy oświetleń rozbijające światło na spektrum widzialne oraz niewidzialne).

Coraz powszechniej spotykane ogniwa fotowoltaiczne to zazwyczaj krzemowa płytką półprzewodnikowa, wewnątrz której istnieje bariera potencjału w postaci złącza p-n (positive-negative). Padające na fotoogniwo promieniowanie słoneczne wybija elektrony z ich miejsc w strukturze półprzewodnika, tworząc pary nośników o przeciwnych ładunkach. Ładunki te zostają rozdzielone przez istniejące na złączu p-n pole elektryczne, co sprawia, że w ogniwie pojawia się napięcie. Podłączenie urządzenia pobierającego energię umożliwia przepływ prądu elektrycznego. Ogniwa wytwarzają prąd stały o niskim napięciu, co jest przyczyną łączenia ich w moduły i panele fotowoltaiczne o napięciu od 12 V do nawet 600 V lub więcej. Typowym materiałem do produkcji ogniw jest krzem krystaliczny, polikrystaliczny oraz cienko-

warstwowy krzem amorficzny. Spotykane są ogniwa z arsenku galu, CuInSe_2 , CdTe oraz polimerowe.

Systemy autonomiczne oparte na ogniwach fotowoltaicznych są użyteczne w miejscach oddalonych od sieci energetycznych i tam, gdzie podłączenie do linii wiąże się z wysokimi kosztami lub jest niemożliwe. Niewielkie układy solarne o mocach rzędu do kilku kW zasilają stacje meteorologiczne, reklamy, lampy ogrodowe, systemy alarmowe, telefony awaryjne przy drogach szybkiego ruchu i świetlne sygnalizatory drogowe. Wykorzystywane są jako źródło awaryjnego zasilania dla układów sterujących w transporcie kolejowym. Większe moduły mogą dostarczać prąd do statków kosmicznych, satelitów (sprawność powyżej 30%), przekaźnikowych stacji radiowo-telewizyjnych.

Moc ogniwa fotowoltaicznego określa się często w watach mocy szczytowej W_p , czyli parametrach jakie osiągają przy promieniowaniu słonecznym AM1,5 o mocy 1 kW/m^2 i temperaturze otoczenia 25°C . Moce szczytowe ogniwa fotowoltaicznych sięgają obecnie do około $300 W_p$, a cena za $1 W_p$ wynosi od $2,5 \text{ €}$, przy żywotności paneli sięgającej 20–25 lat.

Systemy fotowoltaiczne mogą pracować jako systemy wolnostojące, systemy dołączone do sieci oraz jako systemy hybrydowe. Systemy wolnostojące składają się z panelu fotowoltaicznego, akumulatora oraz automatyki. Systemy hybrydowe są kombinacją panelu PV i innego systemu wytwarzania energii. Systemy dołączone do sieci mają postać elektrowni z dużą ilością paneli fotowoltaicznych, wymieniających energię z siecią elektroenergetyczną.

Bezpośrednie wykorzystywanie energii promieniowania słonecznego daje szereg korzyści. Słońce uniezależnia od paliw konwencjonalnych oraz jego energia jest niewyczerpalna przez najbliższe kilka miliardów lat. Przy produkcji energii nie dochodzi do emisji gazów cieplarnianych.

Korzyści ekonomiczne wynikające ze stosowania energii promieniowania słonecznego

Koszt produkcji 1 MW w słonecznej elektrowni fotowoltaicznej jest dwukrotnie wyższy niż w słonecznej elektrowni cieplnej, a ten z kolei dwukrotnie wyższy niż w tradycyjnych elektrowniach opalanych paliwem kopalnym. Wkrótce zarówno ceny energii elektrycznej, jak i ceny energii cieplnej uzyskiwanej z energii słonecznej będą konkurencyjne do cen energii pozyskiwanej z pozostałych źródeł energii. Nastąpi to, gdy na skalę przemysłową produkowane będą wysoko sprawne (ponad 40%) systemy solarne w cenie $1 W_p$ poniżej $1,5 \text{ \$}$. Ogniwa w tej cenie są już komercyjnie produkowane przez producentów z Dalekiego Wschodu, natomiast sprawność rzędu 40% uzyskuje się w laboratoriach.

Obecnie energia wytwarzana przez systemy fotowoltaiczne, chociaż jest droższa od konwencjonalnej, ma szereg zalet, co potwierdza fakt, że w ostatnim dziesięcioleciu produkcja urządzeń zaopatrzonych w panele fotowoltaiczne na świecie stale wzrasta. Panele sprzężone z magazynami energii i zestawem sterującym mogą pełnić rolę całkowicie niezależnych minielektroni w dowolnych miejscach, gdzie docierają promienie słoneczne.

Ceny kolektorów słonecznych i ogniw fotowoltaicznych są wciąż dla wielu inwestorów zbyt wysokie. Najprostsze instalacje na potrzeby domków jednorodzinnych kosztują przynajmniej 10 000 zł. Aby je rozbudować i zapewnić dodatkowe funkcjonalności (integracja z istniejącym systemem ogrzewania, podgrzewanie basenu, zwiększenie powierzchni baterii itd.), konieczne są dodatkowe nakłady.

Przedstawiono analizę możliwości wykorzystania energii solarnej w warunkach polskich dla trzech wybranych lokalizacji. Analiza wykorzystania energii promieniowania słonecznego do generowania energii cieplnej pokazuje, że już teraz w Polsce jest to ekonomicznie opłacalne przedsięwzięcie.

W tabelach przedstawiono podstawowe dane wybranej lokalizacji w północnej części Polski (tabela 2) oraz ocenę zasobów energii promieniowania słonecznego (tabela 3). W tabeli 4 przedstawiono charakterystykę zapotrzebowania na energię promieniowania słonecznego. Tabela 5 zawiera wybrane informacje o solarnym podgrzewaczu wody. Tabela 6 przedstawia wyniki analizy finansowej projektu elektrowni dla lokalizacji w północnej Polsce. Wykres przedstawia skumulowane przepływy pieniężne dla analizowanej inwestycji (rys. 1).

Tab. 2. Podstawowe dane wybranej lokalizacji

	Jednostka	Lokalizacja projektu
Temperatura obliczeniowa – ogrzewanie	°C	-7,9
Temperatura obliczeniowa – chłodzenie	°C	24,3
Amplituda temperatury gruntu	°C	17,7
Roczne promieniowanie słoneczne – na pow. poziomą	MWh/m ²	0,99
Roczne promieniowanie słoneczne – na pow. pochylą	MWh/m ²	1,18

Tab. 3. Ocena zasobów energii promieniowania słonecznego

Miesiąc	Temperatura powietrza	Wilgotność względna	Dzienne promieniowanie słoneczne – poziome	Dobowe promieniowanie słoneczne – pow. nachylona
	°C	%	kWh/m ² /d	kWh/m ² /d
Styczeń	0,9	87,9%	0,73	1,75
Luty	1,5	85,3%	1,42	2,58
Marzec	3,5	81,8%	2,44	3,32
Kwiecień	7,4	80,4%	3,66	4,07
Maj	11,9	79,8%	4,96	4,87
Czerwiec	15,1	80,2%	4,84	4,48
Lipiec	17,5	79,9%	4,74	4,49
Sierpień	17,4	79,9%	4,16	4,38
Wrzesień	13,6	84,5%	2,80	3,47

Październik	9,7	85,7%	1,53	2,38
Listopad	4,2	89,1%	0,76	1,50
Grudzień	1,6	89,0%	0,58	1,60
Roczny	8,7	83,6%	2,73	3,25

Tab. 4. Charakterystyka zapotrzebowania na energię promieniowania słonecznego

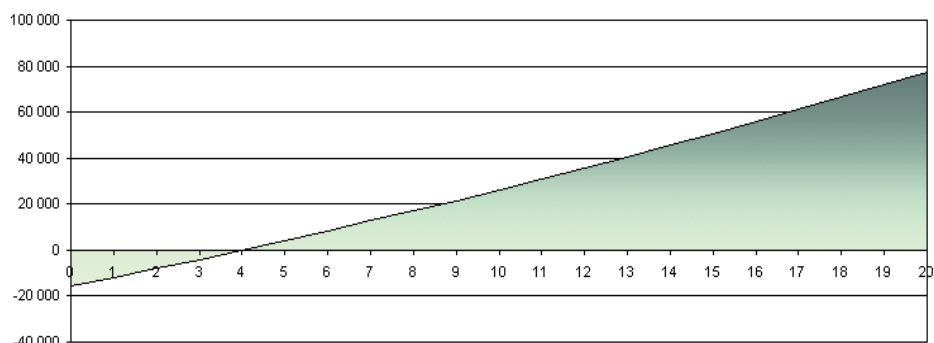
	Jednostka	Stan bazowy	Stan planowany
Typ zapotrzebowania	-	Przemysłowy	-
Dobowe zużycie ciepłej wody	l/d	13 000	12 000
Temperatura	°C	60	55
Ilość dni pracy w tygodniu	d	7	7
Temperatura wody – minimum	°C	6,0	
Temperatura wody – maksimum	°C	11,8	
Zapotrzebowanie na ciepło	MWh	284	236
Oszczędność energii	%		17

Tab. 5. Solarny podgrzewacz wody – informacje techniczne

Parametr	Jednostka	Stan planowany
Typ	-	Zakryty
Producent	-	Thermo Dynamics
Model	-	S32-P
Powierzchnia brutto kolektora słonecznego	m ²	2,96
Powierzchnia użytkowa przypadająca na kolektor słoneczny	m ²	2,78
Liczba kolektorów	-	10
Powierzchnia kolektora	m ²	29,60
Moc	kW	19,46

Tab. 6. Analiza finansowa

Parametry finansowe	Jednostka	Stan planowany
Czas trwania projektu	rok	20
Łączne koszty początkowe	€	15 800
Łączne roczne oszczędności i przychody	€	15 573
Wykonalność finansowa		
IRR przed opodatkowaniem – aktywa	%	25,4
Prosty okres zwrotu	rok	4,3
Zwrot kapitału	rok	4,1



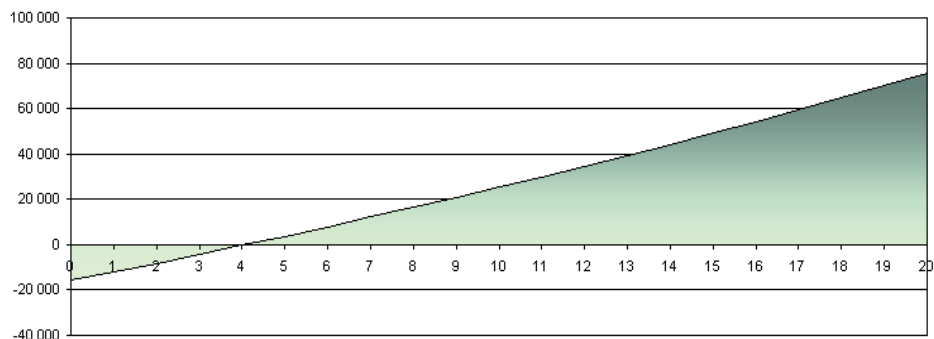
Rys. 1. Skumulowane przyływy pieniężne w okresie funkcjonowania inwestycji

Każdy kosztorys musi zostać oparty na dostępnych w danym miejscu mediach oraz lokalnych warunkach cenowych, dotyczących surowców energetycznych (ceny drewna, węgla i innych paliw są zależne od transportu i logistyki). Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy inwestycja wydaje się być bardzo opłacalna finansowo. SPBT szacowany na około 4 lata informuje o bardzo krótkim okresie zwrotu zainwestowanego kapitału. Wysoka wartość IRR lokuje inwestycję na bardzo wysokiej pozycji pod kątem opłacalności.

Przeprowadzono analizę inwestycji w innych lokalizacjach w Polsce. Wyniki finansowe dla lokalizacji w Polsce centralnej przedstawia tabela 7 i rysunek 2. Wyniki finansowe dla lokalizacji w północno-wschodnich krańcach Polski przedstawia tabela 8 i rysunek 3.

Tab. 7. Wykonalność finansowa dla lokalizacji w Polsce centralnej

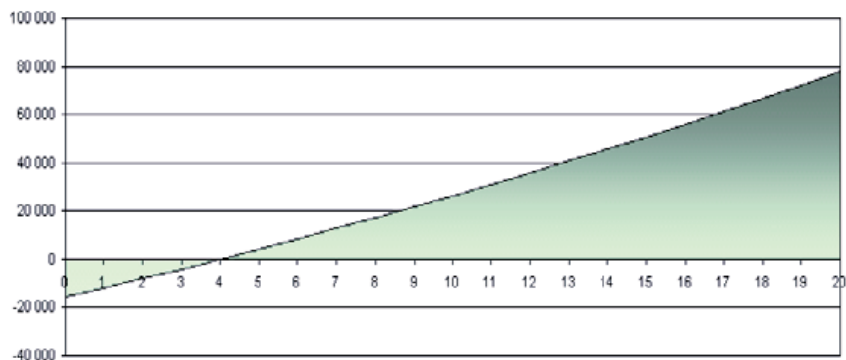
IRR przed opodatkowaniem – aktywa	%	25,9
Prosty okres zwrotu	rok	4,2
Zwrot kapitału	rok	4,0



Rys. 2. Skumulowane przyływy pieniężne w okresie funkcjonowania inwestycji

Tab. 8. Wykonalność finansowa dla lokalizacji w północno-wschodniej części Polski

IRR przed opodatkowaniem – aktywa	%	26
Prosty okres zwrotu	rok	4,2
Zwrot kapitału	rok	4,0

**Rys. 3.** Skumulowane przychyły pieniężne w okresie funkcjonowania inwestycji

Na podstawie otrzymanych wyników symulacji dla takich samych inwestycji w różnych lokalizacjach można wysnuć wniosek, że inwestycja bardzo opłacalna w jednej lokalizacji z pewnością będzie opłacalna w innej lokalizacji w Polsce. Biorąc pod uwagę fakt, że teoretyczne różnice w nasłonecznieniu w Polsce nie przekraczają 30% można przypuszczać, że koszty inwestycji również zmieszczą się w tym zakresie, a uwzględniając bardzo małą wartość SPBT można przypuszczać, że analizowana inwestycja na pewno przyniesie zdyskontowany zwrot nakładów. Bardzo wysokie wartości wewnętrznej stopy zwrotu czynią z tej inwestycji bardzo bezpieczną lokatę kapitału.

Równocześnie analizując ilości energii pozyskanej od słońca w wybranych przedziałach czasowych (tabela 9) zauważymy, że w okresie od kwietnia do września pozyskamy średnio 3/4 energii docierającej na powierzchnię Ziemi, przy czym tylko na miesiące kalendarzowego lata przypada prawie połowa całkowitej energii promieniowania słonecznego. Analizując wyniki możemy zauważyć, że najkorzystniejsze jest wykorzystywanie energii solarnej w okresie letnim w centralnej Polsce i pasie wybrzeża, natomiast w okresie zimowym w województwach śląskim, małopolskim i podkarpackim. Wniosek ten może wpłynąć na specyfikę realizowanej instalacji solarnej, profilując jej przeznaczenie na zastosowanie do instalacji centralnego ogrzewania, ewentualnie ciepłej wody użytkowej.

17 czerwca 2010 roku zarząd Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej podpisał z sześcioma bankami umowy, uruchamiające program dopłat do kredytów bankowych na zakup i montaż kolektorów słonecznych, które są dostępne dla osób fizycznych i wspólnot mieszkaniowych niepodłączonych do sieci ciepłowniczej. Wartość dotacji to maksymalnie 45% kapitału kredytu bankowego przeznaczonego na koszty kwalifikowane. Program finansowy został uruchomiony w lipcu 2010 roku. Dopłaty do kredytów udzielane są na sporządzenie

projektu budowlano-wykonawczego, zakup i montaż kolektorów słonecznych oraz nowej instalacji niezbędnej do ich prawidłowego funkcjonowania. Przykładowe wartości dofinansowania do powierzchni kolektorów przedstawia tabela 10.

Tab. 9. Możliwe do pozyskania ilości energii promieniowania słonecznego w Polsce (%)

Region	Energia solarna w Polsce w okresie			
	styczeń–grudzień	kwiecień–wrzesień	czerwiec–sierpień	październik–marzec
Północno-zachodni	100	81,9	46,2	18,1
Wschodni	100	75,9	42,6	24,1
Centralny	100	79,7	45,6	20,3
Zachodni	100	81,6	45,5	21,2
Południowo-wschodni	100	71,3	39,0	29,3
Południowo-zachodni	100	74,9	41,4	25,1

Tab. 10. Przykładowe wartości dofinansowania do kolektorów słonecznych

Parametr systemu	Jednostka	Przykładowy zestaw solarny			
		Junkers grupa BOSCH		Vailant	
Powierzchnia kolektora	m ²	4,74	7,11	5,02	7,53
Koszt inwestycji	zł	17056	21300	16900	22200
Koszt kwalifikowany	zł	11850	17775	12550	18825
Dotacja	zł	5333	7999	5648	8471
Podatek od wzbogacenia (19%)	zł	1013	1519	1073	1609
Koszt inwestora	zł	12737	14821	12326	15339
Realna kwota dotacji	%	25,3	30,4	27,1	30,9

Zanalizujemy lokalizację w południowej Polsce, warunkującą pokrycie zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową przez kolektory w skali roku na 60%. Zakładając zakup zestawu solarnego dla 3–4 osób od firmy legitymującej się aktualnym certyfikatem zgodności z PN EN-12975-2 lub certyfikatem europejskim Solar Keymark, przy istniejącym źródle ciepła w domu w postaci kotła gazowego, koszt kwalifikowany inwestycji wyniesie 11 850 zł. Wysokość dotacji, którą uzyskamy, wyniesie poniżej 31%, natomiast udział inwestora wyniesie około 69%.

Całkowity koszt inwestycji wraz ze wszystkimi usługami towarzyszącymi dla powierzchni kolektora 4,74 m² wyniesie 17 056 zł. Kwalifikowany koszt inwestycji (maksymalny kwalifikowany koszt 1 m² kolektora 2500 zł) wyniesie 11 850 zł. Wartość dotacji finansowanej z środków NFOŚiGW to 5333 zł. Udział inwestora w formie preferencyjnego kredytu to 11 723 zł plus podatek od wzbogacenia w wysokości 1013 zł, co daje całkowity koszt inwestora 12 736 zł.

Podsumowanie

Zainteresowanie energią promieniowania słonecznego nieustannie wzrasta, co zostało spotęgowane przez stale rosnące ceny konwencjonalnych surowców energetycznych. Zmiany klimatyczne wydłużające okres grzewczy od września do maja powodują, że wydatki na ogrzewanie rosną. Ludzkość zużywa coraz więcej energii elektrycznej. Wzrost udziału energii promieniowania słonecznego w bilansie paliwowo-energetycznym przyczynia się do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów surowców energetycznych oraz poprawy stanu środowiska. Energia promieniowania słonecznego może stanowić istotny udział w bilansie energetycznym poszczególnych gmin czy nawet województw naszego kraju, przez co może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego regionu, a zwłaszcza do poprawy zaopatrzenia w energię na terenach o słabo rozwiniętej infrastrukturze energetycznej.

Energia słoneczna jest cenionym i coraz szerzej wykorzystywanym źródłem energii w Polsce i wielu krajach na całym świecie. W 2009 r. sprzedaż kolektorów słonecznych w Polsce przekroczyła 144 tys. m², natomiast na koniec 2009 roku powierzchnia zainstalowana wynosiła 510 tys. m², co potwierdza fakt opłacalności inwestycji wykazany w przeprowadzonej analizie.

Słońce jest najlepszym możliwym źródłem energii, ale metody adaptacji tej energii na potrzeby ludzi należy bezustannie udoskonalać. Niska sprawność oraz wysoka cena urządzeń to wady, które obniżają społeczną wartość energii słońca.

W Polsce istnieją korzystne warunki klimatyczne do wykorzystania energii promieniowania słonecznego przy dostosowaniu typu systemów i właściwości urządzeń wykorzystujących tę energię do charakteru, struktury i rozkładu w czasie promieniowania słonecznego.

Literatura

- [1] Depešová J., Širka, J., *Tradičné technológie a ich využití v ergoterapii*, [w:] *Zborník Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*, B. Bystrica 2003, s. 409–413
- [2] Gumuła S., Pytel K., *Hybrydowy układ produkcji energii elektrycznej oparty na odnawialnych źródłach energii*, [w:] *XI ogólnopolskie forum odnawialnych źródeł energii: konferencja naukowo-techniczna: Warszawa 20–30 XI 2005*, red. J. Nowak, s. 46
- [3] Noga H., *Ekologia stanowiska komputerowego*, „Wychowanie Techniczne w Szkole” 1998, nr 5, s. 296–298
- [4] *Projekt Krajowego Planu Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych*, Warszawa 2010
- [5] Tomková V., Vargová M., *Mimoškolská technická záujmová činnosť*, [w:] *Technické vzdelávanie v informačnej spoločnosti*, Nitra 2004, s. 341–350

Technological and economic analysis of chosen solar technologies

Abstract

There are cost-effective climate conditions for acquisition of the solar energy in any part of Poland. It is necessary to adopt systems and equipment to individuality of the beneficiary, structure of energy requirements, and solar characteristics. Solar collectors have the best chances of getting the highest position in solar business in a short time period, but photovoltaic has immense chances to gain the first position in renewable energy sources' ranking in the long run.

Keywords: solar energy, ecology, RES

Stanisław Gumuła
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Krzysztof Pytel
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
Instytut Techniki
ul. Podchorążych 2
30-084 Kraków