

Aneta GŁUSZEK\*, Janusz MAGIERA\*\*

## Możliwości konwersji energii słonecznej do energii cieplej w warunkach polskich

**STRESZCZENIE.** W artykule omówiono rozwój polskiej energetyki słonecznej na przestrzeni ostatnich lat oraz jej stan aktualny. Przeanalizowano roczne korzyści ekonomiczne i ekologiczne z instalacji grzewczej zawierającej różne źródła ciepła, w tym kolektory słoneczne. Przedstawiono wyniki badań sprawność kolektorów płaskich z pokryciem selektywnym oraz próżniowych rurowych w warunkach rzeczywistych. Wskazano źródła dofinansowania dla budowy instalacji z kolektorami słonecznymi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** potencjał techniczny odnawialnych źródeł energii, kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, pompa ciepła, systemy zintegrowane

### Wprowadzenie

Kolektory słoneczne służą do konwersji energii promieniowania słonecznego na ciepło, które jest transportowane za pomocą czynnika solarnego do wymiennika – zasobnika ciepła. Ważnym elementem decydującym o efektywności działania kolektora słonecznego jest jego sprawność oraz intensywność nasłonecznienia. Na terenie Polski nasłonecznienie jest zbliżone do północnej Francji i Niemiec. Średnia gęstość strumienia energii zawiera się

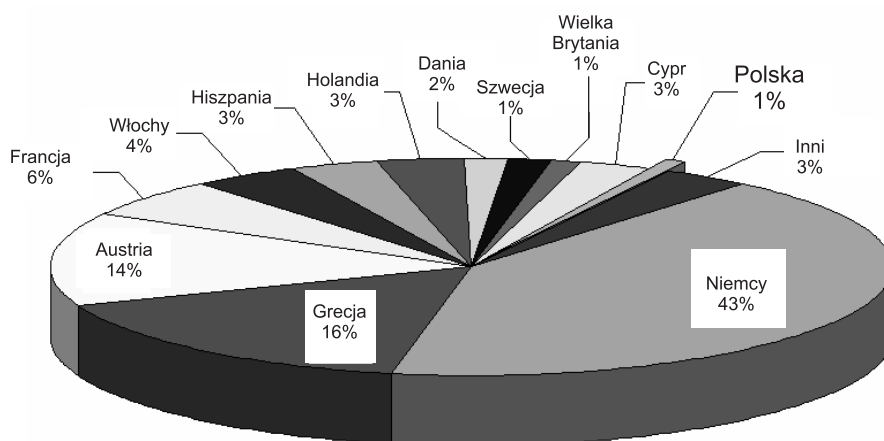
---

\* Dr inż., \*\* Prof. dr hab. inż. – Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesowej (C-3), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Kraków;  
e-mail: anetagluszek@wp.pl, magiera@chemia.pk.edu.pl

w przedziale od 600 do 800 W/m<sup>2</sup>. Przy założeniu, że w ciągu roku powierzchnia Polski jest naświetlana średnio przez 1500 godzin, odpowiada to 900–1200 kWh/m<sup>2</sup> energii padającej na powierzchnię płaską kolektora.

## 1. Kolektory słoneczne w Polsce na tle innych krajów Unii Europejskiej

W 2006 roku produkcja energii elektrycznej w Polsce wyniosła ogółem 160 848 GWh, w tym z odnawialnych źródeł energii – około 70 GWh, co stanowiło 0,04% w całkowitym bilansie energetycznym (Bojanowicz 2007). Według danych europejskiego centrum informacyjnego EurObserv'ER, całkowita powierzchnia kolektorów słonecznych zamontowanych w Polsce do końca 2006 r. wynosiła około 164 tys. m<sup>2</sup>, co odpowiadało 114,7 MW zainstalowanej mocy cieplnej lub 3,0 MW w przeliczeniu na 1000 mieszkańców (EurObserv'ER 2007). Wyniki badań przedstawione w maju 2008 r. na Forum Przemysłu Energetyki Słonecznej wskazują natomiast, że w 2007 r. ogólna powierzchnia zainstalowanych w Polsce kolektorów słonecznych sięgała około 235 tys. m<sup>2</sup>, co w przeliczeniu na moc cieplną daje 164,5 MW, tj. 4,3 MW/1000 mieszkańców. Polska znalazła się na 12 miejscu wśród krajów Unii Europejskiej (UE) pod względem zainstalowanych powierzchni kolektorów słonecznych. Na rysunku 1 przedstawiono procentowy bilans wielkości zamontowanych kolektorów słonecznych w roku 2006 w 25-krajach UE z wyszczególnieniem Polski. Z rysunku 1 widać, że istnieje duża dysproporcja pomiędzy Polską a krajami, w których rynek jest już rozwinięty, a warunki klimatyczne podobne, jak np. Niemcy.

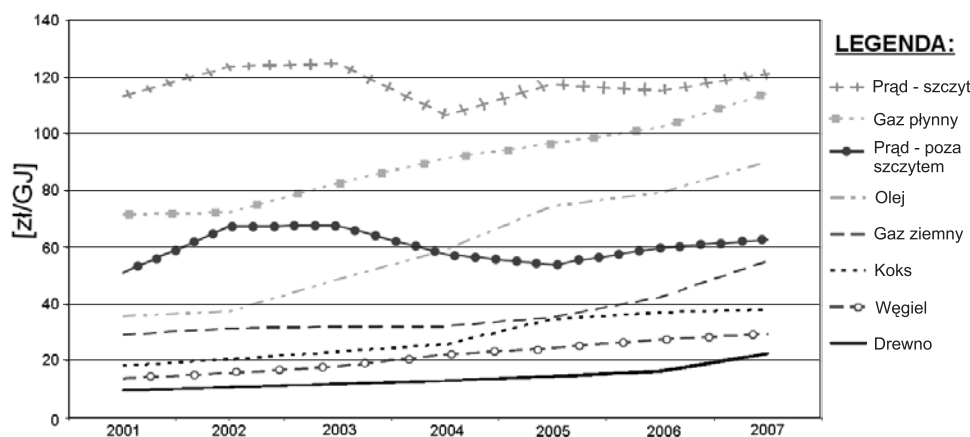


Rys. 1. Procentowa wielkość zamontowanych kolektorów słonecznych w 25-krajach UE w roku 2006 (EurObserv'ER 2007)

Fig. 1. Proportional size of thermal solar collectors installed in the European Union in 2006 (EurObserv'ER 2007)

Zgodnie ze scenariuszem rozwoju technologii odnawialnych źródeł energii (Ministerstwo Środowiska 2001), przy założeniu 7,5% ich udziału w bilansie energetycznym Kraju oraz wysokości niezbędnych dopłat ze środków publicznych, przewiduje się, że do 2010 roku ilość zainstalowanych słonecznych cieczowych kolektorów w Polsce będzie odpowiadać mocy 700 MW, co łącznie z już istniejącymi pozwoli na uzyskanie 0,9% udziału w całkowitym bilansie energetycznym. W tym samym czasie przewiduje się zainstalowanie systemów fotowoltaicznych o mocy około 2 MW.

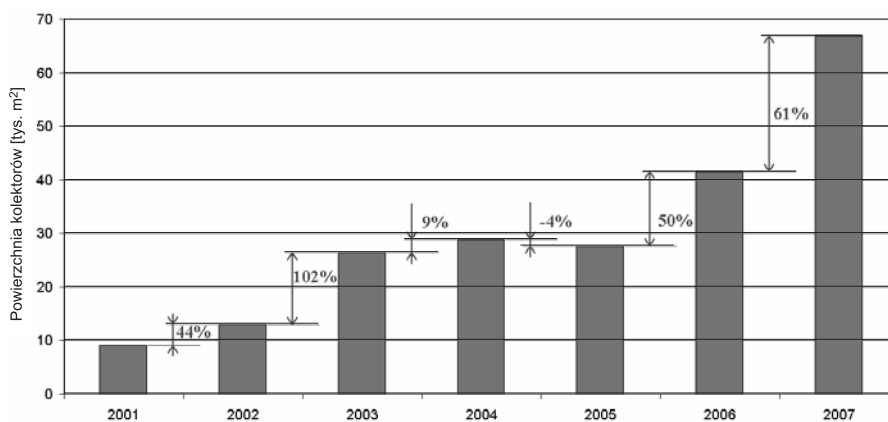
Rozwiązania bazujące na wykorzystaniu energii słonecznej cieszą się dużym zainteresowaniem wśród właścicieli hoteli, moteli, domów wczasowych, a także właścicieli domów mieszkalnych, ze względu na możliwości zmniejszenia kosztów wytwarzania ciepłej wody użytkowej (CWU). Ciągłe jeszcze zbyt rzadko systemy słoneczne wspierają ogrzewanie pomieszczeń (CO). Opłacalność wykorzystania kolektorów słonecznych do produkcji ciepłej wody zależy od wielkości zapotrzebowania na CWU oraz od ceny energii. Przy dużym zapotrzebowaniu na CWU, a do tego przy ciągle wzrastającej cenie energii, czas zwrotu kosztów poniesionych na wykonanie instalacji kolektorów słonecznych będzie krótki. Według danych statystycznych w prywatnych gospodarstwach domowych w Polsce przeciętnie około 11,7% budżetu przypada na koszty energii. Można więc mówić o ubóstwie energetycznym (ang. *energy poverty*), gdyż wydatki na energię przekraczają 10% (Włodarski, Więcka 2008). Na rysunku 2 przedstawiono tempo wzrostu cen energii cieplnej w latach 2001–2007 wytworzonej przy wykorzystaniu różnych nośników energetycznych (Wach 2007).



Rys. 2. Zmiana cen energii cieplnej [zł/GJ] wytworzonej z wykorzystaniem różnych nośników energetycznych w latach 2001–2007 (Wach 2007)

Fig. 2. The change of the prices of the heat [zł/GJ] produced by using various energy sources in years 2001–2007 (Wach 2007)

Według szacunków, które obarczone są ciągle dużym błędem, na rynku polskim w 2007 r. zainstalowano kolektory słoneczne o łącznej powierzchni około 67 tys. m<sup>2</sup>, tj. o 61% więcej niż w roku 2006 (rys. 3). Szacuje się, że w 2006 r. rynek kolektorów słonecznych w 84,5% zdominowany był przez kolektory płaskie cieczowe. Niewielką część rynku, około 15,1%, stanowiły kolektory próżniowe, reszta – około 0,4% to kolektory nieoszlone, stosowane



Rys. 3. Sprzedaż kolektorów słonecznych w Polsce, w latach 2000–2007  
(Więcka, Kwasiborski 2008)

Fig. 3. Evolution of annually installed surfaces in Poland in 2001–2007  
(Więcka, Kwasiborski 2008 )

np. w systemach ogrzewania basenów (EurObserv'ER 2007). W roku 2007 również najlepiej sprzedawały się kolektory płaskie cieczowe, a ich udział w całkowitej sprzedaży wynosił 69%. Według danych Instytutu Energetyki Odnawialnej 39% wszystkich dostępnych w 2007 r. na terenie Polski typów kolektorów słonecznych pochodziło z importu (IEO 2007). Największą część stanowiły kolektory produkcji niemieckiej i austriackiej. Kolektory chińskie, zwłaszcza próżniowe, cieszyły się dużą popularnością ze względu na relatywnie niską cenę. Sumaryczna liczba firm oferujących na terenach Polski kolektory słoneczne producentów krajowych i zagranicznych w 2006 r. nie przekroczyła 40. Większość producentów krajowych zlokalizowana jest w Polsce południowej, w województwach: śląskim i małopolskim. W pozostałych regionach Polski przeważają dystrybutorzy i przedstawiciele firm zagranicznych.

Produkowane obecnie systemy solarne charakteryzują się wyższą jakością i sprawnością niż te z lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, a ich cena z roku na rok jest coraz atrakcyjniejsza, co wynika ze zwiększenia skali produkcji i automatyzacji wytwarzania. Sprawia to, że kolektory słoneczne zaczynają być coraz bardziej opłacalne, a to wpływa na ich upowszechnianie.

## 2. Wyniki badań własnych instalacji z kolektorami słonecznymi

W Instytucie Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Krakowskiej od kilku lat prowadzone są badania efektywności pracy kolektorów słonecznych oraz wykonywane są projekty i badania instalacji zintegrowanych, czyli takich, które wykorzystują różne źródła

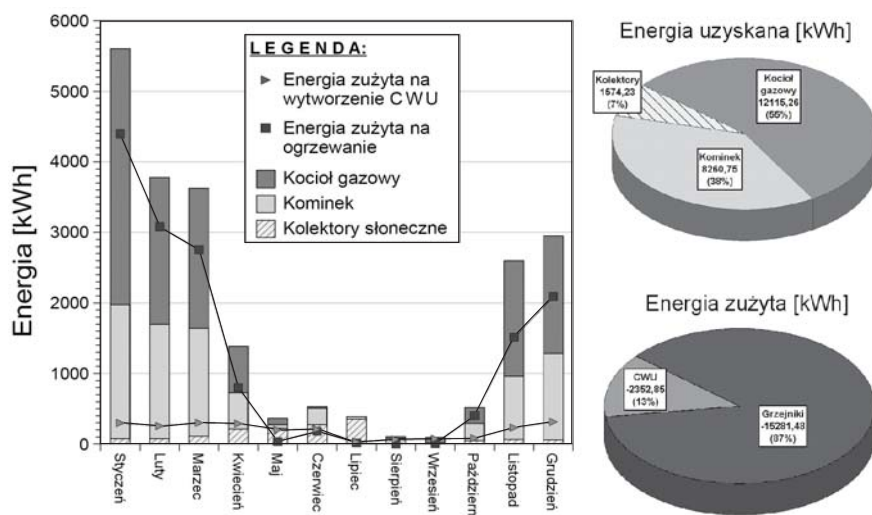
energii (Magiera 2004). Przykładem może być instalacja grzewcza pracująca w domu jednorodzinnym koło Krakowa. W jej skład wchodzi: 4 płaskie cieczowe kolektory słoneczne z pokryciem selektywnym o powierzchni absorpcyjnej 1,83 m<sup>2</sup>, kominek z płaszczem wodnym opalany drewnem o mocy 24 kW, kondensacyjny kocioł gazowy o mocy maksymalnej 18 kW i panele fotowoltaiczne.

Instalacja została tak oprzyrządowana, że pozwala na ciągły bezobsługowy pomiar temperatur, natężeń przepływów, strumieni ciepła oraz na obliczenie energii wytworzonej lub odebranej przez dane źródło.

Wszystkie źródła ciepła oddają energię do zasobnika o pojemności 1 m<sup>3</sup> zaopatrzonego w dwie węzownice. W jednej z nich jest przygotowywana CWU, druga oddaje ciepło dostarczone przez kolektory słoneczne. Instalacja jest sterowana automatycznie. Gdy temperatura w zasobniku spadnie poniżej minimalnej żądanej w programie wartości, układ wspomaga swoją pracę energią generowaną z kotła gazowego. Kolektory słoneczne zasilają dolne warstwy zasobnika, co pozwala na maksymalne wykorzystanie energii słonecznej nawet w okresach mniejszego nasłonecznienia. Kominek opalany drewnem, wyposażony w płaszcz wodny, podłączony jest bezpośrednio do instalacji i oddaje energię generowaną podczas spalania do zasobnika. Energia ta jest wykorzystana zarówno do wytworzenia CWU jak i do CO.

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy roczny bilans energii dla badanego obiektu z wyszczególnieniem jej źródeł i odbiorników.

Całkowita energia wyprodukowana w 2006 r. wynosiła 21950,24 kWh, z czego 45% pochodziło z odnawialnych źródeł energii. Energia uzyskana z kolektorów słonecznych pokryła roczne zapotrzebowanie na energię w 7%. Najwięcej energii wyprodukowano ze słońca w lipcu, uzyskując 353,64 kWh, co stanowiło około 90% całkowitej wytworzonej energii w tym miesiącu. W ciągu roku zanotowano 87 dni w których nie wyprodukowano



Rys. 4. Produkcja i zużycie energii dla badanego obiektu w 2006

Fig. 4. Energy production and consumption for the studied object in 2006

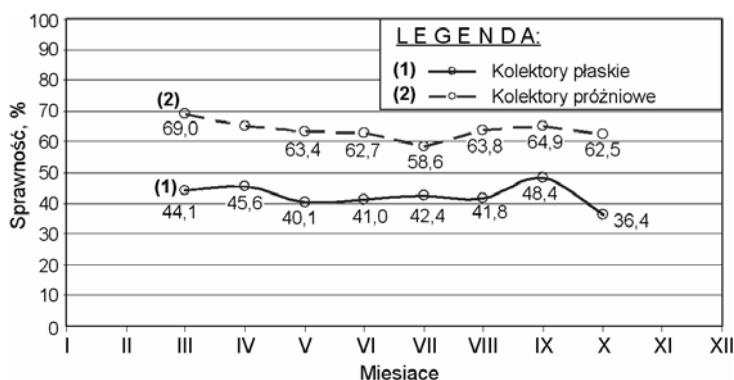
energii cieplnej z kolektorów, oraz 151 dni w których całość pozyskanej energii pochodziła ze słońca. W okresie letnim woda użytkowa przygotowywana była głównie dzięki ciepłu niesionemu z kolektorów słonecznych.

Produkcja energii z kominka stanowiła 37,6% całkowitej energii wygenerowanej w 2006 r. W okresie zimowym kominek nie dostarczył w żadnym miesiącu więcej energii niż kocioł gazowy. W ciągu roku były tylko 4 dni dla których całkowita ilość wyprodukowanej energii pochodziła ze spalania drewna w kominku. Największy udział energii pozyskanej z kominka zanotowano w październiku (46,52%) i czerwcu (44,1%). Dla badanego obiektu produkcja energii ze spalania drewna zależy od preferencji mieszkańców.

Całkowity koszt wytworzenia energii cieplnej w 2006 r. wynosił 3201,22 zł. Wykorzystanie do produkcji ciepła odnawialnych źródeł energii pozwoliło na uzyskanie oszczędności rzędu 28%. Instalacja grzewcza wyemitowała w ciągu roku około 2326 kg ditlenku węgla. Emisja ta byłaby prawie 2-krotnie większa gdyby źródłem ciepła był wyłącznie kocioł gazowy.

### 3. Sprawność kolektorów słonecznych w warunkach rzeczywistych

Efektywność pracy kolektorów słonecznych określa się najczęściej metodą badań w warunkach laboratoryjnych, przy zastosowaniu imitatorów promieniowania słonecznego, które dają niezmienny w czasie strumień energii padającej na powierzchnię kolektora. Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesowej wykonuje badania w warunkach rzeczywistych (Magiera, Juda 2004). Na rysunku 5 przedstawiono uzyskane w Instytucie sprawności dwóch różnych typów kolektorów: płaskich z pokryciem selektywnym o powierzchni absorpcyjnej 3,72 m<sup>2</sup> oraz próżniowych rurowych o powierzchni 3,0 m<sup>2</sup>.



Rys. 5. Średnie wartości sprawności w poszczególnych miesiącach 2003 r. (Magiera, Juda 2004)

Fig. 5. Average of efficiency in individual months in 2003 (Magiera, Juda 2004)

Najwyższe rejestrowane chwilowe sprawności przekraczały 80%. Na podstawie wyników wieloletnich badań można stwierdzić, że średniomiesięczne sprawności kolektorów płaskich zawierają się w granicach 40–50%, a próżniowych są nieco większe do 60%.

#### 4. Aktualne możliwości finansowania instalacji z kolektorami słonecznymi w Polsce

Wielkość potencjału technicznego odnawialnych źródeł energii w Polsce, zgodnie z ekspertyzą Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej (EC BREC 2000), wynosi około 2,5 tys. PJ/rok. Potencjał techniczny wykorzystania energii promieniowania słonecznego, szacowany jest na około 1,34 tys. PJ/rok, ale jego wykorzystanie ze względu na niską gęstość promieniowania słonecznego oraz nierówny rozkład w cyklu rocznym jest utrudnione. Wykorzystanie tego potencjału jest jednak możliwe dzięki stworzeniu odpowiednich warunków sprzyjających lepszemu wykorzystaniu alternatywnych źródeł energii, m.in. przez zwiększenie nakładów finansowych na badania i rozwój nowych technologii oraz wprowadzenie systemu dofinansowania przedsięwzięć z zakresu odnawialnych źródeł energii. Przykładem mogą być długofalowe programy Unii Europejskiej, jak Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (POIiŚ), Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW) oraz Regionalne Programy Operacyjne (RPO) – w ramach których można realizować inwestycje związane z wykorzystaniem odnawialnych i niekonwencjonalnych źródeł energii. W programie POIiŚ pomoc w wysokości 1 762,31 mln euro przeznaczona jest na działania zmierzające do wzrostu produkcji energii elektrycznej i ciepłej ze źródeł odnawialnych, w tym na instalacje pomp ciepła i kolektorów słonecznych (MRR 2007a), ale o te środki mogą ubiegać się tylko duże projekty, powyżej 5 mln euro. W programie PROW spośród czterech priorytetowych „osi”, czyli kierunków wsparcia obszarów wiejskich, w dwóch można wskazać ścieżki pozwalające na dofinansowanie rozwoju produkcji energii odnawialnej, w tym energii ze słońca. W „osi 1” są to działania: *ułatwienie startu młodym rolnikom* i *modernizacja gospodarstw rolnych*, oraz w „osi 3” działanie: *podstawowe usługi dla gospodarki ludności wiejskiej* (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2007). Planowane środki finansowe na realizację RPO w latach 2007–2013 wynoszą 23 310,2 mln euro (MRR 2007b). Na liście priorytetów dla RPO znajdują się: środowisko oraz inwestycje energetyczne, ale rodzaj i szczegółowe wytyczne dotyczące inwestycji, na które można uzyskać dotacje, określone zostały osobno w Programach Operacyjnych wszystkich 16 województw, opracowanych przez samorządy wojewódzkie. Wsparcie finansowe inwestycji w kolektory słoneczne można uzyskać także z takich instytucji jak: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Fundacja EkoFundusz czy Fundusz Termomodernizacji. Banki również oferują kredyty preferencyjne na przedsięwzięcia, które służą

ochronie środowiska. W celu efektywnego rozwoju energetyki słonecznej w Polsce, oprócz finansowego wsparcia prowadzone są również lokalne programy i kampanie promocyjne (Włodarski, Więcka 2008), które mogą być dotowane np. z programu Komisji Europejskiej – Inteligentna Energia dla Europy (IEE). Przykładem może być zakończony w kwietniu 2008 r. projekt SOLCAMP, którego celem było spowodowanie istotnego przyrostu instalacji słonecznych na campingach (Więcka 2007).

## Podsumowanie

Sprawność instalacji z kolektorami słonecznymi do wytwarzania ciepłej wody użytkowej w warunkach Krakowa można ocenić na 40–50% dla kolektorów płaskich i 50–60% dla kolektorów próżniowych.

W warunkach polskich nie jest możliwe całkowite zabezpieczenie energii do wytwarzania ciepłej wody użytkowej dla domów mieszkalnych z kolektorów słonecznych, ale prawidłowo zaprojektowana i wykonana instalacja pozwoli uzyskać co najmniej 50% w skali roku ciepłej wody użytkowej bezpośrednio z energii słonecznej.

Silny w ostatnich latach wzrost cen konwencjonalnych nośników energii spowodował znaczny wzrost zainteresowania pozyskiwaniem energii cieplnej dla wytwarzania ciepłej wody użytkowej i wspomagania ogrzewania budynków z wykorzystaniem kolektorów słonecznych. Pojawiające się pierwsze formy dopłat do takich inwestycji, również dla osób fizycznych, intensyfikują to zainteresowanie.

Prowadzone badania wskazują na atrakcyjność instalacji zintegrowanych, zawierających w sobie kolektory słoneczne, kocioł na biomasę oraz kocioł gazowy lub pompę ciepła. Instalacje takie służą zarówno do pozyskania ciepłej wody użytkowej, jak i wspomagania ogrzewania budynków.

## Literatura

- BOJANOWICZ J., 2007 – Czysta, zielona energia. Fakty – Magazyn gospodarczy nr 3 (27), <http://www.magazynfakty.pl/> (strona dostępna w dniu 31.10.2008).
- EC BREC, 2000 – Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce, <http://www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/> (strona dostępna w dniu 28.07.2008).
- EurObserv'ER, 2007 – Solar Thermal Barometr, <http://www.energies-renouvelables.org/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- IEO, 2007 – Ocena stanu i perspektyw produkcji krajowej urządzeń dla energetyki odnawialnej, <http://www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- MAGIERA J., 2004 – Heat Pump of Solar Collectors and Air Heat Pump Under Real Conditions. Polish Journal of Environmental Studies vol. III, p. 118–121.
- MAGIERA J., JUDA T., 2004 – Badanie sprawności kolektorów słonecznych w warunkach rzeczywistych. Inżynieria Chemiczna i Procesowa nr 25, p. 1279–1284.



- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2007 – Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013, <http://www.minrol.gov.pl/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- Ministerstwo Środowiska, 2001 – Strategia rozwoju energetyki odnawialnej, [http://mos.gov.pl/2materialy\\_informacyjne/raporty\\_opracowania/](http://mos.gov.pl/2materialy_informacyjne/raporty_opracowania/) (strona dostępna w dniu 28.07.2008).
- MRR, 2007a – Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko, <http://www.mrr.gov.pl/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- MRR, 2007b – Regionalne Programy Operacyjne 2007–2013, <http://www.mrr.gov.pl/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- WACH E., 2007 – Ekonomiczne aspekty wytwarzania ciepła i energii elektrycznej z biomasy. Bałtycka Agencja Poszanowania. Energii S.A., <http://www.czystaenergia.pl/pdf/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- WIĘCKA A., 2007 – Poradnik wykorzystania energii słonecznej dla właścicieli campingów. Instytut Energetyki Odnawialnej, <http://www.ieo.pl/solcamp/downloads/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- WIĘCKA A., KWASIBORSKI M., 2008 – Polski rynek kolektorów słonecznych w 2007 r. Instytut Energetyki Odnawialnej, <http://www.ieo.pl/newsletter/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).
- WŁODARSKI M., WIĘCKA A., 2008 – Lokalne programy i kampanie na rzecz wsparcia rozwoju energetyki słonecznej. Czysta energia nr 5, <http://www.ieo.pl/> (strona dostępna w dniu 01.08.2008).

Aneta GŁUSZEK, Janusz MAGIERA

## The possibilities of the conversion of solar energy to thermal energy in Polish conditions

### Abstract

The development of the Polish solar power industry over the recent years and its present state was discussed. One-year-old economic and ecological advantages from heating installation, including the various heat sources in this solar collectors, were analysed. The results of investigations of the efficiency of flat collectors with the selective covering and vacuum tubular in real conditions were introduced. The sources of refinancing for the building of the installation with solar collectors were showed.

**KEY WORDS:** technical potential of renewable energy sources, thermal solar collectors, photovoltaic solar panel, heat pumps, integrated systems

