

Maciej Wesółowski
Katedra Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Warmińsko–Mazurski

WPLYW LOKALNYCH WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH NA SPRAWNOŚĆ PŁASKICH KOLEKTORÓW CIECZOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań empirycznych dotyczących wpływu lokalnych warunków atmosferycznych (prędkości wiatru, całkowitej energii napromieniowanej oraz różnicy temperatur absorbera i powietrza zewnętrznego) na sprawność płaskich kolektorów cieczowych. Przeanalizowano dane pomiarowe z okresu jednego roku metodą liniowej, wielozmiennowej analizy regresji. Ustalono w ten sposób, że zmiany analizowanych trzech charakterystyk warunków atmosferycznych są odpowiedzialne za około 50–60 % zmienności sprawności badanego procesu. Wpływ natężenia promieniowania słonecznego był trzykrotnie większy niż wpływ różnicy temperatur. Wielkość negatywnego wpływu różnicy temperatur dwukrotnie (bądź w niektórych miesiącach trzykrotnie) przewyższała wielkość negatywnego wpływu prędkości wiatru.

Słowa kluczowe: płaski kolektor cieczowy, sprawność, fototermiczna konwersja energii

Oznaczenia:

- ETA – średnia sprawność godzinowa wyznaczana jako stosunek średniej godzinowej energii cieplnej uzyskanej (wyznaczonej z krokiem minutowym wykorzystując mierzony przepływ oraz różnicę temperatur na wlocie i wylocie z kolektorów) do sumy godzinowej całkowitej energii napromieniowanej EPS.
- EPS – całkowita energia promieniowania słonecznego napromieniowana w ciągu godziny na jednostkową powierzchnię zorientowaną na południe i nachyloną pod kątem 45° do powierzchni płaskiej mierzona pyranometrem i wyrażona w kWh/m^2 ,
- W – średnia godzinowa prędkość wiatru mierzona wiatromierzem zainstalowanym na instalacji słonecznej wyrażona w m/s,

Delta T – średnia godzinowa różnica temperatur pomiędzy cieczą w kolektorach a powietrzem atmosferycznym,

Beta – standaryzowany współczynnik regresji dla poszczególnych zmiennych objaśniających,

r^2 – współczynnik determinacji określający wielkość wariancji zmiennej objaśnianej, która daje się przewidzieć na podstawie wszystkich zmiennych objaśniających wprowadzonych do modelu.

Badania sprawności kolektorów słonecznych w Polsce

Istnieją dość znaczne rozbieżności danych empirycznych określających sprawność płaskich cieczowych kolektorów słonecznych w polskich warunkach klimatycznych i warunkach zbliżonych do nich. Przykładowo, Chochowski, Czekalski i Pabis [1996] w pracach prowadzonych na SGGW w Warszawie uzyskali średnie sprawności 17,8 - 20,8% (obliczone jako stosunek oszczędności w zużyciu energii elektrycznej przez bojler do ilości energii słonecznej padającej na kolektory). Ze wstępnych badań Gumkowskiego [1989] zrealizowanych w IMP w Gdańsku wynika, że chwilowe sprawności kolektora mogą wahać się pomiędzy 28 - 61%. Sprawność stanowił tutaj stosunek ilości ciepła odebranego przez wodę przepływającą przez kolektor w krótkim odcinku dnia do ilości energii napromieniowanej na powierzchnię nachyloną. Jaracz [1990] podaje wartość 33% jako stosunek ilości ciepła zmagazynowanego w zbiorniku do ilości energii napromieniowanej na powierzchnię nachyloną w godzinach od 9:00 do 14:00. Kavovelis [1996] w Kownie odnotował średnie sprawności wynoszące 27% i 36% (rozumiane jako stosunek ilości energii zgromadzonej w ciepłej wodzie do ilości promieniowania na płaszczyznę poziomą w godzinach od 7:00 do 15:00). Najwyższe wartości sprawności przytacza Kaiser [1995]. Prowadząc badania na AGH w Krakowie uzyskał on maksymalne godzinowe sprawności rzędu 75 - 80%. Sprawność oznaczała w tych badaniach ilość energii promieniowania słonecznego przekazaną przez kolektor do akumulatora ciepła w środkowych godzinach dnia.

Przedmiot i metoda badań własnych

Cytowane powyżej badania prowadzone były w miejscach różniących się wielkościami zasobów helioenergetycznych nie więcej niż o 10% [Gogół 1993]. Analiza tych prac wskazuje, że jedną z przyczyn rozbieżności, oprócz różnic w definiowaniu sprawności i odmienności konstrukcyjnych płaskich kolektorów cieczowych, jest sposób izolacji kolektorów od wpływów atmosferycznych. Wpływ lokalnych warunków atmosferycznych na sprawność kolektorów rzadko analizowano szczegółowo. Zagadnienie to stało się przedmiotem empirycznych badań własnych. Analizie statystycznej poddano dane pomiarowe z okresu jednego roku uzyskane z

instalacji trzech płaskich cieczowych kolektorów o łącznej powierzchni absorberów wynoszącej 5,46 m², zlokalizowanej w Powiatowym Centrum Kształcenia Praktycznego w Bielawie (woj. Dolnośląskie). Dokonanie pomiarów możliwe było dzięki zastosowanemu systemowi monitoringu umożliwiającemu archiwizację danych pomiarowych z rezystancyjnych czujników temperatury cieczy umieszczonych w różnych miejscach instalacji, przepływomierza, wiatromierza i pyranometru (czujnika natężenia promieniowania słonecznego).

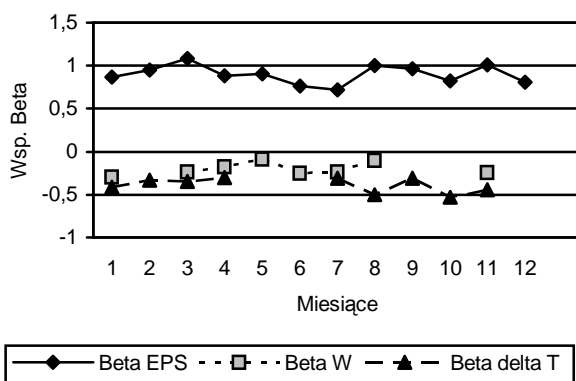
W celu określenia wielkości wpływu prędkości wiatru, całkowitej energii napromieniowanej oraz różnicy temperatur pomiędzy cieczą w absorberze a powietrzem atmosferycznym na sprawność procesu fototermicznej konwersji energii, przeprowadzono analizę regresji wielozmiennowej liniowej posługując się pakietem statystycznym SPSS. Wielozmiennowa odmiana analizy regresji pozwala badać wpływ jednocześnie kilku zmiennych niezależnych na interesujące nas zjawiska. Sprawność godzinowa (ETA) była zmienną objaśnianą, zaś godzinową energię napromieniowaną (EPS), różnicę temperatur pomiędzy cieczą w absorberze a powietrzem atmosferycznym (delta T) oraz średnią godzinową prędkość wiatru (W) wprowadzono do modelu jako zmienne objaśniające. Różnica temperatur pomiędzy cieczą w absorberze a powietrzem atmosferycznym odnosi się zarówno do wpływu warunków atmosferycznych jak i stopnia jego schłodzenia. W wyniku analizy regresji uzyskuje się wartość współczynnika determinacji (r^2) określającą wielkość wariancji zmiennej objaśnianej, która daje się przewidzieć na podstawie wszystkich zmiennych objaśniających wprowadzonych do modelu oraz wartości standaryzowane współczynników regresji (Beta) dla poszczególnych zmiennych objaśniających.

Wartości standaryzowane współczynników regresji (Beta) wskazują o ile zmieni się wartość zmiennej objaśnianej (sprawności) na skutek standaryzowanej zmiany danej zmiennej objaśniającej, czyli przy zmianie zmiennej objaśniającej o jedno jej odchylenie standardowe. Porównanie wartości standaryzowanych współczynników regresji (Beta) pozwala określić, która ze zmiennych objaśniających wywierała największy wpływ na sprawność procesu. Mówiąc innymi słowami wartość (r^2) informuje o tym, w jakim stopniu wszystkie zmienne objaśniające (ujmowane łącznie) wprowadzone do równania regresji odzwierciedlają dane uzyskane w sposób empiryczny. Natomiast wartości (Beta) odnoszą się do wielkości wpływu netto pojedynczych zmiennych.

Wpływ czynników atmosferycznych na sprawność kolektorów w świetle własnych badań empirycznych

Wyniki analizy regresji obliczone na podstawie własnych danych empirycznych przedstawia rysunek 1. Uzyskane wartości współczynnika determinacji (r^2) w po-

szczególnych miesiącach zawierały się w przedziale od 0,44 do 0,81, osiągając najczęściej wartości rzędu 0,5 - 0,6. Można te wielkości interpretować następująco: zmiany trzech charakterystyk warunków atmosferycznych wprowadzonych do modelu są odpowiedzialne za około 50 - 60% zmienności sprawności badanego procesu. Największy pozytywny wpływ wywierało natężenie promieniowania słonecznego. Wpływ negatywny na sprawność wywierały różnica temperatur i prędkość wiatru. Porównując wielkości bezwzględne (Beta), odpowiadające analizowanym predyktorom, można wnioskować o względnej wielkości tych wpływów. Wpływ natężenia promieniowania słonecznego na sprawność był trzykrotnie większy niż wpływ różnicy temperatur. Wielkość negatywnego wpływu różnicy temperatur dwukrotnie (bądź w niektórych miesiącach trzykrotnie) przewyższała wielkość negatywnego wpływu prędkości wiatru. Wpływ wiatru nasilał się w okresach zimowych.



Objaśnienie: Nieciągłości linii wykresu pojawiły się w miesiącach, w których analizowane zależności nie spełniły kryterium istotności statystycznej.

Rys. 1. Wartości standaryzowanych współczynników regresji (Beta) określających wpływ lokalnych warunków atmosferycznych na sprawność procesu fototermicznej konwersji energii

Fig. 1. Standardized regression coefficient values (Beta) describing influence of local atmospheric conditions on efficiency of energy conversion

Wnioski

Powyższe obserwacje pozwalają wysunąć następujące zalecenia co do lokalizacji i sposobu użytkowania płaskich kolektorów cieczowych mające na celu zwiększenie sprawności ich pracy.

1. Silny negatywny wpływ różnicy temperatur pomiędzy cieczą w absorberze a powietrzem atmosferycznym na sprawność można zmniejszyć poprzez zastosowanie niskotemperaturowych odbiorników ciepła, jak np. baseny kąpielowe lub instalacje wstępnego ogrzewania wody. Wysokotemperaturowe procesy podgrzewania wody (powyżej 60 °C) związane są z występowaniem wyższych temperatur cieczy w kolektorach, co wyraźnie zwiększa straty przy niższych temperaturach otoczenia bardzo często zdarzających się w polskich warunkach klimatycznych.
2. Negatywny wpływ prędkości wiatru na sprawność nakazuje taką lokalizację kolektora, aby przy zachowaniu optymalnej orientacji płaszczyzny kolektora względem promieniowania słonecznego, jednocześnie uwzględnić dominujący kierunek wiatru. Znajomość róży wiatrów na danym terenie pozwala określić położenie kolektora, w którym będzie on najsilniej chłodzony. Oba te kryteria powinny być wzięte pod uwagę przy wyborze miejsca montażu kolektora.
3. Pamiętać należy, że czynnik o najsilniejszym pozytywnym wpływie na sprawność (tzn. wielkość całkowitej energii promieniowania słonecznego) jest uzależniony od szeregu uwarunkowań: m.in. od położenia geograficznego, lokalnych rozkładów zachmurzenia, zanieczyszczenia i zapylenia powietrza, albedo podłoża i innych. Próba uwzględnienia tych uwarunkowań i uszeregowania obszarów Polskich pod względem wielkości ich zasobów helioenergetycznych dokonana przez Gogóła [1993] wskazuje, że najkorzystniejsze warunki występują w pasie nadmorskim oraz na obszarze podlasko - lubelskim. Najmniej korzystnych warunków eksploatacji kolektorów można się spodziewać w górnośląskim okręgu przemysłowym i okręgu warszawskim.

Autor składa podziękowania Panu Grzegorzowi Raganowiczowi - Dyrektorowi Powiatowego Centrum Kształcenia Praktycznego w Bielawie za udostępnienie instalacji badawczej oraz Panu Grzegorzowi Błachutowi za pomoc w gromadzeniu danych pomiarowych.

Bibliografia

Chochowski A., Pabis J. i Czekalski D. 1996. Cieczowe instalacje słoneczne dla indywidualnych gospodarstw rolnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, s. 100-110.

Gogół W. 1993. Konwersja termiczna promieniowania słonecznego w warunkach krajowych. *Ekspertyza*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s. 113.

Gumkowski S. 1989. Budowa wielofunkcyjnego kolektora słonecznego (cieczowo – powietrznego) oraz badania jego parametrów eksploatacyjnych. Maszynopis, Archiwum Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk, nr arch. 295.

Jaracz J. 1990. Budowa i badania pilotowej instalacji grzewczej wody użytkowej z zastosowaniem kolektorów słonecznych. Opracowanie Instytutu Nowych Technik i Technologii S.A. Gdańsk, s. 40.

Kaiser H. 1995. Wykorzystanie energii słonecznej. Wydawnictwo Akademii Górniczo- Hutniczej, Kraków, s.300.

Kavolelis B. 1996. Badania porównawcze kolektorów słonecznych do podgrzewania wody budowanych sposobem gospodarczym i produkowanych systemem przemysłowym. Problemy Inżynierii Rolniczej 4 , s. 87-97.

THE INFLUENCE OF LOCAL ATMOSPHERIC CONDITIONS ON THE EFFICIENCY OF LIQUID PLATE SOLAR COLLECTORS

Summary

The influence of intensity of solar radiation, wind velocity and the temperature difference between the liquid in the absorber and the atmospheric air on solar collectors efficiency was investigated. Statistical analysis of the one year data collected in Bielawa (Dolnośląskie District, Poland) using the method of multiple regression analysis were performed. The total influence of the three analyzed variables turned out to account for 50-60% of collector efficiency variance. The positive influence of intensity of solar radiation was three times higher than the negative influence of the temperature difference between the liquid in the absorber and the atmospheric air. The negative influence of the above mentioned temperature difference was twice (or in some periods even three times) as high as the negative influence of wind velocity. The impact of wind velocity was especially noticeable during winter.

Key words: plate solar collector, efficiency, photothermic energy conversion