

DOŚWIADCZALNE BADANIA PRZYDATNOŚCI POWIETRZNYCH KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA PROCESÓW SUSZARNICZYCH

dr inż. Jerzy Majewski / ENERGIA SA

1. WSTĘP

„Słońce jest ogromnym i praktycznie niewyczerpalnym źródłem energii. Natura dała ludzkości słońce, jak również obdarzyła ludzi rozumem, aby nauczyli się oni z takiego źródła energii korzystać” – to jest moje motto, które dobrze oddaje istotę wykorzystania energii słonecznej.

Słońce jest siłą sprawczą praktycznie wszystkich procesów zachodzących w przyrodzie. Dzięki energii słonecznej płyną rzeki, wieje wiatr i rosną rośliny na polach. Do bezpośredniego przetwarzania energii promieniowania słonecznego na użyteczne rodzaje energii służą ciepłe kolektory słoneczne oraz ogniwa fotowoltaiczne. W Polsce stosunkowo dynamicznie rozwija się sektor tzw. cieczowych kolektorów słonecznych, przeznaczonych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Wynika to z możliwości powszechnego zastosowania tych kolektorów w gospodarstwach domowych oraz budynkach użyteczności publicznej.

Zupełnie inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku kolektorów słonecznych do podgrzewania powietrza. Z posiadanych przez autora informacji wynika, że kolektory tego typu nie są w naszym kraju produkowane seryjnie, a istniejące urządzenia pochodzą bądź z tzw. prywatnego importu, bądź zostały samodzielnie wytworzone przez użytkowników.

Praktyka pokazuje, że powietrzne kolektory słoneczne mogą być efektywnym narzędziem do wspomagania energią ciepłą wszelkich procesów technologicznych, wymagających podgrzanego powietrza w okresie największej podaży promieniowania słonecznego, a więc w miesiącach maj – sierpień. Do takich procesów zaliczyć można suszenie płodów rolnych oraz biomasy.

Znikome rozpowszechnienie powietrznych kolektorów słonecznych w Polsce oraz stosunkowo duże obszary możliwych zastosowań skłoniły autora do skonstruowania prototypu takiego kolektora oraz przeprowadzenia badań umożliwiających określenie uzysku energetycznego.

2. DOSTĘPNOŚĆ ENERGII SŁONECZNEJ W POLSCE

Co prawda, Polska nie należy do krajów o najwyższej podaży promieniowania słonecznego, ale warunki nasłonecznienia mamy zbliżone do naszego sąsiada – Niemiec, europejskiego i światowego lidera w zakresie fotowoltaiki oraz ciepłych kolektorów słonecznych.

Dla energetyki słonecznej bardzo istotne są sumy roczne promieniowania całkowitego (wyrażone w kWh/m² w skali roku). Sumy roczne promieniowania całkowitego obrazują rzeczywistą ilość energii słonecznej docierającą do powierzchni Ziemi w skali roku, z uwzględnieniem przezroczystości atmosfery i zachmurzenia.

Streszczenie

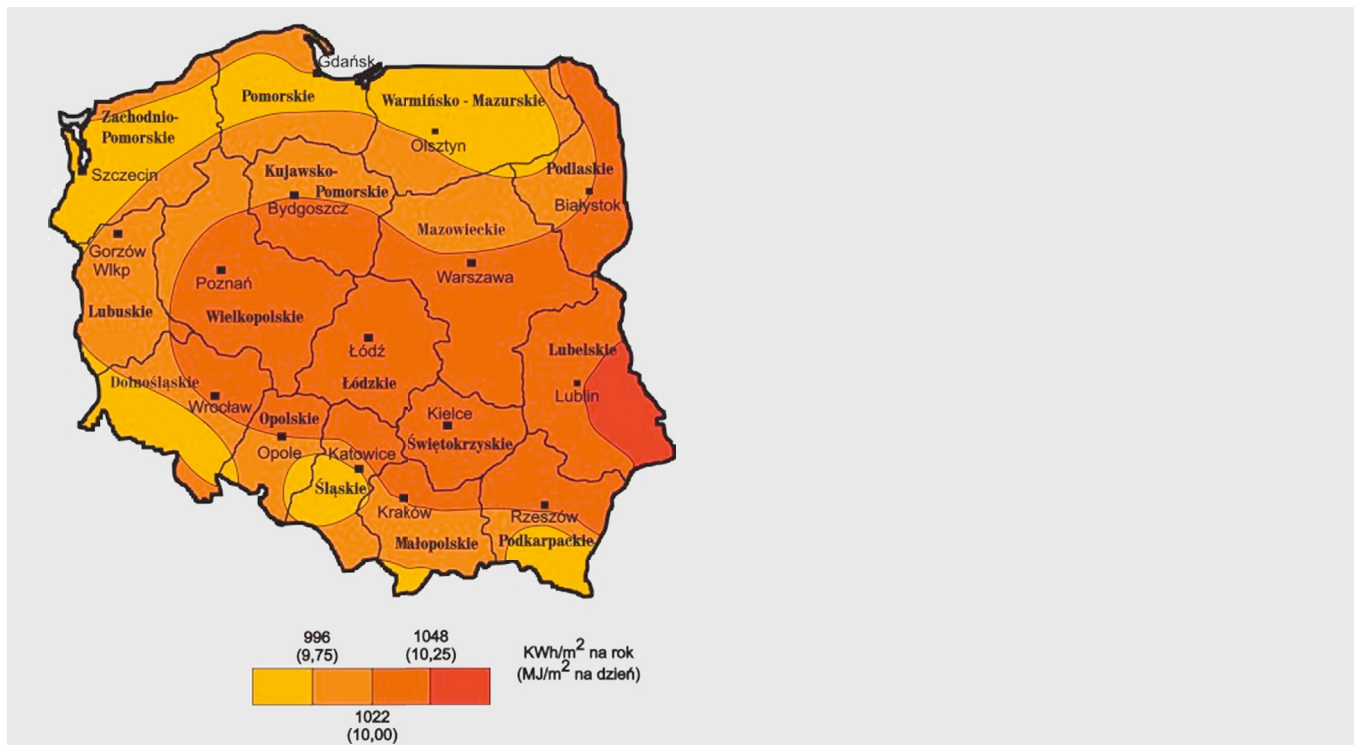
W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych, zmierzających do określenia wydajności i mocy innowacyjnych powietrznych kolektorów słonecznych konstrukcji autora.

Zaprezentowano budowę stanowiska doświadczalnego oraz metodologię prowadzenia badań. Doświadczenia prowadzono w różnych temperaturach powietrza zasilającego oraz różnych natężeniach przepływu, tak aby w miarę dokładnie odwzorować warunki, w jakich kolektor będzie eksploatowany w rzeczywistej instalacji suszarniczej.

Wyniki zaprezentowano w formie wykresów zależności mocy pojedynczego kolektora oraz baterii dwóch szeregowo połączonych kolektorów od zmieniających się parametrów przepływu i temperatury.

Na bazie zmierzonych parametrów wyznaczono drogą obliczeniową moc pojedynczego kolektora oraz sezonowy uzysk energetyczny baterii kolektorów w typowej instalacji suszarniczej.

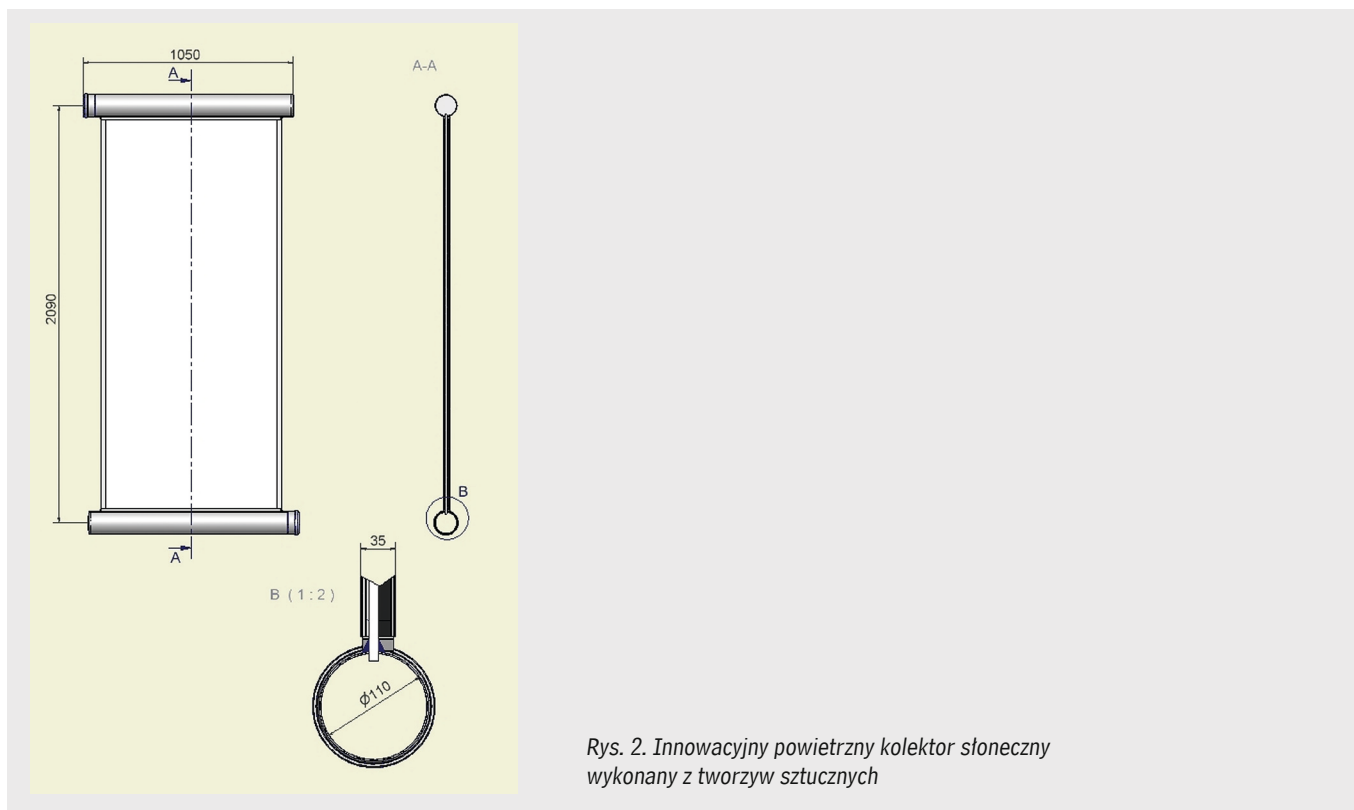
Na rys. 1 przedstawiono mapkę rocznego promieniowania całkowitego w Polsce. Wynika z niej, że dla obszaru Polski roczne promieniowanie całkowite wynosi ok. 1000 kWh/m² z odchyłką 10 proc.



Rys. 1. Mapa napromieniowania słonecznego w Polsce (źródło IMGW)

3. KONSTRUKCJA INNOWACYJNEGO POWIETRZNEGO KOLEKTORA SŁONECZNEGO

Innowacyjny powietrzny kolektor słoneczny wykonany jest w całości z tworzyw sztucznych. Jego budowę pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Innowacyjny powietrzny kolektor słoneczny wykonany z tworzyw sztucznych

Płyta absorbera wykonana jest z czarnej, komorowej płyty poliwęglanowej. Rozwiązanie takie zapewnia kontakt przepływającego powietrza z absorberem na praktycznie całej jego powierzchni, co przyczynia się do dużo bardziej efektywnej wymiany ciepła niż w kolektorach tradycyjnych, gdzie powierzchnia kontaktu jest niewielka.

Transparentne ocieplenie wierzchniej strony kolektora wykonane jest z przezroczystej komorowej płyty poliwęglanowej. Konstrukcja taka jest dużo lepsza niż tradycyjna szyba, ze względu na kilkakrotnie mniejszą masę i efektywniejszą izolację cieplną. Dolna strona absorbera ocieplona jest pianką polietylenową oraz folią aluminiową. Rury zbiorcze kolektora wykonane są z polichlorku winylu. Wszystkie elementy kolektora połączono za pomocą elastycznego kleju bazującego na technice SMP (polimer modyfikowany silanami).

4. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań było doświadczalne określenie wydajności (mocy) powietrznych kolektorów słonecznych konstrukcji autora w wersji ocieplonej, z rurami zbiorczymi o średnicach $\Phi 110$ i $\Phi 160$ mm.

W ramach badań dokonano pomiarów mocy pojedynczych kolektorów obu typów oraz zestawów składających się z dwóch kolektorów połączonych szeregowo.

Pomiary przeprowadzono dla różnych natężeń przepływu powietrza oraz różnych temperatur powietrza zasilającego, tak aby w miarę dokładnie odwzorować warunki, w jakich będzie pracował kolektor w procesach suszarniczych.

5. BUDOWA STANOWISKA BADAWCZEGO

Stanowisko składa się z:

- dmuchawy promieniowej napędzanej silnikiem prądu trójfazowego
- falownika służącego do płynnej regulacji prędkości obrotowej silnika, a co za tym idzie masowego natężenia przepływu powietrza zasilającego badany kolektor
- rurociągu łączącego dmuchawę z badanym kolektorem
- zwężki do pomiaru natężenia przepływu powietrza umieszczonej na rurociągu zasilającym
- elektronicznego miernika prędkości przepływu powietrza Testo 435
- układu do podgrzewania powietrza dolotowego, wyposażonego w dwie grzałki elektryczne (2 x 1,2 kW)
- punktów pomiaru temperatur powietrza dolotowego i wylotowego. W punktach tych umieszczone są rezystancyjne czujniki temperatury PT-100 umożliwiające pomiar temperatury z dokładnością do 0,1 st. C
- badanego kolektora powietrznego (zestawu kolektorów)
- symulatora promieniowania słonecznego, umożliwiającego naświetlanie jednego badanego kolektora strumieniem świetlnym o natężeniu promieniowania do 1,5 kW/m², natomiast zestawu dwóch kolektorów strumieniem o natężeniu do 1,0 kW/m²
- piranometru (przrządu do pomiaru natężenia promieniowania świetlnego).



Fot. 1. Symulator promieniowania słonecznego



Fot. 2. Piranometr do pomiaru natężenia promieniowania

6. SPOSÓB PRZEPROWADZANIA POMIARÓW

Wszystkie pomiary były realizowane przy natężeniu promieniowania ok. 1000 W/m^2 .

W trakcie pomiaru rejestrowane są jednocześnie:

- prędkość przepływu powietrza w rurach zbiorczych kolektora (na tej podstawie oblicza się objętościowe i masowe natężenie przepływu powietrza)
- temperatury powietrza zasilającego i opuszczającego badany kolektor.

Badania prowadzono dla różnych temperatur powietrza zasilającego w zakresie od temperatury otoczenia (ok. 20 st. C) do ok. 60 st. C.

W trakcie pomiarów zmieniano również natężenie przepływu powietrza w zakresie od $0,014 \text{ m}^3/\text{s}$ do maksymalnej wartości, jaką można było uzyskać ze względu na wydajność dmuchawy przy konkretnym obciążeniu układu pojedynczym kolektorem lub baterią kolektorów.

Na podstawie zmierzonych wielkości wyznaczana jest na drodze obliczeniowej moc badanego kolektora (baterii kolektorów).

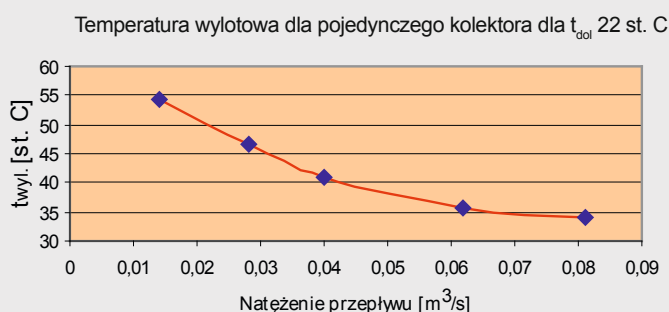
7. POMIARY DLA POJEDYNCZEGO ORAZ DWÓCH POŁĄCZONYCH SZEREGOWO KOLEKTORÓW Z RURAMI ZBIORCZYMI O ŚREDNICY 110 MM



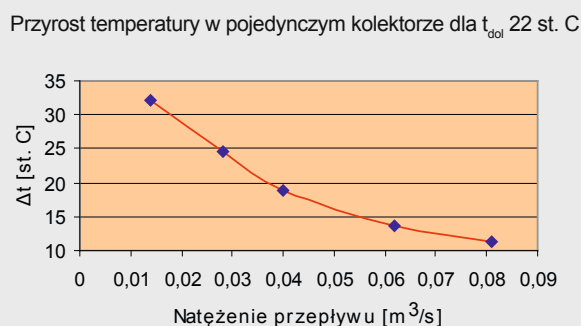
Fot. 3. Dwa szeregowo połączone kolektory z rurami o średnicy 110 mm

W celu określenia wpływu natężenia przepływu powietrza na moc kolektora przeprowadzono pomiary dla natężenia przepływu zmieniającego się w zakresie od $0,014 \text{ m}^3/\text{s}$ do $0,081 \text{ m}^3/\text{s}$. Powietrze zasilające miało w tym przypadku stałą temperaturę wynoszącą ok. 22 st. C .

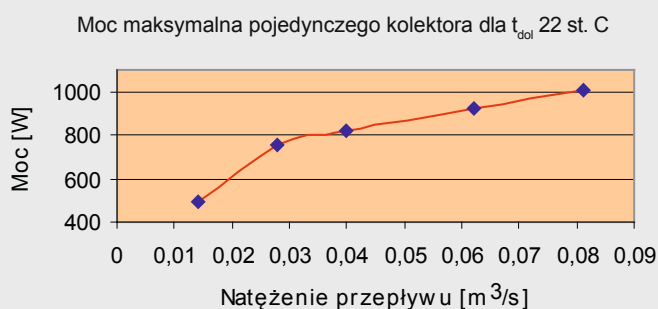
Wyniki przedstawiono na poniższych wykresach.



Rys. 3. Wykres zależności temperatury wylotowej od natężenia przepływu powietrza



Rys. 4. Wykres zależności przyrostu temperatury powietrza w kolektorze od natężenia przepływu powietrza

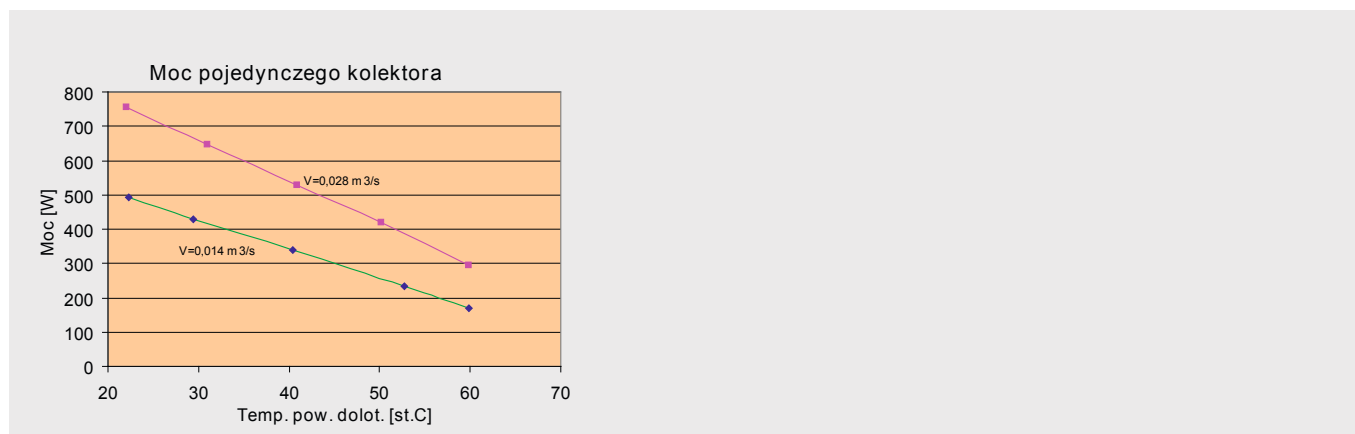


Rys. 5. Wykres zależności mocy maksymalnej kolektora od natężenia przepływu powietrza

Przeprowadzono również badania mające na celu określenie wpływu temperatury powietrza zasilającego na moc (wydajność) kolektora.

Pomiary zrealizowano dla temperatur powietrza zasilającego od ok. 20 st. C do ok. 60 st. C oraz dwóch wartości natężenia przepływu: 0,014 m³/s i 0,028 m³/s.

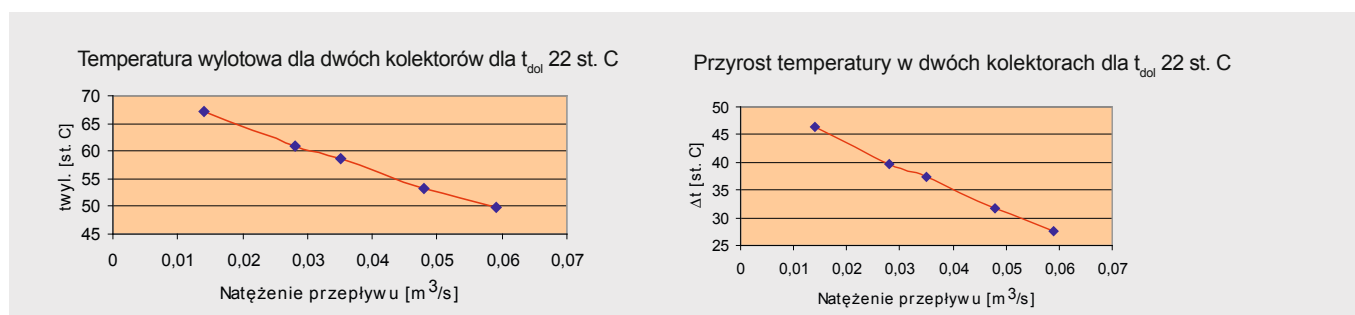
Wyniki przedstawiono na poniższych wykresach.



Rys. 6. Wykres zależności mocy kolektora od temperatury powietrza zasilającego

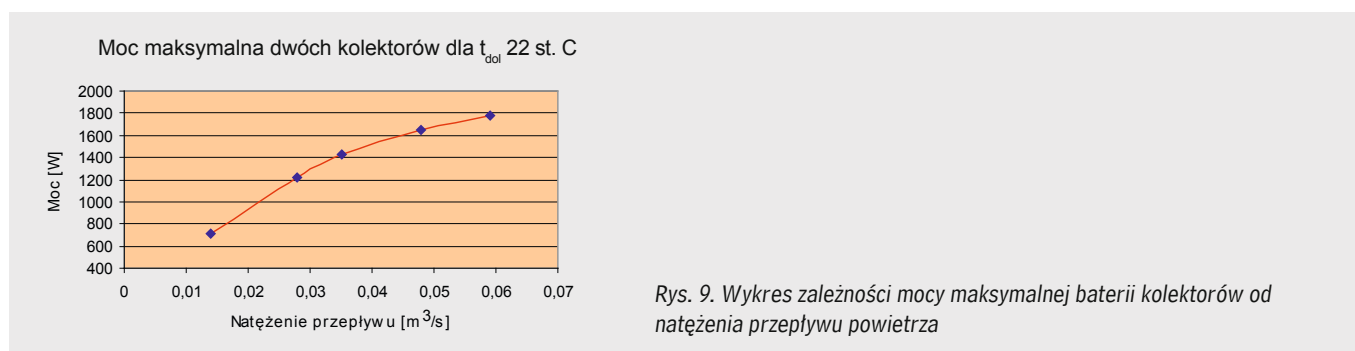
W celu określenia wpływu natężenia przepływu powietrza na moc baterii dwóch szeregowo połączonych kolektorów przeprowadzono pomiary dla natężenia przepływu zmieniającego się w zakresie od 0,014 m³/s do 0,059 m³/s. Powietrze zasilające miało w tym przypadku stałą temperaturę wynoszącą ok. 22 st. C.

Wyniki przedstawiono na poniższych wykresach.



Rys. 7. Wykres zależności temperatury wylotowej od natężenia przepływu powietrza

Rys. 8. Wykres zależności przyrostu temperatury powietrza w baterii kolektorów od natężenia przepływu powietrza

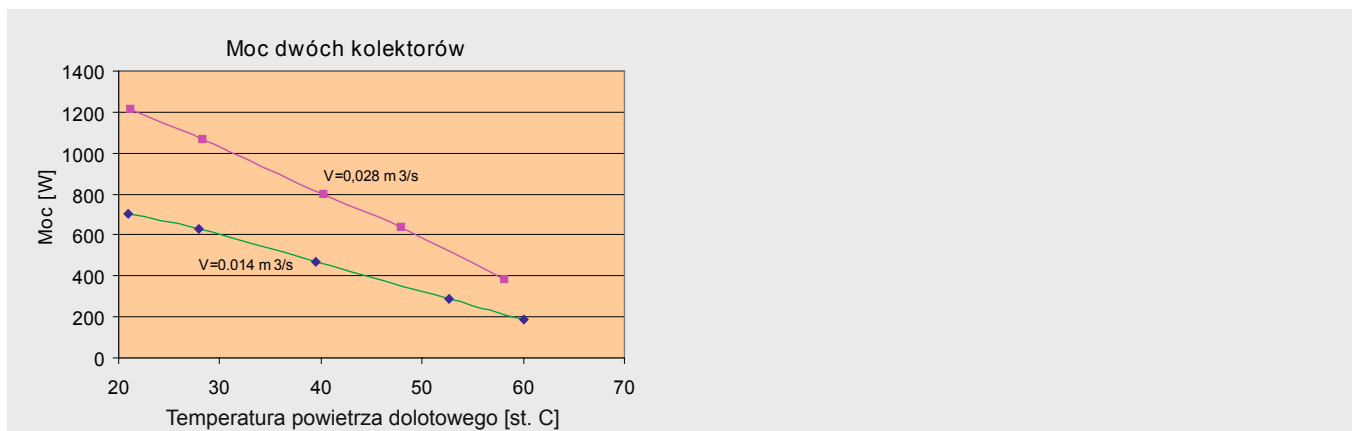


Rys. 9. Wykres zależności mocy maksymalnej baterii kolektorów od natężenia przepływu powietrza

Przeprowadzono również badania mające na celu określenie wpływu temperatury powietrza zasilającego na moc (wydajność) baterii dwóch szeregowo połączonych kolektorów.

Pomiary zrealizowano dla temperatur powietrza zasilającego od ok. 20 st. C do ok. 60 st. C oraz dwóch wartości natężenia przepływu: 0,014 m³/s i 0,028 m³/s.

Wyniki przedstawiono na poniższym wykresie.



Rys. 10. Wykres zależności mocy baterii kolektorów od temperatury powietrza zasilającego

8. WNIOSKI

- Maksymalna moc pojedynczego kolektora wynosi 1006,5 W dla wariantu z rurami zbiorczymi $\Phi 110$ mm i 1076,4 W dla wariantu z rurami zbiorczymi $\Phi 160$ mm, co oznacza sprawność 57–61 proc. Przyrost temperatury powietrza wynosi w takich warunkach od 11,4 do 12,5 st. C.
- Maksymalna moc baterii dwóch szeregowo połączonych kolektorów wynosi 1775 W dla wariantu z rurami zbiorczymi $\Phi 110$ mm i 1986,4 W dla wariantu z rurami zbiorczymi $\Phi 160$ mm, co oznacza sprawność 50–56 proc. Przyrost temperatury powietrza wynosi w takich warunkach ok. 27 st C.
- W celu osiągnięcia maksymalnej wydajności kolektorów w instalacji suszarniczej powinny one pracować w takich warunkach, aby osiągały maksymalną moc. Nie należy dążyć do tego, aby same kolektory zapewniły wymaganą temperaturę powietrza, gdyż wtedy pracować będą przy znacznie niższej sprawności.
- Aby możliwe było osiągnięcie maksymalnej mocy kolektora (baterii kolektorów), należy zapewnić odpowiednio duży przepływ powietrza na poziomie $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Jest to wartość przepływu dla jednego kolektora. W przypadku całej instalacji suszarniczej (12 kolektorów) jest to $3600 \text{ m}^3/\text{h}$.

9. KORZYŚCI

- Jeżeli założyć, że okres suszarniczy trwa 75 dni, a średnia podaż promieniowania słonecznego w tym czasie to $4,7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ w skali doby, to uwzględniając średnią sprawność kolektora 50 proc., uzyskujemy energię 13,4 GJ. Energia ta dotyczy instalacji składającej się z dwunastu kolektorów.
- Oznacza to zaoszczędzenie 382 litrów oleju opałowego o wartości opałowej 39 MJ/litr przy założeniu 90-proc. sprawności palnika.

BIBLIOGRAFIA

1. Majewski J., Mikielwicz D., Wajs J., Zygmunt J., Experimental Investigations of a Prototype of Solar Collector on the Rig Equipped with Artificial Source of Illumination, Międzynarodowe Sympozjum Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2006, Międzyzdroje 2006.
2. Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M., Kolektory słoneczne – poradnik wykorzystania energii słonecznej, Warszawa 2001.
3. PN-EN 12975-1:2007 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy, Kolektory słoneczne, część 1, Wymagania ogólne.
4. PN-EN 12975-2:2007 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy, Kolektory słoneczne, część 2, Metody badań.