

Andrzej Myczko, Jerzy Karłowski, Tomasz Kołodziejczyk  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Poznaniu

## OCENA SYSTEMU ODZYSKU I WYKORZYSTANIA CIEPŁA GENEROWANEGO W BUDYNKU INWENTARSKIM

### Streszczenie

Badania instalacji składającej się z systemu wodnych kolektorów słonecznych zintegrowanych z pokryciem dachowym, określonych w skrócie jako "dach energetyczny" i sond geotermalnych wykazały możliwość uzyskania ilości ciepła, które po okresie magazynowania w zbiorniku gruntowym może być wykorzystywane do ogrzewania pomieszczeń produkcyjnych i biurowych. Średnio w sierpniu instalacja dachu w ciągu dnia uzyskiwała 91,7 kWh/dzień, we wrześniu 62,7 kWh/dzień, a w październiku 41,9 kWh/dzień. Koszt 1 kWh energii cieplnej mieści się w przedziale 0,10-0,15 PLN i był zależny od uwzględnienia w rachunku ekonomicznym amortyzacji automatycznych nagrzewnic do nadmuchowego ogrzewania pomieszczeń produkcyjnych.

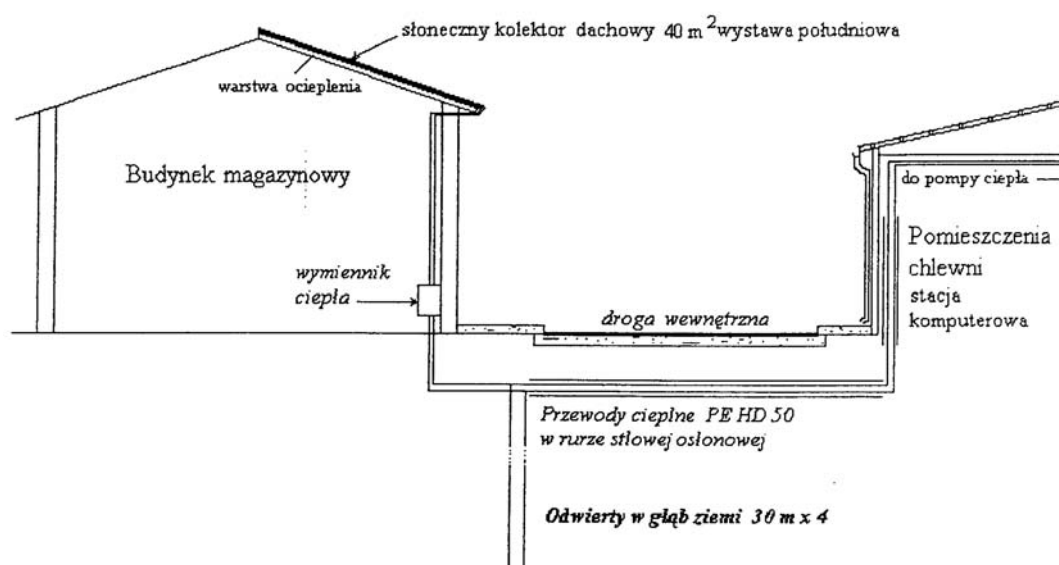
**Słowa kluczowe:** magazynowanie ciepła, budynek inwentarski, kolektory słoneczne, ogrzewanie

### Wstęp

Wysoka cena tradycyjnych nośników energii i coraz bardziej przystępny koszt technicznych środków do uzyskiwania i przechowywania energii cieplnej powodują wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami ciepła użytkowego. Temu zagadnieniu poświęcone były prace eksperymentalne wykonywane w IBMER, między innymi: [Janyga, Kołodziejczyk 1987; Myczko, Nawrocki 1998]. Na możliwość ograniczenia emisji amoniaku z budynku inwentarskiego z odzyskiem ciepła ze ścieki zwrócono uwagę w pracy [Nawrocki, Myczko 1998]. Na podstawie wyników wymienionych prac opracowano system odzysku ciepła z głębokiej ciekłości w tuczarni i chlewni macior w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym Złotniki AR w Poznaniu. Po kilku sezonach do istniejącej instalacji dobudowano kolektor słoneczny zintegrowany z pokryciem dachowym budynku (tzw. dach energetyczny) i połączono go przez wymiennik ciepła z pozostałą instalacją doświadczalną (rys.1 i 2).

W czasie eksploatacji przeprowadzono badania związane z przekazywaniem ciepła uzyskanego z dachu do gruntu. Wykonano analizy dla trzech wybranych okresów pięciodniowych w sierpniu, wrześniu i październiku.

**Dane techniczne instalacji:** powierzchnia dachu energetycznego 40 m<sup>2</sup>, moc nominalna pompy ciepła 40 kW, liczba sond geotermalnych 4, głębokość sond geotermalnych 30 m, czynnik obiegowy 40% wodny roztwór glikolu ERGOLID-EKO, założona moc dachu 500-800 W/m<sup>2</sup>, założona moc 1 sondy ok. 100 W/m.



Rys. 1. Schemat technologiczny instalacji ciepła w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym w Złotnikach

Fig. 1. Technological scheme of heating system in the Experimental Farm in Złotniki

Celem badań było ustalenie, jakie ilości ciepła można uzyskać w warunkach rzeczywistych z "dachu energetycznego" (kolektorów słonecznych zintegrowanych z pokryciem dachowym).

Drugim ważnym celem badań było potwierdzenie trafności doboru parametrów gruntowych wymienników ciepła (sond geotermalnych) zastosowanych do kumulowania ciepła w gruncie w celu późniejszego jego odzyskiwania w okresie jesienno-zimowym.



Rys. 2. "Dach energetyczny" na budynku magazynu w RGD Złotniki  
Fig. 2. "Energy roof" on the store-house in the Experimental Farm in Zlotniki

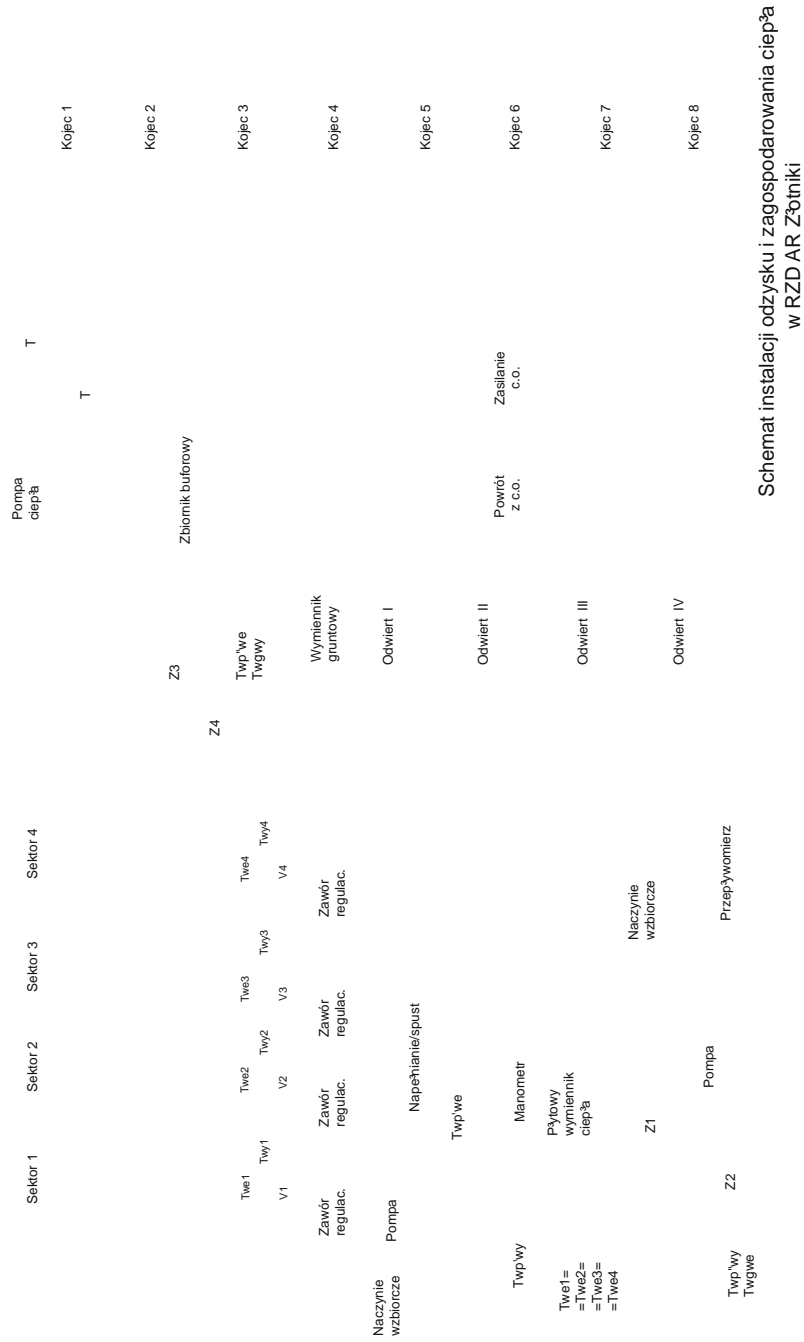
Problem badawczy dotyczy<sup>3</sup> najkorzystniejszych parametrów projektowych systemu (kombinacja powierzchni "dachu energetycznego", natężenia przepływu nośnika ciepła, rodzaj odbiornika ciepła) zapewniaj<sup>1</sup> ce największe oszczędności tradycyjnych nośników energii.

### **Materiały i metoda**

Pomiar temperatury wykonywano za pomoc<sup>1</sup> ukł<sup>3</sup>adów pomiarowych skł<sup>3</sup>adaj<sup>1</sup> - cych się z czujnika temperatury Pt100 i przetwornika pomiarowego typu TCD. Dokł<sup>3</sup>adność pomiaru temperatury wody gor<sup>1</sup> cej wynosiła  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , a wody zimnej  $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ . Z podobn<sup>1</sup> dokł<sup>3</sup>adnośc<sup>1</sup> dokonywano pomiaru temperatury otoczenia.

Pomiar masowego przepływu czynnika w wymiennikach ciepła odbywa<sup>3</sup> się za pomoc<sup>1</sup> przepływomierzy jednostrumieniowych z nadajnikami impulsów. Po stronie kolektorów po<sup>3</sup>aci dachowych by<sup>3</sup> to przepływomierz typ JS90-2,5-NK z impulsowaniem co 10 dm<sup>3</sup>. Po stronie wymiennika ciepła po<sup>3</sup> czonej z kolektorem gruntowym by<sup>3</sup> to przepływomierz typ JS-10-NK z impulsowaniem co 100 dm<sup>3</sup>. Dla obu typów przepływomierzy b<sup>3</sup> d względny w zakresie obci<sup>1</sup> żeń, w jakich one pracowa<sup>3</sup> wynosi  $\pm 3\%$ .

Pomiaru natężenia promieniowania słonecznego dokonywano za pomoc<sup>1</sup> miernika LB-900, skł<sup>3</sup>adaj<sup>1</sup> cego się z mikroprocesorowego ukł<sup>3</sup>adu pomiarowego oraz z zewn<sup>1</sup>trznego czujnika promieniowania widzialnego padaj<sup>1</sup> cego na powierzchni<sup>1</sup> p<sup>3</sup>ask<sup>1</sup> typu CM3 PYRANOMETR (firmy Kipp&Zonen). Rozmieszczenie czujników temperatury i przepływomierzy podano na rysunku 3.

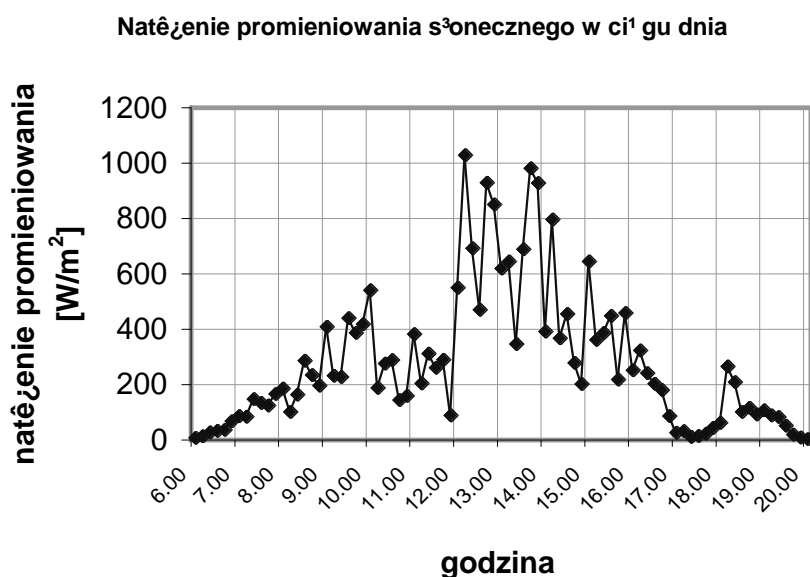


Rys. 3. Schemat instalacji odzysku ciepła w RGD AR Żółtuki  
 Fig. 3. Scheme of system for heat recovery and utilization in the Experimental Farm in Żółtuki

## Warunki badań

W czasie wstępnej eksploatacji monitorowano natężenie promieniowania słonecznego całkowitego. Na tej podstawie można stwierdzić że średnie promieniowanie w przykładowo analizowanym okresie (22 - 25.08), w godzinach pracy obwodu kolektorów słonecznych na dachu wynosiło 380,12 W/m<sup>2</sup>. Odpowiada to sumie promieniowania całkowitego w ciągu dnia roboczego 4,07 kWh/m<sup>2</sup>. Dla analizowanych okresów we wrześniu (13-17.09) i październiku (13-17.10) wielkości te wynosiły odpowiednio 326,4 W/m<sup>2</sup> i 2,94 kWh/m<sup>2</sup>-na dzień oraz 172,7 W/m<sup>2</sup> i 1,47 kWh/m<sup>2</sup>-na dzień. Należy przy tym zaznaczyć że układ kolektorów dachowych pracował od godziny 8:00 do 18:30, we wrześniu od godziny 8:30 do 17:30, a w październiku od godziny 8:30 do 17:00.

Przykładowy przebieg natężenia promieniowania w ciągu dnia przedstawiono na rysunku 4. Uzyskane wyniki nie odbiegają od wartości średnich z ostatnich lat, dla podobnych stref klimatycznych.



Rys. 4. Zmiany intensywności promieniowania słonecznego w dniu 24 sierpnia 2005 r.  
Fig. 4. Changes of solar radiation intensity on 24th August 2005

W czasie próbnej eksploatacji przepływy glikolu propylenowego przez poszczególne fragmenty dachu zawierałyby w przedziale 0,38 - 0,42 m<sup>3</sup>·h. Średni przepływ przez sekcję dachu wynosił około 0,4 m<sup>3</sup>/h, co odpowiadałoby sumarycznemu przepływowi przez wszystkie kolektory dachowe około 1,6 m<sup>3</sup>/h.

Przepływ masowy w obiegu kolektorów dachowych wynosi około 0,451 kg/s. Przepływ przez obieg sond gruntowych był bardziej stabilny i wynosi około 2,1 m<sup>3</sup>/h. Przy gęstości czynnika obiegowego (20% roztwór alkoholu etylowego) wynoszącej 0,958 kg/dm<sup>3</sup>, przepływ masowy wynosi około 0,559 kg/s.

## **Wyniki**

W czasie eksploatacji, w omawianych pięciodniowych okresach obserwacyjnych, maksymalne różnice temperatury w sekcji wymiennika ciepła w obiegu kolektorów dachowych występowały w sierpniu. Zawarte one były w przedziale 5,4-5,9 °C, a średni spadek wynosił 5,6 °C. Dla wrzeźnia i pałdziennika te wartości wynosiły odpowiednio: 4,0-4,8 [°C] i średni spadek temperatury 4,5 °C oraz 2,6-4,3 °C i średni spadek temperatury 3,2 °C. W podobnym zakresie zmieniały się przyrosty temperatury czynnika obiegowego w poszczególnych rodzajach pokrytychdachowych (uwzględniając spadki temperatury w rurach czujnych).

Uzyskiwany w pierwotnym (połączonym z dachem) obiegu wymiennika ciepła strumień ciepła w sierpniu wynosił 8213-8974 W. Pozwalało to przy określonym czasie pracy instalacji w ciągu dnia na uzyskanie 86,2-94,2 kWh/dzień energii (ciepła). Średnio w sierpniu instalacja dachu pracowała z mocą 8730 W i w ciągu dnia uzyskiwała 91,7 kWh/dzień. We wrzeźniu i pałdzienniku te wartości wynosiły odpowiednio 6973 W i 62,7 kWh/dzień oraz 4930 W i 41,9 kWh/dzień.

Porównując uzyskane ilości ciepła z kolektorów dachowych z ciepłem dostarczanym przez promieniowanie słoneczne można stwierdzić, że instalacja na dachu pracowała ze sprawnością około 40%.

## **Ocena ekonomiczna instalacji**

Wszystkie nakłady inwestycyjne, związane z instalacją, odzysku, kumulowania i wykorzystania ciepła były rejestrowane.

Do uzyskania oceny ekonomicznej uwzględniono zasady amortyzacji środków trwałych, koszty materiałów pomocniczych oraz ceny energii. W tabeli 1 przedstawiono końcowe zestawienie wyników oceny kosztów eksploatacji.

## Ocena systemu odzysku i wykorzystania.....

Tabela 1. Porównanie kosztów eksploatacji z nagrzewnicami i bez nagrzewnic, w warunkach łagodnej i ostrej zimy (PLN/rok)

Table 1. Comparison of exploitation costs of system with heaters and system without heaters under both mild and hard winter conditions

	Nagrzewnice nadmuchowe s <sup>1</sup> zamontowane i używane	Nagrzewnic brak, występuj <sup>1</sup> inne grzejniki i radiatory
Zima łagodna, kocio <sup>3</sup> nie jest używany i gaz nie jest spalany	52481	33088
Zima ostra, kocio <sup>3</sup> jest używany, zużycie gazu jest znacz <sup>1</sup> ce	57956	38563

Wyraźnie widoczny jest wpływ amortyzacji drogich automatycznych nagrzewnic, które w czasie pracy także zużywają pewną ilość energii elektrycznej oraz koszt spalane go gazu. Maksymalne zapotrzebowanie na energię cieplną (kW): pomieszczenia produkcyjne 42-51, pomieszczenia administracyjno i biurowe 40, ogółem 82-91. Sezon grzewczy w Polsce w okolicach Poznania trwa od 15.10 do 15.04, tj. 180 dni. Łącznie jest to zatem 4320 godz. Zapotrzebowanie na ciepło w sezonie grzewczym byłoby równe 388800 kWh. Koszt jednej kWh w instalacji z nagrzewnicami wynosi:  $57956 / 388800 = 0,15$  PLN/kWh. Koszt jednej kWh w instalacji bez nagrzewnic wynosi:  $38563 / 388800 = 0,10$  PLN/kWh.

### Wyniki i zalecenia

1. Potwierdzono możliwość wykonania instalacji do odzysku i magazynowania ciepła wytworzonego w budynku inwentarskim oraz jego wykorzystania w sektorach produkcyjnych i w pomieszczeniach socjalno-biurowych.
2. Instalacja do odzysku i kumulacji ciepła z budynku inwentarskiego, zbudowana według badanego systemu, może stanowić dobry wzorzec do naśladowania przy pracach projektowych.
3. Średnio w sierpniu instalacja dachu uzyskiwała 91,7 kWh/dzień, we wrześniu 62,7 kWh/dzień, a w październiku 41,9 kWh/dzień.
4. W zależności od stosowania automatycznych nagrzewnic nawiewnych, koszt jednej kWh energii cieplnej mieści się w przedziale 0,10-0,15 PLN.
5. Stosunkowo niska sprawność dachu energetycznego (40%) wynika z odwarstwiania się paneli, z których zbudowano kolektor słoneczny od blaszanego pokrycia dachowego. Potwierdził ten fakt dodatkowe badania wykonane na instalacji modelowej. Szerokie upowszechnienie opracowanej instalacji wymaga dopracowania sposobu montażu elementów dachowych.

## **Bibliografia**

Janyga J., Kołodziejczyk T. 1987. Wykorzystanie ciepła z fermentacji tlenowej obornika. *Mechanizacja Rolnictwa*, 7-8: 39-40

Myczko A., Nawrocki L. 1998. Opracowanie modelowych rozwiązań oraz wykorzystania alternatywnych źródeł energii w produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem procesów egzotermicznych w obiektach i odzysku ciepła. *IBMER, CDER Poznań*, ss. 83-84 (*Inform. Wynik. Bad. Nauk. Upowsz.*, '98; nr 6. *Prod. Zwierz.*)

Nawrocki L., Myczko A. 1998. Ograniczenie strat amoniaku w trakcie pozyskiwania i kumulacji ciepła fermentacyjnego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4(22): 131-136

### **EVALUATION OF THE SYSTEM FOR RECOVERY AND UTILIZATION OF HEAT GENERATED IN A LIVESTOCK BUILDING**

#### **Summary**

A possibility of construction of the installation for recovery and storage the heat generated in the animal building and its utilisation in production sectors and offices has been confirmed. Investigation of the installation consisting of the system of integrated water solar collectors known as "energy roof" and geothermal drill-holes showed possibility of recovering the amount of heat sufficient for warming-up in autumn and winter season. Average energy production from the roof in August was equal 91,7 kWh/day, in September 62,7 kWh/day, and in October 41,9 kWh/day. The cost of 1 kWh was in the range from 0,10 to 0,15 PLN depending on depreciation (or not) of automatic blower heaters of production rooms.

**Key words:** heat storage, livestock building, solar collectors, heating

*Recenzent: Tadeusz Kuczyński*



---

---

---



---

