

*Kazimierz Rutkowski  
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki  
Akademia Rolnicza w Krakowie*

## ZUŻYCIE CIEPŁA W INSPEKTACH OGRODNICZYCH

### Streszczenie

Badania dotyczą inspektów ogrodnich których skrzynie wykonano ze styroduru. Badaniami objęto inspekty z różnymi wariantami pokryć: szkło pojedyncze, szkło zespolone, dwuwarstwowa płyta z poliwęglanu. Inspekty ogrzewano oporowym kablem grzejnym. W poszczególnych inspektach dokonano porównania zużycia ciepła oraz określono zapotrzebowanie mocy.

**Słowa kluczowe:** inspekty ogrodnice, ogrzewanie, energia, moc.

### Wprowadzenie

Szczegółowe wyniki badań dotyczące ogrzewania podłoża ciepłą wodą lub podgrzany powietrzem można znaleźć w wielu publikacjach [Kurpaska i Ślipek 2000; Puri i Okos 1987], na podstawie których można zaproponować optymalne parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne systemu, o tyle problematyka ogrzewania podłoża oporowym przewodem grzejnym jest traktowana marginalnie. Ten sposób ogrzewania podłoża można zastosować przy produkcji rozsady zarówno w szklarniach jak w inspektach ogrodnich.

Inspekty ogrodnice, których stosowanie było szeroko rozpowszechnione w połowie dwudziestego wieku zostały wyłączone z eksploatacji w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Przyczyną były nowo powstające obiekty szklarniowe, gdzie praca była mniej uciążliwa a nośniki energetyczne służące do ogrzewania były tanie. Obecnie ciepło służące do ogrzewania szklarni stanowi od 50 do 80% w strukturze nakładów przy całorocznej uprawie warzyw pod osłonami. Wielu producentów zastanawia się czy nie lepiej prowadzić uprawę rozsady warzyw oraz uprawę niektórych roślin w obiektach o małej kubaturze a tym samym małym zapotrzebowaniu cieplnym. Dawniej energię do ogrzewania inspektów pozyskiwano z rozkładu końskiego obornika. Obecnie tego rodzaju obiekty można ogrzewać kablem, bądź matami grzejnymi. W ten sposób inspekty mogą być ogrzewane przez cały rok.

Prace badawcze nad ogrzewaniem elektrycznym podłóża w szklarniach były szeroko rozwijane w latach siedemdziesiątych ub. wieku. W tych badaniach do ogrzewania podłóża wykorzystywano oporowe przewody grzejne zasilane napięciem 24 V. Obecnie, przemysł elektrotechniczny jest tak dalece rozwinięty, że produkcja kabli grzewczych (zasilanych napięciem 230 V) jest coraz tańsza, a przewody są bezpieczne dla użytkowników.

Różnorodność asortymentu elementów systemu do ogrzewania elektrycznego podłóża oraz aparatury sterującej (współpracującej z komputerem) pozwala uzyskać żądaną temperaturę w strefie korzeniowej uprawianych roślin. Porównując nakłady robocizny ponoszone na instalację ogrzewania podłóża ciepłą wodą i na instalację ogrzewania elektrycznym kablem grzewczym możemy zauważyć znaczne obniżenie pracochłonności przy instalowaniu ogrzewania elektrycznego.

Jak wynika z badań [Kuczmierczyk, Rutkowski 2003] inspekty wykonane z nowoczesnych materiałów budowlanych umożliwiają utrzymanie doskonałych warunków termicznych. W literaturze brak jest wytycznych dotyczących stosowania elektrycznych kabli grzejnych w inspektach ogrodnich. Stąd też na terenie Wydziału Agrotechnologii Akademii Rolniczej w Krakowie przeprowadzono badania z zakresu wykorzystania kabli grzejnych, określenia ich mocy oraz zużycia energii przy różnych materiałach pokryciowych.

### **Materiał i metody**

Materiałem do badań były inspekty, w których skrzynie zostały wykonane z płyt z polistyrenu ekstrudowanego (styroduru) o grubości 8 cm. Płyty styroduru o wysokości 1 m i długości 2,5 m zostały zakopane w glebie na głębokość 75 i 80 cm. W celu zmniejszenia oddziaływania wilgoci w/w płyty zarówno po stronie wewnętrznej jak też zewnętrznej osłonięto czarną folią o grubości 0,3 mm.

W wykonanych skrzyniach o wymiarach 1 x 2,5 m umieszczono kable grzejne w okresie jesieni i pozostawiono na okres zimy. Kable grzejne zostały ułożone na głębokości 15 cm. Umieszczone w inspektach kable grzejne posiadały moc jednostkową 17 i 10 W/m<sup>2</sup> a rozmieszczenie ich w podłóżu przyjęto za wytycznymi z literatury (Kurpaska 2003). Moc grzewcza kabli w przeliczeniu na jednostkę powierzchni wynosiła 120 W/m<sup>2</sup> w inspektach z pokryciem z poliwęglanu i szkła zespolonego oraz 40 W/m<sup>2</sup> w inspektach pokrytym szkłem pojedynczym. W obiektach zastosowano układ automatycznej regulacji temperatury.

Badania przeprowadzono w 4 obiektach (skrzyniach) gdzie jako materiału pokrywczego użyto:

- szkła jedynczego grubości 4 mm,
- szkła zespolonego (spawanego),
- poliwęglanu dwuwarstwowego o grubości 6 mm,
- czwartą skrzynię pozostawiono bez przykrycia.

Wewnątrz skrzyni umieszczono czujniki do pomiaru temperatury w glebie na głębokości 4 cm. oraz nad glebą na wysokości 10 cm. Umieszczone czujniki zostały podłączone do uniwersalnego mikroprocesorowego systemu pomiarowego. Równolegle w sposób ciągły prowadzono monitoring warunków zewnętrznych. Rejestrowano temperaturę zewnętrzną powietrza, temperaturę gleby, prędkość wiatru na wysokości 0,5 m od powierzchni ziemi oraz natężenie promieniowania słonecznego.

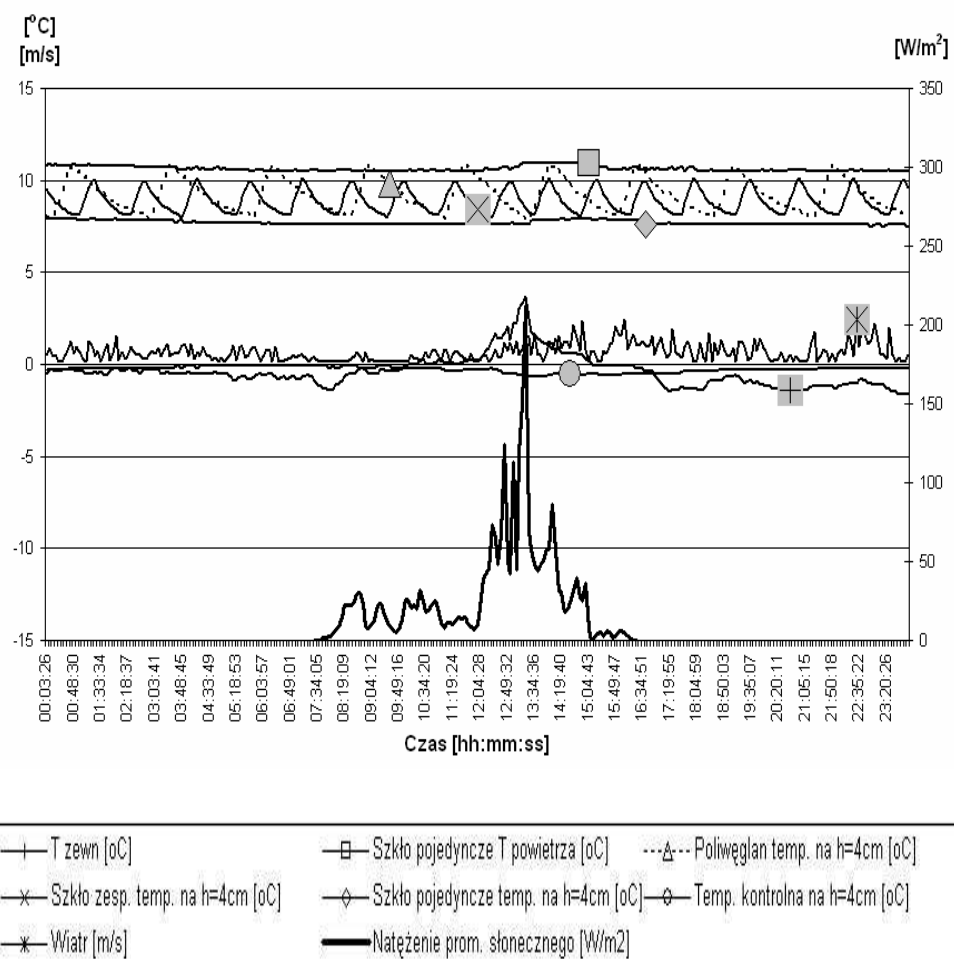
Pomiar dokonywany był od stycznia do końca lutego 2005 roku. Należy podkreślić, że zima poprzedzająca okres badań była łagodna a gleba obok inspektów była zamrznięta na głębokość 3-4 cm.

### **Wyniki badań i ich analiza**

W okresie prowadzonych badań temperatura zewnętrzna była bardzo zróżnicowana. Nocą występowały dosyć niskie temperatury dochodzące do  $-19^{\circ}\text{C}$ . Podobnie zarejestrowano duże zróżnicowanie szybkości wiatru.

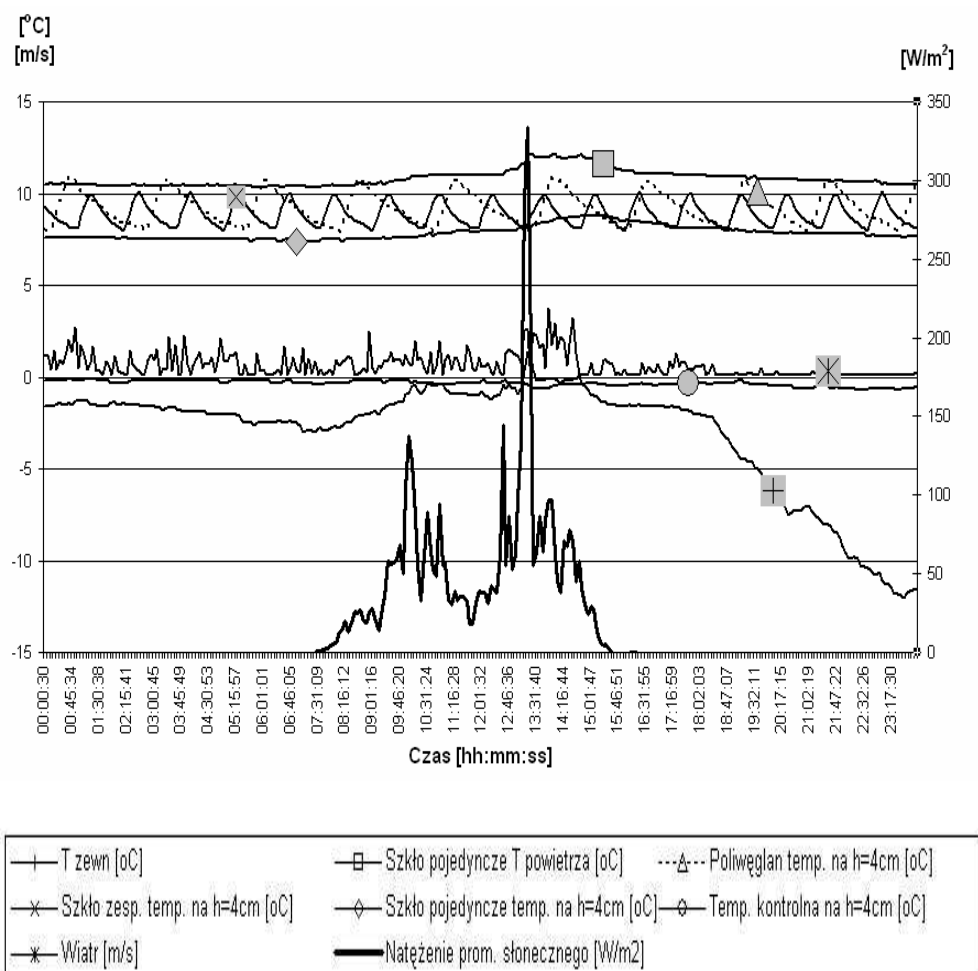
Z uzyskanych wyników badań szczegółowej analizie poddano trzy dni miesiąca stycznia cechujące się dużym zróżnicowaniem temperatur, małą solaryzacją oraz małą prędkością wiatru

Przebieg dynamiki zmian temperatury pod różnymi pokryciami inspektów ogrodniczych został przedstawiony na rysunkach 1-3. Śledząc przebieg temperatur wewnętrznych w poszczególnych inspektach na wysokości 10 cm nad glebą zauważa się bardzo niewielkie oddziaływanie zewnętrznych warunków klimatycznych. Praktycznie krzywe obrazujące wielkość temperatur pokrywają się za wyjątkiem tego okresu dnia w którym występowała silna solaryzacja. Na analizowanych wykresach dla poprawy przejrzystości nie przedstawiono wszystkich krzywych obrazujących przebieg temperatur powietrza wewnątrz poszczególnych inspektów. Duże różnice temperatur zewnętrznych dochodzące do  $16^{\circ}\text{C}$  powodowały zaledwie spadek temperatury wewnętrznej o  $2^{\circ}\text{C}$  co widoczne jest na rys. 3.



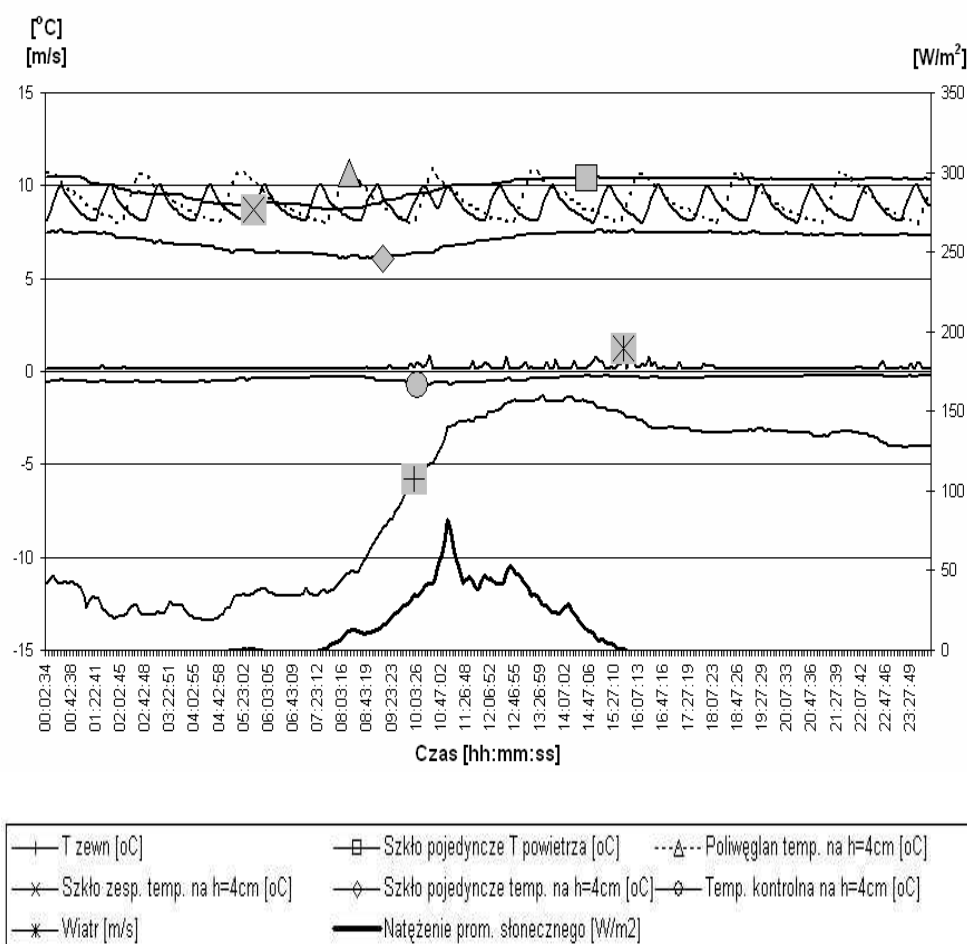
Rys. 1. Przebieg temperatur w inspektach ogrodnich pod różnymi osłonami w odniesieniu do warunków zewnętrznych w dniu 22.I.2005

Fig. 1. Temperature function in garden frames having various covering types in relation to ambient conditions on 22 January



Rys 2. Przebieg temperatur w inspektach ogrodniczych pod różnymi osłonami w odniesieniu do warunków zewnętrznych w dniu 23.I.2005

Fig. 2. Temperature function in garden frames having various covering types in relation to ambient conditions on 23 January



Rys 3. Przebieg temperatur w inspektach ogrodniczych pod różnymi osłonami w odniesieniu do warunków zewnętrznych w dniu 24.I.2005

Fig. 3. Temperature function in garden frames having various covering types in relation to ambient conditions on 24 January

Grzałka o najniższej jednostkowej mocy wynoszącej  $40 \text{ W/m}^2$  umieszczona w inspekcie z osłoną wykonaną z pojedynczego szkła nie była w analizowanym okresie czasu wyłączana przez regulator temperatury. Należy twierdzić, że jej moc była w miarę poprawnie dobrana w analizowanym zakresie temperatur zewnętrznych t.z do  $-13^\circ\text{C}$ , przy założeniu, że wewnątrz inspektu utrzymywana będzie temperatura na poziomie  $8^\circ\text{C}$  (rys. 3). Analizując dynamikę zmian temperatury

powietrza i gleby wewnątrz tunelu z pokryciem szkłem pojedynczym (rys. 1- 3). zauważa się, że obie krzywe mają prawie równoległy przebieg i cechują się dużą bezwładnością w odniesieniu do temperatury zewnętrznej. Świadczy to o dobrej izolacyjności ścian bocznych inspektu oraz dużej szczelności pokrycia.

Śledząc przebieg temperatur wewnętrznych pod dwoma pozostałymi pokryciami zauważa się, że kable grzejne wyłączane były cyklicznie przez układ regulacji temperatury o czym świadczy łamany przebieg dynamiki zmian temperatury wewnętrznej. Analizując zużycie energii w objętym szczegółową analizą okresie czasu zauważa się, że inspekt kryty szkłem zespolonym zużywa o 15% mniej energii. Zaś inspekt kryty poliwęglanem dwuwarstwowym o grubości 8 mm zużywa aż o 53% mniej energii w porównaniu z inspektem krytym szkłem pojedynczym. W analizowanym okresie czasu występowało bardzo niewielkie natężenie promieniowania słonecznego. Jego wartość w okresie kilku południowych godzin była na poziomie  $50 \text{ W/m}^2$ . Promieniowanie to powodowało bardzo niewielki przyrost temperatury wewnętrznej widoczny na rys. 2. Śledząc wyniki badań widzimy, że duża bezwładność cieplna gleby pozwala na utrzymanie stałej temperatury gleby i powietrza w inspektach cechujących się dobrą izolacyjnością ścian bocznych, jak też dużą szczelnością. Stąd moc grzewcza wynikająca z badań dla pokrycia zapotrzebowania energii w inspekcje wykonanym ze szkła pojedynczego winna wynosić około  $50 \text{ W/m}^2$ . Proponowana moc winna być wystarczająca nawet w okresie o małej solaryzacji.

## Wnioski

1. Zapotrzebowanie mocy w inspektach ogrodniczych krytych szkłem pojedynczym umieszczonym na skrzyni ze styroduru wynosi  $50 \text{ W/m}^2$  przy różnicy temperatur do  $21^\circ\text{C}$ .
2. Najlepszym materiałem pokryciowym ze względów energetycznych dla inspektów ogrodniczych jest płyta z poliwęglanu, która w porównaniu z pokryciem wykonanym ze szkła pojedynczego pozwala zaoszczędzić do 53% energii.
3. Wykorzystanie szkła zespolonego do krycia inspektów ogrodniczych pozwala zaoszczędzić do 15% energii.

## Bibliografia

Kloc T., Kurpaska S. 1991. Energochłonność i efektywność bezpośredniego ogrzewania gleby w szklarni. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie 244, 91-101.

Kuczmierczyk J., Rutkowski K. 2003. Wpływ rozwiązań technicznych inspektów ogrodniczych na poprawę warunków termicznych. Inżynieria Rolnicza, 9(51), 317-323.

Kurpaska S., Ślipek Z. 2000. Optimization of greenhouse substrate heating. Journal Agricultural Engineering Research., 76, 129-139.

Puri V.M, Okos M.R. 1987. Heat and mass transfer analysis and modelling in unsaturated ground soils for buried tube Systems. Energy in Agriculture, 6, 179-193.

## **HEAT CONSUMPTION IN GARDEN FRAMES**

### **Summary**

The research relates to garden frames made of Styrodur. Frames of various covering types were examined: single glass, compact glass, two-layered polycarbon slab. Frames were heated with resistance heating cable. Heat consumption in individual frames was compared and power demand was established.

**Key words:** garden frames, heating, energy, power