

**XIV KONFERENCJA CIEPŁOWNIKÓW**  
**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
**PZITS - Oddział Rzeszów                      MPEC - Rzeszów**

---

---

Michał STRZESZEWSKI\*  
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**ANALIZA WYMIANY CIEPŁA W PRZYPADKU  
ZASTOSOWANIA WARSTWY ALUMINIUM  
NAD PRZEWODAMI C.O.**

**1. Wprowadzenie**

Niniejszy referat jest odpowiedzią na dyskusję, jaka rozwinęła się po zaprezentowaniu referatu „Zasięg cieplny pojedynczego liniowego źródła ciepła w stropie na podstawie modelu numerycznego” na XIII Konferencji Ciepłowników Solina 2001 [6].

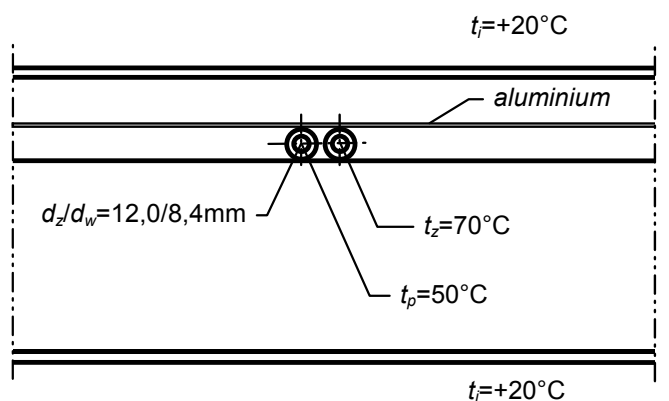
Pan dr inż. Władysław Szymański postulował uwzględnienie w analizie pary przewodów (zasilający i powrotny) zamiast przewodów pojedynczych. W tej sytuacji program komputerowy został rozbudowany o taką możliwość i prezentowana analiza została przeprowadzona dla pary przewodów.

Pan mgr inż. Stefan Opaliński zapytał o wpływ na warunki wymiany ciepła warstwy o wysokiej przewodności cieplnej (np. siatki stalowej), umieszczonej nad przewodami. W celu odpowiedzi na powyższe pytanie, przeprowadzono analizę wymiany ciepła w przypadku zastosowania folii aluminiowej. Wybór materiału wynikał z faktu, że współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  aluminium jest szczególnie wysoki i wynosi 206 W/mK.

Analizę przeprowadzono przy użyciu autorskiego programu *Floor 2D* [10].

## 2. Schemat wyjściowy

Jako punkt wyjścia do studium przyjęto schemat, przedstawiony na rys. 1 i w tabeli 1. Rozstaw osi przewodów wynosił 15 mm, a prędkość czynnika 0,5 m/s. Obliczenie przeprowadzono dla trzech wariantów: bez aluminium oraz z warstwą aluminium o grubości 0,5 i 1,0 mm.



Rys. 1. Podstawowy schemat konstrukcji stropu przyjęty do obliczeń.

Tabela 1. Konstrukcja stropu przyjęta do obliczeń.

Lp.	Warstwa	Współczynnik przewodzenia ciepła, W/mK	Grubość, mm		
			Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1.	Terakota wraz zaprawą	1,05	10		
2.	Beton	1,00	45,0	44,5	44,0
3.	Warstwa aluminium	206	0,0	0,5	1,0
4.	Beton	1,00	12		
5.	Strop żebrowy kanałowy (współczynnik równoważny)	1,222	220		
6.	Tynk cementowo-wapienny	0,82	10		

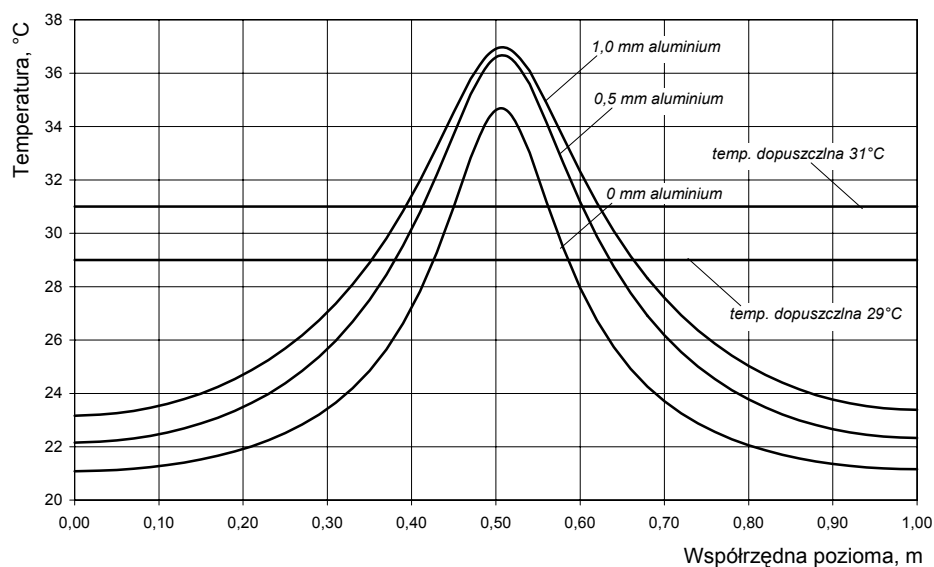
## 3. Wyniki analizy

W ramach niniejszej analizy wyznaczono pole temperatury w przekroju stropu o szerokości 1 m w oparciu o ustalony model wymiany ciepła w stropie, w którym

## PERSPEKTYWY ROZWOJU CIEPŁOWNICTWA

poprowadzono przewody c.o. [8]. Następnie obliczono strumienie ciepła przekazywane do pomieszczenia nad i pod stropem oraz obszar przekroczenia temperatury dopuszczalnej 29 i 31°C.

Rozkład temperatury na powierzchni podłogi przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Rozkłady temperatury na powierzchni podłogi w zależności od grubości warstwy aluminium.

Opracowanie własne.

Jak wynika z przytoczonych wyników analizy, zastosowanie cienkiej warstwy aluminium nad przewodami c.o., prowadzonymi w konstrukcji stropu, powoduje pewne „spłaszczenie” rozkładu temperatury na powierzchni podłogi przy jednoczesnym podwyższeniu temperatury maksymalnej i poszerzeniu obszaru przekroczenia wartości dopuszczalnych [5].

A więc warstwa dobrze przewodząca ciepło (np. folia lub siatka metalowa) może być stosowana do zwiększenia strumienia ciepła, jeśli projektant świadomie przewidzi specyficzny grzejnik podłogowy (połączony szeregowo z grzejnikiem lub grzejnikami konwekcyjnymi). Natomiast taka warstwa nie może być stosowana

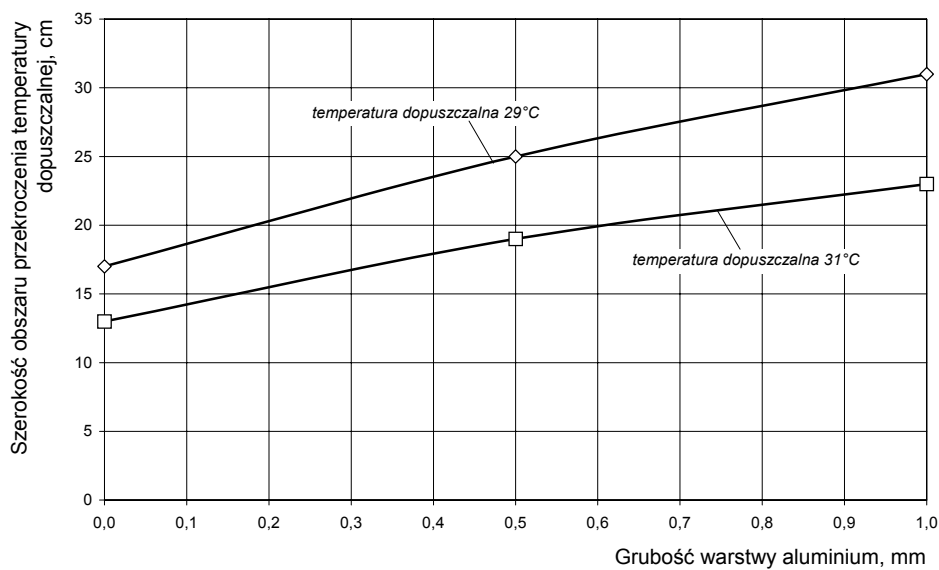
## XIV KONFERENCJA CIEPŁOWNIKÓW

do zapobieganiu przekroczenia dopuszczalnej temperatury powierzchni podłogi. W tym celu należy stosować materiały o niskim współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda$ .

Szczegółowe wyniki analizy dla trzech wariantów przedstawiono w tabeli 2.

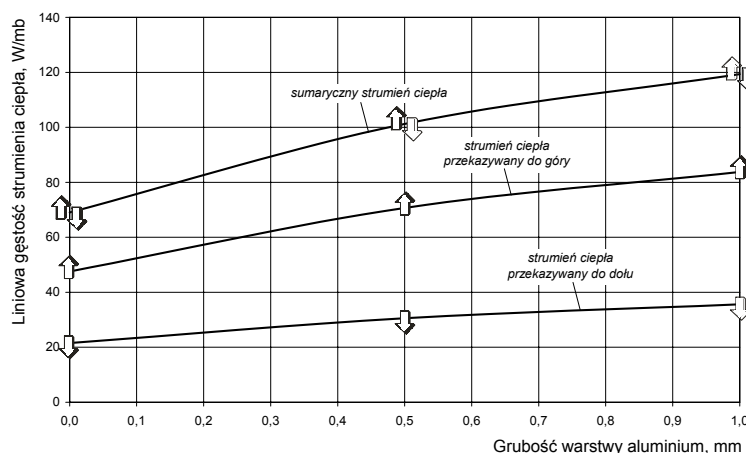
Tabela 2. Wyniki analizy. Opracowanie własne.

Grubość warstwy aluminium, mm	Lin. gęstość strumienia ciepła przekazywanego do góry, W/mb	Lin. gęstość strumienia ciepła przekazywanego do dołu, W/mb	Sumaryczna liniowa gęstość strumienia ciepła, W/mb	Maks. temperatura na powierzchni podłogi, °C	Obszar przekroczenia $t=29^{\circ}\text{C}$ , cm	Obszar przekroczenia $t=31^{\circ}\text{C}$ , cm
0	47,57	21,49	69,06	34,7	17	13
0,5	70,68	30,53	101,21	36,7	25	19
1,0	83,72	35,6	119,32	37,0	31	23



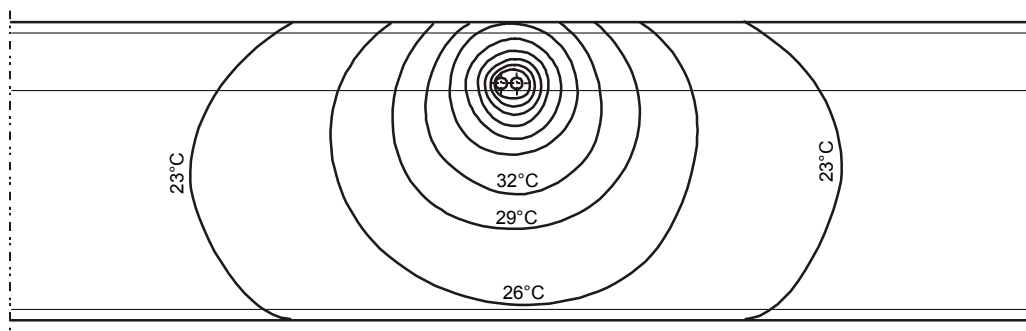
Rys. 3. Szerokość obszaru przekroczenia temperatury dopuszczalnej w funkcji grubości warstwy aluminium. Opracowanie własne.

## PERSPEKTYWY ROZWOJU CIEPŁOWNICTWA

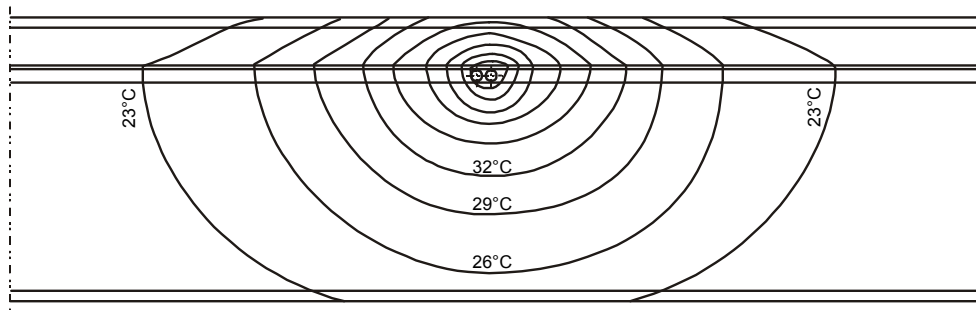


Rys. 4. Gęstość strumieni ciepła w funkcji grubości warstwy aluminium. Opracowanie własne.

Pomimo, że warstwa aluminium ułożona jest nad przewodami c.o., zwiększa ona strumień ciepła przekazywany nie tylko do góry, ale i do dołu. Wynika to z faktu, że warstwa aluminium dobrze przewodzi ciepło w płaszczyźnie poziomej, działając jak żebro. Dla porównania poniżej zamieszczono pole temperatury w przekroju stropu – dla przypadku bez aluminium (rys. 5) oraz z warstwą aluminium o grubości 1 mm (rys. 6). W tym drugim przypadku pole temperatury jest wyraźnie „rozciągnięte” w poziomie, przez co szerszy pas podłogi pracuje jak grzejnik podłogowy, a całkowity opór cieplny stropu jest mniejszy.



Rys. 5. Pole temperatury w przekroju stropu bez warstwy aluminium.  
Fragment stropu o szerokości 1m. Opracowanie własne.



Rys. 6. Pole temperatury w przekroju stropu z warstwą aluminium o grubości 1 mm. Fragment stropu o szerokości 1m. Opracowanie własne.

#### 4. Podsumowanie

1. Zastosowanie cienkiej warstwy aluminium nad przewodami c.o. w konstrukcji stropu powoduje:
  - podwyższenie temperatury maksymalnej na powierzchni podłogi,
  - zwiększenie strumieni ciepła przekazywanych do pomieszczeń nad i pod stropem,
  - poszerzenie obszaru przekroczenia temperatury dopuszczalnej powierzchni podłogi.
2. Warstwa o wysokiej przewodności cieplnej nie zapobiega przekroczeniu dopuszczalnej temperatury powierzchni podłogi.

#### Literatura

1. Górka A.: *Efektywność działania ogrzewania podłogowego w warunkach dynamicznych – analiza numeryczna*, materiały X International Conference Air Conditioning, Air Protection & District Heating, Wrocław–Szklarska Poręba, 27-30 czerwca 2002. Str. 201–206.
2. Kowalczyk A., Strzeszewski M.: *Porównanie metod obliczania gęstości strumienia cieplnego grzejników podłogowych*, COW nr 3/1999 (str. 9–13) i 4/1999 (str. 12–15).

## PERSPEKTYWY ROZWOJU CIEPŁOWNICTWA

---

3. Kowalczyk A., Strzeszewski M.: *Przegląd i ocena wybranych metod analitycznego określania wydajności cieplnej grzejników podłogowych*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Inżynieria środowiska z. 31, Warszawa, 1999. Str. 67–88.
4. Minkowycz W.J., Sparrow E.M., Schneider G.E., Pletcher P.H.: *Handbook of Numerical Heat Transfer*, John Wiley & Sons, Inc., 1988.
5. Rabjasz R., Strzeszewski M.: *Dopuszczalna temperatura powierzchni podłogi*, COW nr 2/2002. Str. 10–12.
6. Strzeszewski M.: *Zasięg cieplny pojedynczego liniowego źródła ciepła w stropie na podstawie modelu numerycznego*, wydawnictwo PZITS nr 793/2001, materiały konferencyjne XIII Konferencji Ciepłowników „Efektywność dystrybucji i wykorzystania ciepła” Solina 27-29 września 2001. Str. 331–339.  
([http://www.is.pw.edu.pl/~michal.strzeszewski/articles/solina2001\\_zasieg.pdf](http://www.is.pw.edu.pl/~michal.strzeszewski/articles/solina2001_zasieg.pdf))
7. Strzeszewski M., Rabjasz R.: *Ogrzewanie mikroprzewodowe. Podstawowe informacje*, Rynek Instalacyjny, 3/2002. Str. 40–44.
8. Strzeszewski M.: *Model obliczeniowy ogrzewań mikroprzewodowych*, Rozprawa Doktorska, IOiW PW, Warszawa 2002.
9. Strzeszewski M.: *Straty ciepła pojedynczego przewodu wodnego w stropie, na podstawie modelu numerycznego*, materiały X International Conference Air Conditioning, Air Protection & District Heating, Wrocław–Szklarska Poręba, 27-30 czerwca 2002. Str. 579–584.  
([http://www.is.pw.edu.pl/~michal.strzeszewski/articles/szklarska2002\\_straty.pdf](http://www.is.pw.edu.pl/~michal.strzeszewski/articles/szklarska2002_straty.pdf))
10. Strzeszewski M.: *Floor 2D*, program komputerowy, 1997–2002.
11. Szargut J. i in.: *Modelowanie numeryczne pól temperatury*, WNT, Warszawa, 1992.
12. Szymański W.: *Parametry ogrzewania podłogowego*, materiały VIII Konferencji Ciepłowników Polski Południowo-Wschodniej „Nowoczesne systemy ogrzewania”, Solina 1996.

#### XIV KONFERENCJA CIEPŁOWNIKÓW

---

13. Wasilewski W.: *Model obliczeniowy i metodyka określania mocy cieplnej grzejników płaszczyznowych*, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji PW, Warszawa 1974.
14. Żukowski M.: *Metoda obliczania mocy cieplnej grzejnika podłogowego*, materiały X International Conference Air Conditioning, Air Protection & District Heating, Wrocław–Szklarska Poręba, 27-30 czerwca 2002. Str. 675–680.
15. Żukowski M.: *Straty mocy cieplnej przez strop z grzejnikiem podłogowym*, materiały X International Conference Air Conditioning, Air Protection & District Heating, Wrocław–Szklarska Poręba, 27-30 czerwca 2002. Str. 681–686.

---

\*dr inż. Michał Strzeszewski  
Politechnika Warszawska  
Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji  
ul. Nowowiejska 20  
00-653 Warszawa  
e-mail: [Michal.Strzeszewski@is.pw.edu.pl](mailto:Michal.Strzeszewski@is.pw.edu.pl)  
<http://www.is.pw.edu.pl/~michal.strzeszewski>