



Instytut Techniki Budowlanej

00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1, tel. 22 8250471, fax. 22 8255286

**Praca badawcza w zakresie opracowania modelu numerycznego
ogrzewania podłogowego z podkładem podłogowym ASA
dla dwóch wariantów rozwiązania podłogi grzewczej**

Nr pracy: 02109/14/Z00NF

Warszawa, Styczeń 2015 r.

	INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ ZAKŁAD FIZYKI CIEPLNEJ, INSTALACJI SANITARNYCH I ŚRODOWISKA PRACOWNIA FIZYKI CIEPLNEJ ul. Ksawerów 21, bud. F, 02-656 Warszawa tel.: 22 849 36 15, faks: 22 566 42 76 e-mail: fizyka@itb.pl	LICZBA STRON 8
		STRONA 1

NF-02109/14/Z00NF

Model numeryczny ogrzewania podłogowego z podkładem podłogowym ASA dla dwóch wariantów rozwiązania podłogi grzewczej

1. Informacje ogólne

- 1.1. Zleceniodawca:** Lafarge Kruszywa i Beton Sp. z o.o., ul. Hłżecka 24 F, 02-135 Warszawa
- 1.2. Zakres pracy:** opracowanie modelu numerycznego ogrzewania podłogowego z podkładem podłogowym ASA dla dwóch wariantów rozwiązania podłogi grzewczej

2. Założenia do modelu obliczeniowego

- 2.1.** Model numeryczny ogrzewania podłogowego zbudowano w oparciu o program firmy Physibel Bistra, przy pomocy którego dokonano obliczeń nieustalanej wymiany ciepła w dwuwymiarowym przekroju ogrzewanej podłogi za pomocą metody bilansów elementarnych.
- 2.2.** Zdefiniowano dwa układy geometryczne ogrzewanej podłogi w oparciu o dane przesłane przez Klienta:

Wariant nr 1 - strop międzykondygnacyjny

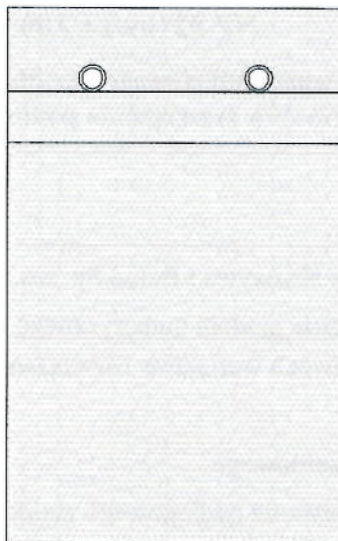
- strop terriva $d=24$ cm (21 cm + 3 cm nadbeton)
- styropian akustyczny 33/30 mm
- folia aluminiowa na zakład łączona taśmą $d=0,2$ mm
- rura ogrzewania podłogowego 16mm PEX/AL/PE w rozstawie 10 cm
- ASA grubość 5 cm

Wariant 2 - podłoga na gruncie

- grunt rodzimy
- zagęszczony piasek $d=15$ cm
- chudy beton $d=10$ cm
- izolacja przeciwwilgociowa (2xdysperbit $d=0,5$ mm + folia budowlana 0,2 mm na zakład)
- izolacja termiczna styropian EPS 100 $d=15$ cm
- folia aluminiowa na zakład łączona taśmą $d=0,2$ mm
- rura ogrzewania podłogowego 16mm PEX/AL/PE w rozstawie 10 cm
- ASA grubość 5 cm

2.3. Dane do obliczeń :

- Obliczenia przeprowadzono dla powtarzalnego fragmentu podłogi grzewczej obejmującego dwie rury grzewcze.
- Program w sposób automatyczny wygenerował siatkę podziału na elementy jednostkowe. Przykładową siatkę podziału dla ogrzewania na stropie międzykondygnacyjnym przedstawiono na rys. 1.



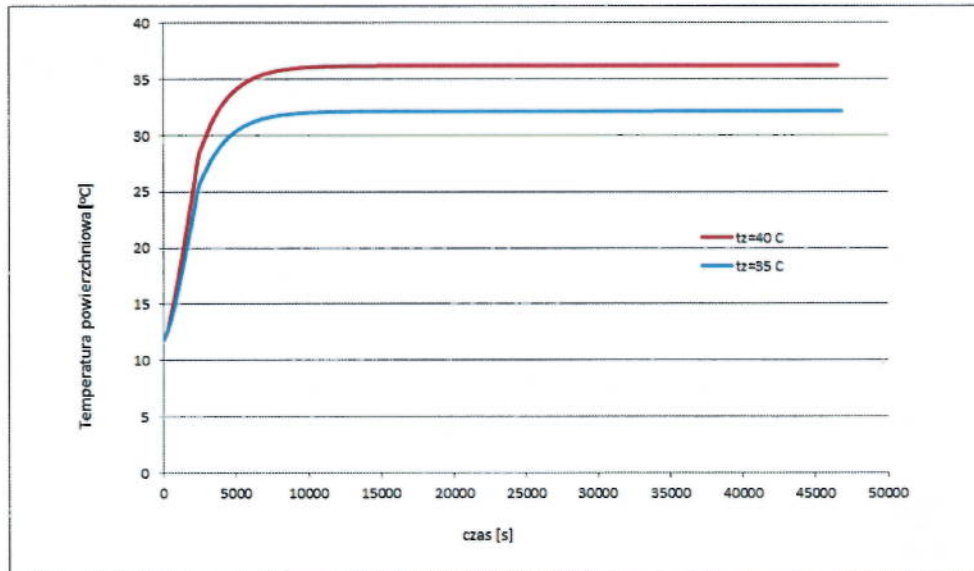
Rys. 1. Siatka podziału na elementy jednostkowe wygenerowana przez program

- Na poziomych krawędziach założono warunek brzegowy III rodzaju, przyjmując współczynnik przejmowania ciepła zgodnie z normą PN-EN 1264-5:2008; $\alpha_g = 10,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $\alpha_d = 6,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Przyjęto, że temperatura powietrza omywającego grzejnik na górnej i dolnej powierzchni jest stała równa 20°C .
- Na pionowych krawędziach modelu założono całkowity brak przepływu ciepła w kierunku poziomym.
- W przypadku podłogi na gruncie założono stałą temperaturę gruntu na głębokości 2 m równą średniej rocznej temperaturze zewnętrznej dla miasta Warszawy $t_g = 7,8^\circ\text{C}$.
- W obliczeniach zgodnie z życzeniem klienta pominięto wierzchnią warstwę – posadzkę.

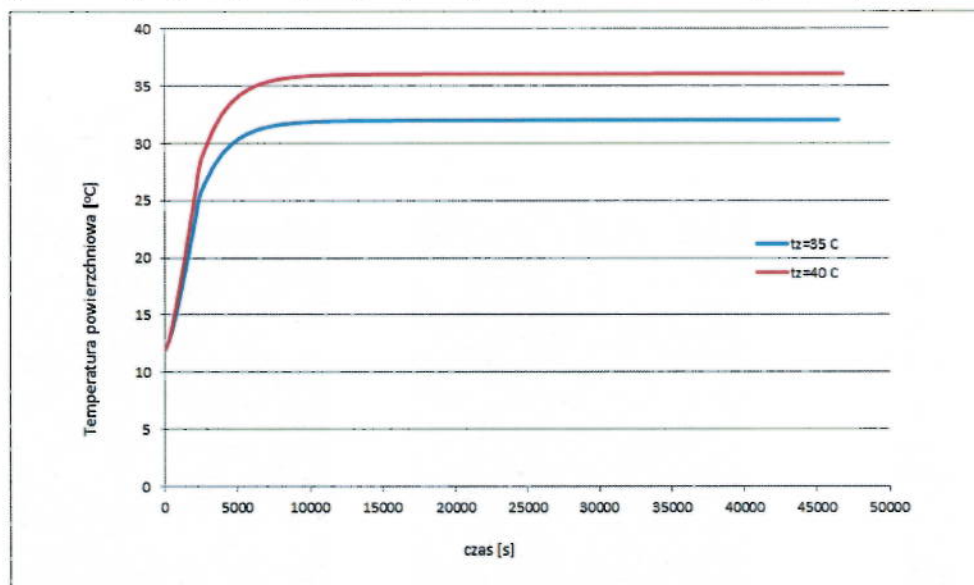
3. Wyniki obliczeń

Analizie poddano dwa warianty podłogi grzejnej, podłogę międzykondygnacyjną oraz podłogę na gruncie.

Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi czasowe średniej wartości temperatury powierzchni podłogi dla dwóch temperatur zasilania $t_z = 35^\circ\text{C}$ oraz dla $t_z = 40^\circ\text{C}$ dla podłogi na gruncie, a na rys. 3 dla podłogi międzykondygnacyjnej.



Rys. 2. Rozgrzewanie grzejnika podłogowego - podłoga na gruncie - średnia temperatura powierzchni podłogi



Rys. 3. Rozgrzewanie grzejnika podłogowego - podłoga międzykondygnacyjna - średnia temperatura powierzchni podłogi

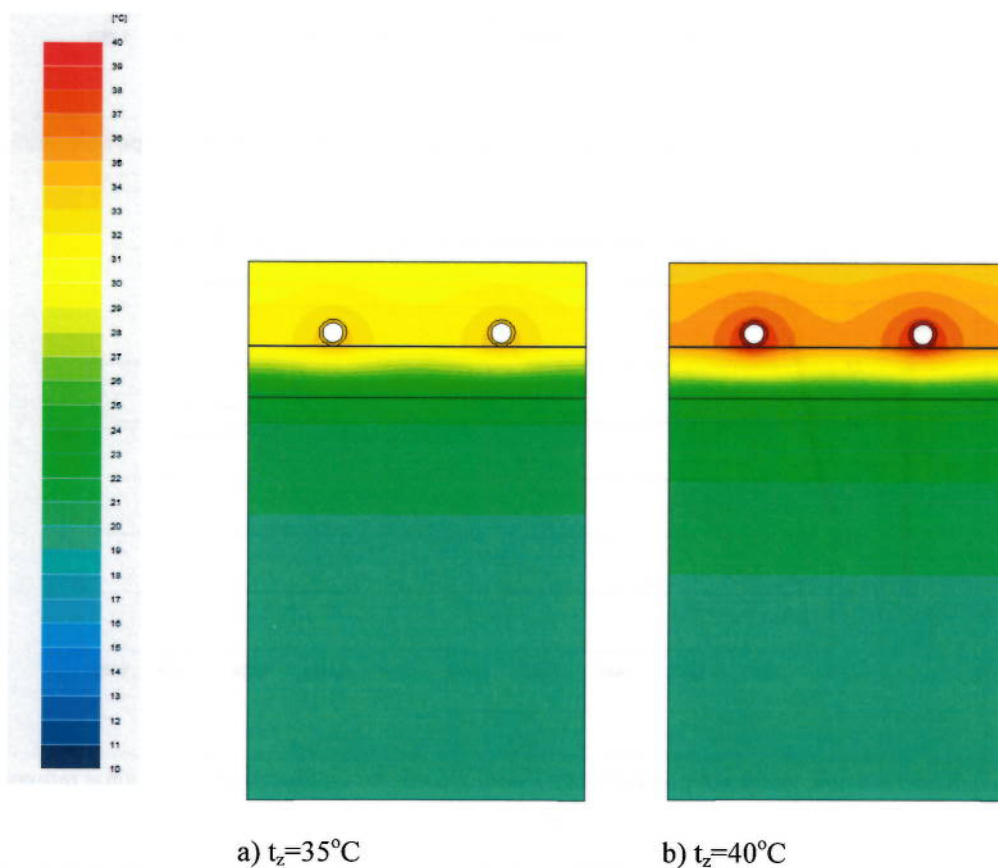
Czas osiągnięcia 10, 50, 90 % różnicy pomiędzy chwilą czasową τ_0 a τ_k przedstawiono w tabeli 1. Za τ_0 przyjmuje się czas rozpoczęcia wygrzewania grzejnika podłogowego odpowiadający wartości temperatury równej 12°C. Z kolei τ_k to czas stabilizacji temperatury podłogi. W przypadku 100% mówimy o czasie dojścia grzejnika podczas jego wygrzewania do stanu ustalonego, co jest równoważne chwili czasowej τ_k .



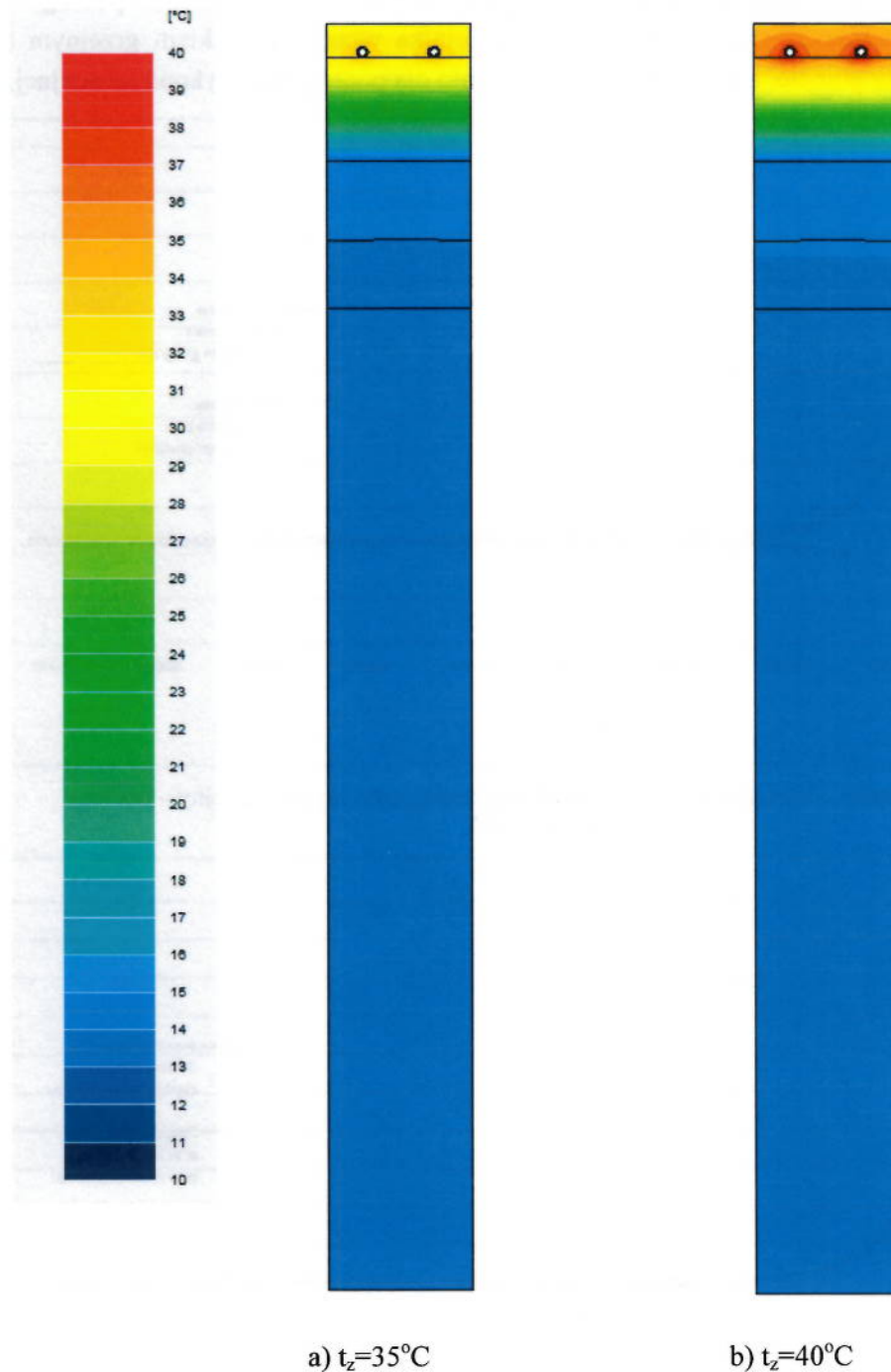
Tabela 1. Czas osiągnięcia 10, 50, 90 % różnicy pomiędzy chwilą czasową τ_0 a τ_k

Zakres temperatur	Podłoga międzykondygnacyjna		Podłoga na gruncie	
	$t_z=40^\circ\text{C}$	$t_z=35^\circ\text{C}$	$t_z=40^\circ\text{C}$	$t_z=35^\circ\text{C}$
10 %	0:10	0:10	0:10	0:10
50 %	0:10	0:10	0:10	0:10
90 %	1:20	1:20	1:20	1:25
100 %	4:25	4:25	4:10	4:15

Rozkład temperatury w przekroju podłogi międzykondygnacyjnej w stanie ustalonym dla dwóch temperatur zasilania przedstawiono na rys. 4, a w przekroju podłogi na gruncie na rys. 5.



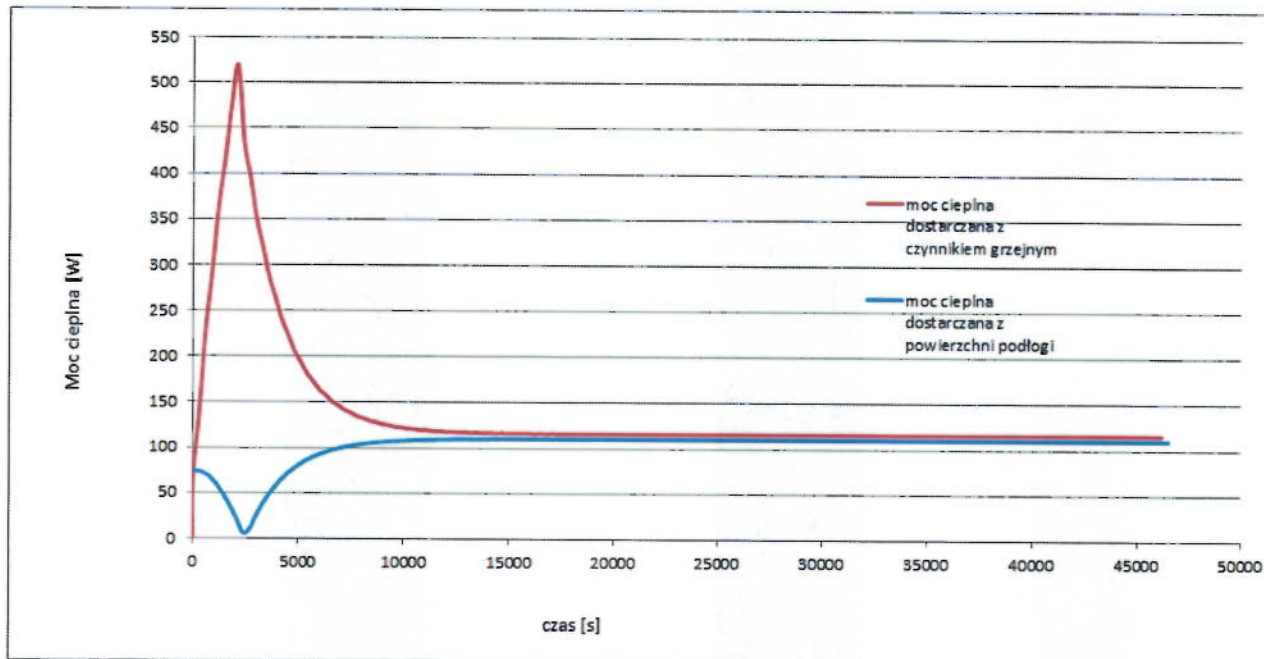
Rys. 4. Rozkład temperatury w przekroju podłogi międzykondygnacyjnej dla dwóch wariantów temperatury zasilania $t_z=35^\circ\text{C}$ oraz $t_z=40^\circ\text{C}$ – stan ustalony



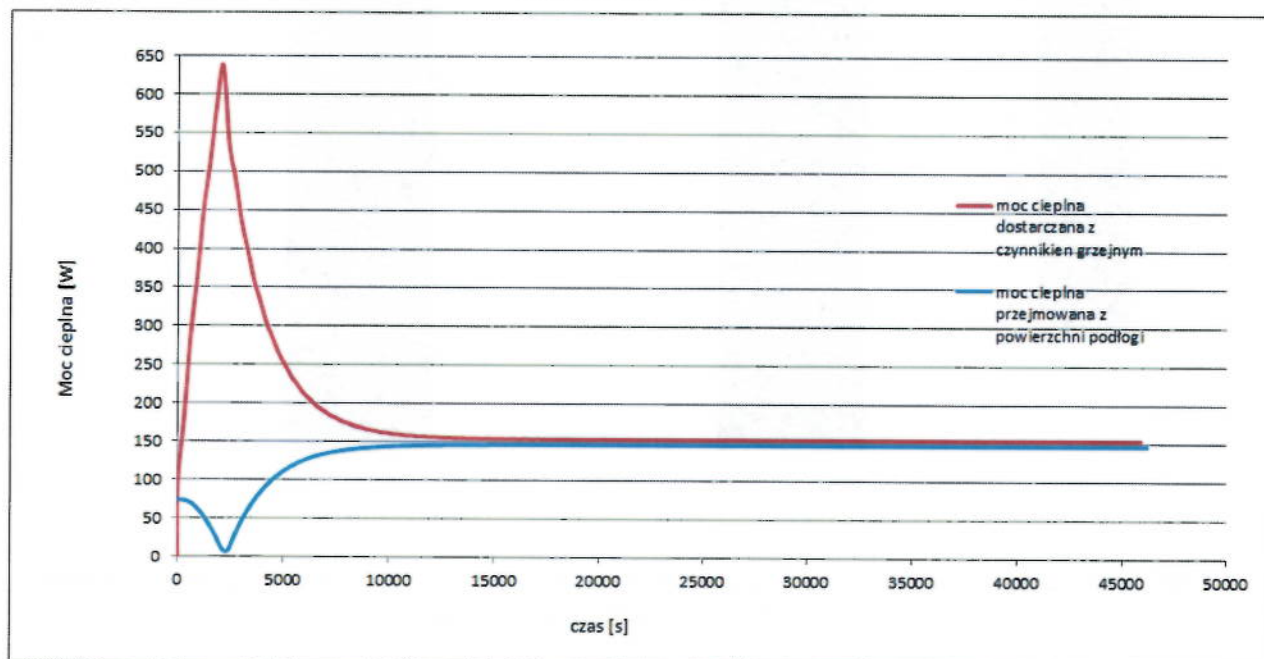
Rys. 5. Rozkład temperatury w przekroju podłogi na gruncie dla dwóch wariantów temperatury zasilania $t_z=35^{\circ}\text{C}$ oraz $t_z=40^{\circ}\text{C}$ – stan ustalony



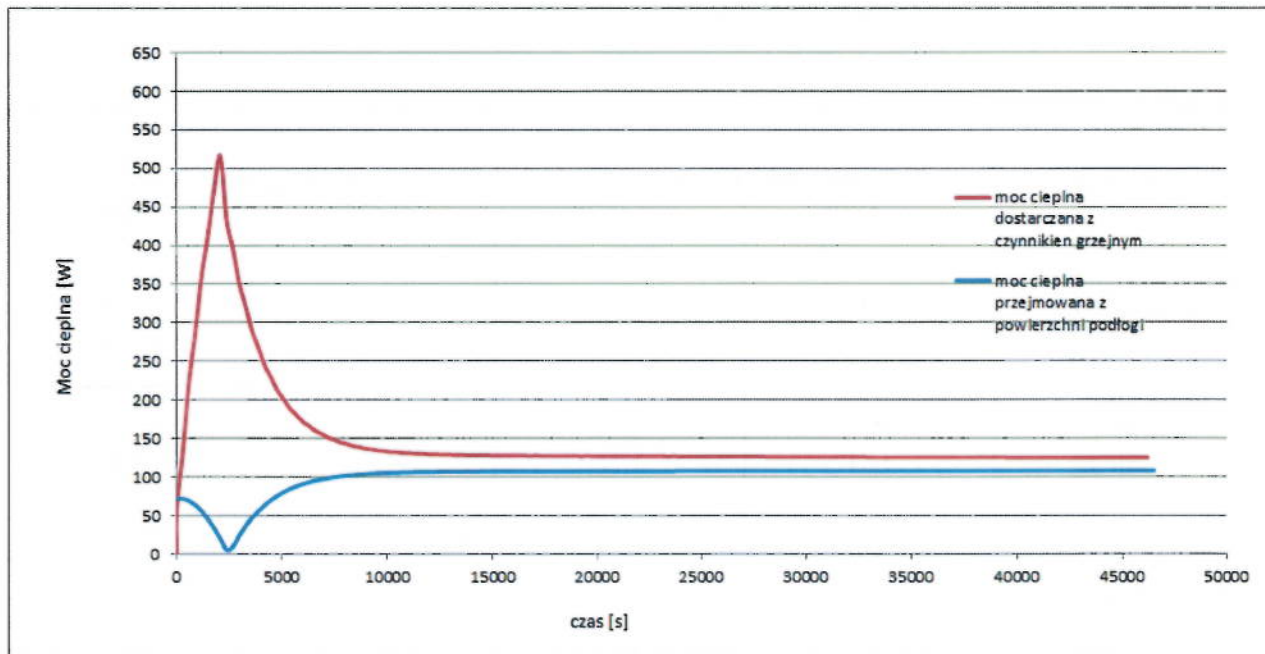
Rysunki 6, 7 przedstawiają zmiany w czasie mocy cieplnej oddawanej przez grzejnik podłogowy do pomieszczenia (linia niebieska) oraz dostarczonej do grzejnika wraz z czynnikiem grzejnym (linia czerwona) dla podłogi na gruncie, a na rys. 8 i 9 odpowiednio dla podłogi międzykondygnacyjnej.



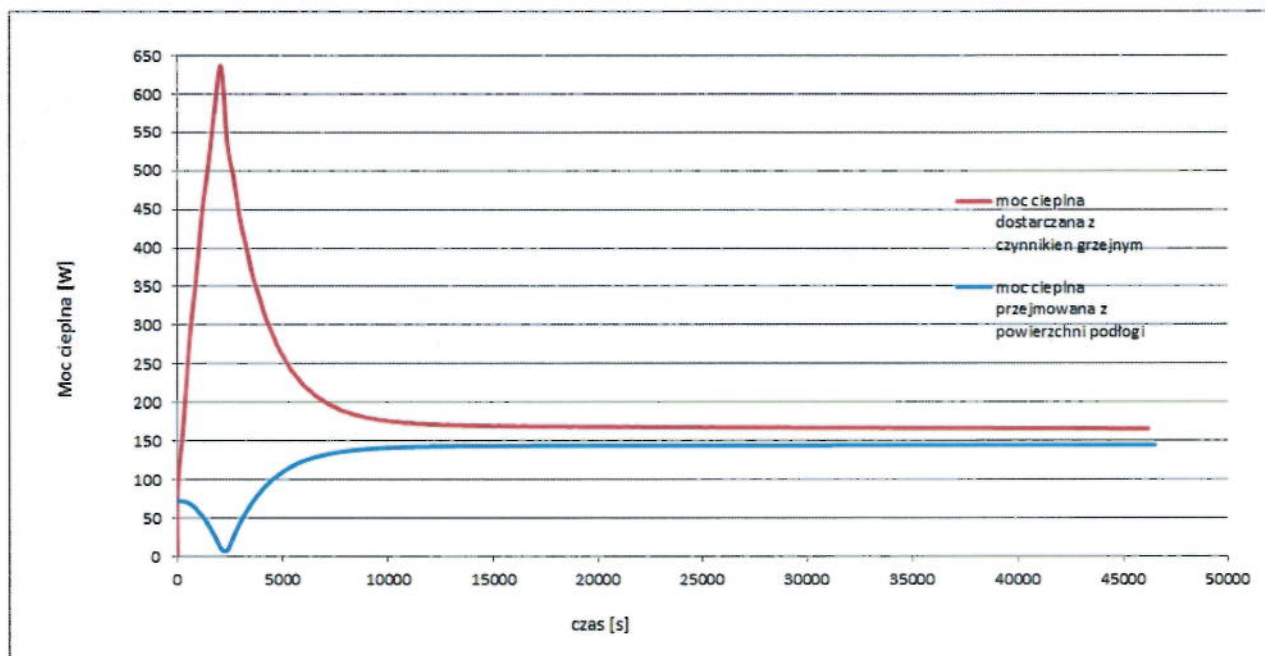
Rys. 6. Moc cieplna oddawana przez grzejnik i dostarczana przez czynnik grzejnny – podłoga na gruncie $t_z = 35^\circ\text{C}$



Rys. 7. Moc cieplna oddawana przez grzejnik i dostarczana przez czynnik grzejnny – podłoga na gruncie $t_z = 40^\circ\text{C}$



Rys. 8. Moc cieplna oddawana przez grzejnik i dostarczana przez czynnik grzewczy – podłoga międzykondygnacyjna $t_z = 35^\circ\text{C}$



Rys. 9. Moc cieplna oddawana przez grzejnik i dostarczana przez czynnik grzewczy – podłoga międzykondygnacyjna $t_z = 40^\circ\text{C}$

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie zużycia energii dla poszczególnych wariantów ogrzewania w badanym okresie czasu równym 13 godzin.


Tabela 2. Zestawienie energii dostarczanej do instalacji oraz oddawanej do pomieszczenia w badanym okresie czasu -13 godzin


Ilość energii	Podłoga międzykondygnacyjna		Podłoga na gruncie	
	$t_z=35^{\circ}\text{C}$	$t_z=40^{\circ}\text{C}$	$t_z=35^{\circ}\text{C}$	$t_z=40^{\circ}\text{C}$
dostarczonej do grzejnika podłogowego [kWh/m ²]	1,92	2,51	1,83	2,35
wyemitowanej z powierzchni grzejnika [kWh/m ²]	1,31	1,73	1,33	1,91

4. Podsumowanie

- Pominięcie wierzchniej warstwy wykończeniowej podłogi rzutuje na uzyskane temperatury na powierzchni podłogi grzewczej oraz na moc cieplną oddawaną do pomieszczenia. Ze względu na brak dodatkowego oporu cieplnego (warstwa wykończeniowa - posadzka) uzyskana temperatura na powierzchni podłogi oraz moc cieplna oddawana przez podłogę do pomieszczenia są wyższe aniżeli w przypadku podłogi z warstwą wykończeniową.
- W tabeli 2 przedstawiono czas osiągnięcia stanu ustalonego dla poszczególnych rodzajów podłóg grzewczych, średni czas wynosi 4:15. Zmiana temperatury zasilania z 40°C na 35°C nie odgrywa tutaj znaczącej roli, tak samo jak rodzaj umiejscowienia grzejnika podłogowego (strop międzykondygnacyjny, podłoga na gruncie).
- Z przedstawiony w tabeli 3 zużycie energii wynika, że z dostarczonej do układu energii ok. 68% zostaje wyemitowana do pomieszczenia w przypadku podłogi międzykondygnacyjnej, a w przypadku podłogi na gruncie wartość ta jest większa i wynosi 73%.

Opracowała:


 dr inż. Dobrosława Kaczorek

Kierownik Zakładu
 Fizyki Ciepłej, Instalacji Sanitarnych i Środowiska

 dr inż. Robert Geryło