

# **Optymalizacja izolacji cieplnej podłogi na gruncie pod dużą halą przemysłową**

**Agnieszka Rajek**

**Promotor: dr inż. Andrzej Górka**

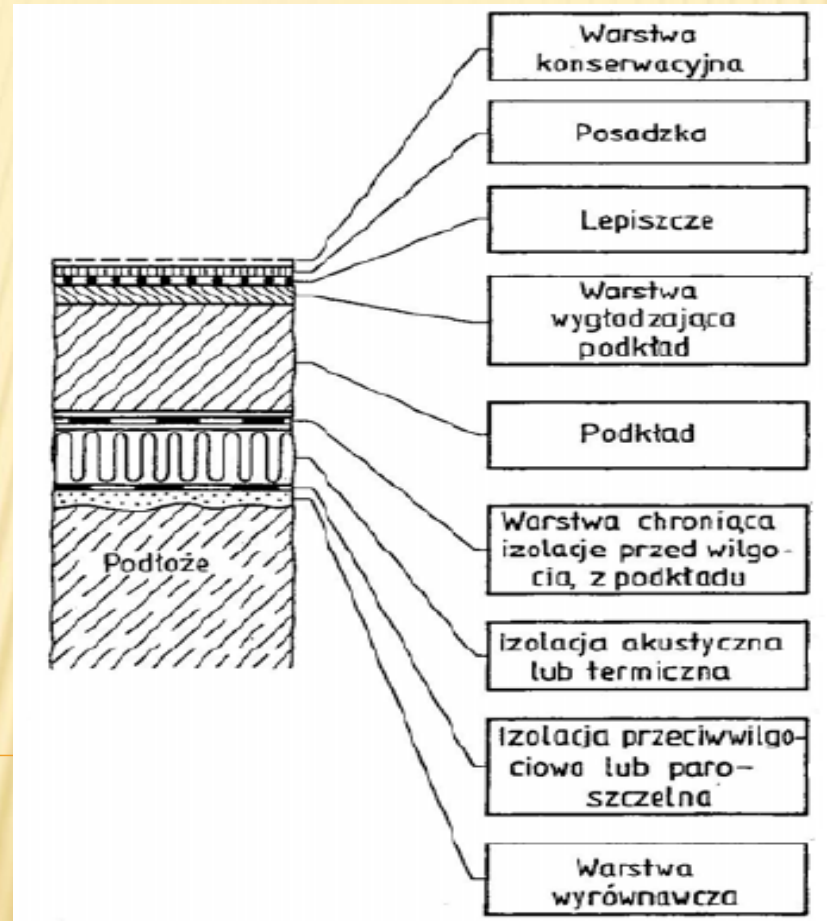
---

## **Zakres pracy :**

- 1. Przegląd technologii wykonywania podłóg w halach przemysłowych**
  - 2. Analiza wymagań, norm i wytycznych dotyczących analizowanego zagadnienia**
  - 3. Model numeryczny budynku stykającego się z gruntem**
  - 4. Analiza wpływu izolacji podłogi na projektowane obciążenie cieplne i na roczne zużycie energii do ogrzewania**
  - 5. Podsumowanie**
-

# 1. Przegląd technologii wykonywania podłóg w halach przemysłowych

- budowa podłogi :



Rys.1. Schemat podłogi wielowarstwowej [5].

- **posadzka** to warstwa podłogi przemysłowej która ulega degradacji. Aby zaprojektować funkcjonalną posadzkę przemysłową, należy uwzględnić:
  - obciążenie mechaniczne dynamiczne i statyczne
  - obciążenie chemiczne występujące w fazie produkcji,
  - odporność na ścieranie i uderzenia,
  - estetyka,
  - faktura powierzchni (gładka, fakturowana),
  - bezpieczeństwo (antypoślizgowość, izolacyjność prądowa, palność),
  - konserwacja (łatwość czyszczenia, łatwość napraw).



Rys.2. Wykonanie posadzki betonowej [24].

## Rodzaje posadzek :

- betonowe,
- mineralne,
- żywiczne,
- epoksydowe,
- chemiczne,
- wykładzinowe,
- ceramiczne.



Rys.3. Posadzka żywiczna [23]

## 2. Analiza wymagań, norm i wytycznych dotyczących analizowanego zagadnienia :

### a) wytyczne :

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12.04.2002r. (Dz.U. nr 75 poz. 690 wraz z późniejszymi zmianami) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

### b) normy :

- PN-EN ISO 13370:2001 - *Właściwości cieplne budynków-Wymiana ciepła przez grunt - Metody obliczania*
- PN-EN ISO 21831:2006 - *Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*
- PN-EN ISO 10211:2008 - – *Mostki cieplne w budynkach.*

# Porównanie wyników obliczeń współczynnika przenikania ciepła przez podłogę na gruncie:

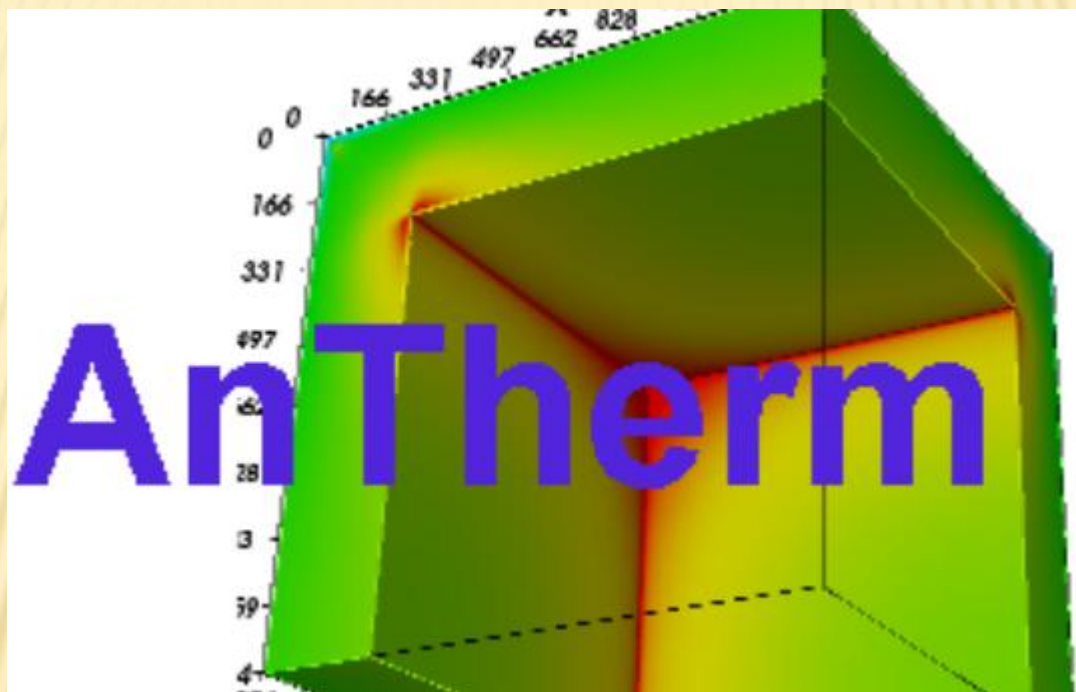
- Tabela 2. Całkowity opór cieplny i współczynnik przenikania PN-EN ISO 12831:2006

Wyszczególnienie	Grubość ścian zewnętrznych w [m]	Współczynnik przewodności cieplnej gruntu $\lambda_g$ [W/mK]	Opór cieplny podłogi $R_f$ [m <sup>2</sup> K/W]	Grubość równoważna podłogi $d_t$ [m]	Człon korekcyjny z uwagi na izolację krawędziową [W/mK]	Wartość $U_0$ [W/m <sup>2</sup> K]
Podłoga bez izolacji	0,3	0,7	0,12	0,53		<b>0,29</b>
Podłoga - izolacja 5cm	0,3	0,7	1,31	1,36		<b>0,21</b>
Podłoga - izolacja 20cm	0,3	0,7	4,88	3,86		<b>0,098</b>
Podłoga - izolacja obwodowa 1m - 10cm	0,3	0,7	0,12	0,53	-0,28	<b>0,28</b>

- Tabela 3. Całkowity opór cieplny i współczynnik przenikania PN-EN ISO 13370:2001

Wyszczególnienie	Grubość warstwy d [m]	Współczynnik przewodności $\lambda$ [W/mK]	Opór cieplny $R_f$ [m <sup>2</sup> K/W]	Współczynnik przenikania $U_{podłogi}$ [W/m <sup>2</sup> K]	Wartość $U_{equiv,bf}$ [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Podłoga bez izolacji</b>					
Posadzka betonowa	0,2	1,7	0,12		<b>0,19</b>
			<b>0,12</b>	<b>3,48</b>	
<b>Podłoga - izolacja 5 cm</b>					
Posadzka betonowa	0,2	1,7	0,12		<b>0,15</b>
Styropian	0,05	0,042	1,19		
			<b>1,31</b>	<b>0,68</b>	
<b>Podłoga - izolacja 20 cm</b>					
Posadzka betonowa	0,2	1,7	0,12		<b>0,09</b>
Styropian	0,2	0,042	4,76		
			<b>4,88</b>	<b>0,2</b>	

## Model numeryczny 1 :



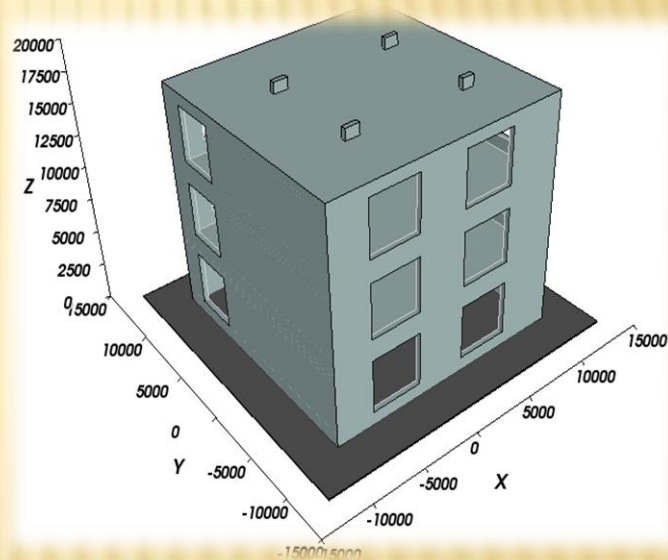
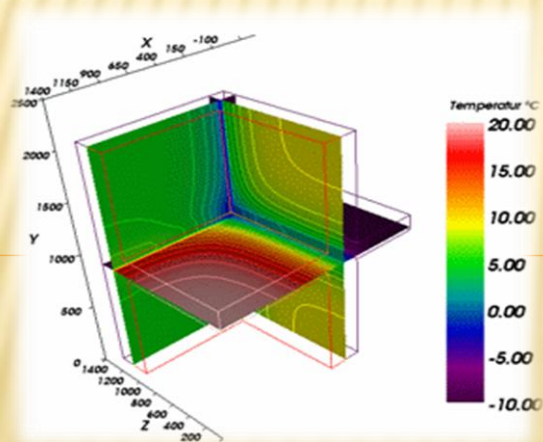
[www.kornicki.com/antherm/PL](http://www.kornicki.com/antherm/PL)

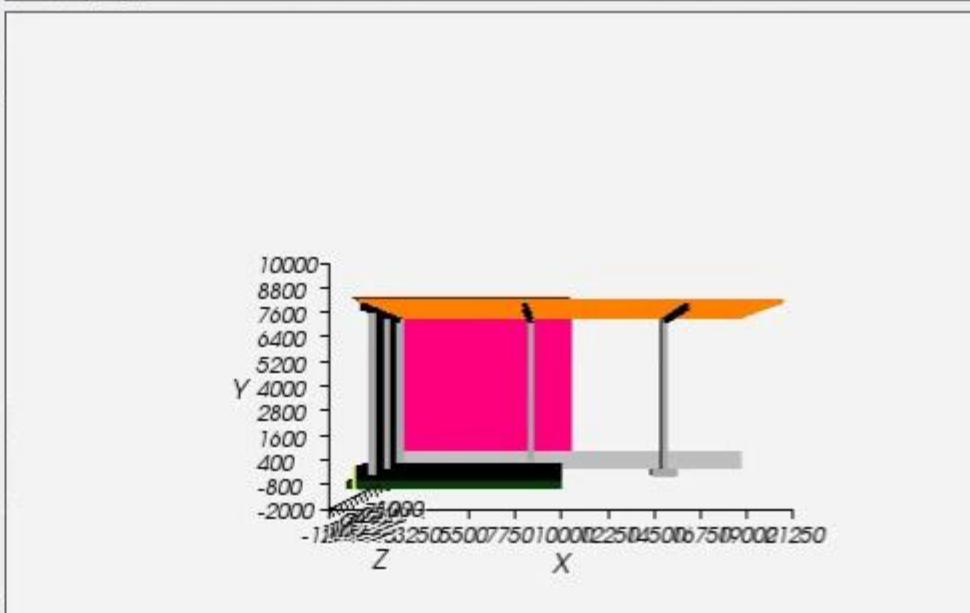
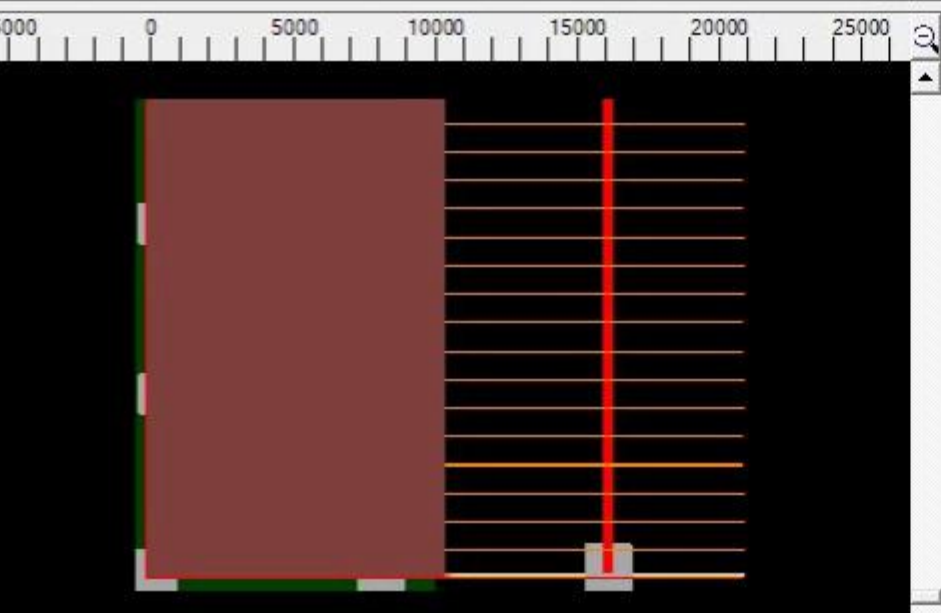
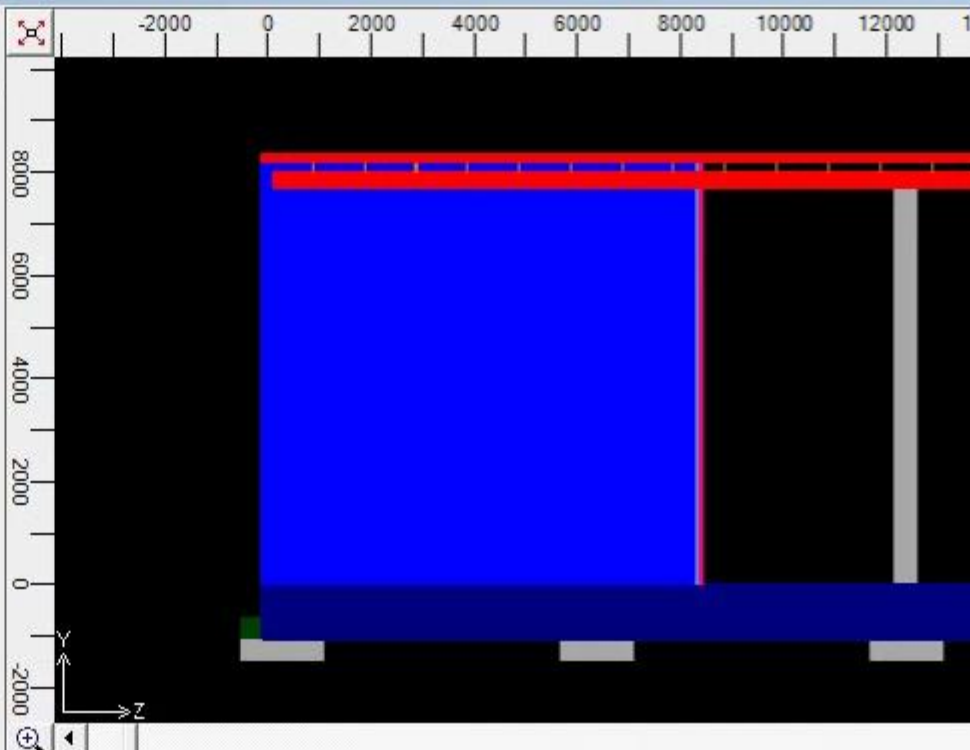
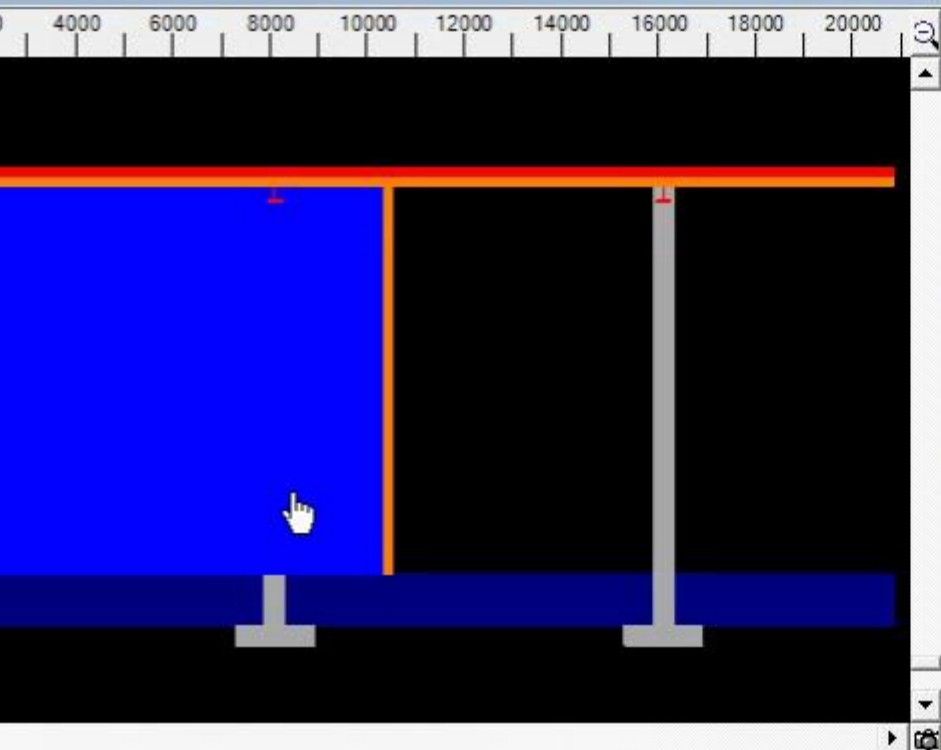


## Cechy programu:

W pełni zautomatyzowane prowadzenie obliczeń dla:

- konstrukcji w kontakcie z masa gruntu,
- uzbrojonej konstrukcji,
- detali ram i konstrukcji okien,
- konstrukcji stalowych, itd.





# Uproszczony model hali:

Model obejmuje:

a) posadzka

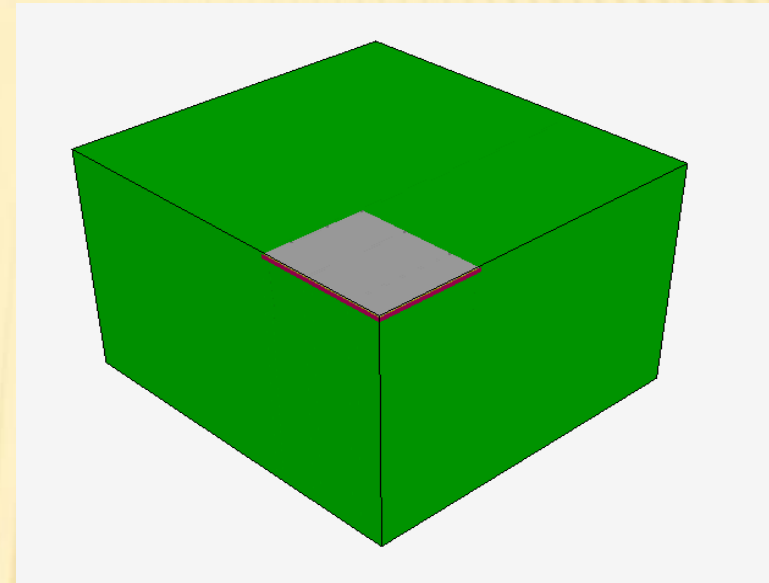
- długość – 50 m
- szerokość – 50 m
- głębokość – 0,2 m

b) izolacja termiczna

- długość – 50 m
- szerokość – 50 m
- głębokość – 0,05m, 0,2 m

c) grunt

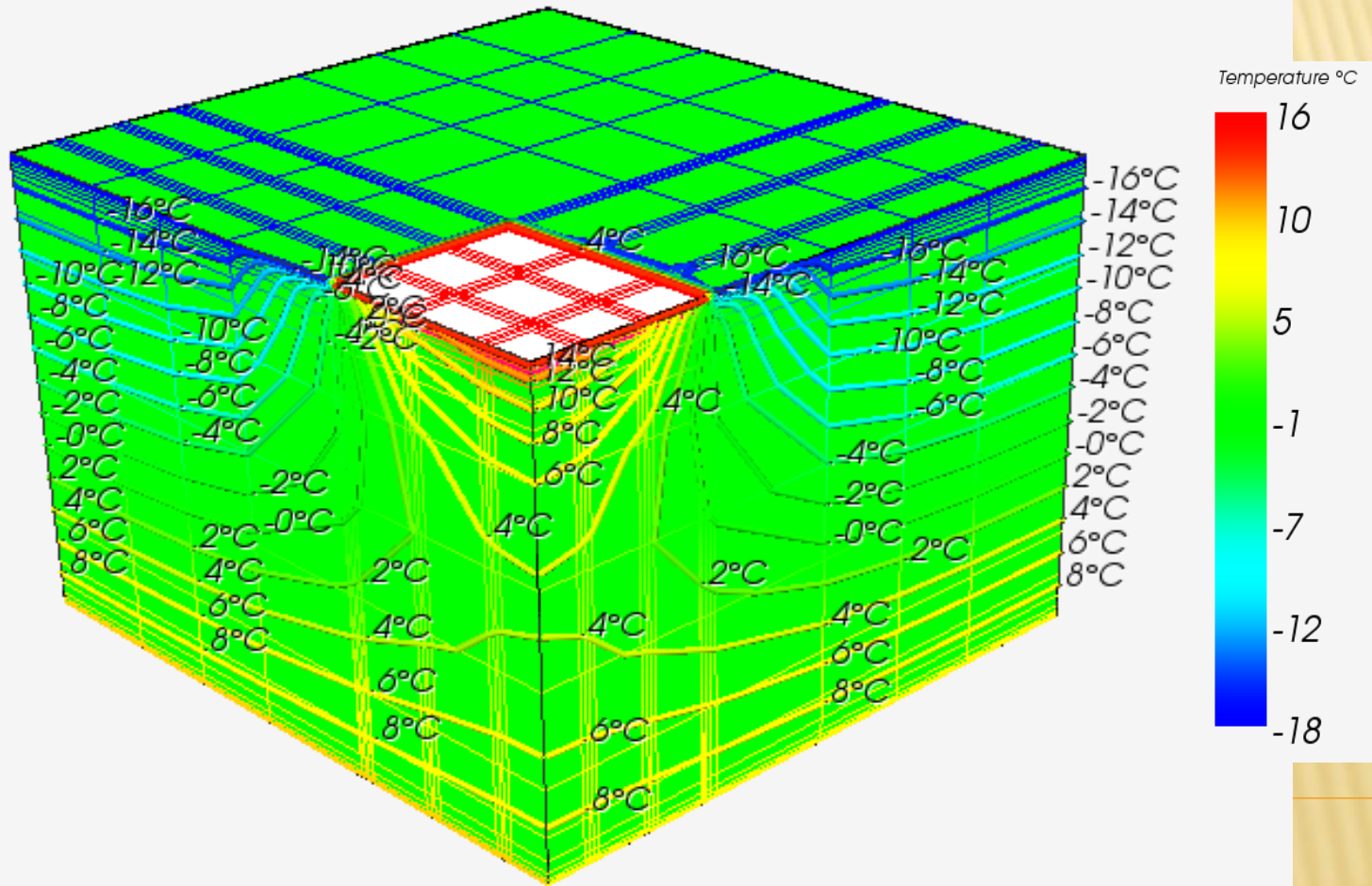
- długość – 175 m
- szerokość – 175 m
- głębokość – 0÷130 m



Tab.4.Zestawienie parametrów materiałów wchodzących w skład modelu.

	$\lambda$	$\rho$	$c_p$	$d$
	[W/mK]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[J/kgK]	[m]
posadzka betonowa	1,7	2400	840	0,2
styropian	0,042	40	1460	0,1
grunt (glina piaszczysta)	0,7	1800	840	130
<b>Temperatura [°C]</b>				
wewnątrz hali	16			
powietrze zewnętrzne	-18			
temperatura gruntu poniżej 130m od poziomu	10			

# Wyniki obliczeń:

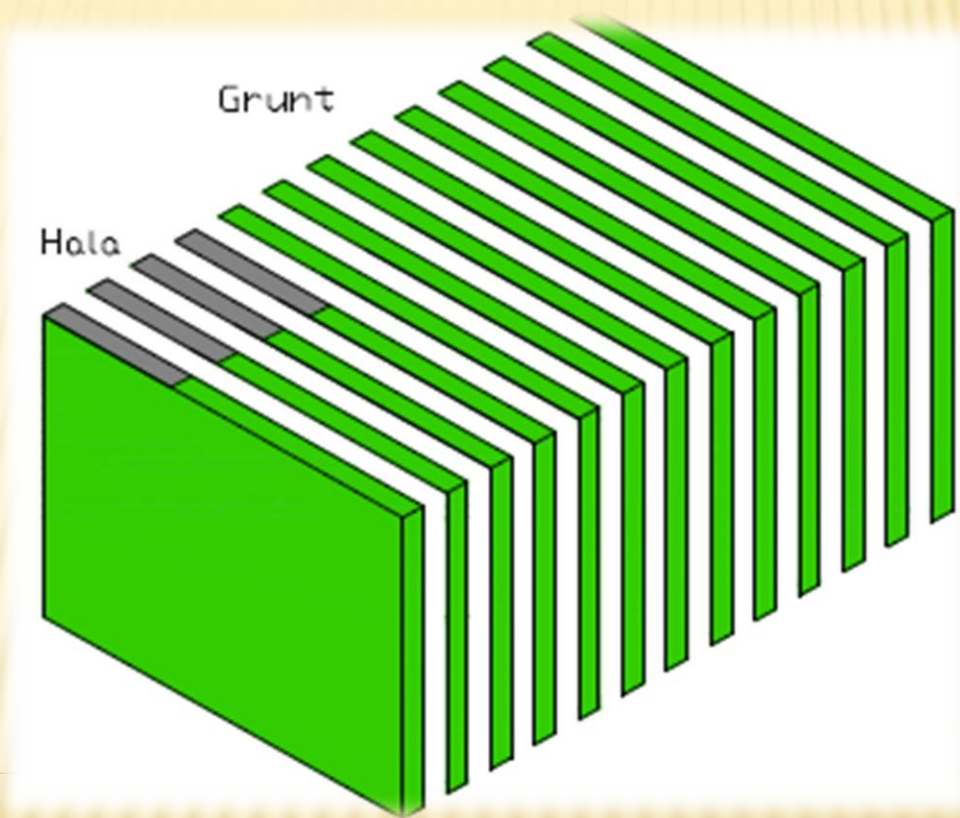


## Model numeryczny 2:



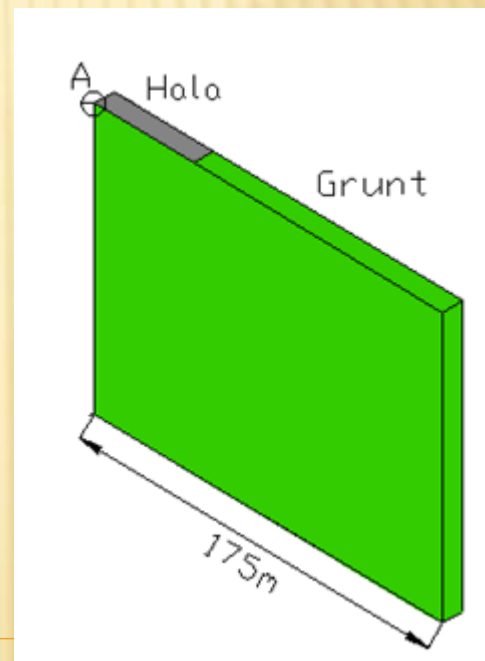
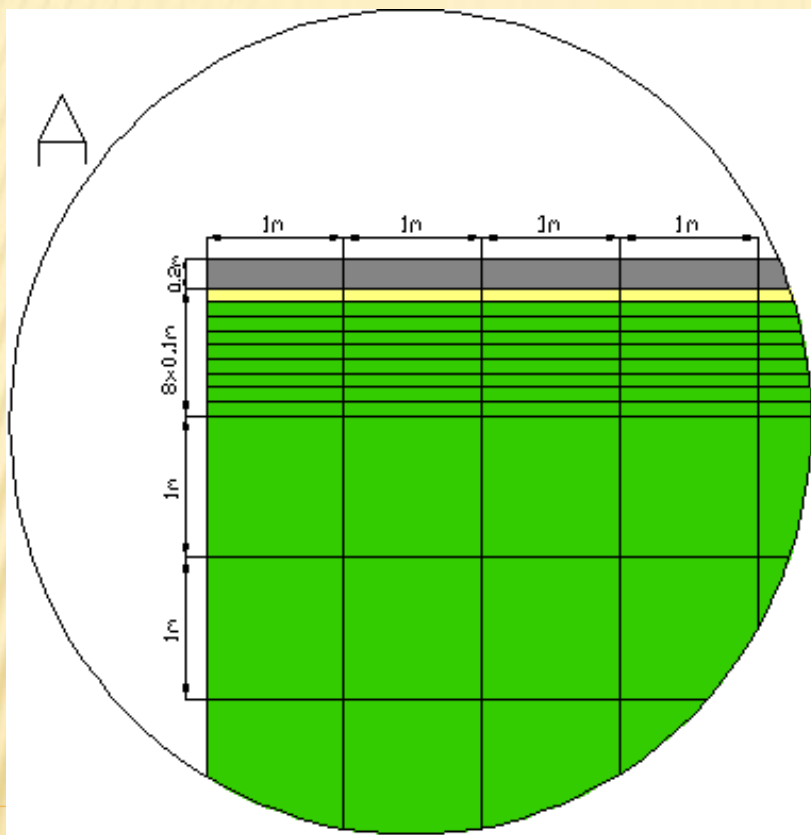
**Microsoft Excel**

## Podział podłogi hali wraz z otaczającym gruntem:



Rys.5. Podział podłogi w hali wraz z gruntem .

# Schemat budowy pojedynczego arkusza kalkulacyjnego:



Rys.6. Schemat pojedynczego arkusza kalkulacyjnego.

# Modelowanie przepływu ciepła:

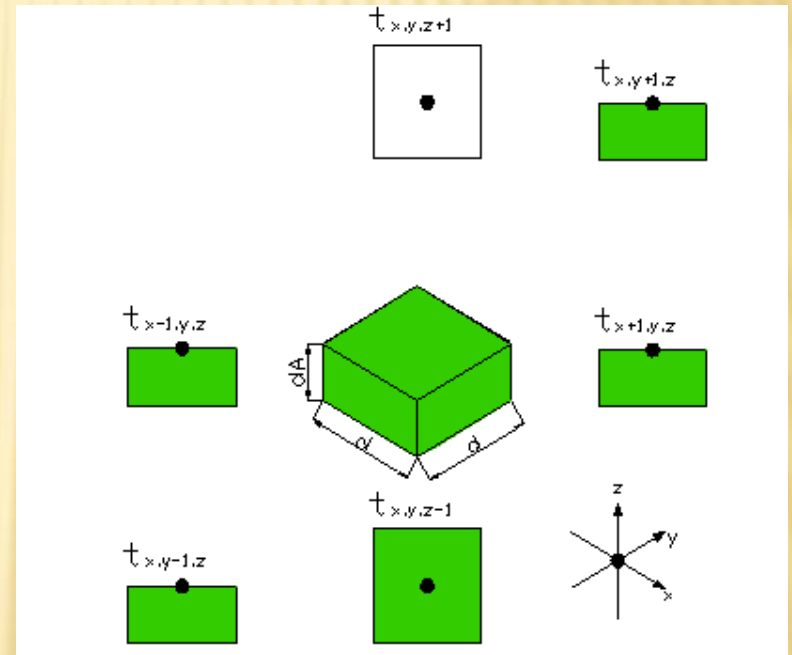
W tworzeniu modelu wykorzystano metodę bilansów elementarnych.

Element znajdujący się na styku gruntu z powietrzem zewnętrznym:

Zmienne

$$\Delta x = \Delta y = d;$$

$$\Delta z = 1/2dA$$



Rys.8. Schemat węzła znajdującego się na styku gruntu z powietrzem zewnętrznym.



**Ostatecznie :**

$$t'_{x,y,z} = t_{x,y,z} + \frac{2 \cdot \lambda_g}{\rho_g \cdot c_g \cdot dA} \cdot \frac{\Delta \tau}{d^2} \cdot \left( \frac{1}{2} dA \cdot (t_{x+1,y,z} + t_{x-1,y,z} + t_{x,y+1,z} + t_{x,y-1,z} - 4 \cdot t_{x,y,z}) \right) + \frac{d^2}{dA} \cdot (t_{x,y,z+1} - t_{x,y,z}) + d^2 \cdot (\alpha_w \cdot (t_e - t_{x,y,z}) + ITH1 - B1)$$

**gdzie:**

$$ITH1 = 0,85 * ITH [W/m^2]$$

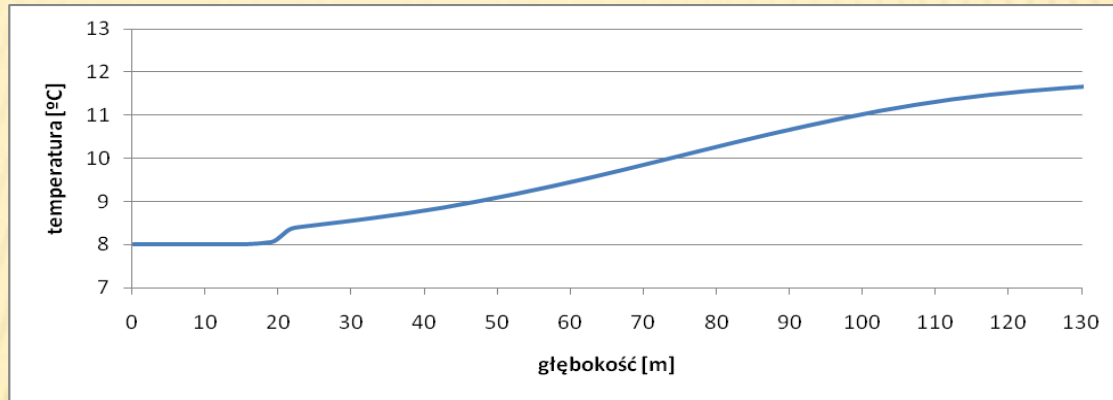
$$B1 = \sigma \cdot 0,9 \cdot \left( \left( \frac{Ts + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{TSKY + 273}{100} \right)^4 \right) \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Równania przybliżone dla powietrza:

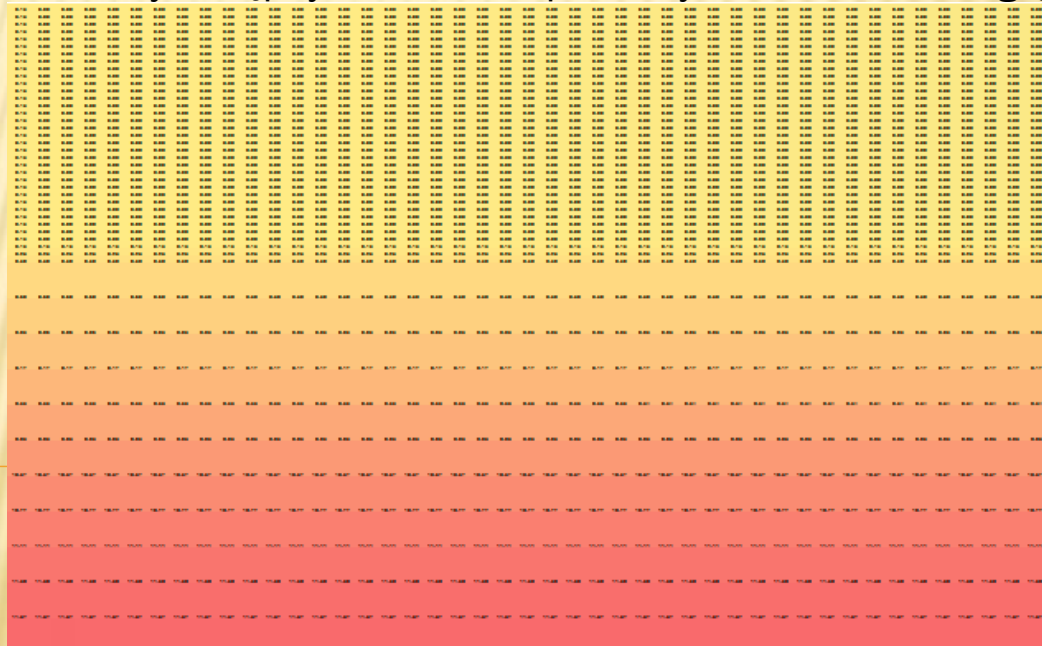
$$\alpha_w = 6,2 + 4,2 \cdot WS \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad \text{dla } WS \leq 5 \frac{m}{s}$$

$$\alpha_w = 7,15 \cdot WS^{0,78} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad \text{dla } WS > 5 \frac{m}{s}$$

# Model gruntu:

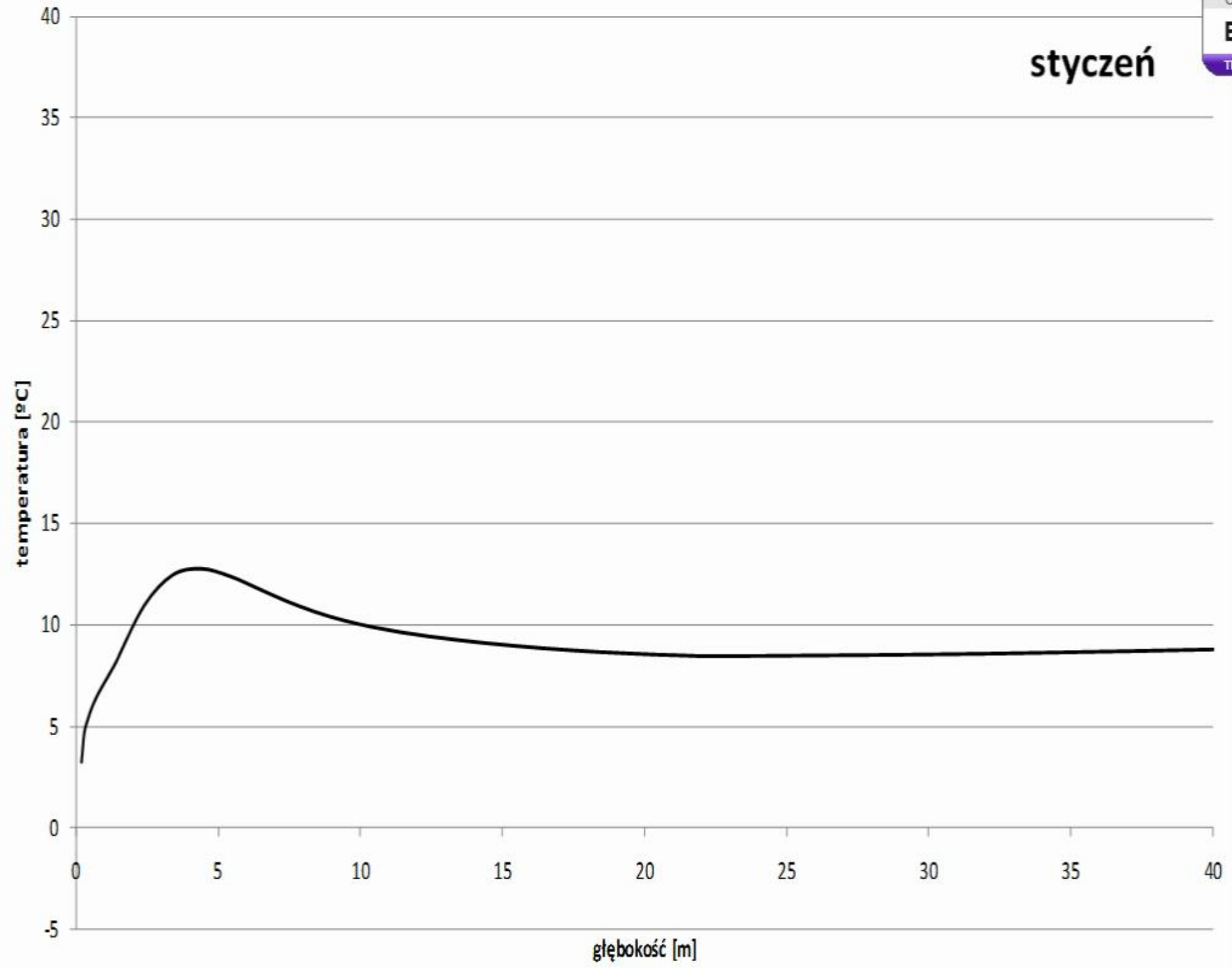


Rys.9. Narzucony wstępny rozkład temperatury w zależności od głębokości.



Rys.10. Fragment arkusza kalkulacyjnego przedstawiający rozkład temperatury ustalony w modelu.

styczeń



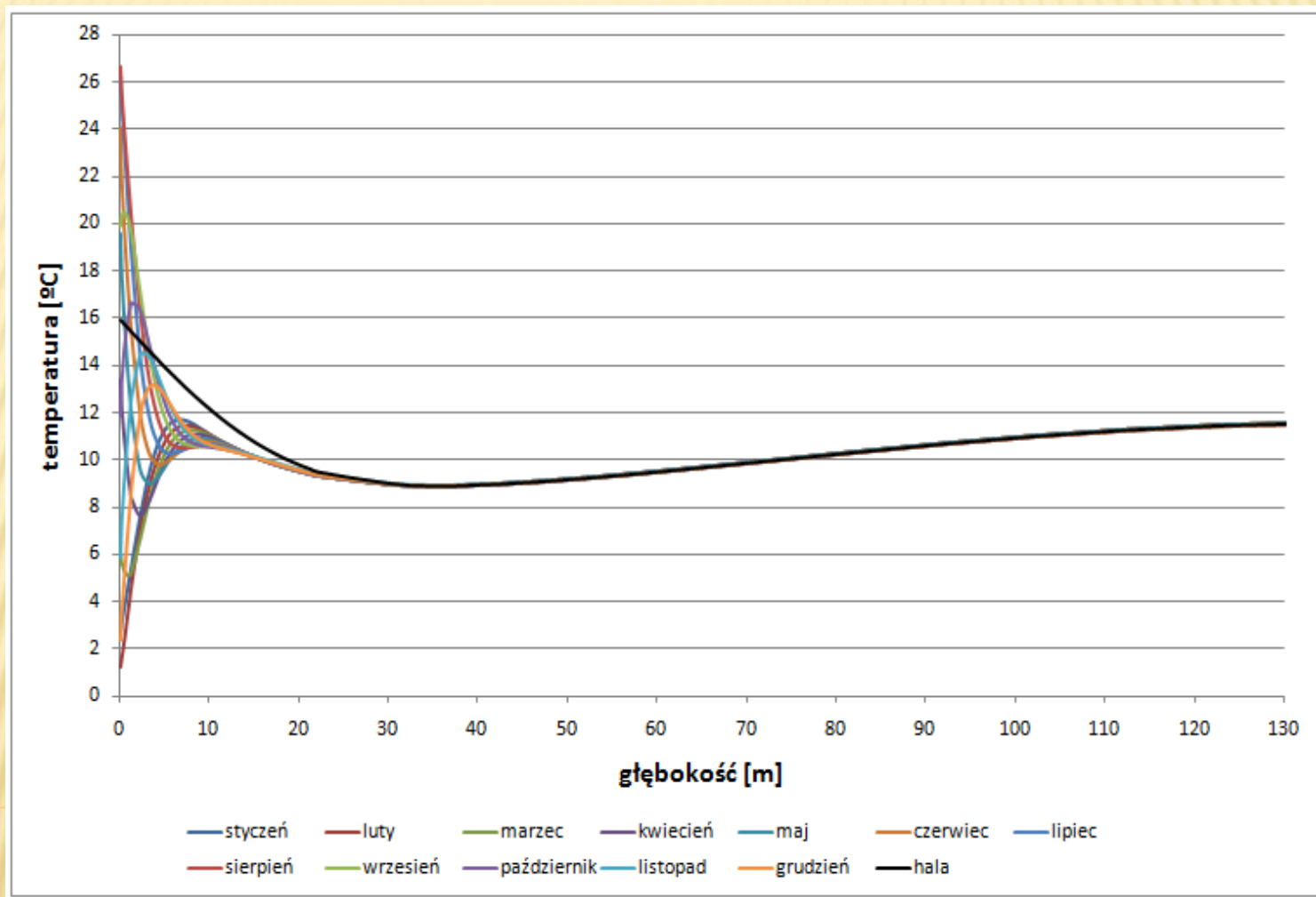
## Model zawierający podłogę na gruncie:

- a) hala bez izolacji cieplnej,
- b) izolacja cieplna o grubości 5cm,
- c) izolacja cieplna o grubości 20 cm,
- d) izolacja obwodowa o grubości 10 cm – pas szerokości 1 m po obwodzie hali.

Tab.5. Zestawienie parametrów materiałów wchodzących w skład modelu:

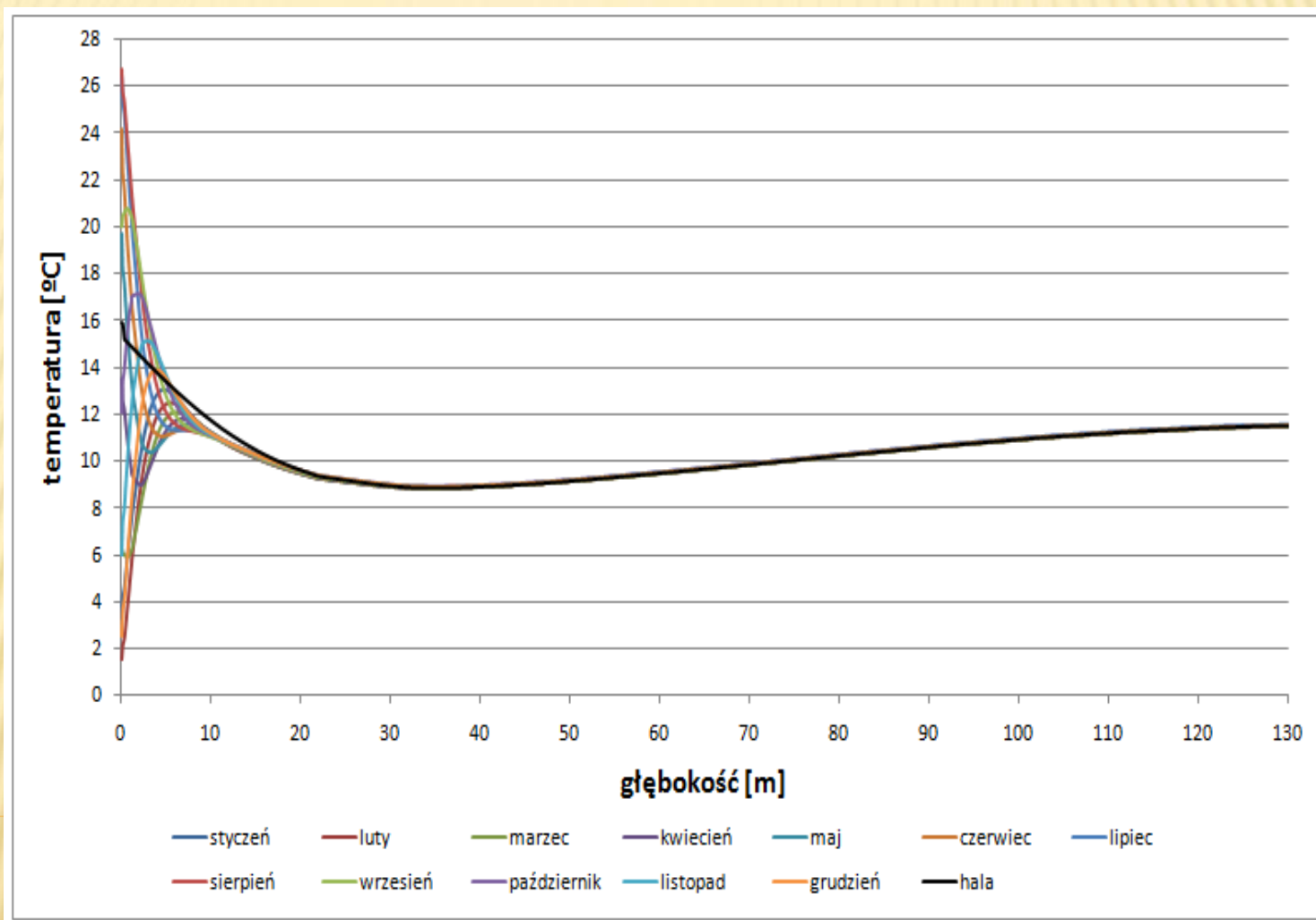
	$\lambda$	$\rho$	$c_p$	$d$
	[W/mK]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[J/kgK]	[m]
<b>posadzka betonowa</b>	1,7	2400	840	0,2
<b>styropian</b>	0,042	40	840	0,05÷0,2
<b>grunt (glina piaszczysta)</b>	0,7	1800	840	130
	<b>Temperatura [°C]</b>			
<b>wewnątrz hali</b>	16			

## Wyniki obliczeń – hala bez izolacja termicznej



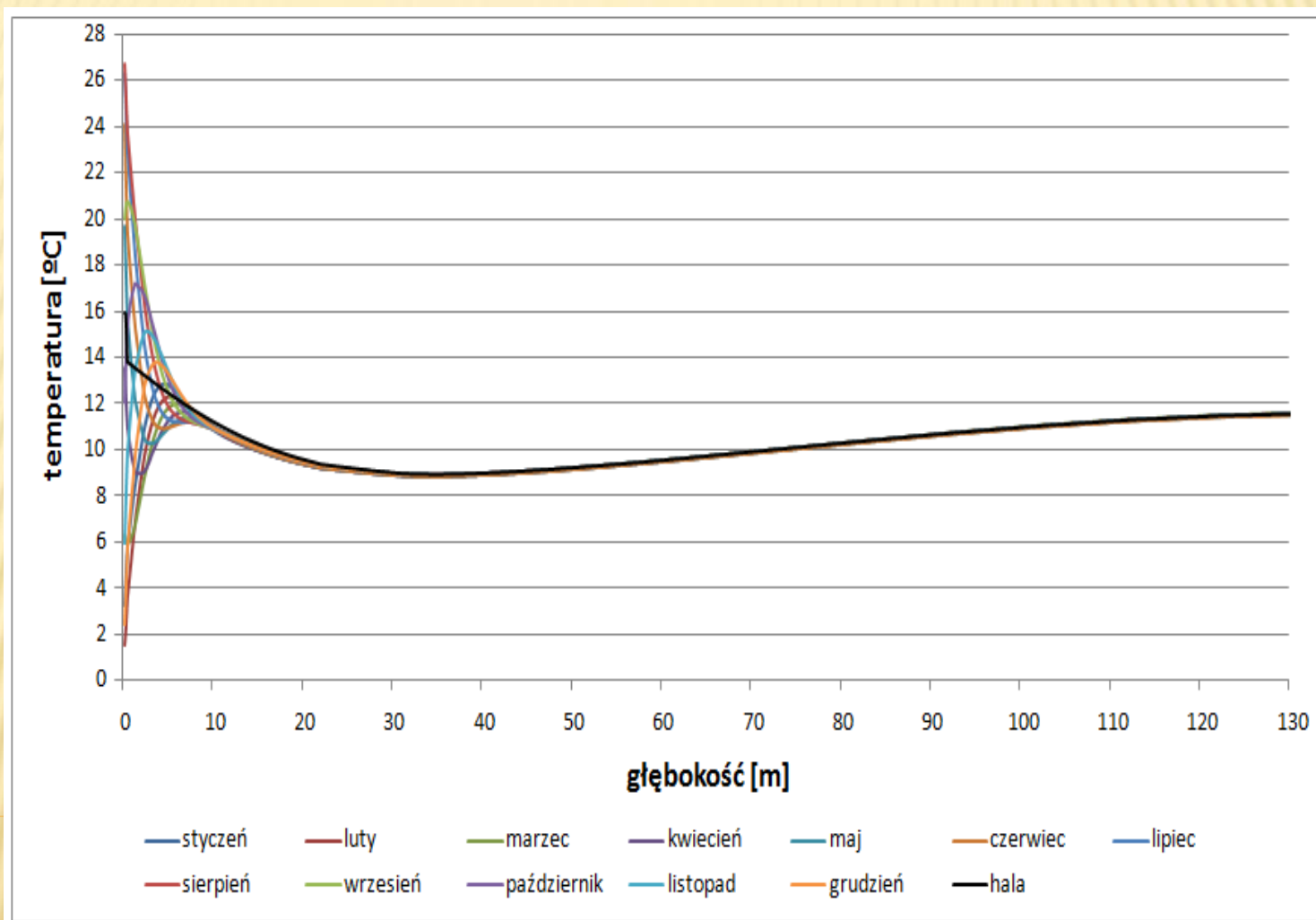
Rys. 13. Rozkład temperatury w gruncie zależny od głębokości pod halą przemysłową oraz poza nią dla 5 roku symulacji

## Wyniki obliczeń – izolacja termiczna 5 cm



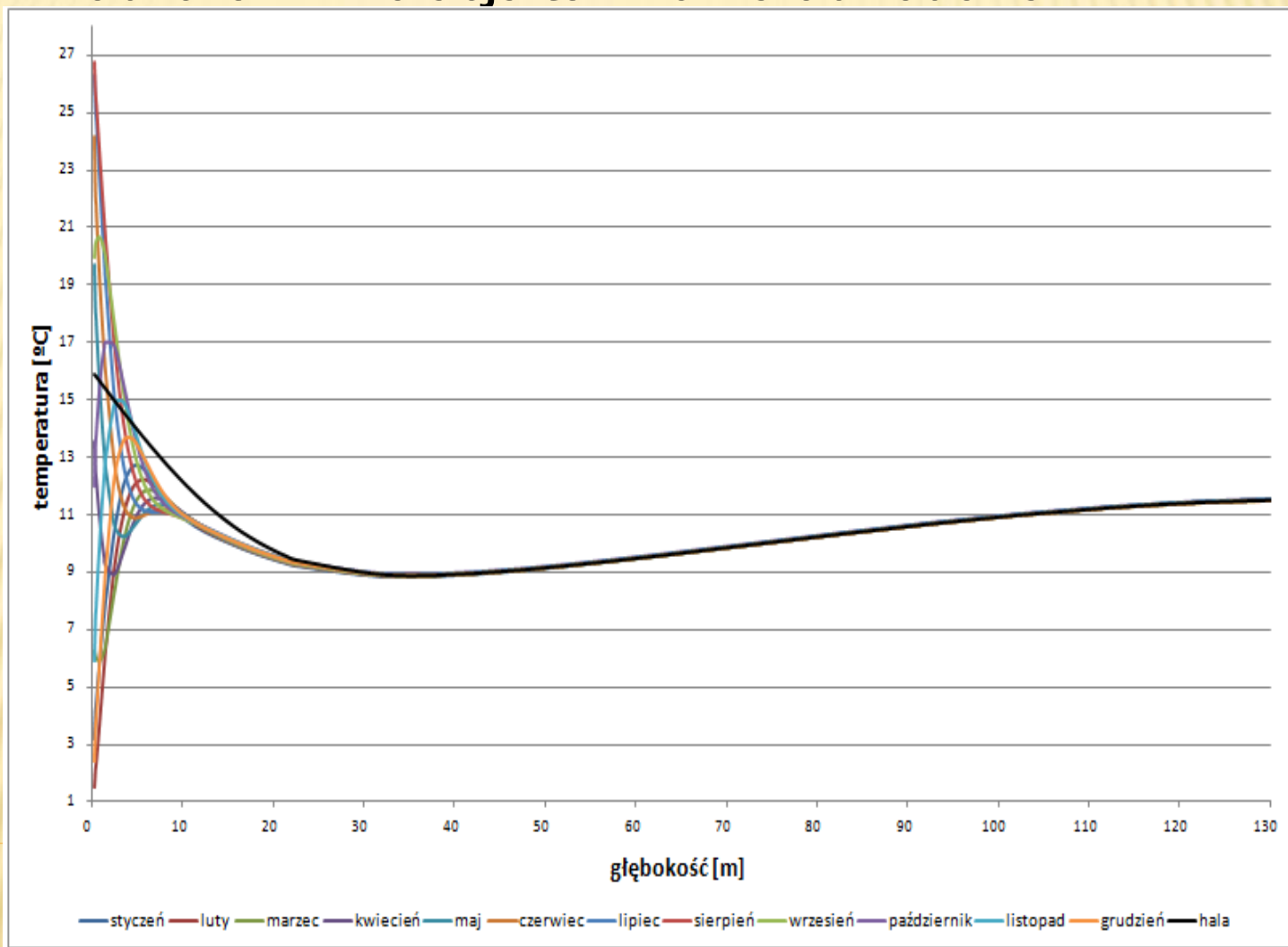
Rys. 13. Rozkład temperatury w gruncie zależny od głębokości pod halą przemysłową oraz poza nią dla 5 roku symulacji

## Wyniki obliczeń – izolacja termiczna 20 cm



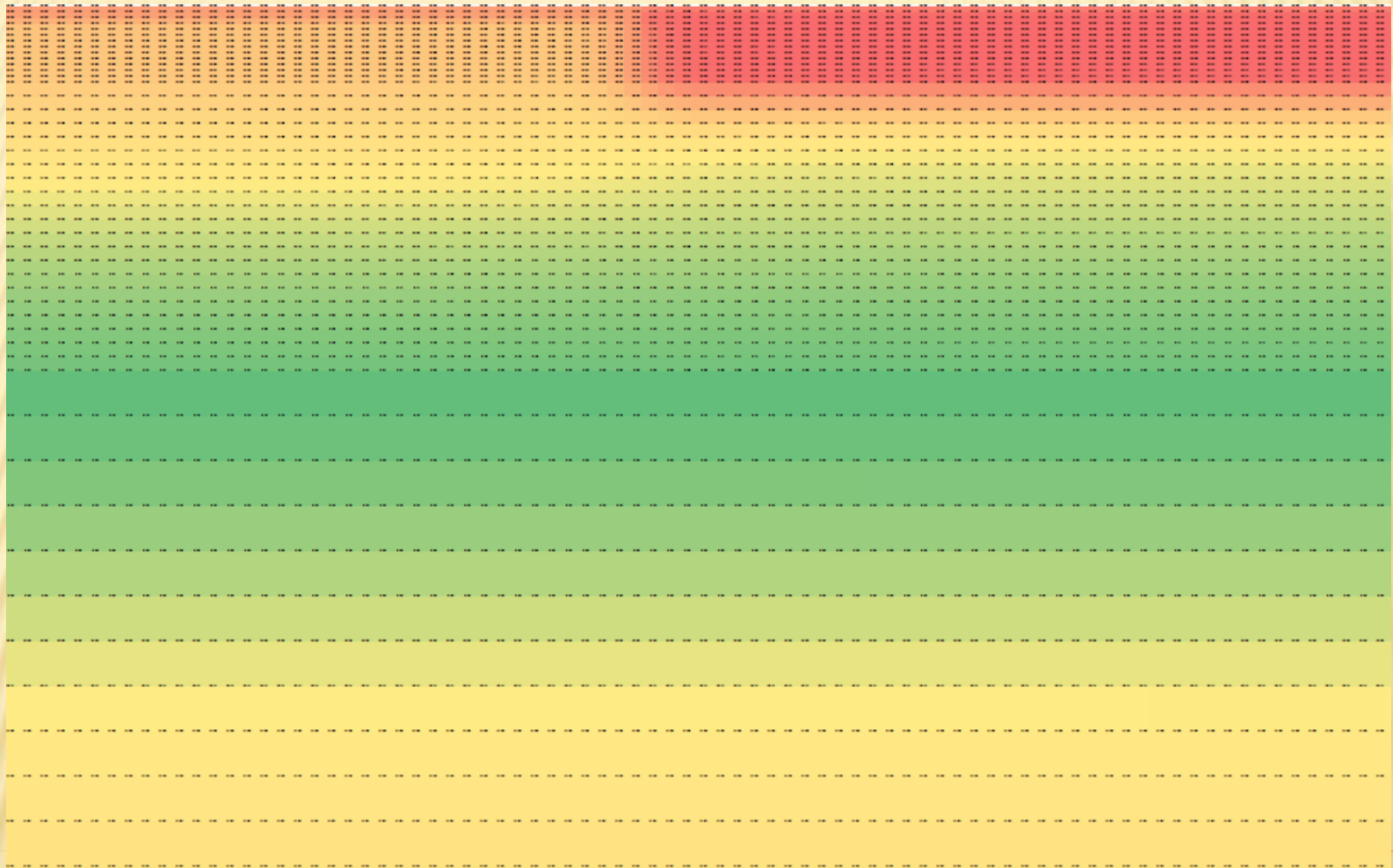
Rys. 14. Rozkład temperatury w gruncie zależny od głębokości pod halą przemysłową oraz poza nią dla 5 roku symulacji

## Wyniki obliczeń – izolacja termiczna obwodowa



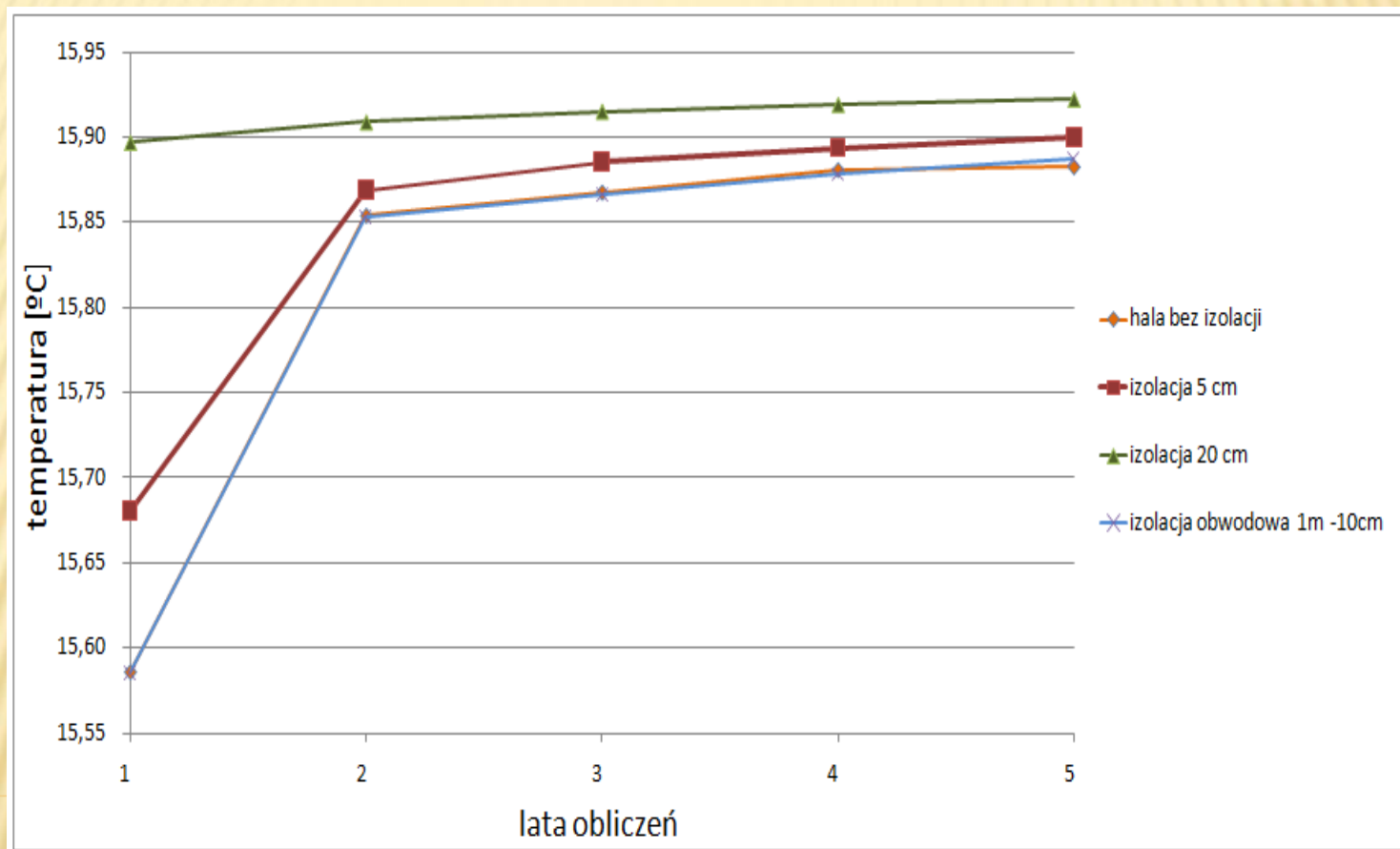
Rys. 15. Rozkład temperatury w gruncie zależny od głębokości pod halą przemysłową oraz poza nią dla 5 roku symulacji



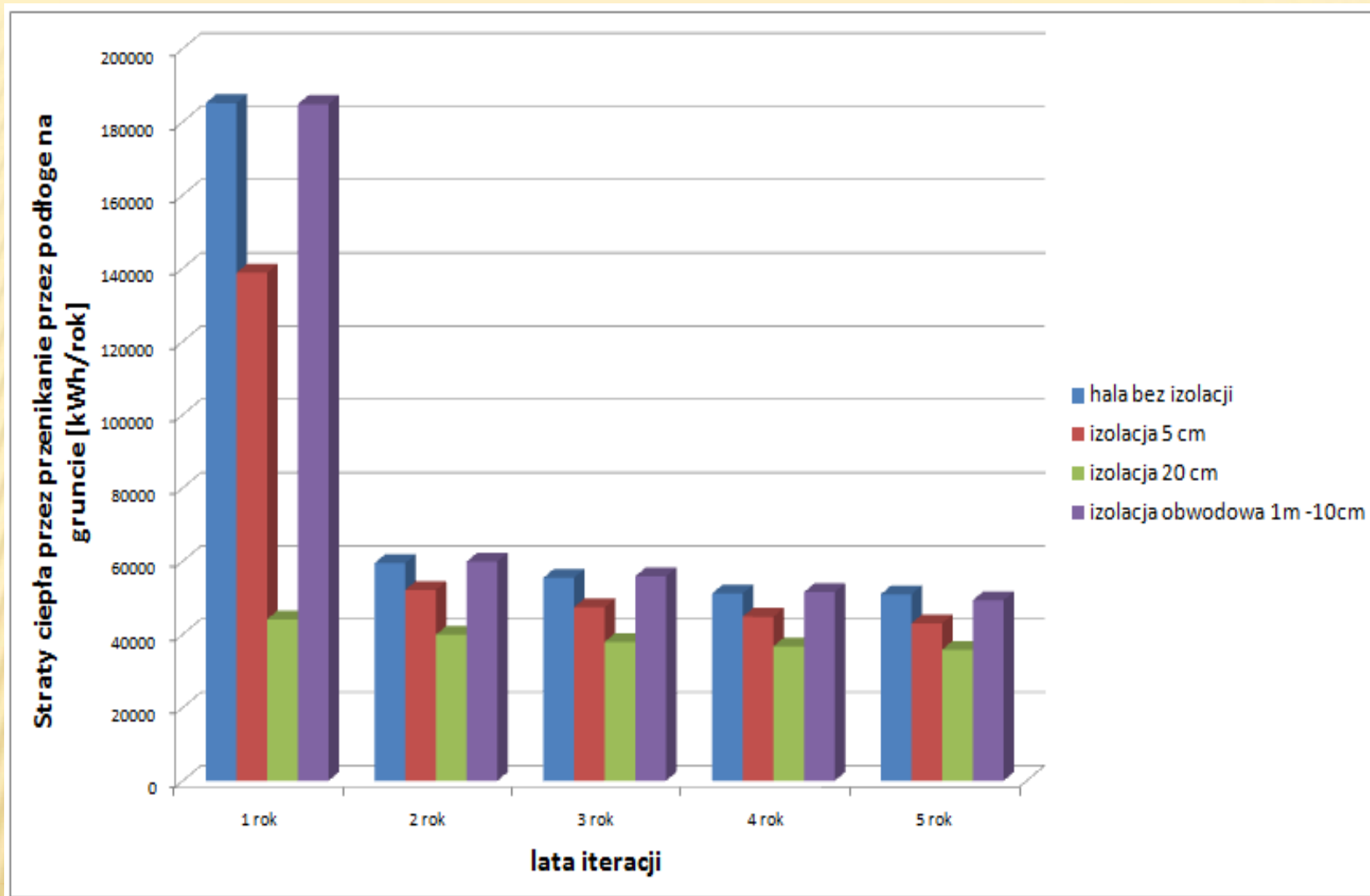


Rys .16. Fragment arkusza kalkulacyjnego przedstawiający rozkład temperatury w gruncie dla 24 września o godzinie 20<sup>00</sup> w 5 roku symulacji dla 20 cm izolacji cieplnej.

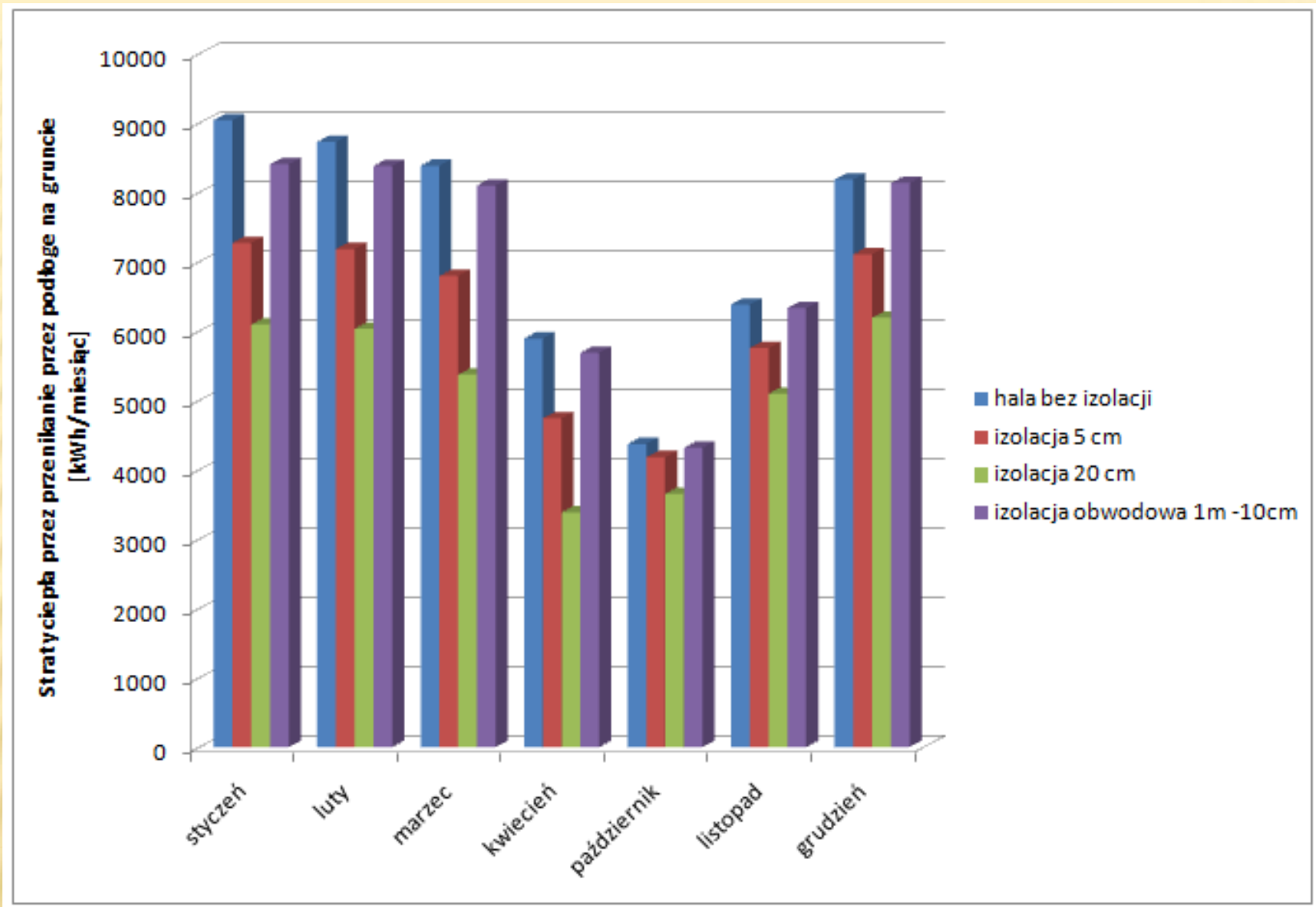
# Analiza wpływu izolacji podłogi na projektowe obciążenie cieplne i roczne zużycie energii do ogrzewania



Rys.17. Średnia temperatura posadzki w poszczególnych latach obliczeń.



Rys.18. Straty ciepła przez przenikanie przez podłogę na gruncie w poszczególnych latach obliczeń (wartości średnioroczne).



Rys.19. Straty ciepła przez przenikanie przez podłogę na gruncie w poszczególnych miesiącach sezonu grzewczego w 5 roku obliczeń ( wartości średniomiesięczne).

# Uproszczona analiza ekonomiczna

Tabela.6. Zestawienie obliczeń oszczędności kosztów ogrzewania dla poszczególnych wariantów izolacji cieplnej.

Rodzaj izolacji cieplnej	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	Cena 1m <sup>3</sup> styropianu [zł]	Koszt materiału izolacyjnego [zł]	Różnica straty ciepła przez podłogę w porównaniu do podłogi nieizolowanej [kWh/rok]	Cena gazu [zł/kWh]	Oszczędność kosztu ogrzewania uwzględniający tylko straty przez podłogę [zł]
Izolacja 5cm	10000	150	<b>75000</b>	76005,03	0,2	<b>15201,01</b>
Izolacja 20 cm	10000		<b>300000</b>	207672,73		<b>41534,55</b>
Izolacja obwodowa 1m - grubość 10cm	396		<b>5940</b>	676,92		<b>135,38</b>

Tabela.7. Zestawienie obliczeń oszczędności kosztów ogrzewania dla poszczególnych wariantów oraz czas zwrotu nakładów na izolację cieplną.

Rodzaj izolacji cieplnej	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	Cena 1m <sup>3</sup> styropianu [zł]	Koszt materiału izolacyjnego [zł]	Różnica straty ciepła przez podłogę w porównaniu do podłogi nieizolowanej [kWh/rok]	Cena gazu [zł/kWh]	Oszczędność kosztu ogrzewania uwzględniający tylko straty przez podłogę	Czas zwrot kosztów izolacji cieplnej [lata]
Izolacja 5cm	10000	150	<b>59798,99</b>	7946,20	0,2	<b>1589,24</b>	<b>38</b>
Izolacja 20 cm	10000		<b>258465,45</b>	15145,53		<b>3029,11</b>	<b>85</b>
Izolacja obwodowa 1m - grubość 10cm	396		<b>5804,62</b>	1622,36		<b>324,47</b>	<b>18</b>

# Podsumowanie i wnioski

- Analiza średniej temperatury posadzki wykazała nieznaczne różnice pomiędzy izolacją poziomą o grubości 10 cm w pasie 1 m po obwodzie podłogi a brakiem izolacji cieplnej.
- Najlepszymi wynikami charakteryzuje się izolacja termiczna o grubości 20 cm pod całą powierzchnią podłogi.
- Największe straty dla wszystkich wariantów izolacji występują w 1 roku „istnienia” hali, jest to najbardziej widoczne dla podłogi bez ocieplenia oraz z izolacją obwodową, gdzie straty te są 3 krotnie większe niż w późniejszych latach.
- Jak pokazują obliczenia uproszczonej analizy ekonomicznej, izolacja termiczna posadzki stykającej się z gruntem jest nieopłacalna. Przy najbardziej efektywnej izolacji cieplnej czas zwrotu nakładów na sam materiał izolacyjny wynosi 90 lat.
- Uzasadnione jest jedynie stosowanie izolacji ułożonej po obwodzie podłogi dla zabezpieczenia posadzki przez przemarzaniem ponieważ jako izolacja termiczna nie przynosi efektów.
- Posadzka nie zawierająca izolacji cieplnej w okresie letnim chłodzi halę.
- Oszczędności na ogrzewaniu uzyskane przez każdy z wariantów są niewielkie w porównaniu z nakładami jakie należy wcześniej ponieść. Wyniki obliczeń zgadzają się z metodami wykonywania posadzek przemysłowych zaobserwowanych na budowie gdzie to izolacja termiczna jest wykonywana „ewentualnie „.

# Bibliografia

## Literatura:

- [1] R.Białecki; „*Modelowanie pól temperatury*” praca zbiorowa pod redakcją J. Szarguta, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1992.
- [2] L.Czarnecki; „*Trends of Development Perspectives and Innovations*” Part 2. Researches and Education, 6-Int Colloquium Industrial Floors 07 p.p.082
- [3] L.Czarnecki; „*Badanie i rozwój posadzek przemysłowych*” Materiały Budowlane nr 5/2007, str.6-8. Materiały budowlane nr 9/2000, str.7-9.
- [4] A. Garbac; „*Raport dotyczący stanu wiedzy i techniki w dziedzinie posadzek przemysłowych*” Materiały Budowlane 5/2007 str. 4-17
- [5] J.Jasiczak, praca zbiorowa; „*Posadzki przemysłowe. Materiały, technologie, projektowanie, naprawy*”, wydawnictwo ADDIMENT Polska Sp. z o.o., Poznań 2001.
- [6] L. Kral; „*Budynki przemysłowe*” PW 1978r.
- [7] T. Kulas; „*Projektowanie podłóg przemysłowych*” Izolacje nr7/8/2003, str. 25-28.
- [8] J. Mierzwa; „*Zasady projektowania posadzek przemysłowych na gruncie*”, Materiały Budowlane nr 9/2000, str.7-9.
- [9] J. Mierzwa; „*Klasyfikacja i projektowanie podłóg przemysłowych*”, Podłoga 6/2007, str.12-19.
- [10] G. Mihalakakou; „*On the ground temperature below buildings*” Solar Energy nr 5/1995, str.5-9.
- [11] H. Pieczarkowski; „*Posadzki przemysłowe*” Podłoga nr 5/2009, str. 29-35.
- [12] C.O.Popiel, J.Wojtkowiak; „*Measurements of temperature distribution in ground*” Experimental Thermal and Fluid Science; nr25, str. 301-309, 2001r.
- [13] M.Rokiel; „*Posadzki przemysłowe oraz materiały służące do ich wykonania*”, Izolacje nr 3/2008, str. 40-52.
- [14] Recknagel, Sprengel, Honmann, Schramek : *Ogrzewnictwo i klimatyzacja*, Poradnik EWF, Gdańsk 1994.
- [15] M.M. Salah El-Din; „*One the heat intro the ground*” Renewable energy 18 (1999) str. 473-490.
- [16] Materiały techniczne firmy Paroc; „*Izolacje fundamentów, podłóg na gruncie i tarasów*”

## Normy:

- [17] PN-EN 12831:2006 – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [18] PN-EN ISO 10211:2008 – Mostki cieplne w budynkach.
- [19] PN-EN ISO 13370:2008 – Wymiana ciepła przez grunt – Metody obliczania.
- [20] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12.04.2002r. ( z późniejszymi zmianami). W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

## Internet:

- [21] [www.kornicki.com/antherm/PL](http://www.kornicki.com/antherm/PL)

**Dziękuję za uwagę**

**Agnieszka Rajek**

---