

**ROK AKADEMICKI:** 2021/2022

**KIERUNEK:** Mechatronika

**SEMESTR:** I

**PRZEDMIOT:** Analiza obliczeniowa układów mechanicznych

**FORMA ZAJĘĆ:** Laboratorium

**AUTOR:** Damian Kompel 139748

**TEMAT:** Zagadnienie z wymiany ciepła - porównanie radiatorów.

**DATA OPRACOWANIA:** 18.06.2022

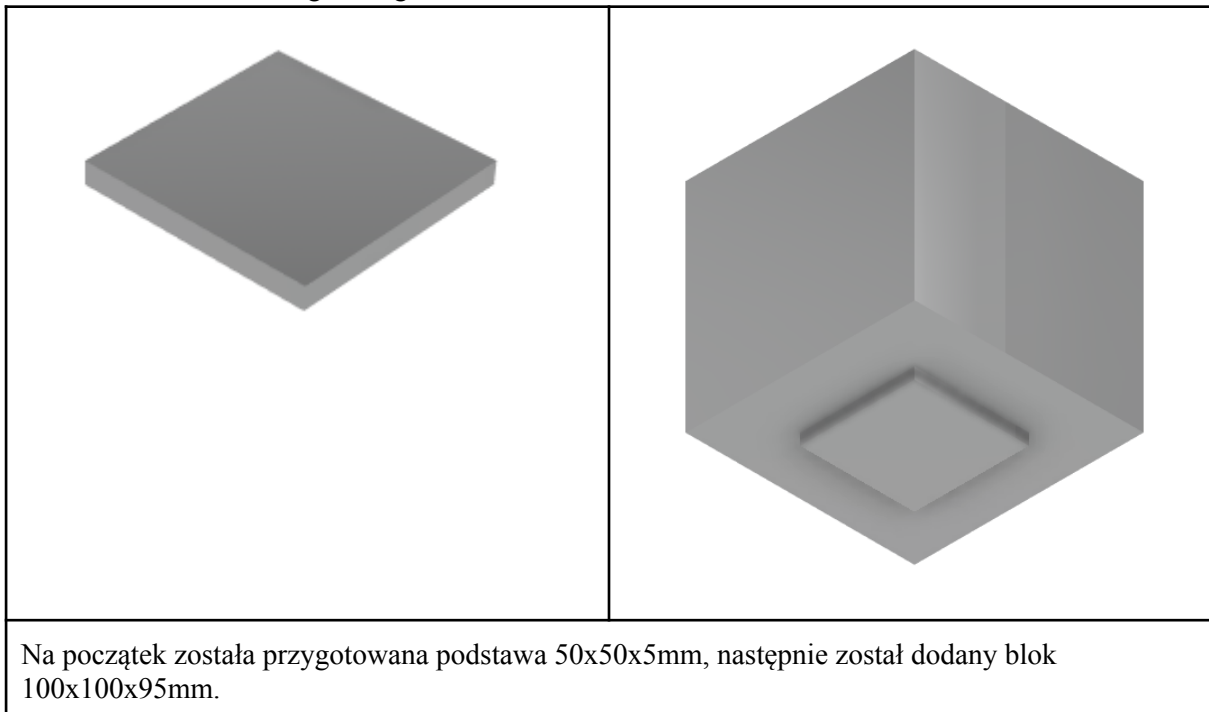
## 1. Opis problemu.

Problemem jaki był rozwiązywany przy pomocy analizy MES w programie COMSOL było zagadnienie wymiany ciepła i nagrzania się różnych rodzaj radiatorów. Zaprojektowane radiatory były badane na warunek schłodzenia elementu grzewczego o mocy 100 W (przykładowo procesor komputerowy) przyłożonego do dolnej części radiatora.

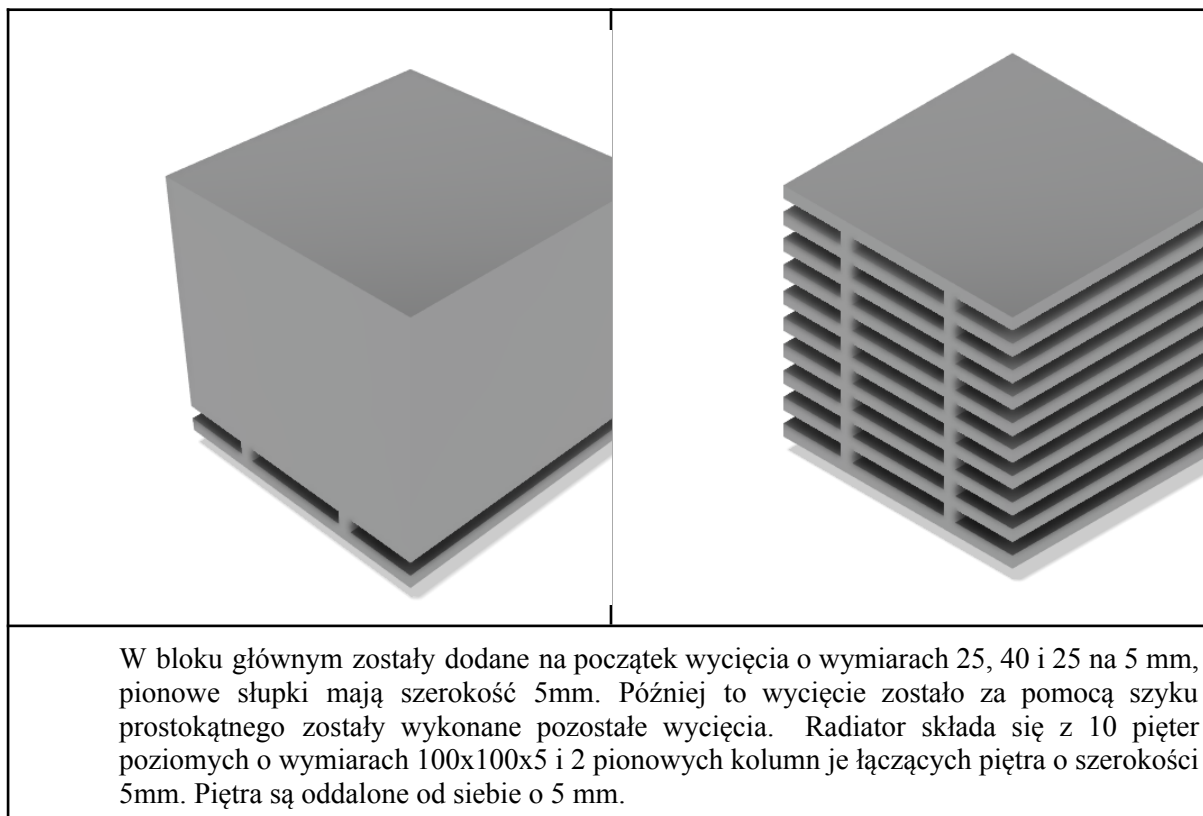
## 2. Opis modelu geometrycznego.

Zostały zaprojektowane 4 rodzaje radiatorów w programie fusion 360. Każdy radiator mieści się w kostce 100x100x100mm. Podstawa radiatora, do której zostało przyłożone obciążenie ma wymiary 50x50mm.

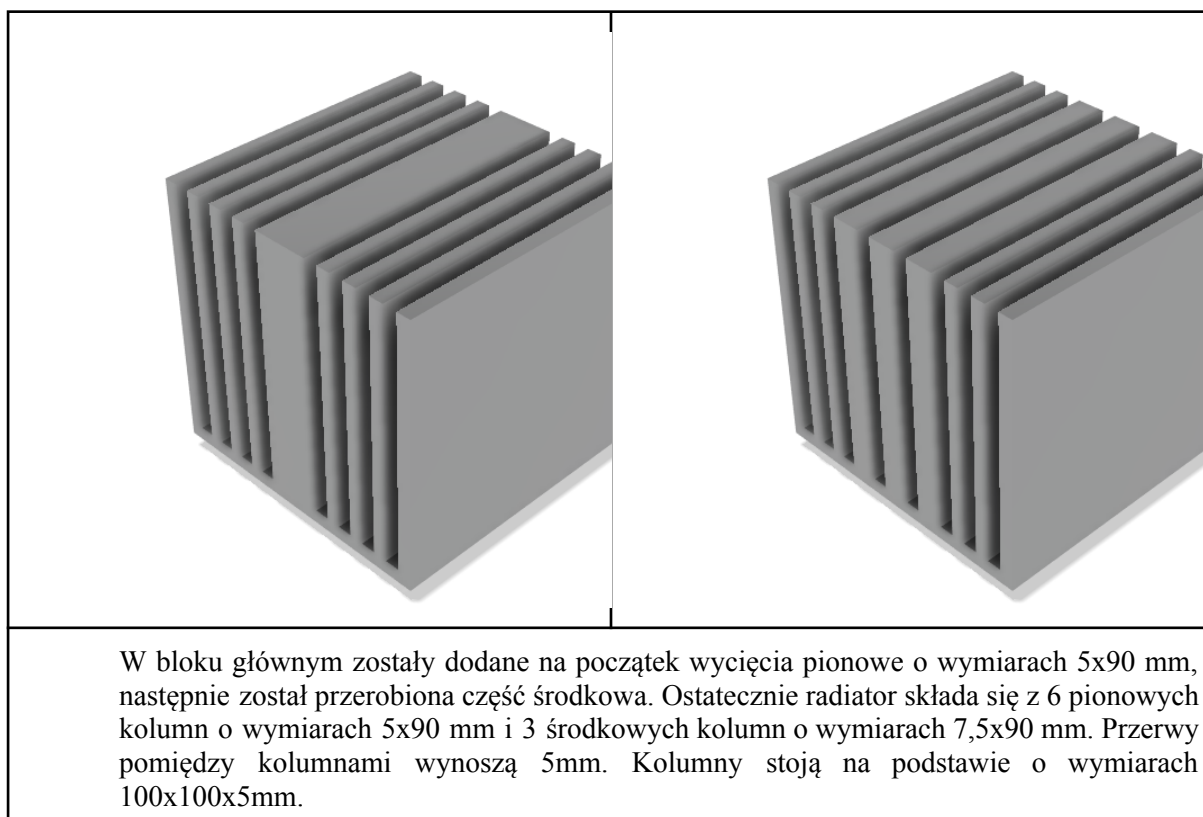
Tworzenie bloku głównego:



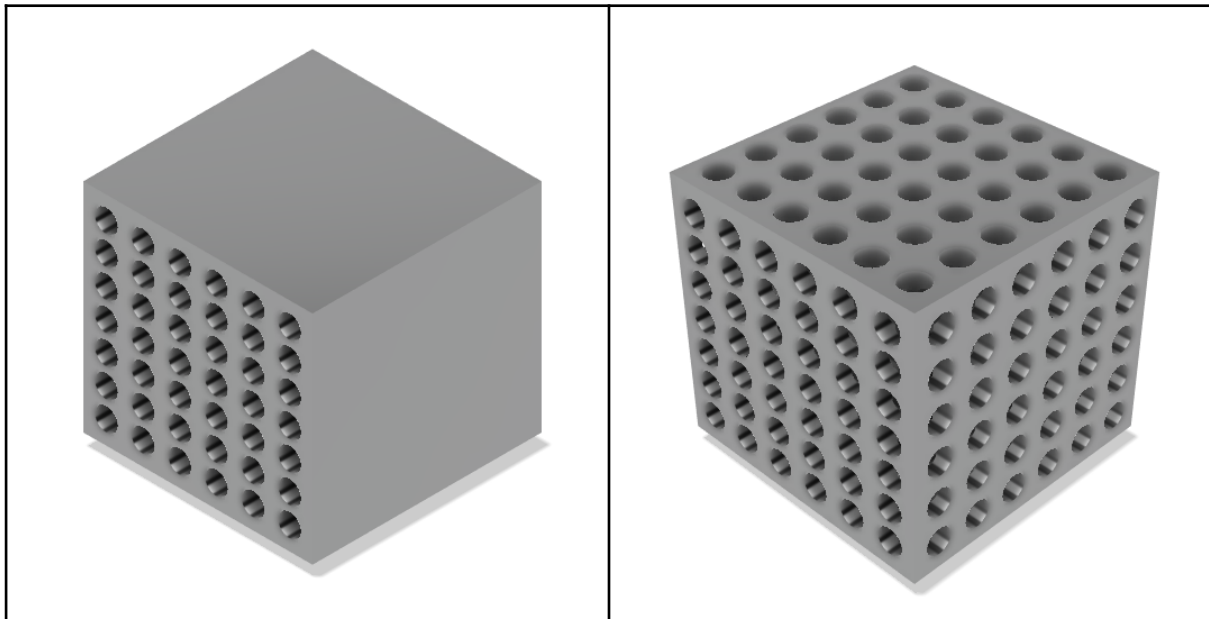
Radiator 1 - poziomy



Radiator 2 - pionowy

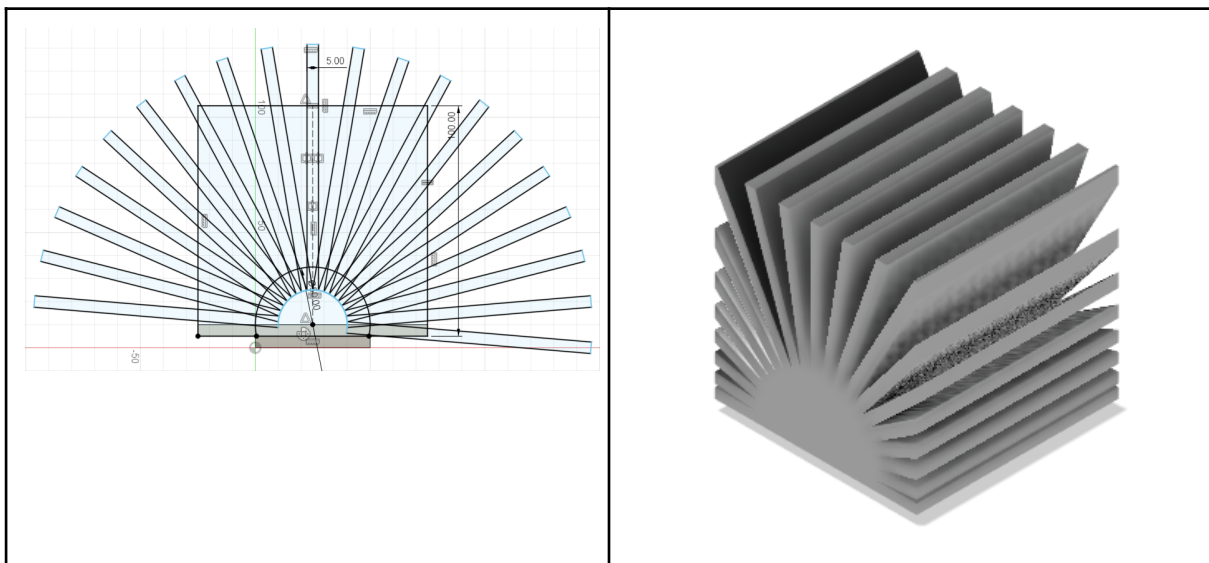


Radiator 3 - otworowy



W bloku głównym na początek zostało wykonanych 49 otworów przelotowych o średnicy 10 mm równo rozłożonych na powierzchni bocznej. Następnie takie same otwory zostały wykonane na drugiej powierzchni bocznej. Na górze radiatora zostały wykonane identyczne otwory, z różnicą, że dochodzą one do dolnej powierzchni radiatora o wymiarach 100x100x5 mm.

Radiator 4 - promieniowy



Blok główny w tym radiatorze został ograniczony wysokością do 5 mm, następnie na środku tej podstawy zostało wykonane półkole o średnicy 50 mm od którego równomiernie rozchodzą się listki radiatora o grubości 5 mm. Są one ograniczone prostokątem o wymiarach 95x100 mm. Radiator składa się z podstawy o wymiarach 100x100x5 mm i 19 listków o grubości 5 mm.

### 3. Warunki brzegowe.

Wzór opisujący zachowanie ciała stałego w badaniu przepływu ciepła jest następujący:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = Q + Q_{ted}$$

$$q = -k\nabla T$$

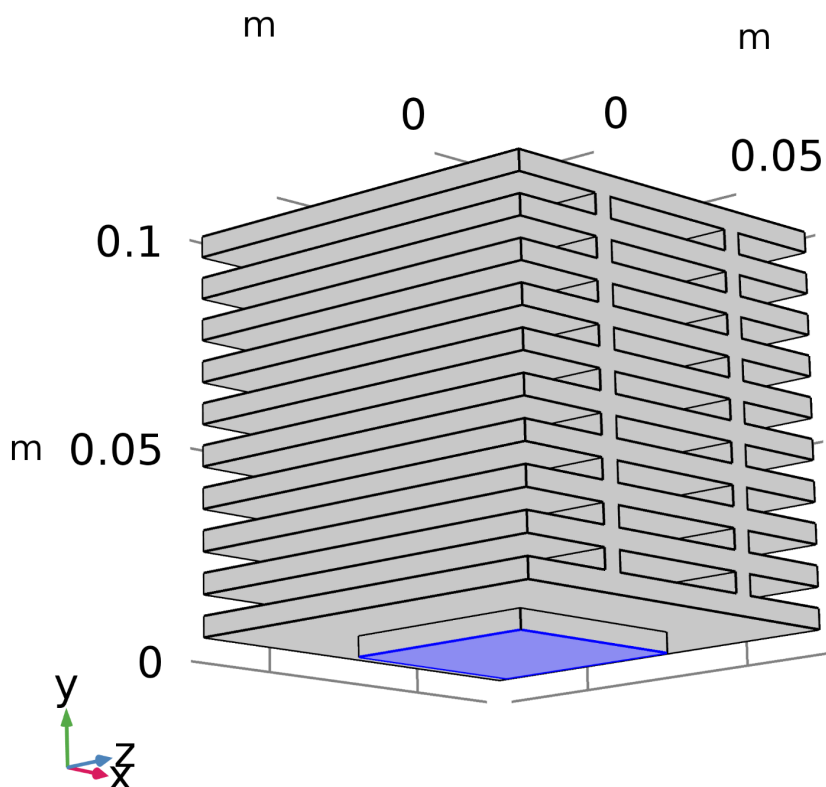
Warunek ten jest przypisany do całej bryły radiatora.

Temperatura początkowa została ustalona na:

$$T_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Do dolnej powierzchni stopy radiatora został przyłożony strumień ciepła odpowiadający mocy procesora. Zostało to pokazane na rysunku 1.

$$q_0 = \frac{P}{S} = \frac{100}{0,05^2} = 40000 \frac{W}{m^2}$$



Rys. 1. Miejsce przyłożenia strumienia ciepła.

Do pozostałych powierzchni został przyłożony konwekcyjny strumień związany z ruchem powietrza wymuszonego przez wentylator. Miejsca przyłożenia tego warunku zostały przedstawione na rysunku 2.

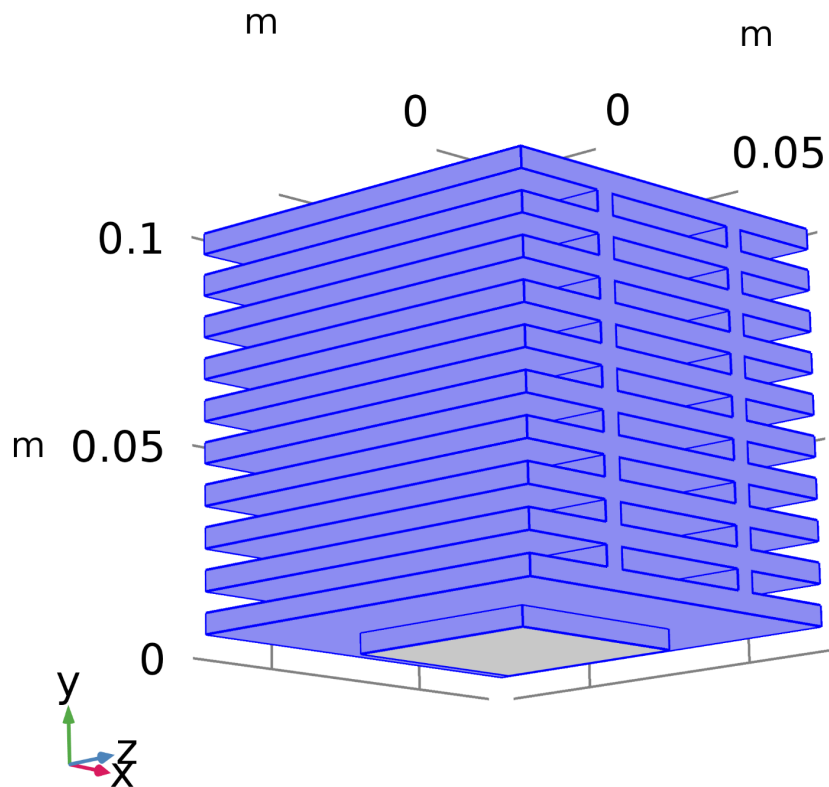
$$q_0 = h * (T_{ext} - T)$$

Współczynnik przenikania ciepła został ustalony na:

$$h = 30 \frac{W}{m^2 * K} [2]$$

Temperatura przepływającego została ustalona na:

$$T_{ext} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Rys. 2. Miejsce przyłożenia warunku konwekcji ciepła.

Czas trwania symulacji został ustalony na 900 sekund z zapisem co 5 sekund.

#### 4. Materiał radiatora.

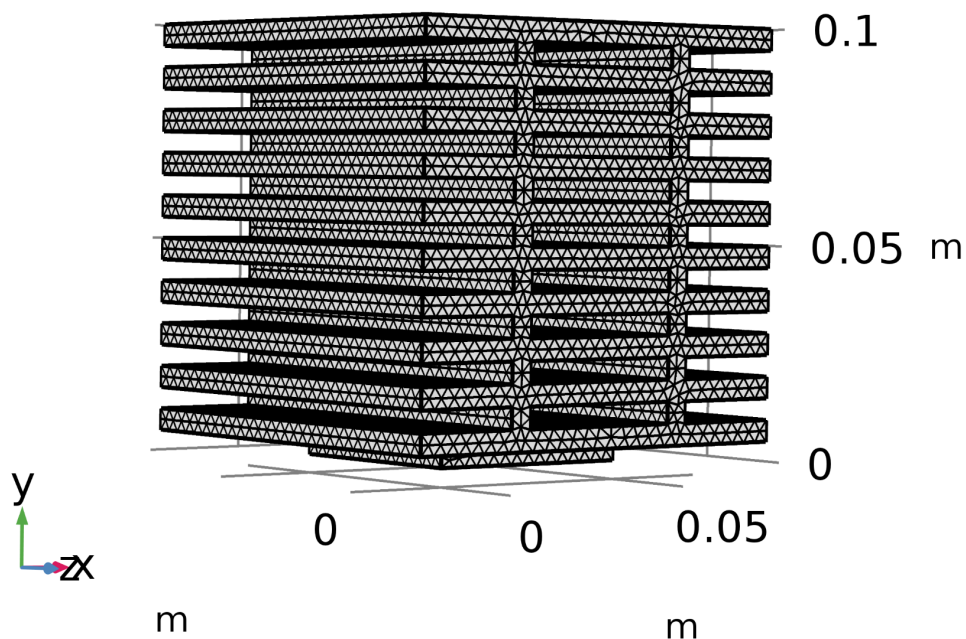
Materiał jaki został przypisany radiatorom to aluminium 1050 [1]. Materiał ten charakteryzuje się:

- Stop - Stan 1050
- Gęstość 2.7 [g/cm<sup>3</sup>]
- Moduł sprężystości E 69000 [MPa]
- Moduł sprężystości poprzecznej G 25900 [MPa]
- Liczba Poissona 0.33
- Temperatura krzepnięcia 645 [°C]
- Temperatura płynięcia 658 [°C]
- Ciepło właściwe w 20 °C 899 [J/kgK]
- Współczynnik rozszerzalności cieplnej w 20°C 23.5 [μm/mK]
- Opór właściwy 29 [nWm]
- Przewodność cieplna 229 [W/mK]
- Przewodność elektryczna 59.5 [%IACS]

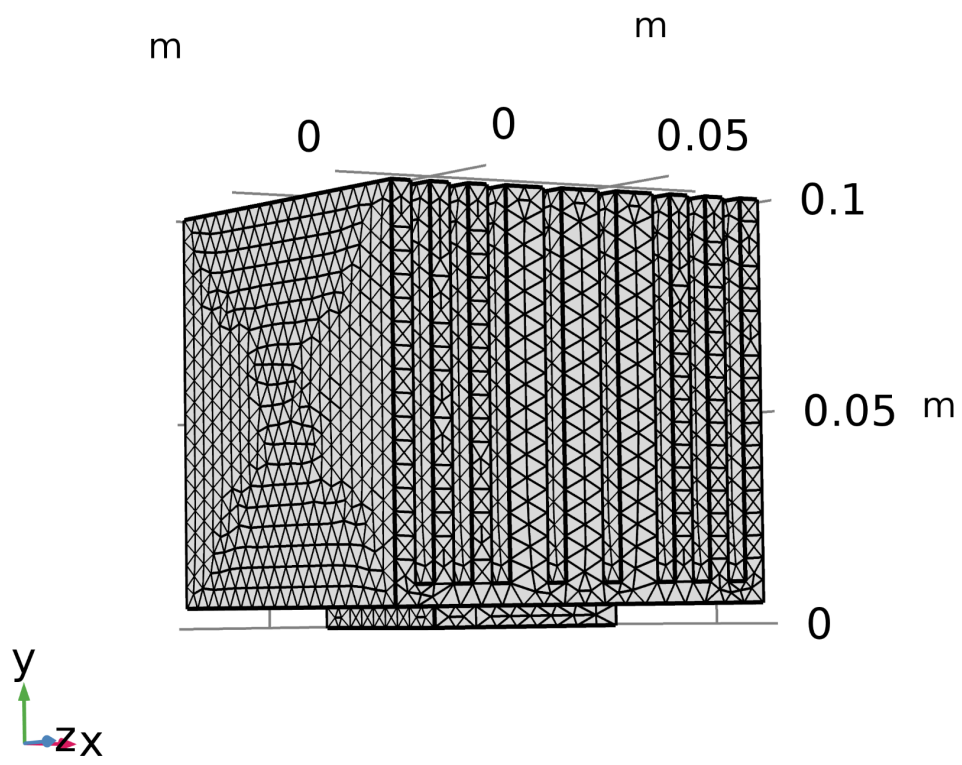
## 5. Siatka elementów skończonych.

Parametry siatki były automatycznie dobierane przez generator siatki programu COMSOL. Dla każdego z radiatorów została dobrana odpowiednia jakość siatki. Elementy jakie zostały wybrane mają kształt trójkątów. Wielkość elementów i ilość elementów została zestawiona w tabeli poniżej.

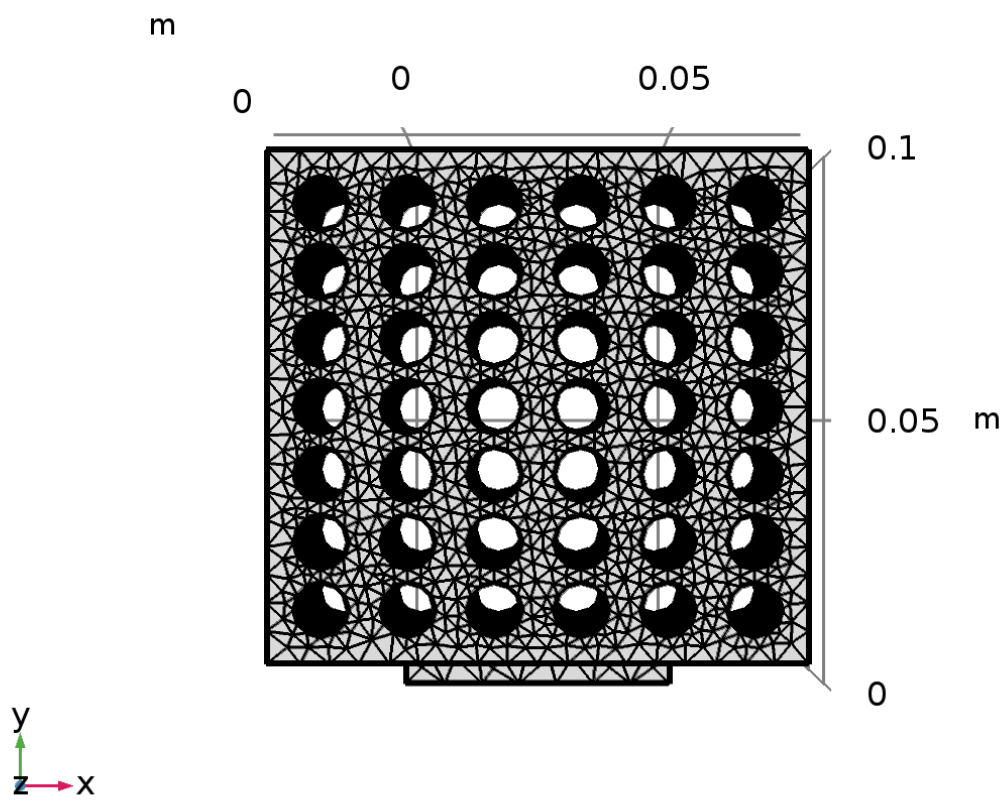
Radiator	Rozmiar elementu	Ilość elementów
Radiator 1 - poziomy	Finer	47294
Radiator 2 - pionowy	Finer	16942
Radiator 3 - otworowy	Normal	102514
Radiator 4 - promieniowy	Extra fine	42616



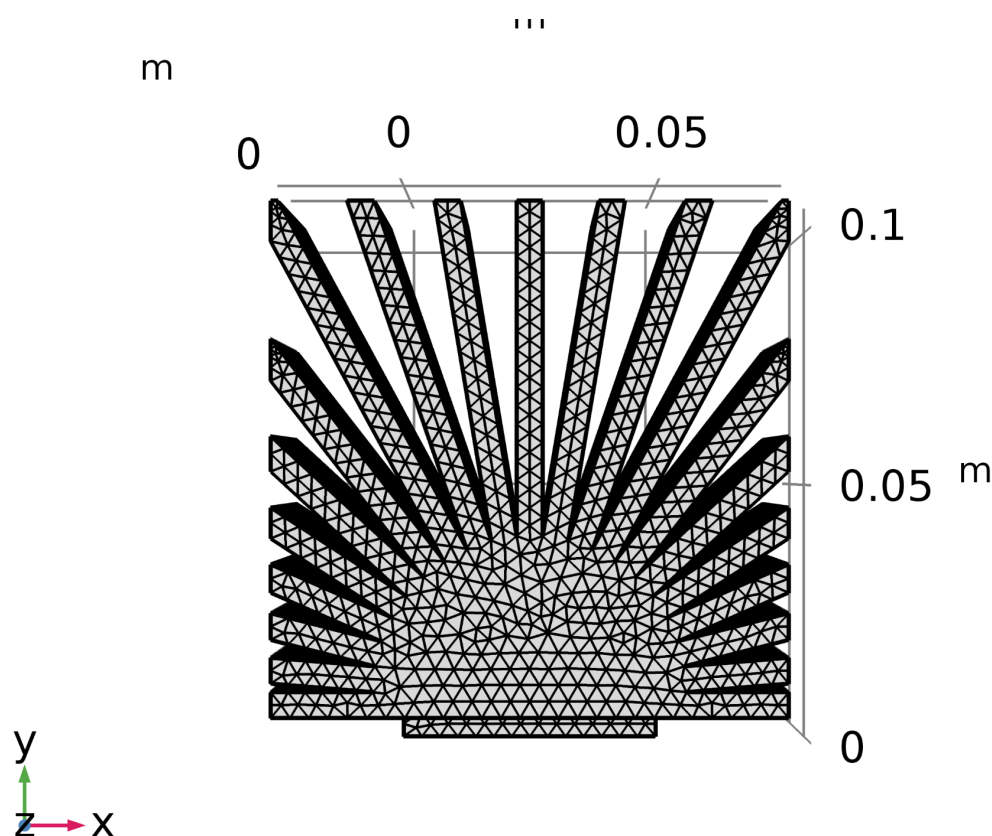
Rys. 3. Widok siatki radiatora poziomego.



Rys. 4. Widok siatki radiatora pionowego.



Rys. 5. Widok siatki radiatora otworowego.



Rys. 6. Widok siatki radiatora promieniowego.

## 6. Wyniki analizy.

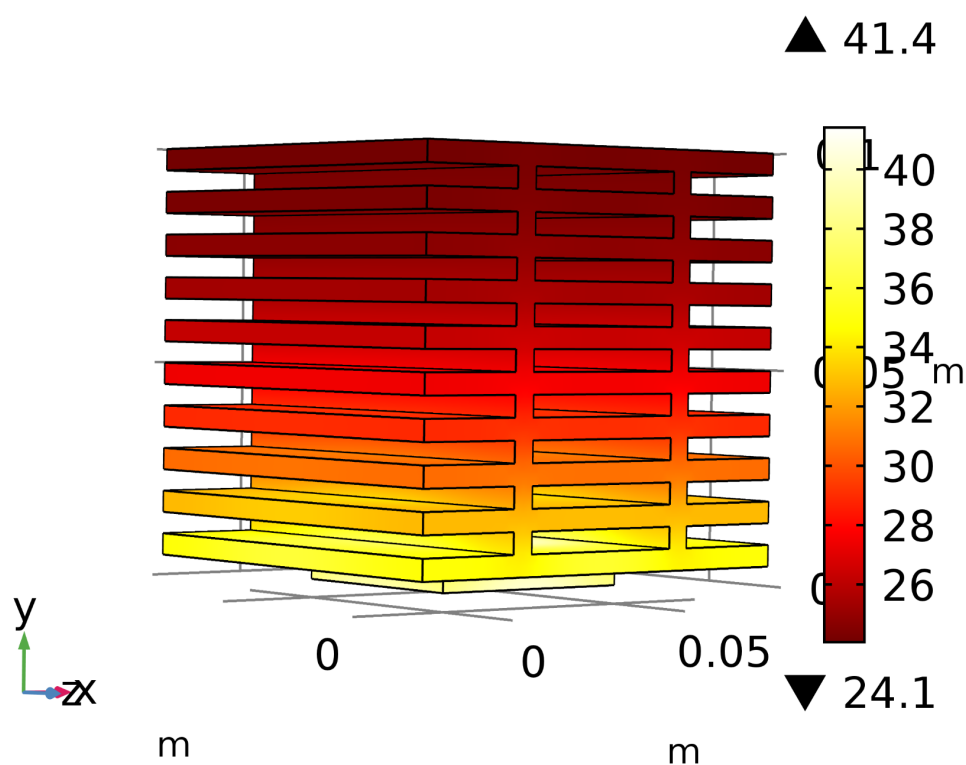
Dla każdego z radiatorów rozkład temperatur wyglądał identycznie. Na stopie radiatora temperatura była najwyższa, a na górę radiatora najniższa. Temperatry uzyskane dla poszczególnych radiatorów po czasie  $t = 15$  minut zostały przedstawione w poniższej tabeli:

Radiator	Temperatura maksymalna [ °C]	Temperatura minimalna [ °C]
Radiator 1 - poziomy	41,4	24,1
Radiator 2 - pionowy	33,8	25,4
Radiator 3 - otworowy	38,2	27,8
Radiator 4 - promieniowy	31,8	25,9

Wynika z niej, że najniższa wartość temperatury na stopie została uzyskana dla pionowego.

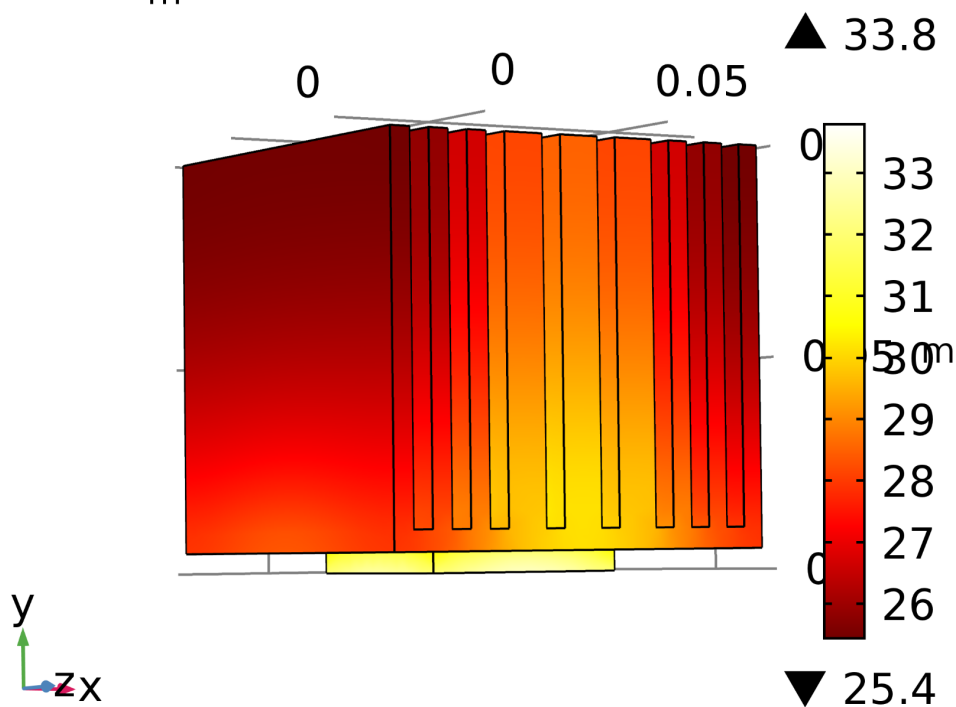


Time=180 s Surface: Temperature (degC)



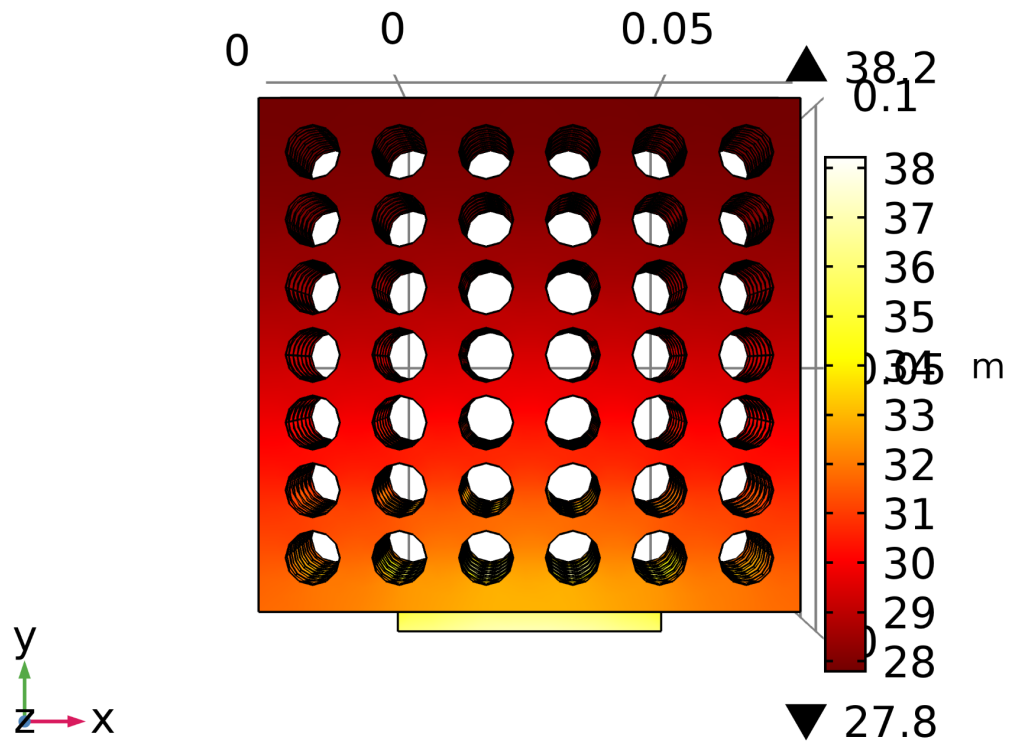
Rys. 7. Widok wyników temperatury dla radiatora poziomego.

Time=180 s Surface: Temperature (degC)



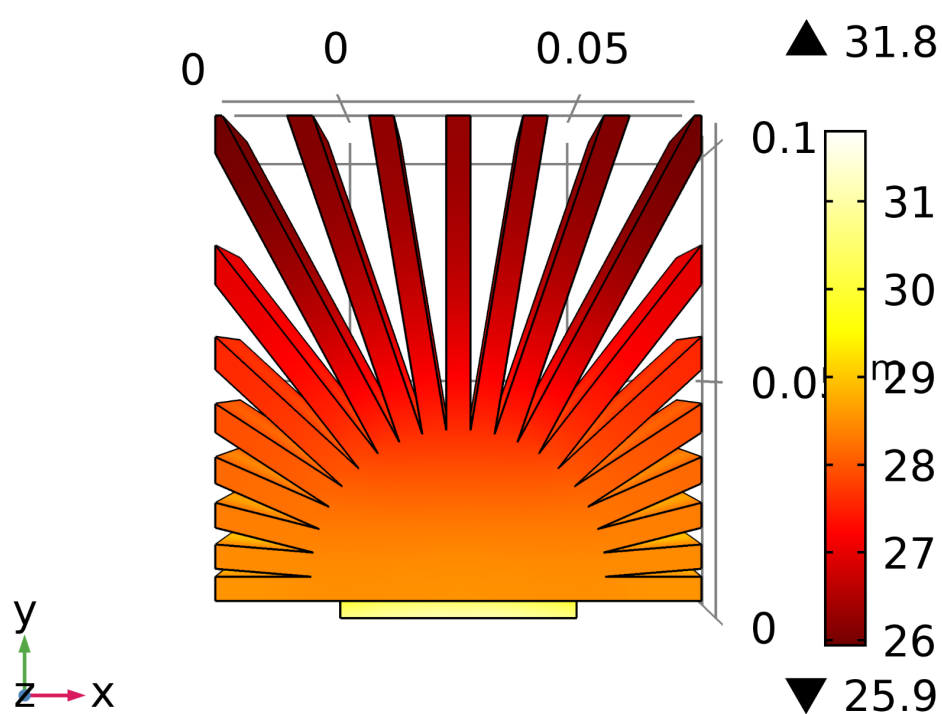
Rys. 8. Widok wyników temperatury dla radiatora pionowego.

Time=180 s Surface: Temperature (degC)



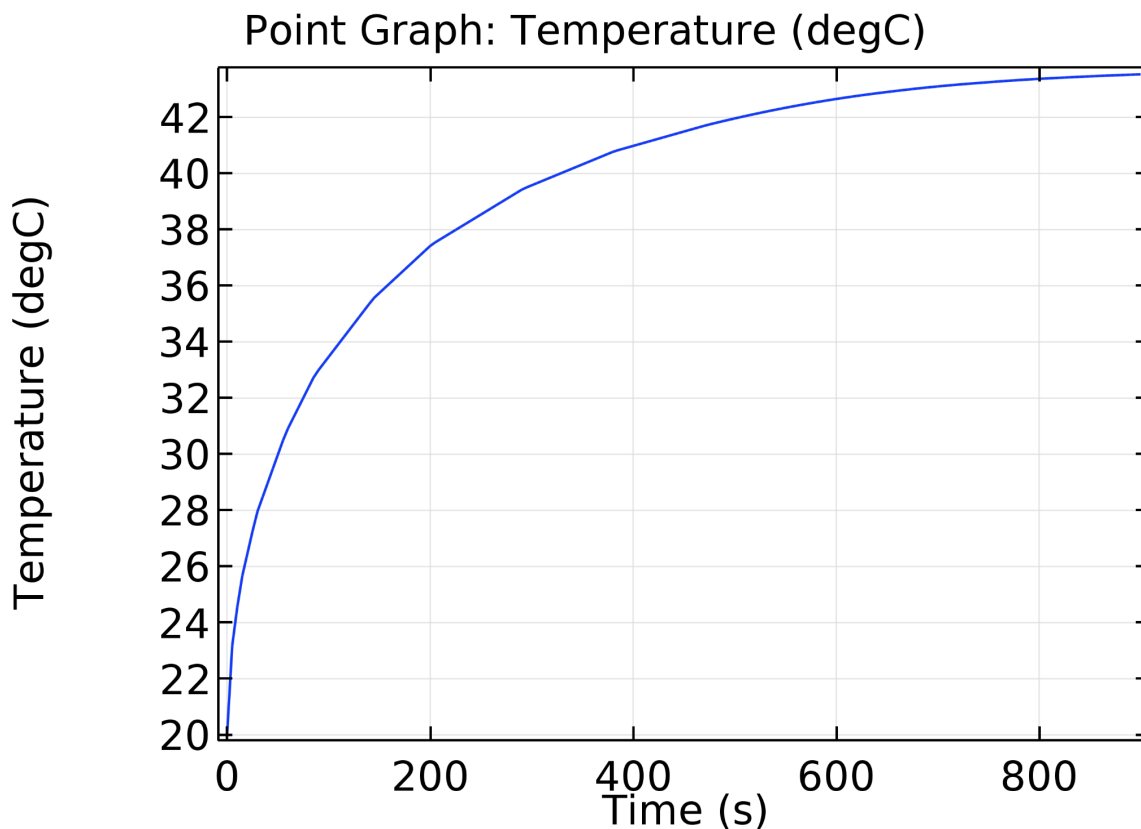
Rys. 9. Widok wyników temperatury dla radiatora otworowego.

Time=180 s Surface: Temperature (degC)

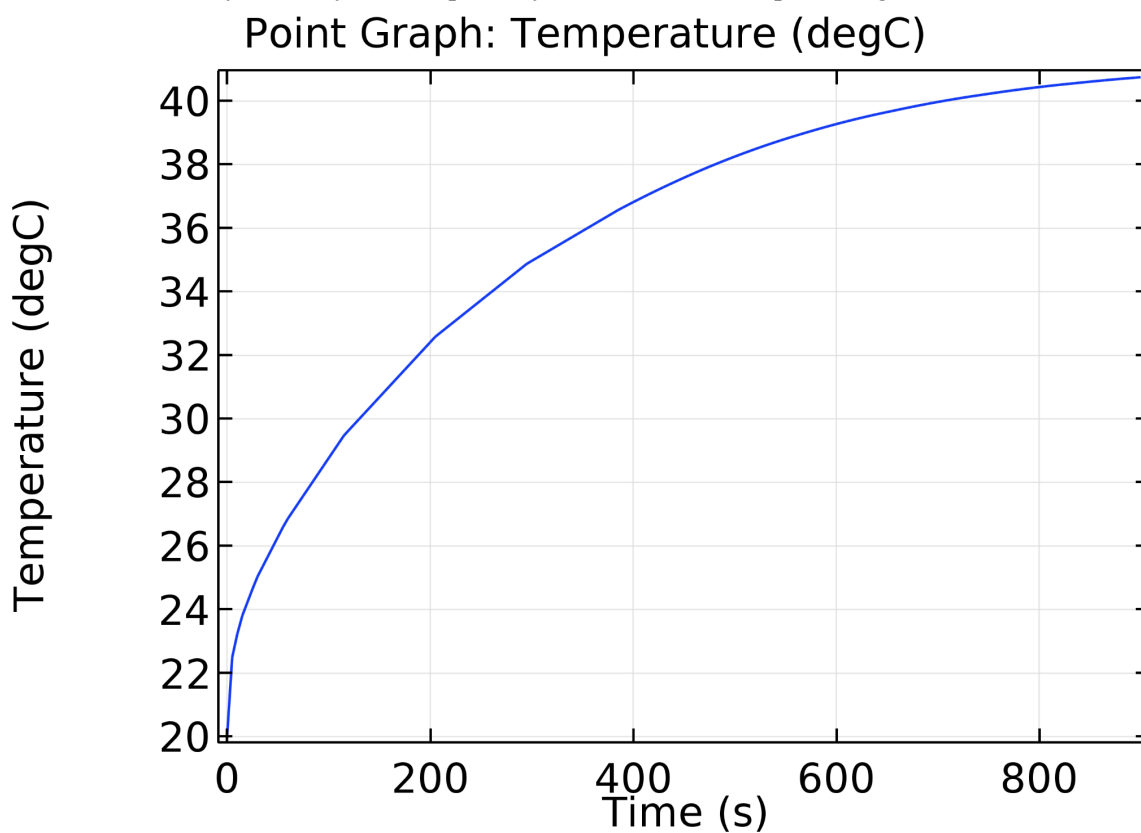


Rys. 10. Widok wyników temperatury dla radiatora promieniowego.

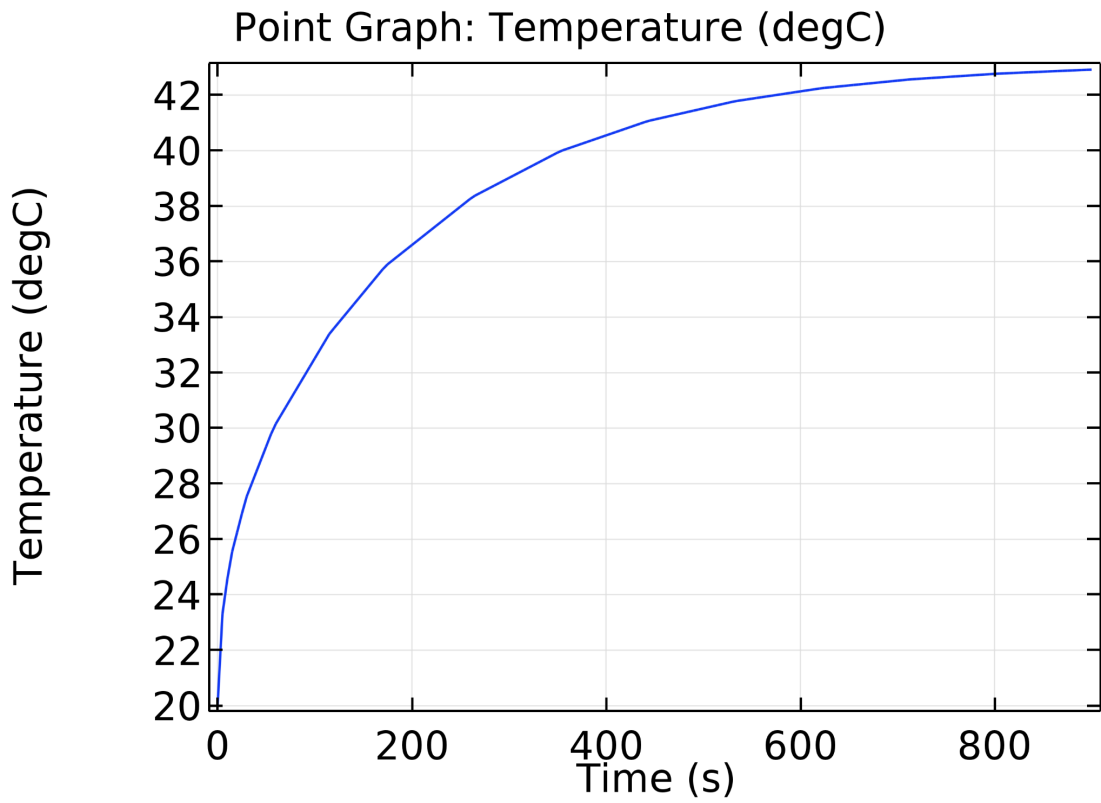
Dla podstawy został dokonany wykres narastania temperatury od czasu. Prezentują się te wykresy następująco:



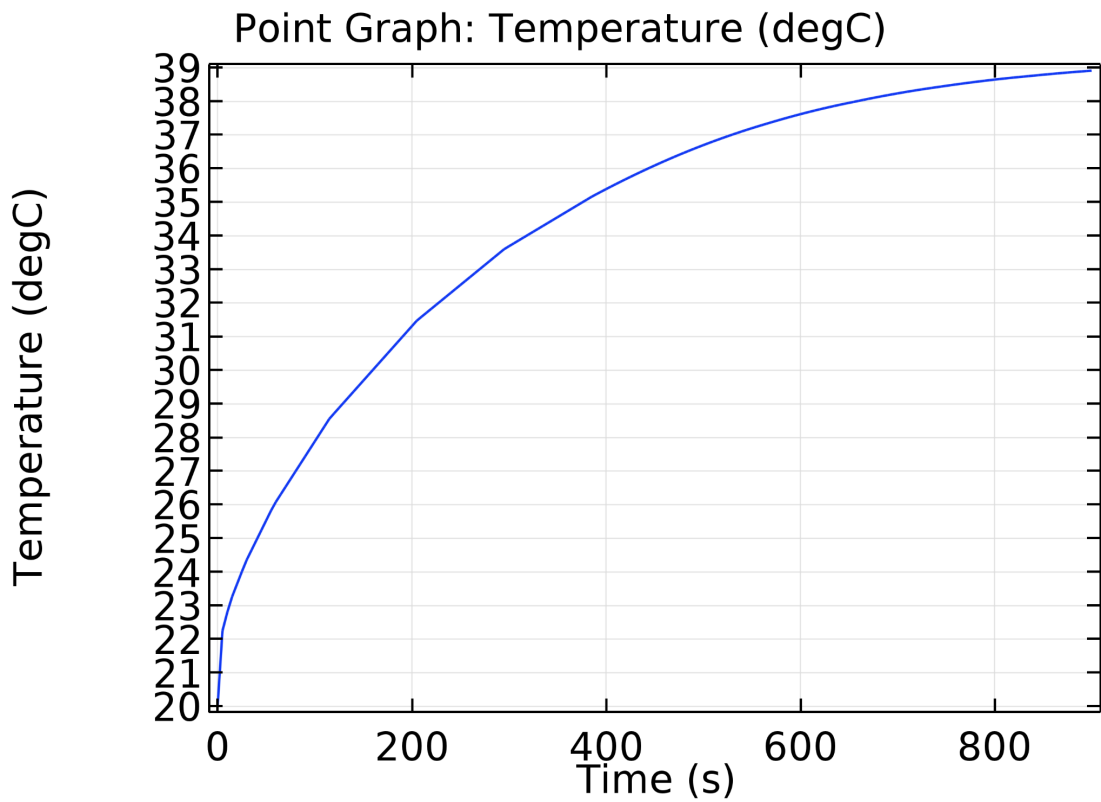
Rys. 11. Wykres temperatury od czasu radiatora poziomego.



Rys. 12. Wykres temperatury od czasu radiatora pionowego.



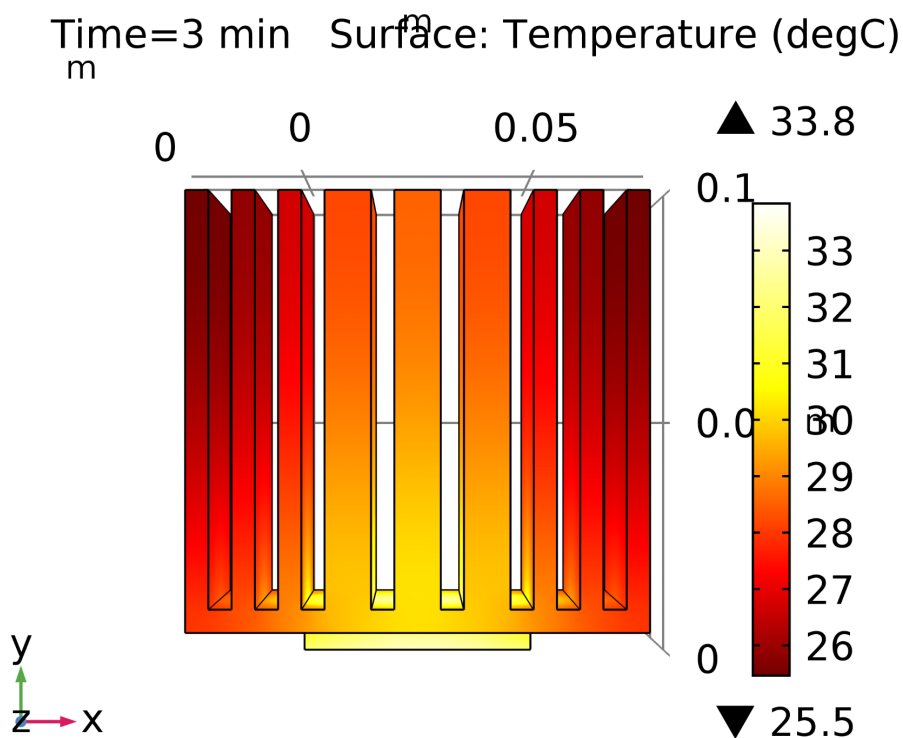
Rys. 13. Wykres temperatury od czasu radiatora otworowego.



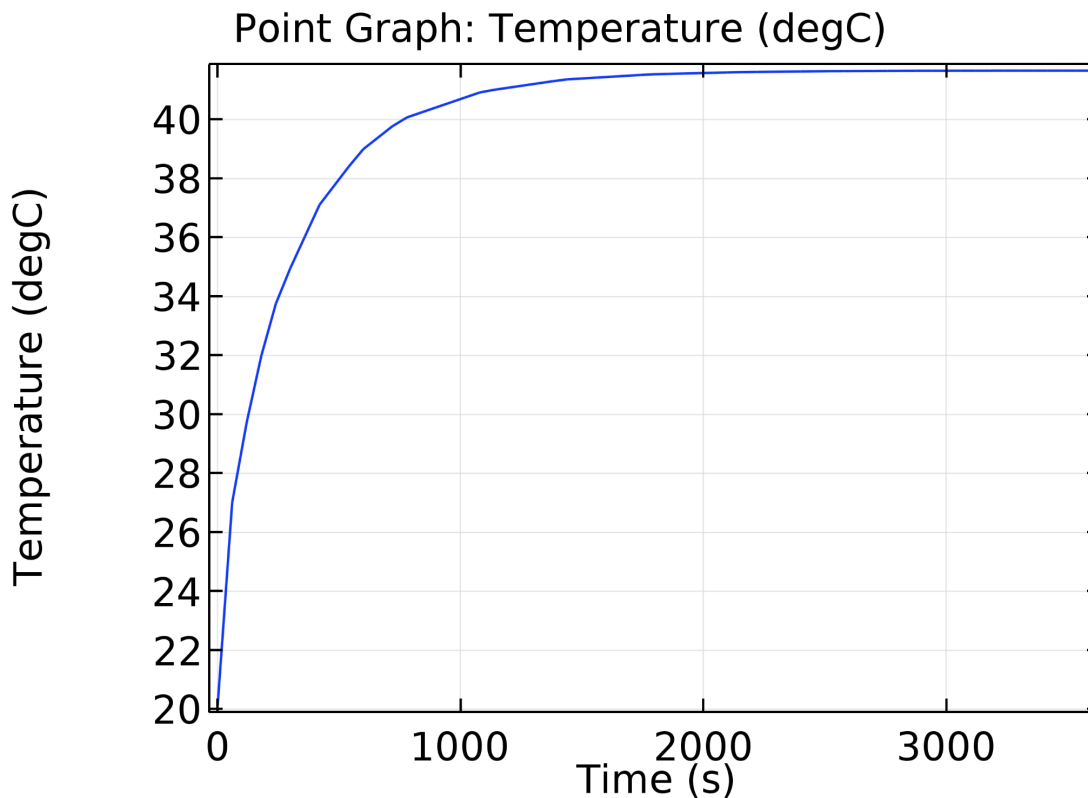
Rys. 14. Wykres temperatury od czasu radiatora promieniowego.

## 7. Wpływ czasu trwania symulacji na wyniki.

Dodatkowy wykres został wykonany dla zmienionego czasu trwania badania ( $t = 1h$ ). Wynika z niego, że badanie wykonane dla czasu do 15 jest dobrze miarodajne, ponieważ dalszy wzrost temperatury powyżej 15 minut nie występuje.



Rys. 15. Wynik symulacji temperatury dla radiatora pionowego dla czasu 60 minut..



Rys. 16. Wykres temperatury od czasu radiatora promieniowego dla czasu 60 minut.

## 8. Podsumowanie

- Najlepszym radiatorem okazał się radiator promieniowy, ponieważ na jego stopie występuje najniższa temperatura spośród wszystkich czterech radiatorów.
- Na wykresach temperatury dla stóp radiatora wykres temperatury osiąga większą wartość, aniżeli wynik jaki można odczytać z rysunku rozkładu temperatur wyniku analizy. Niestety nie poprzez brak dostępu do programu, nie jestem w stanie stwierdzić jaka jest tego przyczyna.
- Zmiana czasu symulacji, nie wpływa na wynik badania, Po czasie obciążenia większym niż 15 minut, temperatura już nie wzrasta.

Gdybym miał dostęp do programu COMSOL, w metodologii badania zmieniałbym:

- temperaturę początkową i temperaturę otoczenia, na 30 °C i 40 °C, aby bardziej odwzorować warunki panujące w obudowie komputera,
- wykonałbym wykresy temperatur na stopie radiatora
- przeprowadziłem dodatkowe badania dla większej strumienia przepływów powietrza,
- najlepszym rozwiązaniem byłoby zmienić strumień powietrza na taki uregulowany, by bardziej odwzorować przepływ powietrza wymuszonego wentylatorem.

## 9. Źródła

[1][https://emetal.eu/aluminium/aluminium-EN-AW-1050A-ISO\\_-Al99,5-EN\\_-AW-Al99,5-PN\\_-A1-DIN\\_-Al99,5-wnr\\_-3.0255/](https://emetal.eu/aluminium/aluminium-EN-AW-1050A-ISO_-Al99,5-EN_-AW-Al99,5-PN_-A1-DIN_-Al99,5-wnr_-3.0255/)

[2][https://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficient-d\\_434.html](https://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficient-d_434.html)