

ROK AKADEMICKI: 2021/2022

KIERUNEK: MECHATRONIKA

SEMESTR: I

PRZEDMIOT: OBLICZENIOWA ANALIZA UKŁADÓW MECHANICZNYCH

FORMA ZAJĘĆ: LABORATORIUM

AUTOR / NUMER INDEKSU: Sebastian Grolewski / 139741

TEMAT: Wpływ grubości płytek radiatora na jego wydajność odprowadzania ciepła.

DATA OPRACOWANIA: 16.06.2022 r.

1. Opis problemu.

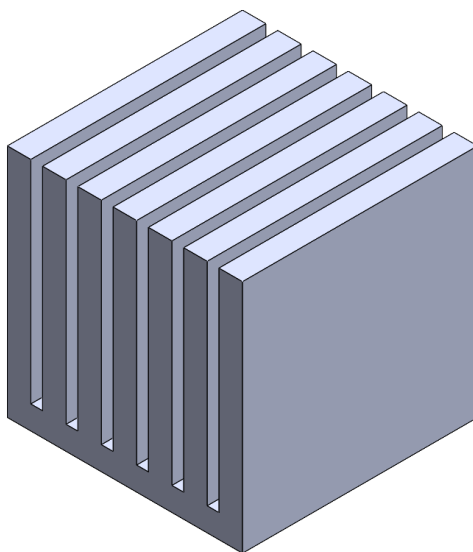
Celem analizy jest zbadanie rozpraszania ciepła przez różne rodzaje radiatorów. Ostatecznie zbadane zostały 4 modele. W badaniu porównane zostały konstrukcja radiatora zbudowanego z równoległych prętów oraz zbudowanego z równoległych płyt. Dodatkowo analiza miała na celu sprawdzenie wpływu odległości pomiędzy płytkami oraz średnicy prętów na rozpraszanie ciepła.

Jako kryterium porównawcze przyjęta została temperatura w wierzchołku radiatora najbardziej oddalonym od podstawy. Czym niższa temperatura danego punktu tym większa wydajność odprowadzania ciepła.

2. Geometria modelu.

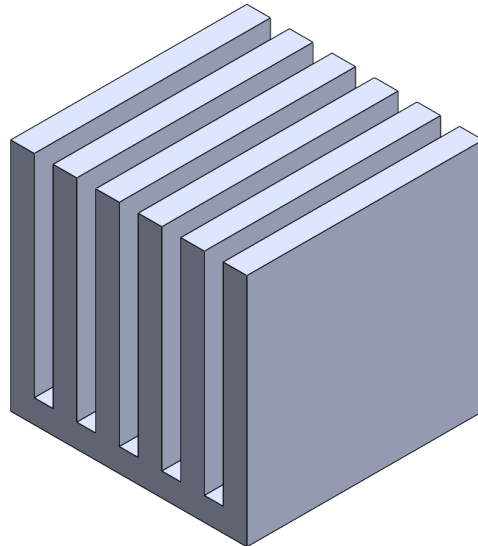
Każdy model radiatora użyty w badaniu posiada wysokości 10 cm szerokości oraz 10 cm długości. Odróżnia je jedynie układ elementów na podstawie.

Pierwszy model stanowi podstawę porównawczą do kolejnych modyfikacji radiatora. Składa się on z siedmiu płytek o grubości dziesięciu milimetrów które dzieli przestrzeń pięciu milimetrów.



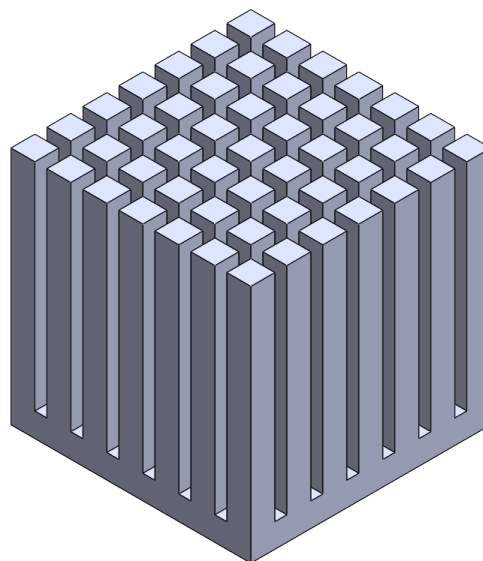
Rys. 2.1. Model 1

Drugi radiator składa się z sześciu identycznych płytek co w pierwszym modelu lecz zmniejszenie ich ilości zwiększa przestrzeń pomiędzy nimi. Analiza tego modelu ma na celu zbadanie jak zmieni się wydajność odprowadzania ciepła po zwiększeniu przestrzeni pomiędzy płytkami.



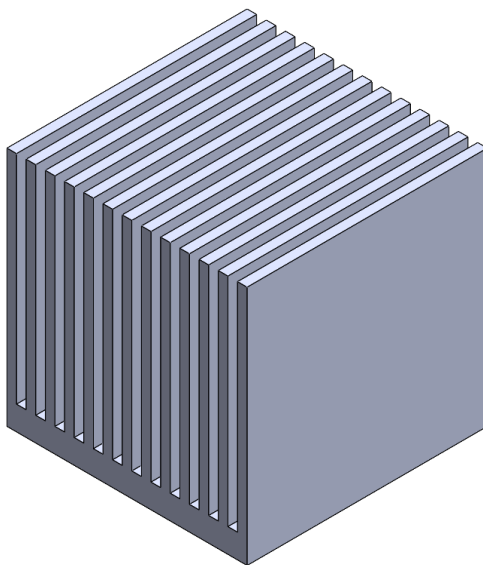
Rys. 2.2. Model II

Trzeci model składa się z pinów o grubości i szerokości 10 mm więc w porównaniu do pierwszego modelu różni się jedynie dodatkową przestrzenią pomiędzy pinami. Radiator trzeci można by uzyskać wykonując dodatkowe nacięcia na radiatorze pierwszym. Badanie tego elementu ma na celu sprawdzenie czy te dodatkowe nacięcia zwiększają wydajność rozpraszania ciepła.



Rys. 2.3. Model III

Ostatni model składa się z trzynastu płytek o szerokości 4 mm które oddziela przestrzeń 4 mm. Analiza tego elementu ma na celu sprawdzenie czy tak drobne elementy sprawdzą się lepiej niż bazowy element.



Rys. 2.4. Model IV

3. Opis tworzenia modelu.

Modele zostały stworzone w programie SolidWorks. Podstawą w ich budowy jest sześcian o wysokości, szerokości i grubości 10 cm. Następnie zostały w nim wycięte odpowiednie kształty. W przypadku modeli płytkowych były to prostokąty a model bazujący na pinach wymagał dodatkowego wycięcia w kierunku prostopadłym do poprzedniego.

4. Model matematyczny i warunki brzegowe.

Model matematyczny oraz warunki brzegowe zostały zastosowane jednakowo dla każdego badania.

Temperatura początkowa elementu oraz temperatura otoczenia wynosiła 20°C, temperatura podstawy radiatora została ustalona na 100°C. Podczas definiowania właściwości otoczenia dobrana została wartość “heat flux” na 40 W/m².

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

gdzie:

$$q = -k \nabla T$$

ρ - gęstość

C_p - pojemność cieplna

t - czas

k - tensor przewodności cieplnej

Q - źródło ciepła

T - temperatura

∇ - operator Nabla

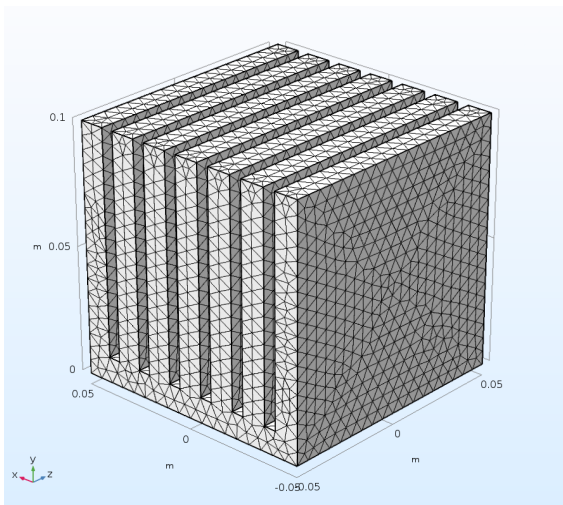
5. Właściwości użytego materiału.

Materiał użyty w badaniu to miedź. Cechuje się on następującymi właściwościami:

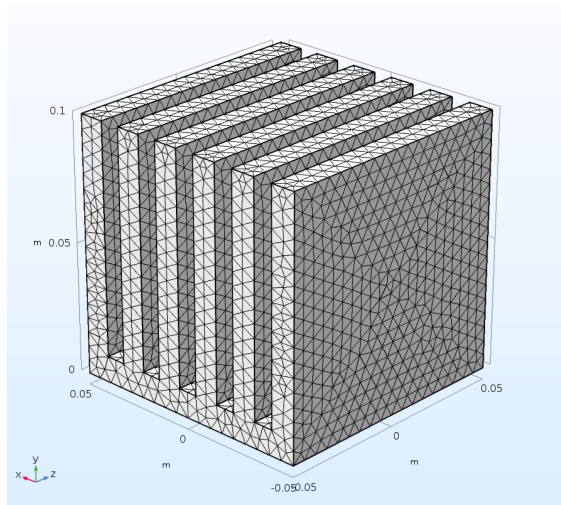
- gęstość - 8,88 [g/cm³]
- przewodność cieplna przy temperaturze 0°C - 0,395 [W/K]
- ciepło właściwe - 384,6 [J/(kg·K)]

6. Opis metody.

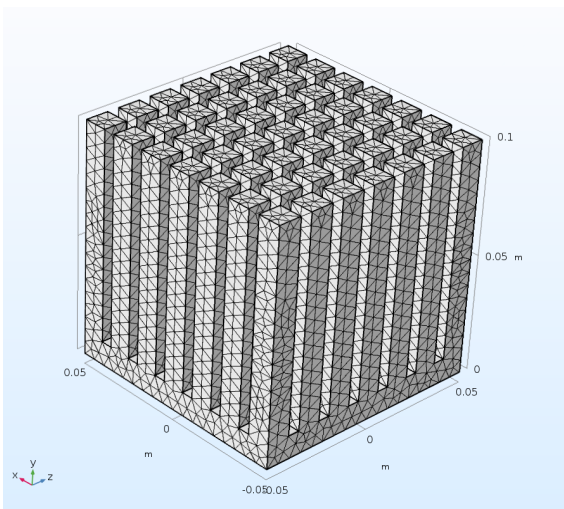
Siatka elementów skończonych składa się z trójkątnych elementów. W przypadku większości elementów wystarczające było zagęszczenie siatki oznaczone w programie comsol jako “finer” z wyjątkiem elementu prętowego, tam zastosowano siatkę “extra fine”. Pierwszy model składa się z 47559, drugi z 53857, trzeci z 35754 a czwarty z 186597 elementów skończonych.



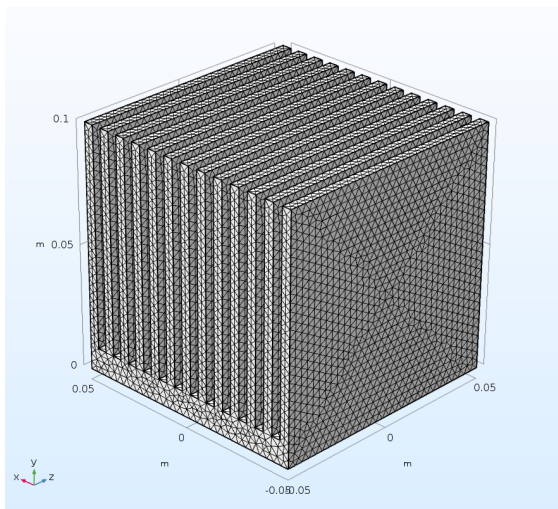
Rys. 6.1. Siatka elementów Model I



Rys. 6.2. Siatka elementów Model II



Rys. 6.3. Siatka elementów Model III



Rys. 6.4. Siatka elementów Model IV

Badanie zostało przeprowadzone jako zależne od czasu. Badany okres został zdefiniowany jako 500 sekund z krokiem co dwie sekundy. Czas ten jest wystarczający do ustabilizowania się układu.

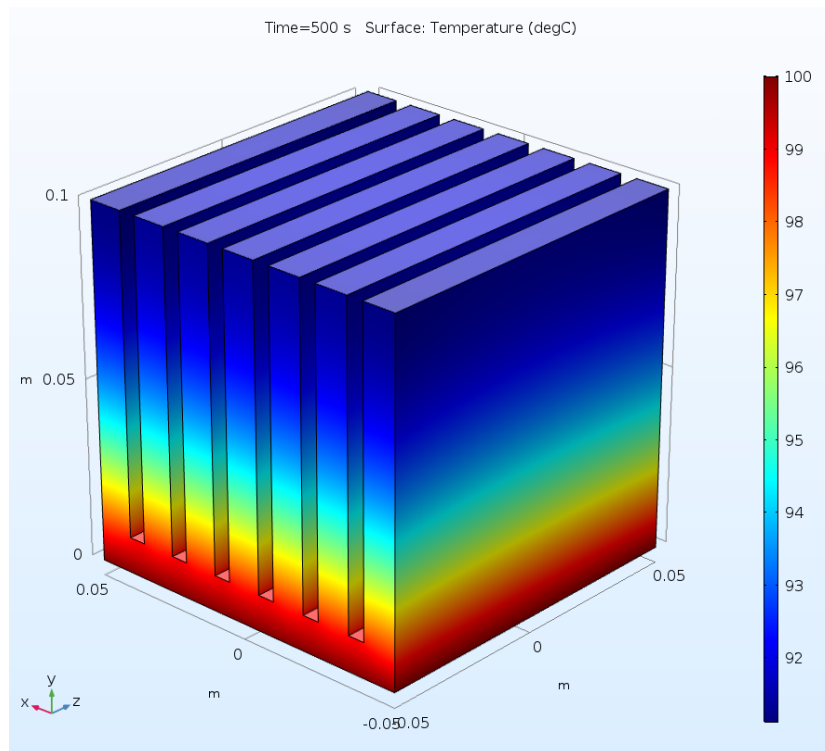
7. Opis otrzymanych wyników.

Dla każdego elementu zbadany został rozkład temperatury, który zostanie zaprezentowany na rysunkach, temperatura w najbardziej oddalonym od podstawy wierzchołku, która zostanie przedstawiona w tabeli oraz czas ustabilizowania się układu również zostanie zaprezentowany na wykresach dla każdego z badań.

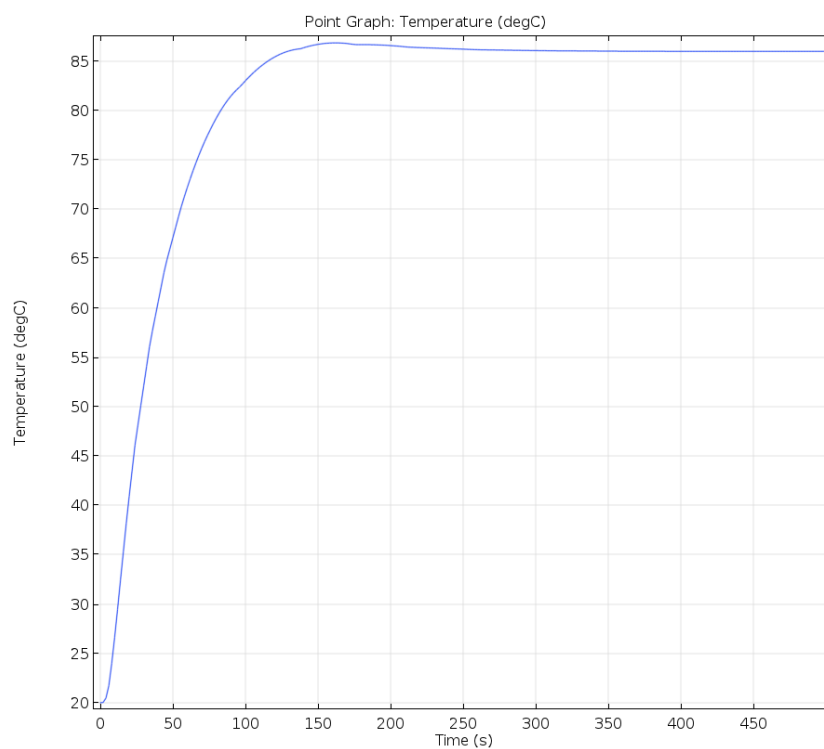
Tab. 7.1. Temperatura w wierzchołku radiatora

numer badania	temperatura w wierzchołku radiatora [°C]
1.	91,194
2,	91,126
3.	86,001
4.	82,726

7.1. Model I

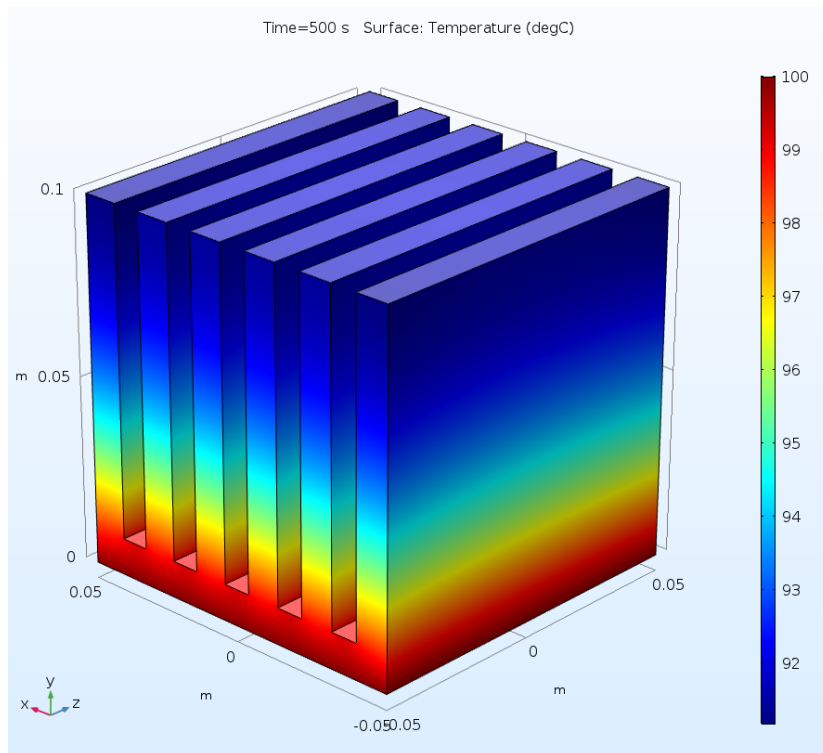


Rys. 7.1. Rozkład temperatury - Model I

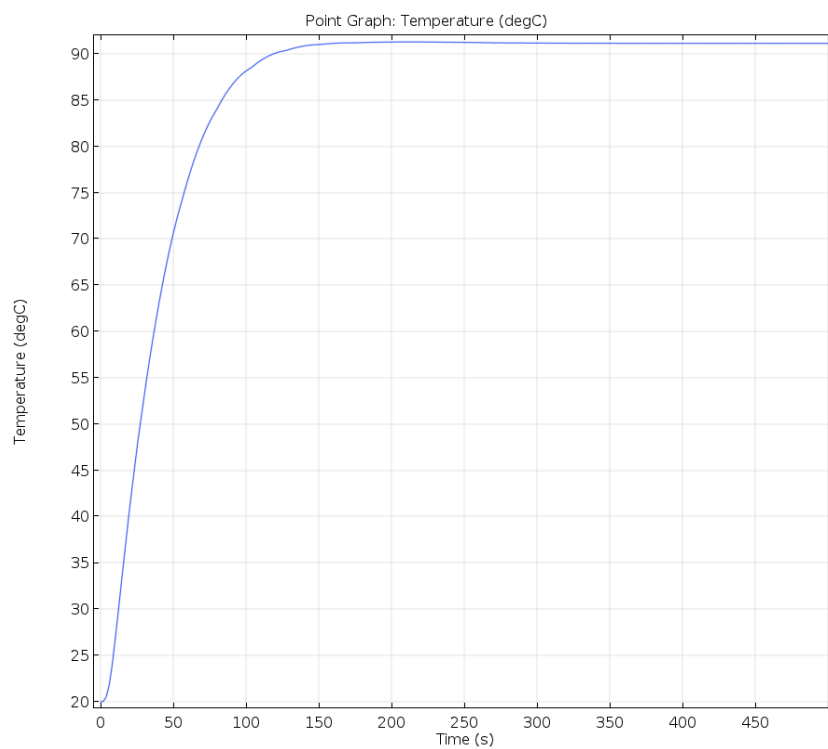


Rys. 7.2. Wykres temperatury wierzchołka w czasie - Model I

7.2. Model II

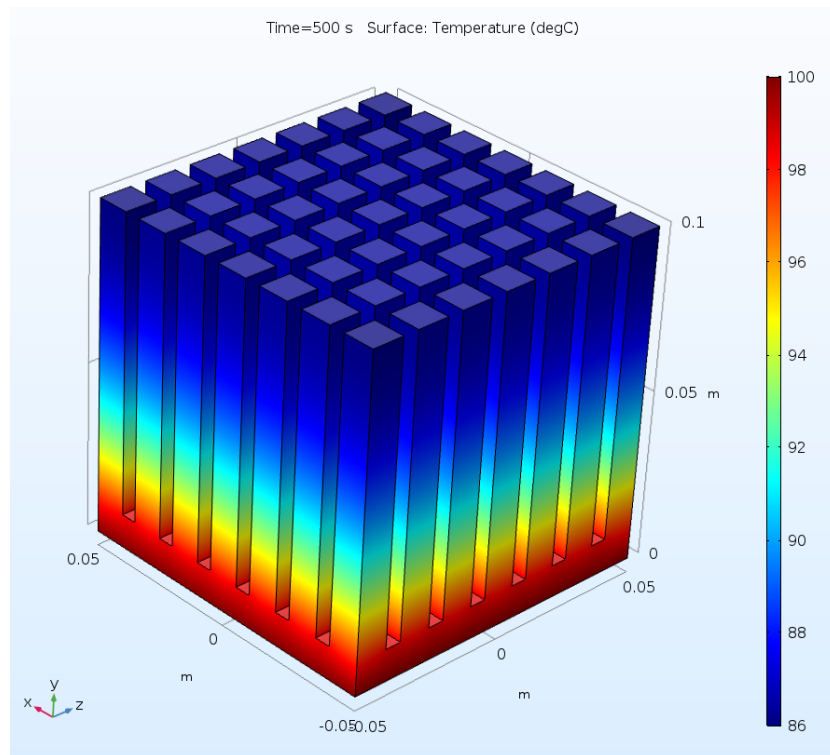


Rys. 7.3. Rozkład temperatury - Model II

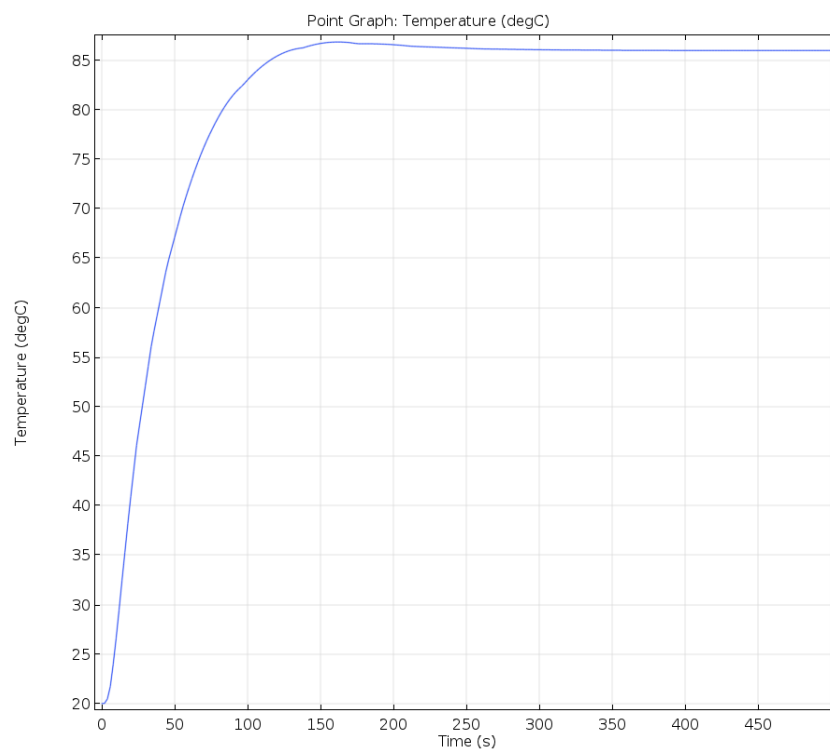


Rys. 7.4. Wykres temperatury wierzchołka w czasie - Model II

7.3. Model III

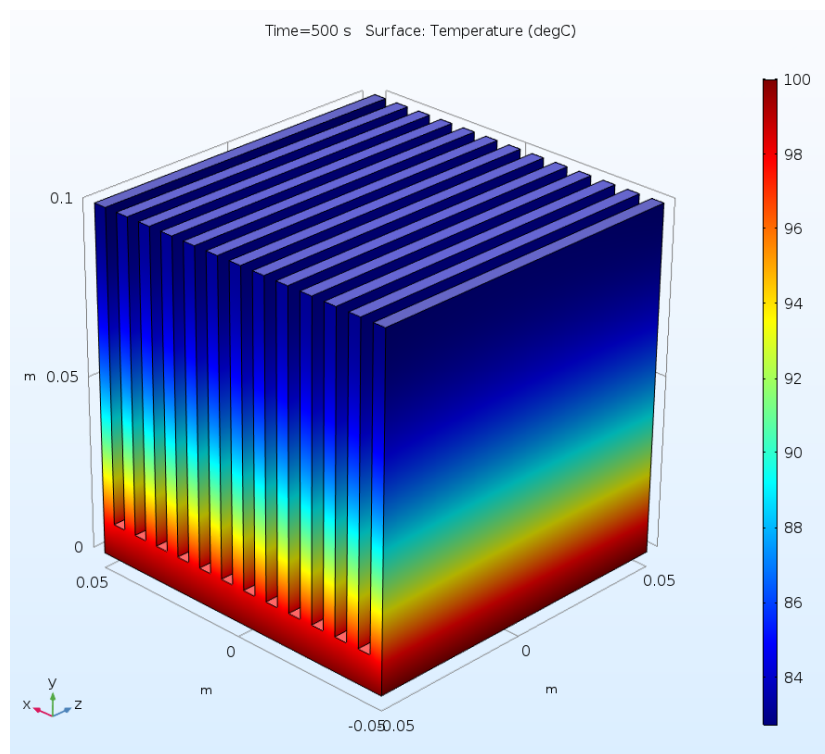


Rys. 7.5. Rozkład temperatury - Model III

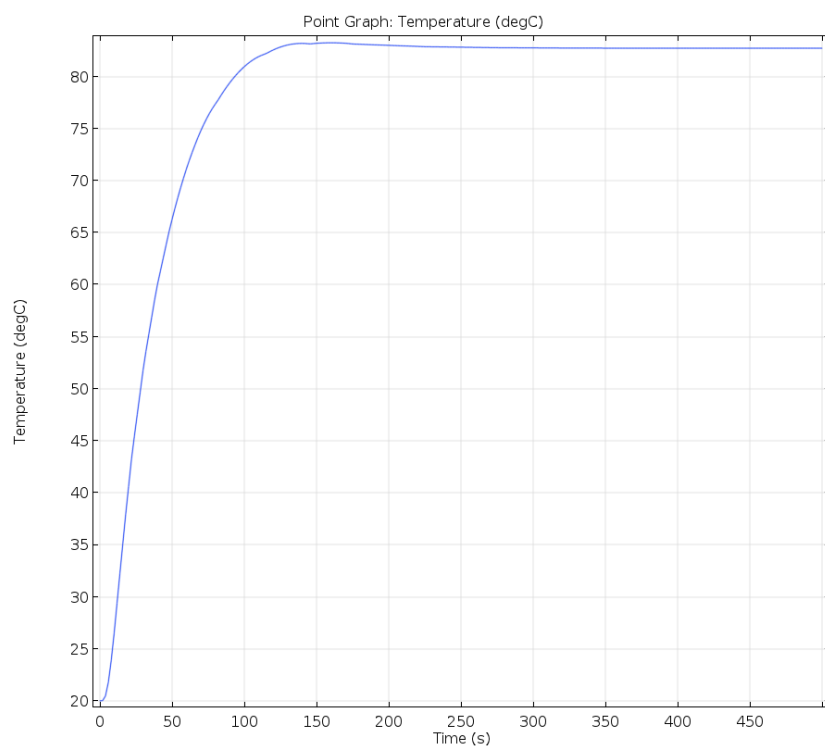


Rys. 7.6. Wykres temperatury wierzchołka w czasie - Model III

7.4. Model IV



Rys. 7.7. Rozkład temperatury - Model IV



Rys. 7.8. Wykres temperatury wierzchołka w czasie - Model IV

8. Analiza i wnioski.

8.1. Zestawienie wyników.

Pomiary należy porównywać względem wartości otrzymanej w pierwszym badaniu. Analizując wyniki przedstawione w tabeli zauważyć można dużą rozpiętość wyników. Wartość otrzymana w drugim badaniu jest mniejsza o $0,068^{\circ}\text{C}$ co stanowi zmniejszenie temperatury o 0,1 procent. Zmniejszenie się wartości temperatury wskazuje na lepsze rozpraszanie ciepła lecz tak nieznaczna zmiana może nie mieć rzeczywistego wpływu na działanie elementu.

Wyniki z pomiaru trzeciego i czwartego znacznie odstają od wartości bazowej. Wartość otrzymana w trzecim badaniu jest mniejsza o $5,193^{\circ}\text{C}$ co stanowi zmniejszenie temperatury o 5,7 procent, natomiast wartość otrzymana w czwartym badaniu jest mniejsza o $8,468^{\circ}\text{C}$ co stanowi zmniejszenie temperatury o 9,3 procent.

Wykresy temperatury od czasu wykonano by sprawdzić czy warunki uzyskane w ostatnim kroku badania są poprawne, czy stan ustalony już nastąpił. W przypadku każdego badania jest to prawda. Badanie trwało 500 sekund a wszystkie analizy uzyskały stan ustalony przed 300. sekundą. Charakterystyki otrzymanych wykresów nieznacznie się różnią. Temperatura w każdym przypadku ustala się w podobnym czasie. Zauważyć można, że wykres uzyskany z drugiego badania jest najbardziej gładki, płynnie przechodzi w stan ustalony, przed ustaleniem nie występuje większa temperatura niż temperatura czasu ustalonego. Pewne nieciągłości wykresu, brak płynnych przejść może być spowodowany błędami obliczeniowymi.

8.2. Podsumowanie i wnioski.

Analizując dane dotyczące radiatora drugiego można zauważyć, że różnice w danych są niewielkie, lecz na korzyść radiatora drugiego. W obecnych warunkach dane wskazują na to, że radiator drugi działa z większą sprawnością lecz może się okazać, że przy innych warunkach, na przykład zastosowaniu lekkiego nawiewu większa powierzchnia radiatora pierwszego może spowodować, że radiator bazowy będzie sprawdzać się lepiej. Różnica w odległości pomiędzy płytkami może być bardzo istotna, lecz prawdopodobnie w mniejszych wymiarach. Aby to zbadać należałoby stworzyć analizę w której zmniejszamy odległość między okładkami do milimetrów. Prawdopodobne jest, że w mniejszej skali uzyskać można drastycznie różne wyniki. Modyfikacja zastosowana w tym badaniu nie ma odzwierciedlenia w poprawie działania elementu.

Analiza elementu trzeciego wskazuje na znaczną poprawę pracy radiatora. Mimo tego, że elementy są tej samej grubości a różni je jedynie dodatkowe nacięcie

to zaobserwować można znaczną poprawę. zaskakujące jest to, gdyż zwykle tak znaczną poprawę zwykle uzyskuje się poprzez zwiększenie pola powierzchni elementu a w tym przypadku, matematycznie rzecz biorąc, pole powierzchni radiatora nie ulega zmianie. Modyfikacja tego elementu znacznie zwiększa wydajność rozpraszania ciepła elementu.

Prawdopodobnie tak drastyczny spadek temperatury w przypadku czwartego badania spowodowany jest zmniejszeniem średnicy elementów. Cieńsza ścianka nie rozprawdza ciepła tak równomiernie jak grubsza. Otrzymane wyniki pokrywają się z wyobrażeniami przed badaniem. Zwiększenie się wydajności rozpraszania ciepła wraz ze zwiększeniem się pola powierzchni było własnością oczekiwaną. Jest to model który uzyskał najlepsze wyniki według kryteriów przyjętych w badaniu.

Wnioskując po przeprowadzonych badaniach można stwierdzić, że idealny radiator tego typu powinien posiadać cienkie ścianki maksymalizujące pole powierzchni radiatora oraz dodatkowe nacięcia wpoprzek płytek aby stworzyć piny by jeszcze bardziej poprawić działanie elementu. Prawdopodobnie można by je zagęścić jeszcze bardziej niż w badaniu, zmniejszyć odległość pomiędzy nimi lecz i to należałoby zbadać przed zastosowaniem.

Bibliografia:

[Sikora2012] Jan Sikora, Numeryczne metody rozwiązywania zagadnień brzegowych. Podstawy metody elementów skończonych i metody elementów brzegowych (eBook), Politechnika Lubelska, Wydanie: 1, 2012. ISBN: 978 83 62596 41 6

[Zienkiewicz1971] O.C. Zienkiewicz, Metoda elementów skończonych, Warszawa, 1972. ISBN: 590 52 79053 22 9

[Zienkiewicz2000] O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, The Finite Element Method, Volume 1: The Basis, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000. ISBN 0 7506 6320 0

[Zienkiewicz2014] O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, D.D. Fox, The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics, Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2014. ISBN 0 7506 5055 9