

ROK AKADEMICKI: 2021/2022

KIERUNEK: Mechatronika, stopień II

SEMESTR: I

PRZEDMIOT: Obliczeniowa analiza układów mechanicznych

FORMA ZAJĘĆ: Laboratorium

AUTOR/NUMER INDEKSU: Kacper Bereszyński / 139731

TEMAT: Badanie radiatorów lamelowych

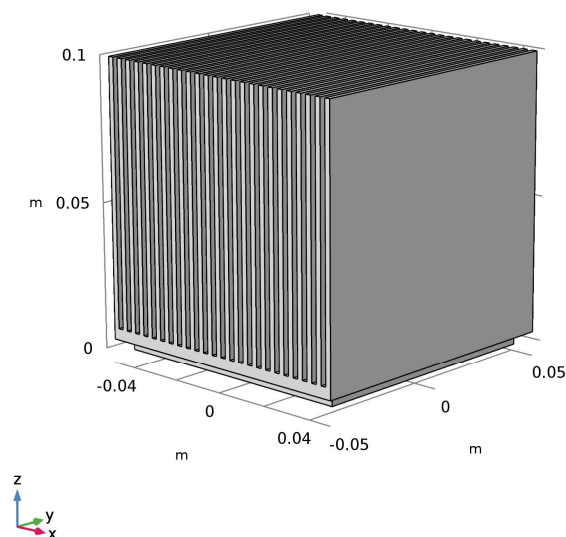
DATA OPRACOWANIA: 16.06.2022

1. Cel analizy.

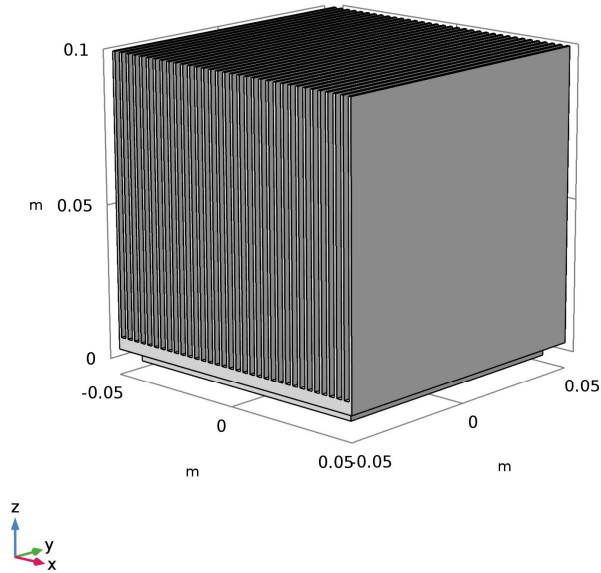
Celem analizy jest zbadanie wpływu geometrii radiatora na jego zdolność do odprowadzania ciepła oraz na naprężenia termiczne w nim występujące. Badaniu poddane zostały dwa radiatory lamelowe, różniące się gęstością usadowienia lameli oraz ich liczbą.

2. Opis modeli.

Modele przygotowane zostały w oprogramowaniu SolidWorks 2021. Geometria modeli zaprojektowana została w taki sposób, aby zmaksymalizować ich pole powierzchni. Inspiracją konstrukcji radiatorów przedstawionych na rysunkach 2.1 i 2.2 są konstrukcje lamelowe, charakteryzujące się występowaniem dużej liczby cienkich blaszek, które przyczyniają się do osiągnięcia przez radiator dużego pola powierzchni, przy zachowaniu wymiarów gabarytowych w granicach 10cmx10cmx10cm.



Rys. 2.1. Model pierwszego radiatora.



Rys. 2.2. Model drugiego radiatora.

Pierwszy model składa się z podstawy o przekroju kwadratu o wymiarach 90mmx90mm, z której wyciągnięte zostały blaszki o grubości 2mm, szerokości 100mm i wysokości 90mm. Blaszki usadowione zostały w odległości 2mm od siebie. Liczba blaszek wynosi 25.

Drugi model również składa się z podstawy o przekroju kwadratu o wymiarach 90mmx90mm, lecz w tym przypadku blaszki mają grubość 1mm. Pozostałe wymiary blaszek pozostają niezmiennione. Liczba blaszek wynosi 34.

3. Przebieg badań.

Badania przeprowadzone zostały w oprogramowaniu COMSOL Multiphysics z użyciem modułu „heat transfer in solids” oraz „solid mechanics”. Badanie przeprowadzono dla zakresu czasowego 0-5 minut z krokiem co 0,5 minuty. Do symulacji przepływu ciepła w czasie między radiatorem i otoczeniem użyte zostały równania 3.1 oraz 3.2, przy czym równanie 3.2 dla pojedynczego punktu badanej konstrukcji można uprościć do równania 3.3.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = Q + Q_{ted} \quad (3.1)$$

$$q = -k \nabla T \quad (3.2)$$

$$q_0 = h \cdot (T_{ext} - T) \quad (3.3)$$

gdzie q_0 – ciepło, h - współczynnik przepływu ciepła, T_{ext} – temperatura otoczenia, T – temperatura w danym punkcie obiektu.

W badaniu współczynnik h przyjęto na poziomie $25 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, a temperaturę otoczenia na $20^\circ C$. Dodatkowo do dolnej powierzchni radiatorów przyłożono temperaturę T_0 o wartości $100^\circ C$. Warunek ten opisany został za pomocą wzoru 3.4.

$$T = T_0 \quad (3.4)$$

W celu zbadania naprężeń oraz odkształceń termicznych występujących w badanych radiatorach, użyte zostało równanie 3.5. Dodatkowym warunkiem brzegowym zadeklarowanym w badaniu stanu naprężeń jest utwierdzenie dolnej powierzchni radiatora.

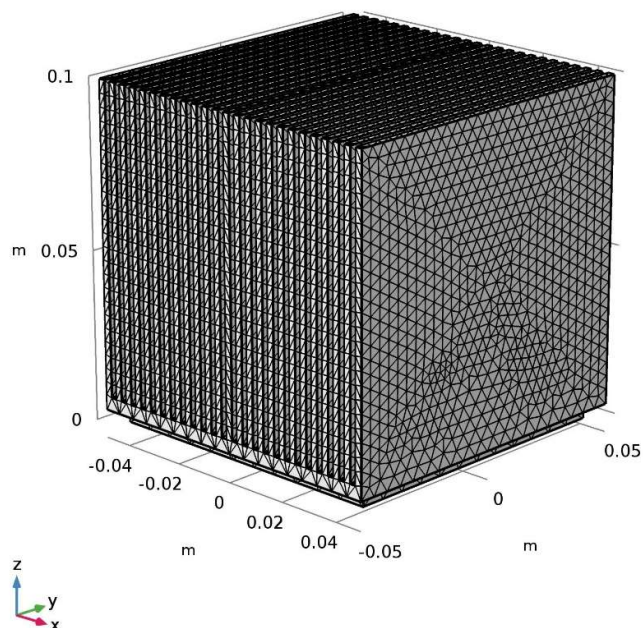
$$\varepsilon_{th} = \alpha(T)(T - T_{ref}) \quad (3.5)$$

gdzie ε_{th} - odkształcenia termiczne, α – współczynnik rozszerzalności temperaturowej, T_{ref} – temperatura odniesienia.

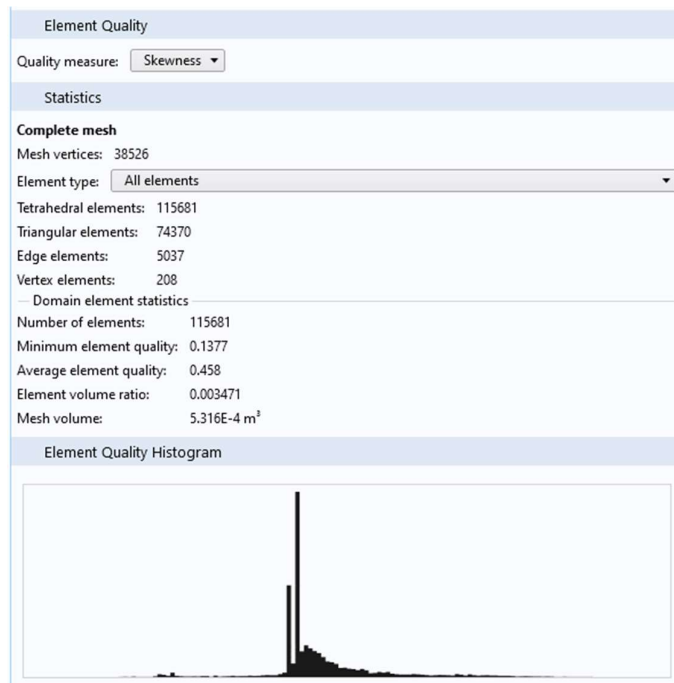
Materiałem użytym w badaniu jest stop aluminium 1050. Najważniejsze parametry ze względu na specyfikę przeprowadzonego badania przedstawiono w poniższej tabeli.

Gęstość ρ	g/cm ³	2,7
Moduł Younga E	MPa	69000
Moduł Kirchhoffa G	MPa	25900
Liczba Poissona ν	-	0,33
Współczynnik rozszerzalności temperaturowej	μm/mK	23,5
Przewodność cieplna	W/mK	229

Po określeniu warunków brzegowych, kolejnym etapem przygotowania badania było utworzenie siatki na modelach radiatorów. W przypadku pierwszego radiatora wygenerowana została siatka składająca się z 115681 elementów w kształcie czworościanów. Wygląd siatki oraz jej dokładne parametry przedstawiono na rysunkach 3.1 i 3.2.

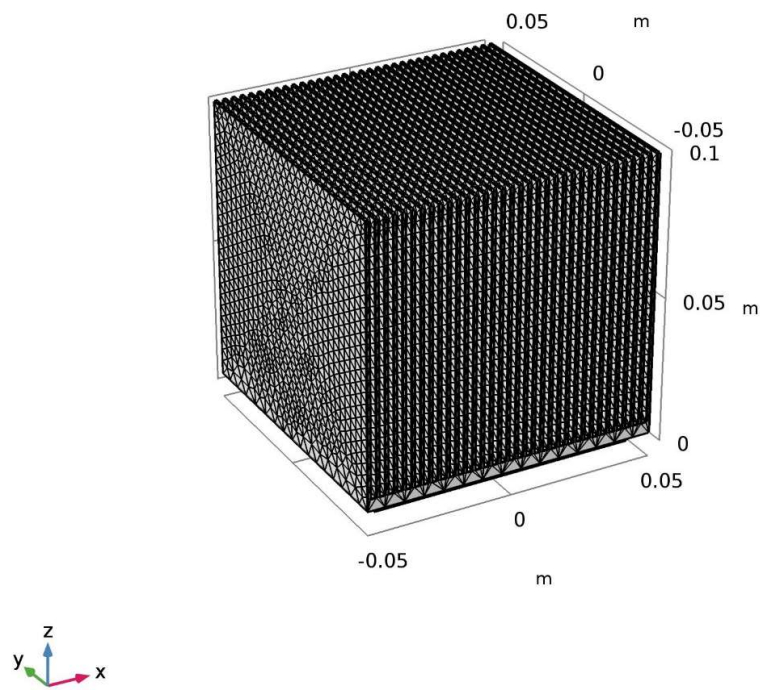


Rys. 3.1. Siatka na modelu pierwszego radiatora.

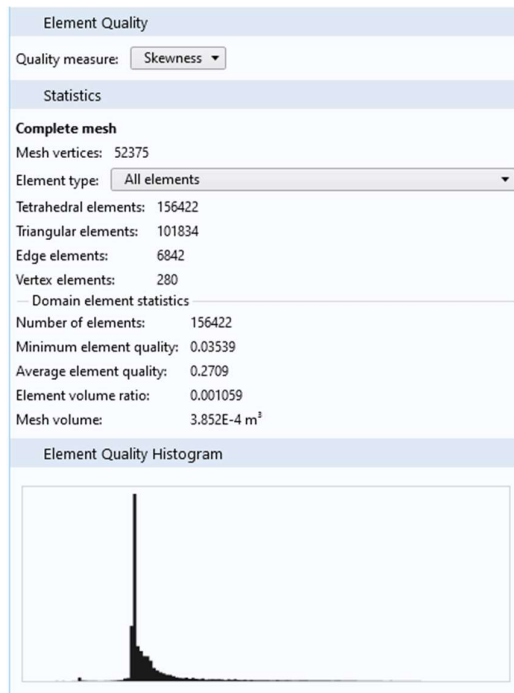


Rys. 3.2. Parametry siatki pierwszego radiatora.

Siatka drugiego radiatora wygenerowana została w podobny sposób, wobec czego składa się ona z elementów tego samego rodzaju. Z powodu większego pola powierzchni niż w przypadku radiatora pierwszego, siatka radiatora drugiego zbudowana została z 156422 elementów. Wygląd siatki radiatora drugiego oraz jej dokładne parametry przedstawiono na rysunkach 3.3 i 3.4.



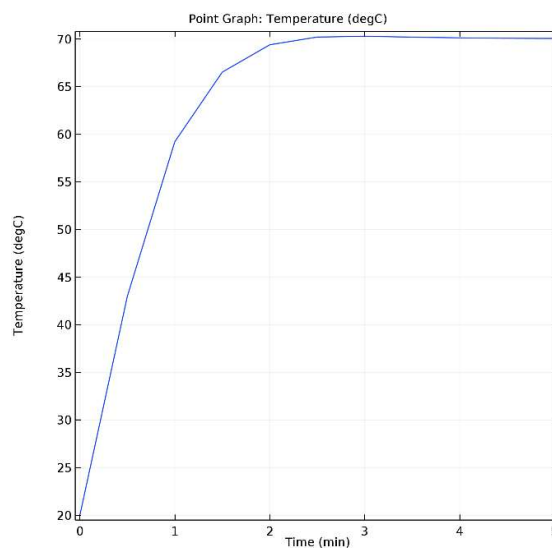
Rys. 3.3. Siatka na modelu drugiego radiatora.



Rys. 3.4. Parametry siatki drugiego radiatora.

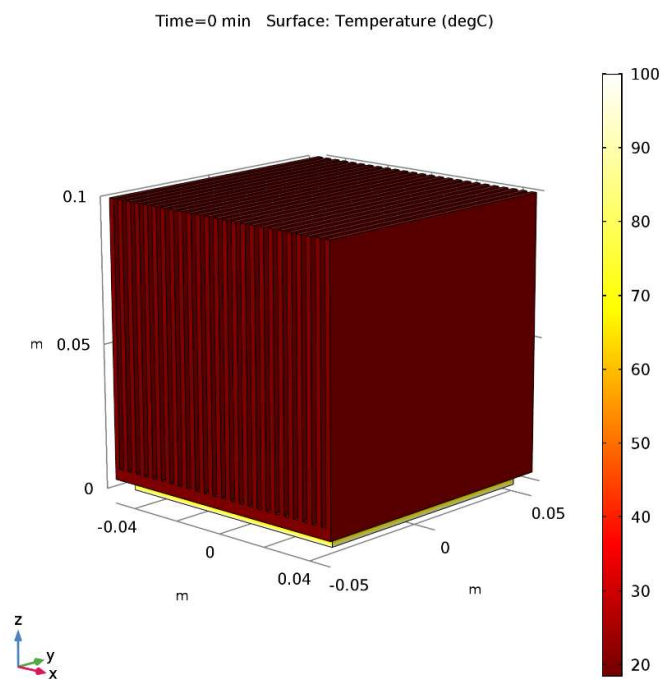
4. Wyniki.

Wyniki badań stanowią mapy obrazujące rozkład ciepła w radiatorze po upłygnięciu danego czasu oraz mapy ukazujące rozkład naprężeń i odkształcenia spowodowane zjawiskiem rozszerzalności temperaturowej. Ponadto sporządzone zostały wykresy przedstawiające przebieg zmiany temperatury w wybranym punkcie znajdującym się w górnej części radiatora. Przebieg ten dla radiatora pierwszego przedstawiony został na rysunku 4.1. Z wykresu tego wynika, że proces ustalania temperatury w radiatorze pierwszym trwa około 3 minuty, po czym temperatura ta stabilizuje się na poziomie około 70°C.

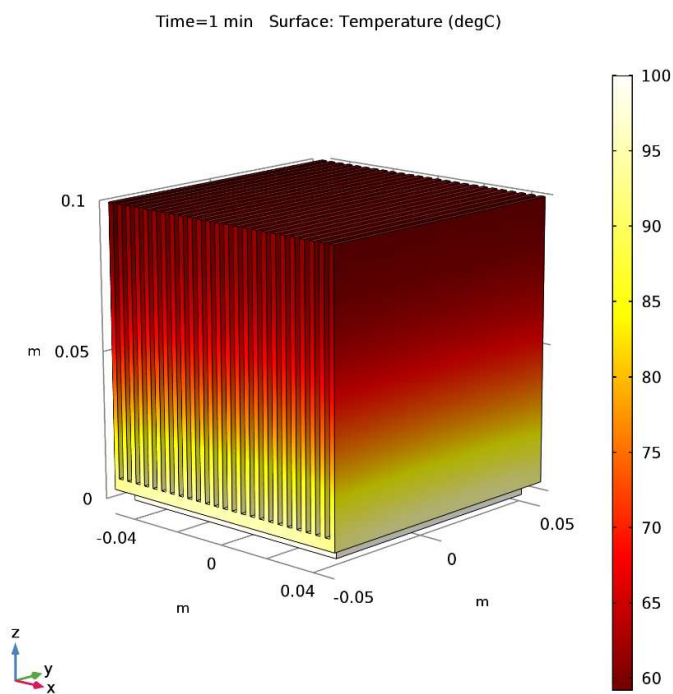


Rys. 4.1. Przebieg zmian temperatury w wybranym punkcie radiatora pierwszego.

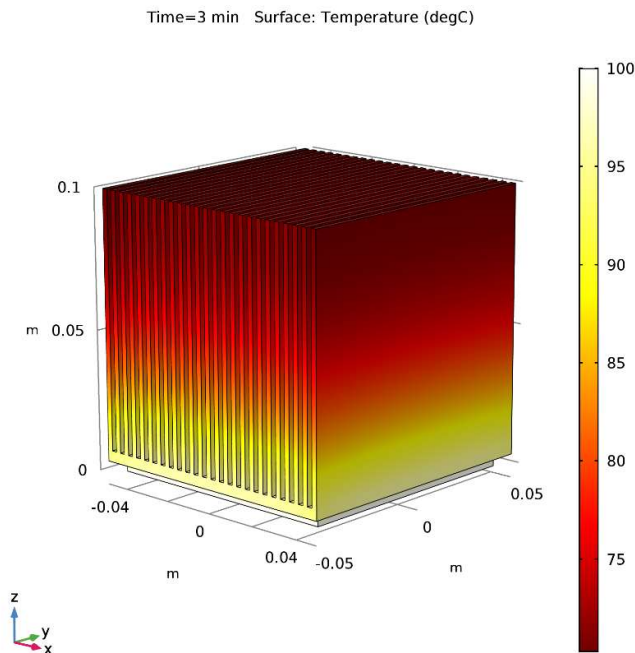
Na rysunkach 4.2-4.5 przedstawiono mapy obrazujące rozkład temperatury na powierzchni badanego radiatora dla chwili czasowej równej 0 min. – stan początkowy, 1 min. – stan przejściowy, 3 min. i 5 min. – stan ustalony (należy zwrócić uwagę na skalę).



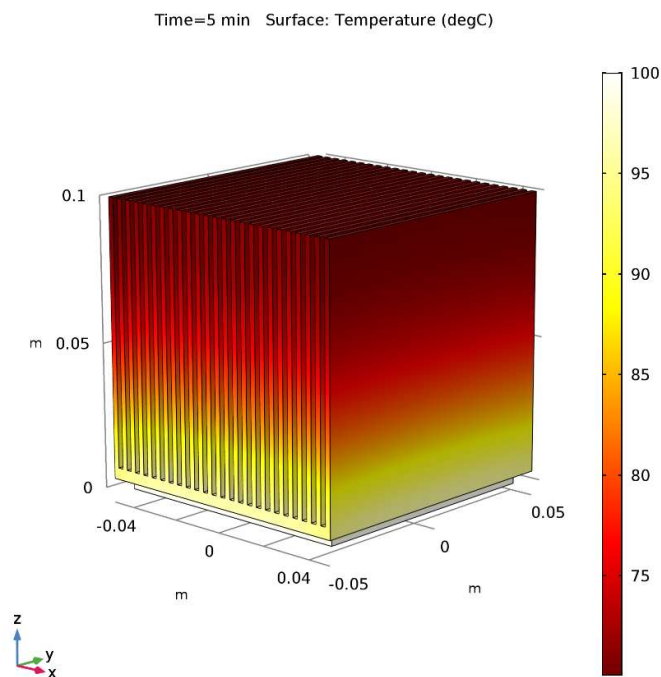
Rys. 4.2. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=0$ min.



Rys. 4.3. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=1$ min.



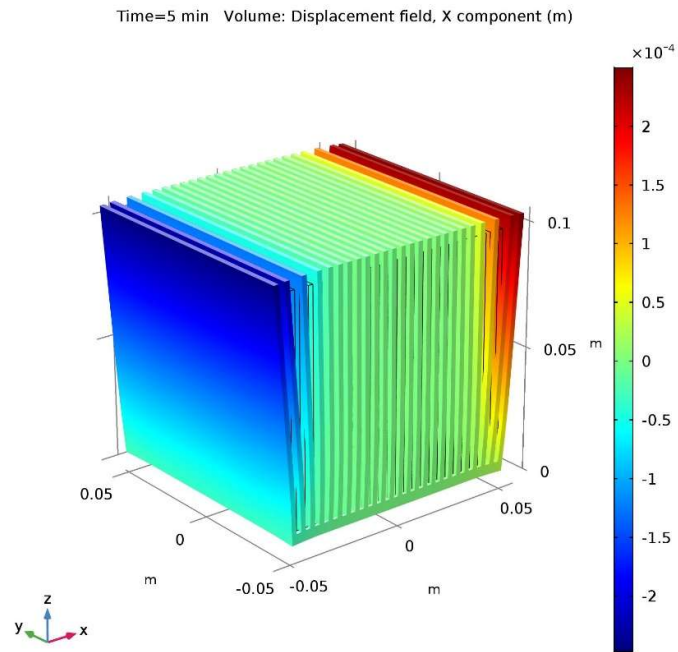
Rys. 4.4. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=3\text{min}$.



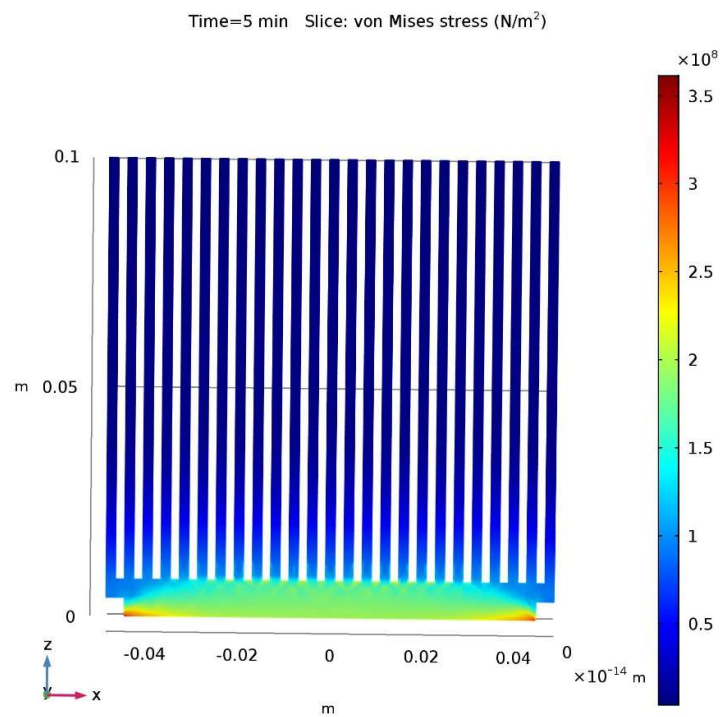
Rys. 4.5. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=5\text{min}$.

Na rysunkach 4.6 i 4.7 przedstawiony został odpowiednio rozkład odkształceń badanego radiatora w osi X oraz rozkład naprężeń zredukowanych w płaszczyźnie XZ. Z przedstawionych map wynika, że centralna część radiatora jest mniej podatna na odkształcenia termiczne niż części znajdujące się po jego bokach. Maksymalne odkształcenia

przyjmują wartość około 0,2mm i skierowane są w kierunku od środka radiatora na zewnątrz. W kwestii naprężeń zauważyć można, że największe ich wartości przyjmowane są w podstawie radiatora, podczas gdy w lamelach nie występują one prawie w ogóle.

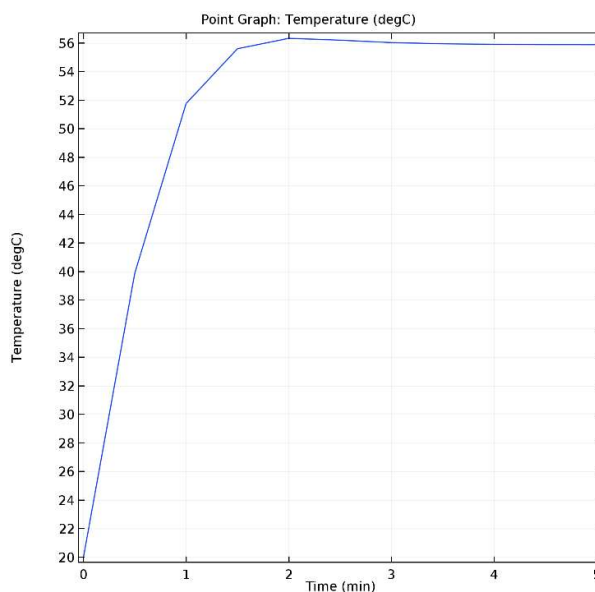


Rys. 4.6. Odształcenia radiatora pierwszego w osi X.



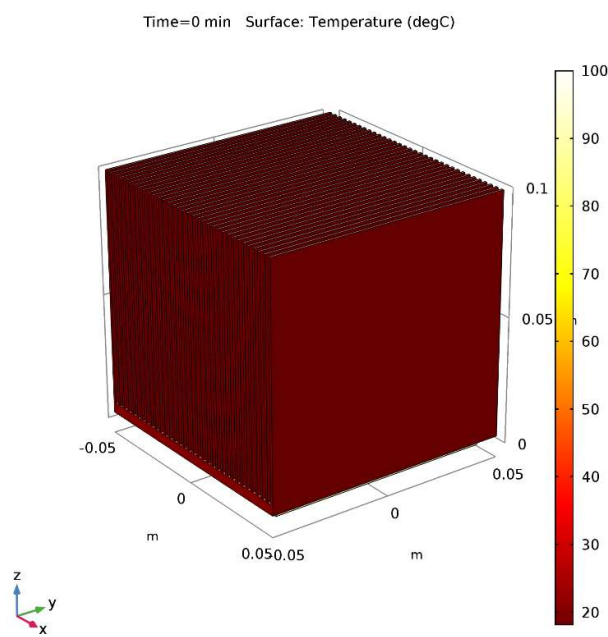
Rys. 4.7. Naprężenia zredukowane na przekroju radiatora pierwszego.

Dla radiatora drugiego sporządzony został podobny zestaw map i wykresów. Warunki brzegowe badania są identyczne jak w badaniu radiatora pierwszego. Na rysunku 4.8 przedstawiony został przebieg zmian temperatury wybranego punktu znajdującego się w górnej części radiatora. Jak widać, temperatura w punkcie radiatora znacząco wzrasta przez pierwsze dwie minuty trwania badania, po czym stabilizuje się na poziomie około 56 °C.

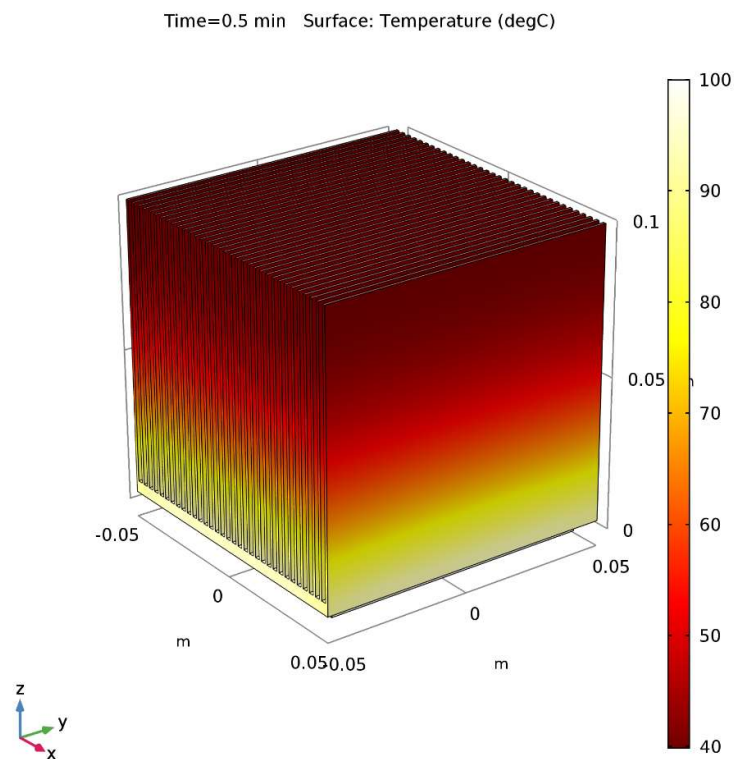


Rys. 4.8. Przebieg zmian temperatury w wybranym punkcie radiatora drugiego.

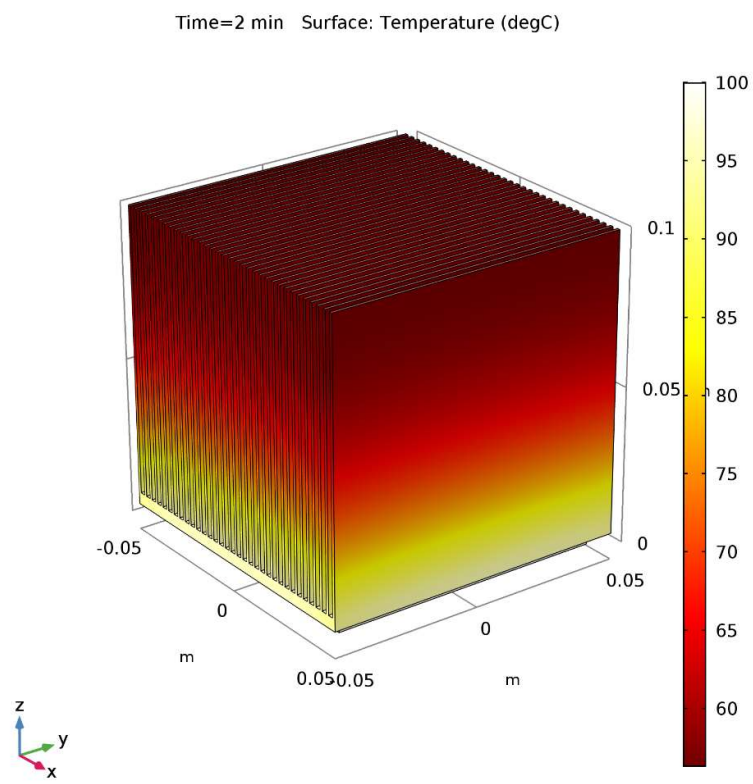
Na rysunkach 4.9-4.12 przedstawione zostały mapy obrazujące rozkład temperatury w radiatorze drugim dla chwili czasowej równej 0 min. – stan początkowy, 0,5 min. – stan przejściowy, 2 min. i 5 min. – stan ustalony (należy zwrócić uwagę na skalę).



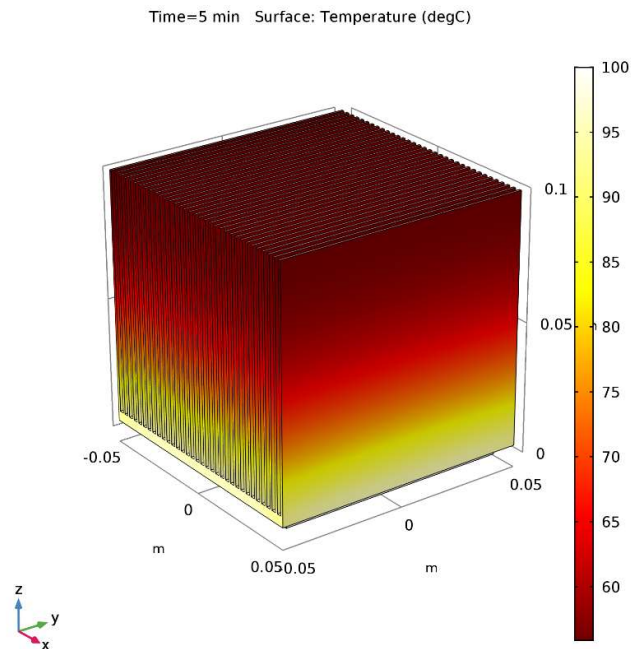
Rys. 4.9. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie t=0min.



Rys. 4.10. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=0,5$ min.

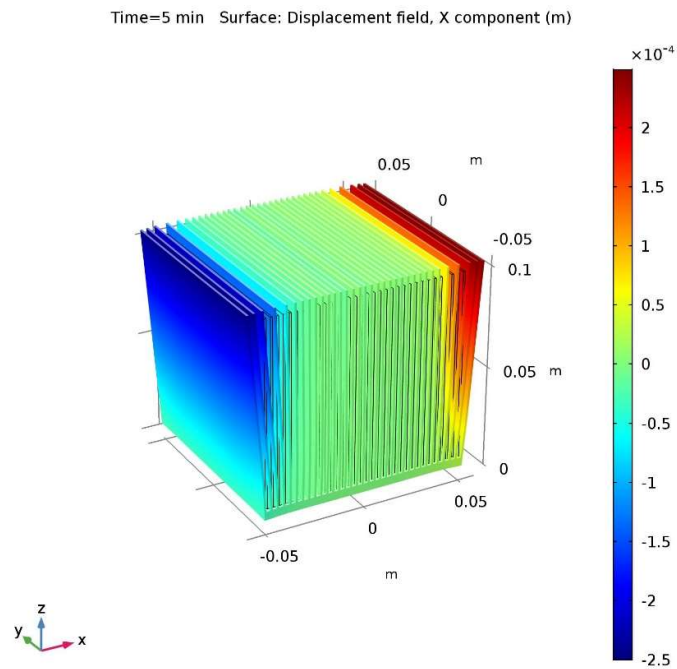


Rys. 4.11. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=2$ min.



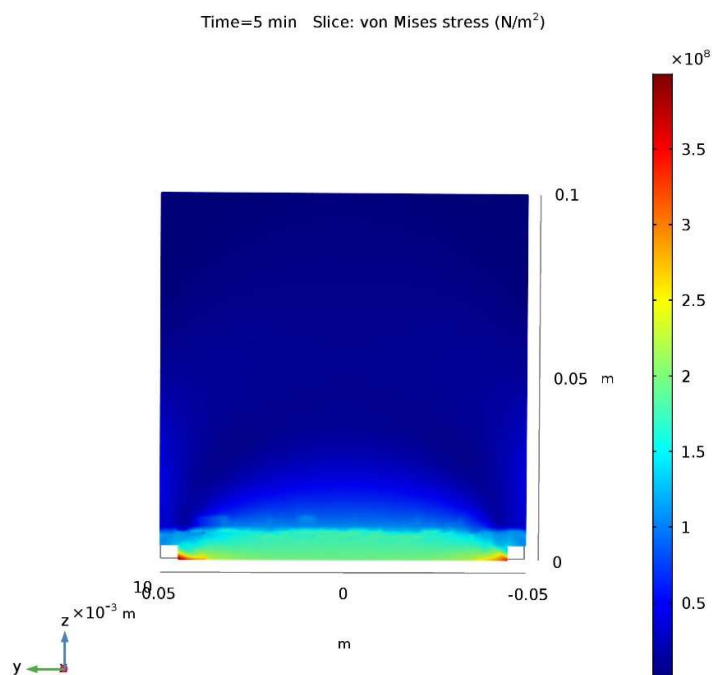
Rys. 4.12. Rozkład temperatury w radiatorze w czasie $t=5\text{min}$.

Na rysunku 4.13 przedstawiony został odpowiednio rozkład odkształceń badanego radiatora w osi. Podobnie jak w przypadku radiatora pierwszego, zauważyć można, że największe odkształcenia występują po bokach radiatora, przy czym kierunek tych odkształceń skierowany jest od środka radiatora na zewnątrz. Maksymalne wartości odkształceń osiągają wartość około $0,2\text{mm}-0,25\text{mm}$.



Rys. 4.13. Odkształcenia radiatora drugiego w osi X.

Dla radiatora drugiego zbadany został rozkład naprężeń zredukowanych na przekroju jednej lameli. Wynik badania w postaci mapy naprężeń przedstawiony został na rysunku 4.14. Z rozkładu tego wynika, że podobnie jak w przypadku rozkładu wyznaczonego w badaniu pierwszym, największe naprężenia występują w podstawie radiatora. W samej lameli natomiast naprężenia prawie w ogóle nie występują.



Rys. 4.14. Naprężenia zredukowane na przekroju radiatora drugiego.

5. Podsumowanie i wnioski.

Z przeprowadzonych badań wynika, że liczba blaszek radiatora lamelowego ma istotny wpływ na jego zdolność do odprowadzania temperatury. W przypadku radiatora pierwszego o liczbie blaszek równej 25, czas ustalenia temperatury wyniósł około 3 minuty, przy czym temperatura ta ustabilizowała się na poziomie 70°C. W przypadku drugiego radiatora o liczbie blaszek równej 34, czas ustalenia temperatury wyniósł około 2 minuty, przy czym temperatura ta ustabilizowała się na poziomie 56°C. Wynika z tego, że większa liczba lamel wpłynęła pozytywnie na efektywność oddawania ciepła do otoczenia przez radiator.

W kwestii naprężeń termicznych i odkształceń powstałych w obu radiatorach zauważyć można, że różna liczba lametek nie ma prawie żadnego wpływu na naprężenia, ponieważ w obu przypadkach badanie zwróciło zbliżone do siebie wyniki. Dla obu radiatorów największe naprężenia występowały w podstawie, do której przykładana była temperatura, natomiast największe odkształcenia występowały w lamelach znajdujących się po bokach radiatorów, przy czym kierunek odkształceń skierowany był od środka radiatora na zewnątrz.