



**T.C.
KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
SİMAV TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

TERMOELEKTRİK MODÜL İLE SOĞUTUCU

**WISAM ALZOBİ
202022191154**

**BİTİRME PROJESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**DANIŞMAN
PROF. DR. SEMRA DURMUŞ ACER**

KÜTAHYA, 2025



T.C.
KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
SİMAV TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

TERMOELEKTRİK MODÜL İLE SOĞUTUCU

Wısam ALZOBİ tarafından hazırlanan proje çalışması 10/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde Lisans **BİTİRME PROJESİ** olarak kabul edilmiştir.

Proje Danışmanı

Prof. Dr. Semra DURMUŞ ACER
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Alaattin KAÇAL
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Vedat TAŞDEMİR
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr.Öğr. Üyesi Hakan MUMCU
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr.Öğr. Üyesi Murat KOYUNBAKAN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
GÖRSELLER LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Projenin Amaç ve Kapsamı	1
1.2 Proje Konusunun Anlam ve Önemi	1
BÖLÜM 2	3
LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1 Termoelektrik Olaylar.....	3
2.1.1 Seebeck Etkisi.....	3
2.1.2 Peltier Etkisi.....	3
2.1.3 Thomson Etkisi	4
2.1.4 Joule Isısı	4
2.2 Isı Tranferi ve Isı Transferi Mekanizmaları.....	5
BÖLÜM 3	7
KULLANILACAK TEKNOLOJİLER VE YÖNTEMLER.....	7
3.1 Peltier Elemanı.....	7
3.2 Soğutucular	9
3.3 Fan	11
3.4 Termal Macun.....	12
3.5 Köpük PVC Levha (polivinilklorür köpüğü).....	12
3.6 Güç Kaynağı	13
3.7 Dijital Termometre	13
3.8 ANSYS Fluent	14
BÖLÜM 4	15
UYGULAMA VE TARTIŞMA.....	15
4.1. Termal Analiz Sonuçları	17
4.1.1. Sıcak Tarafından Soğutucu Üzerinde Termal Analizi (100 W/(m ² ·K)) ...	17
4.1.2. Sıcak Tarafından Soğutucu Üzerinde Termal Analizi (200 W/(m ² ·K)) ...	19
4.2. Soğuk Tarafında Kanatçık Üzerinde Termal Analizi	21
SONUÇLAR.....	25
KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	27

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1 TEC-12706 Teknik Özellikleri	8
Tablo 3. 2 Güç Kaynağı Teknik Özellikleri	13

Görsel 3. 1. Peltier Elemanı	7
Görsel 3. 2. Peltier Elemanın Yapısı	8
Görsel 3. 3. Isıl Emitterler (heatsink)	9
Görsel 3. 4. Soğutucuların Teknik Resim	10
Görsel 3. 5. Soğutucuların (CAD) Çizim	10
Görsel 3. 6. Fan	11
Görsel 3. 7. TIM'siz ve TIM'li Yüzeylerin Mikroskopik Görünüm.....	12
Görsel 3. 8. PVC Levha	12
Görsel 3. 9. Güç Kaynağı	13
Görsel 3. 10. Dijital Termometre	13
Görsel 4. 1. Soğutucunun Ortam Sıcaklıklar Değerleri	16
Görsel 4. 2. Soğutucuda Isı Dağıtımını	16
Görsel 4. 3. Soğutucunun Termal Analizi (100 W/(m ² ·K)	17
Görsel 4. 4. Soğutucunun Dış Yüzey Termal Analizi (100 W/(m ² ·K)	18
Görsel 4. 5. Soğutucunun İç Yüzey Termal Analizi (100 W/(m ² ·K).....	18
Görsel 4. 6. Soğutucunun Kesit Yüzey Termal Analizi (100 W/(m ² ·K)	19
Görsel 4. 7. Soğutucunun Termal Analizi (200 W/(m ² ·K)	20
Görsel 4. 8. Soğutucunun İç Yüzey Termal Analizi (200 W/(m ² ·K).....	20
Görsel 4. 9. Soğutucunun Dış Yüzey Termal Analizi (200 W/(m ² ·K)	21
Görsel 4. 10. Soğutucunun Kesit Yüzey Termal Analizi (200 W/(m ² ·K)	21
Görsel 4. 11. Kanaçığın Dış Yüzey Termal Analizi	22
Görsel 4. 12. Kanaçığın İç Yüzey Termal Analizi	22
Görsel 4. 13. Kanaçığın Termal Analizi	23
Görsel 4. 14. Kanaçığın Kesit Yüzey Termal Analizi	23
Görsel 4. 15. Kanaçığın Kesit Yüzey Termal Analizi	24

TERMoeLEKTRİK MODÜL İLE SOĞUTUCU

Wısam ALZOBİ

Makine Mühendisliği Bölümü

Bitirme Projesi

Proje Danışmanı: Prof. Dr. Semra DURMUŞ ACER

Bu projede, termoelektrik modül kullanılarak etkili bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Çalışma, sistemin verimliliğini değerlendirmeye ve ısı soğutucusunun sıcak ile soğuk yüzeylerinin performans üzerindeki etkilerini incelemeye odaklanmıştır. Bu sistemin taşınabilir mini buzdolapları, masaüstü soğutucular ve çeşitli elektronik cihazlar gibi uygulamalarda kullanılabilirliği öngörülmektedir.

Termal analizler, ANSYS yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiş ve çevresel sıcaklığın sistemin farklı yüzeylerine olan etkisi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Sistemden maksimum verim elde edebilmek için, sıcak yüzeyin sıcaklığını düşürme veya kontrol altında tutma yöntemleri analiz edilmiştir. Bu çalışmalar, soğutucu tasarımının iyileştirilmesi ve farklı soğutma sistemlerinin performansını artırmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Termoelektrik, Peltier, Yarıiletken

COOLER WITH THERMOELECTRIC MODULE

Wisam ALZOBİ

Department of Mechanical Engineering

Graduation Project

Project Advisor: Prof. Dr. Semra DURMUŞ ACER

In this project, an effective cooling system was designed using thermoelectric modules. The study focused on evaluating system malfunctions and examining the performance of hot and cold surfaces of heat temperatures. In addition, its usability in applications such as portable mini refrigerators, computers and various electronic devices was investigated. Thermal analyses were performed with the help of ansys software and the effect of temperatures on different surfaces of the system was discussed in detail. In order to obtain maximum efficiency of the system, the deterioration of hot surfaces or methods of keeping them under control were analyzed. These studies provide the increase of temperature design and different cooling efficiency.

Anahtar Kelimeler: Thermoelectric, Peltier, Semiconductor

1.1 Projenin Amaç ve Kapsamı

Bu projenin temel amacı, Peltier etkisini kullanarak küçük, taşınabilir ve düşük maliyetli bir masaüstü soğutma sistemi tasarlamak ve oluşturmak olacaktır. Bu sistemin, özellikle ofislerde, bilgisayar masalarında veya mini buzdolaplarında kullanım için uygun olması hedeflenmektedir. Proje, Peltier elemanlarının soğutma kapasitesini anlamayı ve bu teknolojiyi düşük enerji tüketimiyle verimli bir şekilde kullanarak bir soğutma cihazı geliştirmeyi amaçlamaktadır. Peltier etkisi ile soğutma yapmak, özellikle küçük ve taşınabilir soğutma çözümleri için oldukça etkili olabilir, ancak verimlilik konusunda dikkatli olunması gerekmektedir.

1.2 Proje Konusunun Anlam ve Önemi

Peltier etkisiyle küçük, masaüstü bir soğutma sistemi oluşturma projesi, modern teknoloji ve çevre dostu mühendislik çözümlerini birleştiren önemli bir projedir. Bu projenin konusu, sıcaklık kontrolü ve soğutma süreçlerinde devrim niteliğinde olan Peltier etkisinin kullanımını kapsamaktadır. Bu etki, belirli bir elektrik akımının iletkenler arasından geçirilmesiyle, bir yüzeyde ısı emilmesine, diğer yüzeyde ise ısı yayılmasına yol açar.

Bu proje, enerji verimliliğini artırma ve geleneksel soğutma yöntemlerine alternatif bir sistem geliştirme amacını taşır. Peltier etkisinin daha yaygın ve verimli bir şekilde kullanılması, düşük enerji tüketimi ile soğutma sağlamak isteyen bireyler ve endüstriler için büyük bir fayda sağlayabilir. Ayrıca, bu projenin tasarım aşamasında Peltier etkisinin çalışmasının anlaşılması ve uygulanması, yeni nesil termal yönetim çözümleri için önemli bir adım atılmasını sağlar.

Geleneksel soğutma sistemleri, yüksek enerji tüketimi ve çevreye zararlı emisyonlarla ilişkilidir. Peltier etkisi, mekanik hareket ve sıvı soğutma sistemleri olmadan çalıştığı için, daha düşük enerji tüketimi ve çevre dostu bir soğutma alternatifi sunar. Bu proje, sürdürülebilir mühendislik çözümleri sunarak enerji verimliliği sağlayan bir soğutma sistemi geliştirmeyi hedefler. Bu tür sistemler, enerji tasarrufu sağlarken aynı zamanda karbon ayak izinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Peltier etkisinin kullanımı, geleneksel soğutma sistemlerinden farklı olarak, daha kompakt, daha az gürültü yapan ve daha hassas sıcaklık kontrolü sunan sistemlerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu proje, yeni nesil soğutma teknolojilerine olan talebin artmasını sağlayabilir ve farklı endüstrilerdeki kullanım alanlarını keşfederek bu teknolojinin daha da yaygınlaşmasına katkı sağlar. Proje, öğrenciler ve mühendisler için mekanik tasarım, elektronik devreler, termal yönetim ve enerji verimliliği alanlarında önemli bir uygulamalı deneyim sağlar. Peltier etkisini kullanarak soğutma sistemi tasarlamak, mühendislik disiplinlerinde yenilikçi düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirir. Ayrıca, bu tür projeler, teorik bilgilerin pratiğe dökülmesini sağlayarak mühendislik öğrencilerinin iş gücüne daha hazır hale gelmelerine yardımcı olur. Bu tür bir soğutma sistemi, özellikle bilgisayar teknolojileri, taşınabilir soğutma cihazları, tıbbi ekipmanlar, hassas laboratuvar cihazları ve mini buzdolapları gibi birçok farklı alanda potansiyel kullanımlara sahiptir. Küçük, taşınabilir ve verimli soğutma çözümlerine olan talep giderek artmaktadır ve bu proje, endüstriye yeni ve etkili bir alternatif sunmayı hedefler. Peltier etkisi ile soğutma sistemlerinin geliştirilmesi, çevre dostu teknolojilerin yaygınlaşmasına katkı sağlar. Geleneksel soğutma sistemlerinde kullanılan gazlar, ozon tabakasına zarar verebilir ve küresel ısınmaya neden olabilir. Peltier etkisi, bu tür zararlı gazların kullanımını ortadan kaldırarak çevre dostu bir alternatif sunar.

Bu proje, çevre bilincine sahip tüketiciler için cazip bir seçenek oluşturabilir ve gelecekteki çevre dostu tasarımların temelini atabilir. Peltier etkisi ile küçük, masaüstü soğutma sistemleri oluşturma projesi, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve çevre dostu teknolojilere olan ilginin arttığı bir dönemde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu proje, hem mühendislik hem de çevresel açıdan büyük potansiyellere sahip olup, soğutma sistemlerinin geleceğine katkı sağlayacak yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

2.1 Termoelektrik Olaylar

Termoelektrik Olaylar, elektriksel ve termal enerjilerin birbiriyle etkileşime girdiği fiziksel olayları ifade eder. Bu olaylar, özellikle termal elektriksel gerçekler üzerine odaklanır ve elektriksel enerji ile ısı arasında doğrudan bir ilişki kurar. Termoelektrik olaylar, genellikle termoelektrik malzemelerle ve bu malzemelerin sıcaklık farklarından elektrik üretebilmesi veya elektrik akımının sıcaklık farkı yaratabilmesi özellikleriyle ilgilidir. Başlıca termoelektrik olaylar şunlardır (Şimşek, M. 2015).

2.1.1 Seebeck Etkisi

Seebeck etkisi, bir iletken ya da yarı iletken malzemenin uçları arasındaki sıcaklık farkının, malzeme boyunca bir elektrik akımı üretmesine yol açar. Bu etki, termal elektrik üretimi için temel ilkelerden biridir ve termoelektrik jeneratörlerin (TEG) çalışma prensibini oluşturur.

- Çalışma Prensibi: İki farklı metal ya da yarı iletken arasındaki uçlar, farklı sıcaklıklara sahip olduğunda, sıcak uçta fazla enerji birikir ve soğuk uçta enerji azalır. Bu sıcaklık farkı, malzeme içinde bir elektrik akımı oluşturur.
- Kullanım Alanları: Termoelektrik jeneratörler, sıcaklık farklarını elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır. Örneğin, uzay araçlarında veya endüstriyel atık ısısından elektrik üretmek için Seebeck etkisi kullanılır.

2.1.2 Peltier Etkisi

Peltier etkisi, bir elektrik akımının iki farklı malzeme arasından geçirilmesiyle bir yüzeyin soğutulması, diğer yüzeyin ise ısınması olayını ifade eder. Bu etki, termoelektrik soğutma sistemlerinin temelini oluşturur.

- Çalışma Prensibi: Bir Peltier elemanına elektrik akımı verildiğinde, bir tarafta ısı emilirken diğer tarafta ısı birikir. Isı emilen taraf soğur, ısı biriken taraf ise ısınır. Bu özellik, özellikle küçük soğutma çözümlerinde kullanılır.
- Kullanım Alanları: Bilgisayar işlemcilerinin soğutulmasında, taşınabilir soğutucularda ve elektronik cihazların soğutulmasında yaygın olarak kullanılır.

2.1.3 Thomson Etkisi

Thomson etkisi, bir iletkenin uzunluğu boyunca farklı sıcaklıklar uygulandığında, elektrik akımının yönüne bağlı olarak ısı üretildiği bir olaydır. Bu etki, Seebeck ve Peltier etkilerinin bir genellemesidir.

- Çalışma Prensibi: Bir iletkenin iki bölgesi arasındaki sıcaklık farkı, elektrik akımının hareketine karşı ısı üretir veya ısı emer. Thomson etkisi, genellikle daha karmaşık termoelektrik uygulamalarda daha az belirgin olsa da, diğer iki etkiyle birlikte önemli bir rol oynar.
- Kullanım Alanları: Genelde teorik çalışmalarda ve daha karmaşık termoelektrik sistemlerde incelenir.

2.1.4 Joule Isısı

Joule ısısı, elektrik akımının bir iletkenin iç direnç nedeniyle ısı üretmesi olayına verilen isimdir. Bu etki, elektrik enerjisinin ısıya dönüşmesini ifade eder ve termoelektrik soğutma ve ısı yönetimi sistemlerinde dikkate alınır.

- Çalışma Prensibi: Elektrik akımı bir iletkenin iç direnç nedeniyle ısı oluşur. Bu ısı, çevreye yayılabilir ve malzeme iletkenliği ve direnç değerine bağlı olarak değişir.
- Kullanım Alanları: Elektrik dirençli ısıtıcılar, elektronik devreler ve enerji verimli ısı yönetimi uygulamalarında kullanılır.

Termoelektrik Etkilerin Kullanım Alanları:

1. Termoelektrik Jeneratörler (TEG): Seebeck etkisini kullanarak sıcaklık farklarından elektrik üretirler. Elektrik üretimi için atık ısıdan faydalanan bu sistemler, özellikle uzay teknolojisi, endüstriyel uygulamalar ve taşınabilir enerji sistemlerinde kullanılır.
2. Termoelektrik Soğutma Sistemleri: Peltier etkisiyle çalışır ve küçük, taşınabilir soğutma çözümleri sunar. Örneğin, bilgisayar çiplerinin soğutulmasında, taşınabilir buzdolaplarında ve tıbbi cihazlarda kullanılır.
3. Isı Yönetimi ve Soğutma: Elektronik cihazların aşırı ısınmasını önlemek için termoelektrik soğutma elemanları kullanılır. Bu sayede cihazlar daha verimli çalışabilir ve daha uzun ömürlü olur.
4. Hızlı Soğutma ve Isı Alma Uygulamaları: Termoelektrik malzemeler, hızlı ısı transferi ve hassas sıcaklık kontrolü gerektiren alanlarda kullanılır. Bu tür malzemeler, özellikle laboratuvar deneylerinde ve tıbbi cihazlarda önemli bir role sahiptir.

Sonuç olarak; Termoelektrik olaylar, elektriksel ve termal enerjilerin entegrasyonu sayesinde enerji verimliliğini artırmak ve yeni teknolojiler geliştirmek için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu olaylar, günümüzün enerji verimli cihazları, taşınabilir soğutma sistemleri ve enerji geri kazanım uygulamaları için kritik bir öneme sahiptir (Çobaner, S. 2024).

2.2 Isı Tranferi ve Isı Transferi Mekanizmaları

Isı transferi, bir sıcaklık farkı nedeniyle bir maddeden diğerine enerji aktarımıdır. Isı transferi üç ana mekanizma ile gerçekleşir: **iletim**, **taşınım (konveksiyon)** ve **ışınım**. Her bir mekanizma farklı şekilde çalışır ve farklı koşullarda etkilidir.

İletim (Kondüksiyon): İletim, ısıнын bir maddenin molekülleri veya atomları arasındaki doğrudan etkileşim yoluyla aktarılmasıdır. Isı, daha sıcak olan bölgelerden daha soğuk bölgelere doğru yayılır. Bu mekanizma genellikle katı maddelerde görülür. Isı, sıcaklık farkı nedeniyle bir molekülden diğerine aktarılır. Örneğin, bir metal çubuğun bir ucunu ateşe tutarsanız, ısı çubuğun diğer ucuna iletilir. İletim mekanizmasında ısı transferi, Fourier'in ısı iletimi kanunu ile açıklanır.

Formül şu şekildedir:

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L}$$

- **Q:** Zaman biriminde iletilen ısı miktarı (Watt, W)
- **k:** Isı iletkenlik katsayısı (W/m·K)
- **A:** Isı iletimi yapılan yüzey alanı (m²)
- **ΔT:** Sıcaklık farkı (K veya °C)
- **L:** Isı geçişinin olduğu mesafe (m)

Taşıım (Konveksiyon): Konveksiyon, bir sıvı veya gazda ısının, sıcaklık farkları nedeniyle maddelerin hareketi ile aktarılmasıdır. Sıcak maddeler genellikle daha hafif ve yükselirken, soğuk maddeler aşağıya iner. Örneğin, bir tencereyi ocakta ısıttığınızda, sıvı içindeki suyun altındaki kısmı ısınır, yükselir ve üstteki daha soğuk suyu aşağıya iter. Bu döngü devam ettikçe ısı aktarımı gerçekleşir. Taşıım mekanizmasında ısı transferi, Newton'un soğuma kanunu ile açıklanır. Bu formül:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

- **Q:** Taşıınan ısı miktarı (Watt, W)
- **h:** Konveksiyon ısı transfer katsayısı (W/m²·K)
- **A:** Isı transferi yapılan yüzey alanı (m²)
- **ΔT:** Yüzey ile akışkan arasındaki sıcaklık farkı (K veya °C)

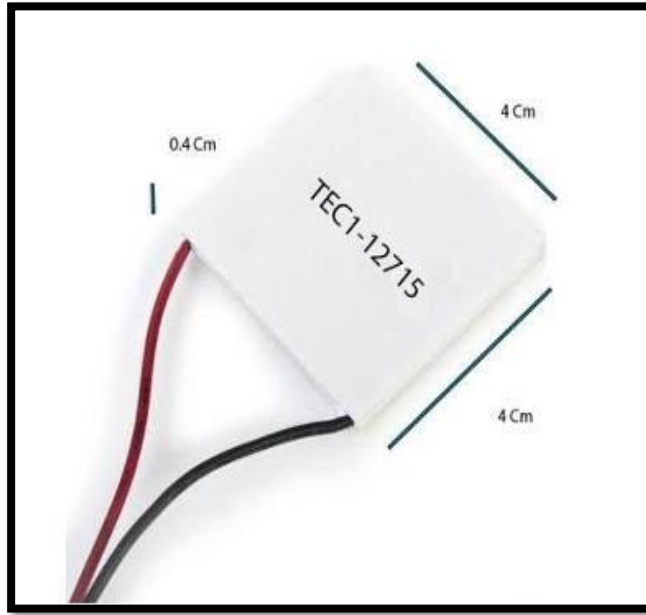
Burada **h** katsayısı, akışkanın türüne, hareketine ve özelliklerine bağlı olarak değişir. Bu formül, sıvılar ve gazlar için geçerlidir ve genellikle akışkanların hareket ettiği durumlar için kullanılır.

Işınım (Radyasyon): Işınım, ısının elektromanyetik dalgalar aracılığıyla, bir maddeye dokunmadan boşlukta aktarılmasıdır. Bu mekanizmada ısı, ışıım (radyasyon) şeklinde yayılır. Işınım, maddelerin sıcaklıklarına göre farklı dalga boylarında enerji yaymasına neden olur. Örneğin, güneşten gelen ışık ve ısı dünyaya ışıım yoluyla ulaşır. Işınım, özellikle vakumda (boşlukta) gerçekleşebilir, çünkü maddelere ihtiyaç duymaz. Her üç mekanizma da farklı koşullarda ve farklı maddelerle etkileşim halindeyken farklı derecelerde etkili olur.

KULLANILACAK TEKNOLOJİLER VE YÖNTEMLER**3.1 Peltier Elemanı**

1834 yılında Peltier, iki metalden oluşan bir devreden akım geçirildiğinde, akımın bir yönde aktığında ısıнын emildiğini ve akımın yönü tersine çevrildiğinde ise ısıнын açığa çıktığını keşfetmiştir. Yarı iletkenler söz konusu olduğunda, elektron enerji farkı daha büyük olabileceği için sistemde daha yüksek bir elektromotor kuvveti (e.m.k) oluşabilir.

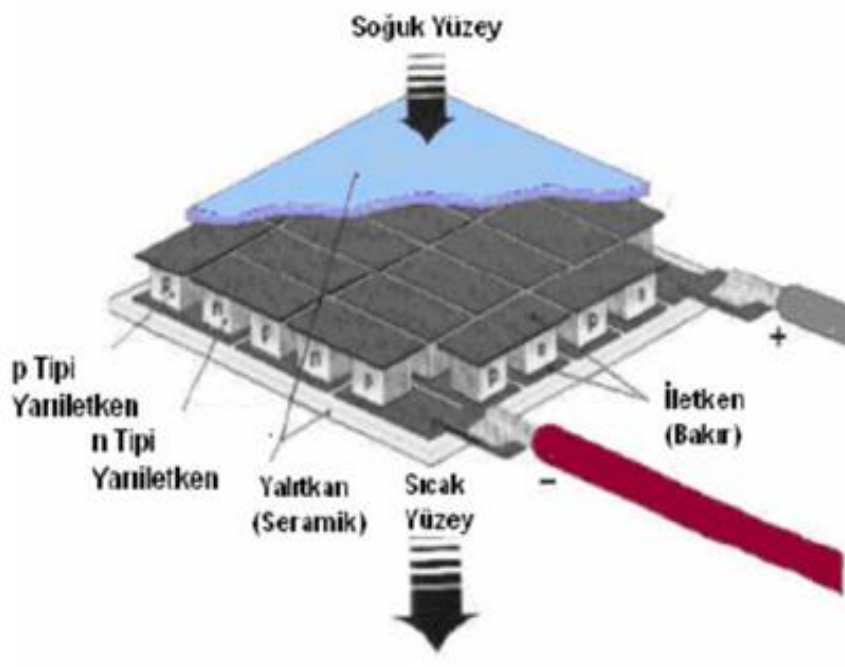
Peltier elemanı (3.1) görüldüğü gibi, (4x4x0,4 cm) boyutlarında olup, p ve n jonksiyonlarının seri bağlanmasıyla oluşturulmuştur. İçinden doğru akım geçtiğinde “Peltier etkisi” olarak bilinen bir fiziksel etki meydana gelir, bu etki sayesinde malzemenin bir yüzeyi ısınırken diğer yüzeyi soğur, peltier malzemesi çeşitli boyutlarda üretilmekte olup, 3 ile 15 volt arasında değişen gerilimlerde çalışabilmektedir, uygulanan gerilimin yönü tersine çevrildiğinde, ısınan yüzey ile soğuyan yüzey yer değiştirir.



Görsel 3. 1. Peltier Elemanı

Bir Peltier modülü, p-n ve n-p bağlantıların başarılı bir şekilde monte edilmesiyle oluşturulur, her bağlantı bir radyatörlü termal temas noktası ile donatılmıştır. Belirli bir kutba akım

uygulandığında, radyatörler arasında bir sıcaklık farkı meydana gelir, bu durumda bir kutbun sıcaklığı artar ve bir soğutucu (ısı emici alüminyum parça) gibi işlev görür.



Görsel 3. 2. Peltier Elemanın Yapısı

Peltier (TEC-12706) Teknik Özellikleri;

TEC modelinin kodundaki '127' p-n çifti sayısını, '6' ise saatte çekilen maksimum akım miktarını (6 A) belirtmektedir. Beklenen yaşam süresi ömür testlerinde sürekli rejimde 100.000 saattir. Uzun süreli testlere dayanan arıza oranı % 0.2'dir.

Tablo 3. 1 TEC-12706 Teknik Özellikleri

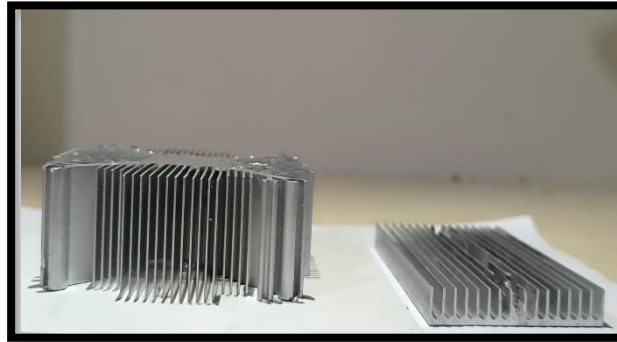
Özellikler	Minimum Değer	Maksimum Değer
Sıcak Yüzey Sıcaklığı (°C)	25	50
Soğuk Yüzey Sıcaklığı (°C)	-50	25
Q_{max}	0	49
I_{max}	0	6.1
V_{max}	14.2	16.2

Isı değiştiricisinin ısı direnci bilinmediğinde sıcak yüzeyin sıcaklığı, hava soğutmalı doğal taşınımında ortam sıcaklığına 20-40 C°, hava soğutmalı zorlanmış taşınımında ortam sıcaklığına 10-15 C° eklenerek bulunur.

Örneğin 20 C° bir ortamda zorlanmış taşınımlı hava soğutmanın yapıldığı bir termoelektrik modülün sıcak yüzeyinin sıcaklığı yaklaşık olarak $20+15=35$ C° alınabilir. Bu çalışmada, termoelektrik etki kullanılarak bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemde Peltier yarıiletken malzemesi (Görsel 3.2) kullanılmış ve yüksek güçlü bir doğru akım güç kaynağı ile çalıştırılmıştır. Peltier elemanı, bir ısı pompası gibi işlev görmektedir. Akım Peltier üzerinden geçtiğinde, bir yüzeyi soğurken diğer yüzeyi ısınır. Isınan yüzeyin sıcaklığı ise bir fan yardımıyla kontrol edilmektedir.

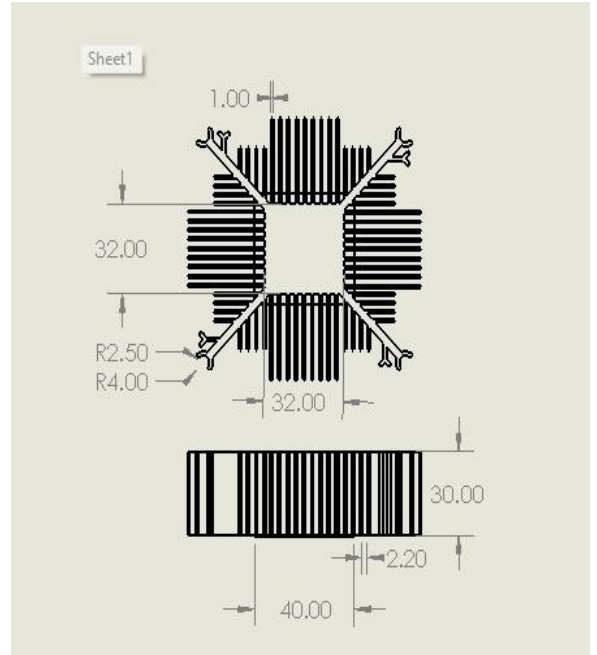
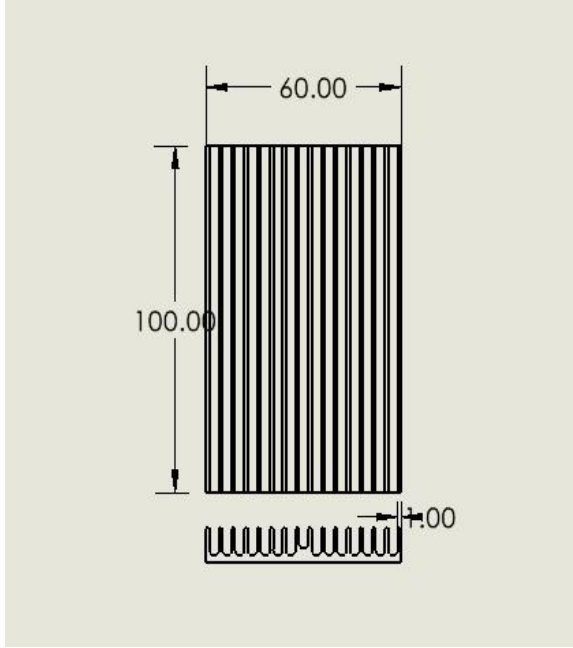
3.2 Soğutucular

Genellikle çok ısı üreten yarı iletken bileşenlere bağlanan bu elemanlar, alüminyum, bakır veya bu iki malzemenin karışımından yapılmaktadır. Isı dağıtıcılarının iki temel işlevi vardır. İlk olarak, ısı üreten bileşene temas ederek üretilen ısıнын bir kısmını emerler. İkinci olarak ise, hava ile temas yüzeyini artırarak ısı transferini maksimize ederler. Isı dağıtıcılarının bir diğer pratik işlevi, tek başlarına yeterli olmadıkları durumlarda üzerlerine fan montajını kolaylaştırmaktır, ısı dağıtıcılarda yaygın olarak kullanılan alüminyumun bazı özelliklerine değinmek gerekirse; alüminyum, düşük özkütlesiyle bilinir. Bu nedenle, hava ile temas yüzeyini artıracak geniş alanları alüminyum ısı dağıtıcılar kullanarak daha hafif bir yapıda elde etmek mümkündür, ayrıca alüminyumun bir diğer önemli avantajı, ısıyı bakıra göre havaya daha etkili bir şekilde iletebilmesidir, bu özellikleri sayesinde alüminyum, ısı dağıtıcıları için ideal bir malzeme olarak tercih edilir.

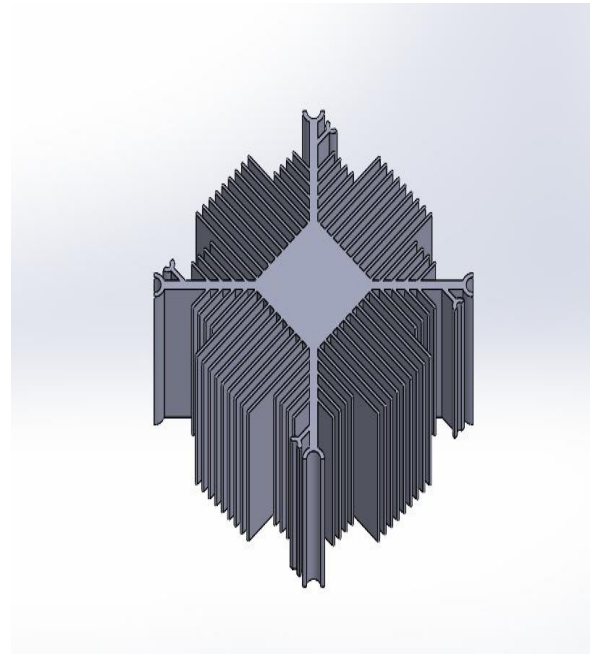
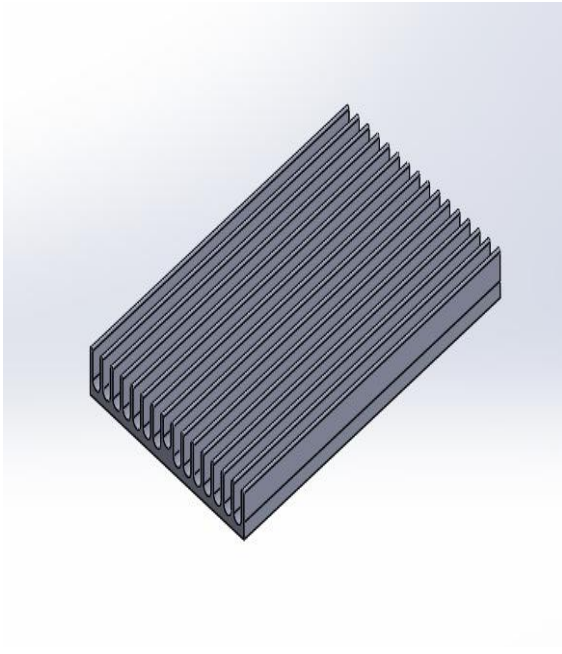


Görsel 3. 3. Isı Emiciler (heatsink)

Soğutucuların teknik resim gösterilen çizimler:



Görsel 3. 4. Soğutucuların Teknik Resim

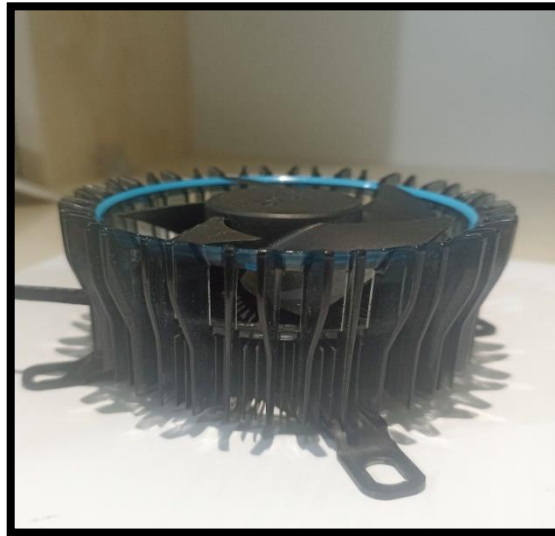


Görsel 3. 5. Soğutucuların (CAD) Çizim

3.3 Fan

Günümüzde, boyutları 4 cm ile 12 cm arasında değişen fanlar yaygın olarak kullanılmaktadır, fanların performansını belirleyen iki ana faktör vardır, bunlardan ilki kanat genişliğidir. Bir fanın kanatları ne kadar geniş olursa, üflediği hava miktarı da o kadar fazla olur. Bu nedenle, hava soğutmalı sistemlerde performansı artırmak amacıyla daha büyük fanlar tercih edilir, fan performansını etkileyen ikinci faktör ise dönüş hızıdır, bir fan ne kadar hızlı dönerse, performansı da o kadar yüksek olur, fanların dönüş hızı, dakikadaki devir sayısı (RPM- Revolutions Per Minute) ile ölçülmektedir.

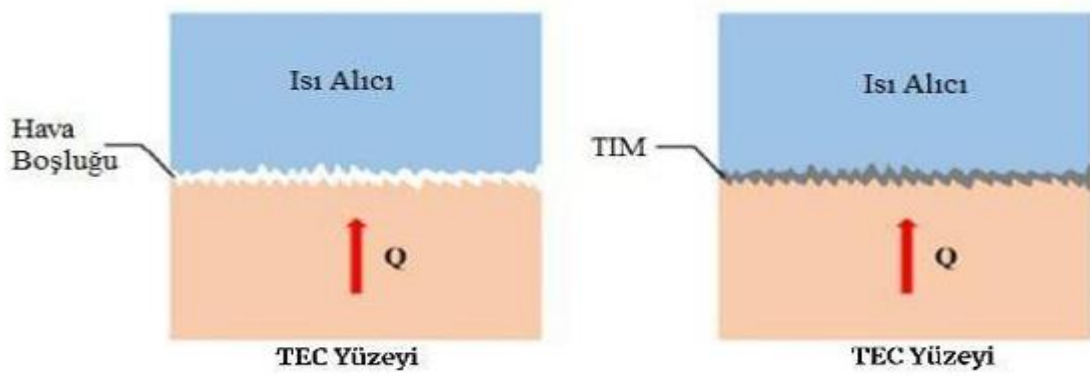
Fanların performansları genellikle ürün kutusunda veya üreticinin web sitelerinde belirtilir ve CFM (Cubic Feet Per Minute-dakikada üflenilen hava miktarı) birimiyle ölçülür, fanlarda yaygın olarak iki tip yatak kullanılır: sleeve bearing ve ball bearing. Yatak tipi, fanın gürültü seviyesini ve kullanım ömrünü önemli ölçüde etkiler. Sleeve bearing yataklar, daha düşük üretim maliyetlerine sahip olsalar da, kullanım ömürleri daha kısadır, buna karşılık, ball bearing yataklar daha uzun ömürlüdür ve daha düşük gürültü seviyeleri sunar, ancak üretim maliyetleri daha yüksektir.



Görsel 3. 6. Fan

3.4 Termal Macun

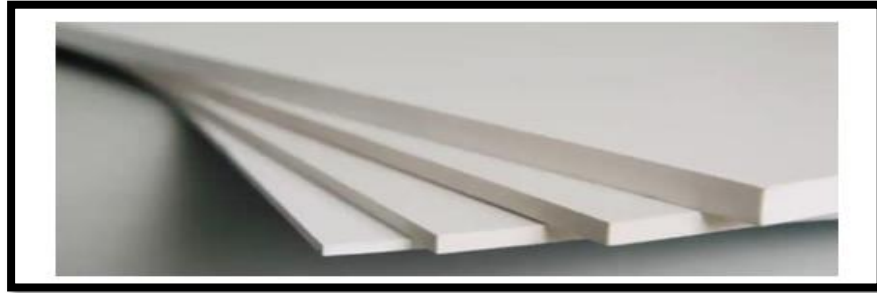
Termoelektrik modülün maksimum güç verimliliğini sağlamak amacıyla, modülün temas ettiği ısı kaynağı ve ısı alıcı yüzeylerin ısıl iletkenliğinin oldukça yüksek olması gerekmektedir bu bağlamda, termal macunlar, üstün termal performans sunan en yaygın kullanılan arayüz malzemeleri olarak öne çıkmaktadır. (Görsel 3.7) görüldüğü gibi Termal Arayüz Malzemesi (TIM) olarak kullanılan bu macunlar, ısı alıcı ile TEC yüzeyi arasında ince bir tabaka oluşturarak tüm hava boşluklarını doldurur ve böylece ısı transfer verimliliğini maksimuma çıkarır.



Görsel 3. 7. TIM'siz ve TIM'li Yüzeylerin Mikroskobik Görünüm

3.5 Köpük PVC Levha (polivinilklorür köpüğü)

PVC köpük, polivinilklorid bazlı bir termoplastik malzeme olup, sert, yarı sert veya yumuşak formlarda üretilebilmektedir, bu malzemenin gözenek yapısı ve yoğunluğu, uygulanan üretim yöntemine göre farklılık göstermektedir. Yüksek basınçlı üretim süreçlerinde kapalı gözenekli yapı elde edilirken, düşük basınçlı yöntemlerle karışık veya açık gözenekli yapı oluşmaktadır, basınçsız üretim yönteminde ise malzeme tamamen açık gözenekli olur (Görsel 3.8)



Görsel 3. 8. PVC Levha

3.6 Güç Kaynağı

Deney düzeneğindeki TEC, soğutucu ünitesindeki fanlar ve kapalı çevrim sıcaklık kontrolör devresi, DC akım gerektirmektedir. Bu sistemin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini temin etmek için, şehir şebekesindeki AC akımı DC akıma dönüştüren bir güç kaynağı kullanılmıştır (Görsel 3.9). Kullanılan güç kaynağının teknik detayları Tablo 3.2’de sunulmaktadır.



Görsel 3. 9. Güç Kaynağı

Tablo 3. 2 Güç Kaynağı Teknik Özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER	
Çıkış Voltajı	12V (DC)
Çıkış Akımı	10 A
Güç	120 Watt

3.7 Dijital Termometre

Deneysel çalışmalarda dijital bir termometre kullanılmıştır. Görsel 3.10’da gösterildiği gibi dijital termometreler, sıcaklığı dijital olarak ölçmek için kullanılan cihazlardır, bu tür cihazlar, sıcaklığı algılamak için termistörler veya fotoelektrik sensörler gibi hassas elemanlar kullanır.



Görsel 3. 10. Dijital Termometre

3.8 ANSYS Fluent

ANSYS Fluent, sıvı dinamikleri (CFD- Computational Fluid Dynamics) ve ısı transferi analizleri için kullanılan ileri düzey bir simülasyon yazılımıdır. Bu yazılım, mühendislerin ve araştırmacıların karmaşık akışkanlar dinamiği problemlerini çözmelerine ve termal yönetim çözümleri geliştirmelerine yardımcı olur. Elektronik alanında, ANSYS Fluent özellikle ısı alıcı tasarımı, PCB soğutma ve genel termal yönetim uygulamalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

ANSYS Fluent, kullanıcı dostu bir grafik arayüz (GUI) sunarak geometri hazırlığı, ağ oluşturma (meshing), çözüm ayarları ve sonuçların görselleştirilmesi işlemlerini kolaylaştırır. Simülasyon süreci, model geometrisinin oluşturulmasıyla başlar; bu geometri CAD yazılımlarından içe aktarılabilir veya ANSYS araçlarıyla oluşturulabilir. Ardından, oluşturulan geometri üzerinde kaliteli bir ağ (mesh) yapısı oluşturulur, bu da simülasyonun doğruluğunu doğrudan etkiler.

ANSYS Fluent, mühendislerin ve araştırmacıların akışkanlar dinamiği ve ısı transferi problemlerini çözmelerine yardımcı olan güçlü bir yazılımdır. Çeşitli endüstrilerde termal yönetim çözümleri geliştirilip sistem performansı optimize edilebilir. Kullanıcılar, farklı malzemeler, geometriler ve çalışma koşullarını simüle ederek verimli tasarımlar oluşturabilirler. Geometri ve ağ oluşturma aşamasında dikkat edilen mesh kalitesi, analiz sonuçlarının doğruluğu açısından kritik bir öneme sahiptir. İyi bir mesh yapısı, daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. ANSYS Fluent, sunduğu gelişmiş modelleme araçları ile türbülans modellemesi, çok fazlı akışlar, reaktif akışlar, radyasyon ve faz değişimleri gibi karmaşık fiziksel problemleri çözebilir.

Sonuç olarak, ANSYS Fluent, mühendislerin ve araştırmacıların akışkanlar dinamiği ve ısı transferi problemlerini çözerek, termal yönetim çözümlerini geliştirmelerine olanak tanır. Bu da, çeşitli endüstrilerdeki sistemlerin performansını optimize etmelerini sağlar ve elektronik cihazların güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasına katkıda bulunur.

UYGULAMA VE TARTIŞMA

Bu deneylerde, cihazın verimliliği ve ortam sıcaklığının cihaza olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca, cihazın ulaşabileceği en yüksek soğutma seviyeleri, termal kondansatörün sıcaklık dereceleri ve fanın termal kondansatörün soğutulmasında ısı transfer katsayısını artırma etkisi analiz edilmiştir. Farklı çevresel koşullarda cihazın performansını değerlendirmek amacıyla deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde, çevre sıcaklığının soğutma verimliliğine etkisi üzerine odaklanılmıştır. Termal kondansatörün sıcaklıkları ölçülerek, sıcak noktalar belirlenmiş ve bunların cihazın genel verimliliği üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Ayrıca, fanın çalıştırılmasının ısı transfer katsayısını artırma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Fanın hava akışını artırmasının, termal kondansatörün soğutma verimliliğini artırdığı ve bu durumun sistemin genel performansını iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmalar, cihazın performansını etkileyen faktörleri anlamamıza katkıda bulunur ve cihazın optimum çalışma koşullarının belirlenmesine yardımcı olur, bu da gelecekteki tasarımların verimliliğini artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için iyileştirilmesini sağlar. (Görsel 4.1)'de, soğutucunun ortam sıcaklığında çalıştırıldığında ve radyasyonla ısı transfer katsayısının etkisi altında hangi sıcaklıklara ulaşabileceğini belirlemektir. Deney, ortam sıcaklığının 22°C olduğu bir laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Soğutucu, bu ortamda çalıştırılarak, belirli bir süre içinde sıcaklık değişimleri izlenmiştir.

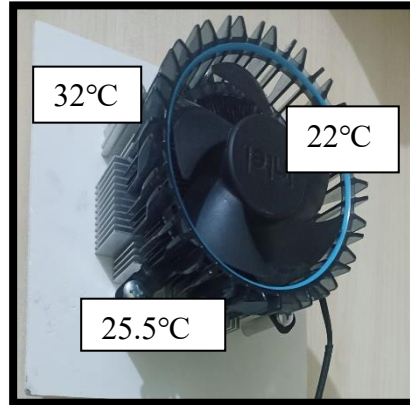
Soğutucu çalıştırıldıktan on dakika sonra, taban bölgesindeki sıcaklık -3.2 °C'ye ulaşmıştır. Aynı süre zarfında, soğutucunun en uzak noktası olan kanatçıklarda (fins) ölçülen sıcaklık ise -0.9°C olarak kaydedilmiştir. Bu deney, soğutucunun ortam sıcaklığından bağımsız olarak belirli bölgelerde oldukça düşük sıcaklıklara ulaşabildiğini göstermektedir. Taban bölgesi ile kanatçıklar arasındaki sıcaklık farkı, ısı transferinin verimliliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle, soğutucu yüzeylerinin farklı noktalarındaki sıcaklık dağılımı, cihazın tasarımının ve kullanılan malzemelerin ısı iletim özelliklerinin bir sonucudur. Deneyin sıcak tarafındaki ölçümler, soğutucu çalıştırıldıktan on dakika sonra gerçekleştirilmiştir. Bu süre sonunda, ısı dağıtıcı (heat sink) üzerindeki sıcaklık değerleri belirlenmiştir, en yakın nokta (peltiere en yakın bölge), (Görsel 4.2)'de görüldüğü gibi yan Kenarlar Sıcaklık 32°C olarak ölçülmüştür, üst bölge Sıcaklık 37°C olarak kaydedilmiştir.



Görsel 4. 1. Soğutucunun Ortam Sıcaklıklar Değerleri

Bu sonuçlar, ısı dağıtıcının farklı bölgelerindeki sıcaklık dağılımını ve peltiere modülünün performansını değerlendirmek için önemli veriler sunmaktadır, en yakın nokta ile üst bölge arasındaki sıcaklık farkı, ısı transferinin etkinliğini ve ısı dağıtıcının tasarımının ne kadar verimli olduğunu göstermektedir. Üst bölgedeki daha yüksek sıcaklık, ısıнын doğal olarak yükselmesi ve bu bölgedeki ısı birikiminin bir sonucudur.

Fanların kullanımı, ısıнын daha hızlı ve verimli bir şekilde dağıtılmasını sağlar, kanatlı alüminyum profillerin yüzey alanını artırarak, ısıнын hava akımı yoluyla etkin bir şekilde taşınmasına olanak tanır. Bu sayede, ısı transferi performansı önemli ölçüde artırılır ve sistemin genel verimliliği yükseltilir.



Görsel 4. 2. Soğutucuda Isı Dağıtımı

4.1. Termal Analiz Sonuçları

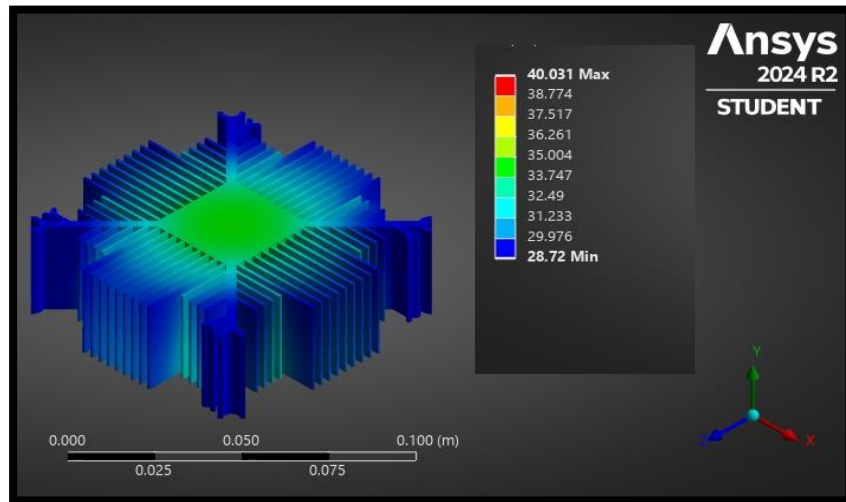
Termal analiz deneylerinde, sonuçların doğruluğunu ve kararlılığını sağlamak için çeşitli koşullar üzerinde çalışıldı. Bu koşullar, kullanılan parçalar üzerindeki etkileyen faktörlerin, doğal veya zorlayıcı etkiler olup olmadığının incelenmesini, tekrarlanabilir deneyler sağlamak amacıyla çevre sıcaklığının sabit tutulmasını, termal soğutma sistemi (Peltier) tarafından üretilen ısı miktarının belirlenmesini ve kullanılan parçaların, ısı iletkenlik özelliklerine sahip olan alüminyumdan yapılmış olmasıyla, ısı transfer katsayısını içeriyordu. Bir araya getirildiğinde, bu faktörler termal performans analizi ve soğutma sistemlerinin verimliliğini değerlendirmek için kapsamlı bir çerçeve sağlar.

4.1.1. Sıcak Tarafından Soğutucu Üzerinde Termal Analizi ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

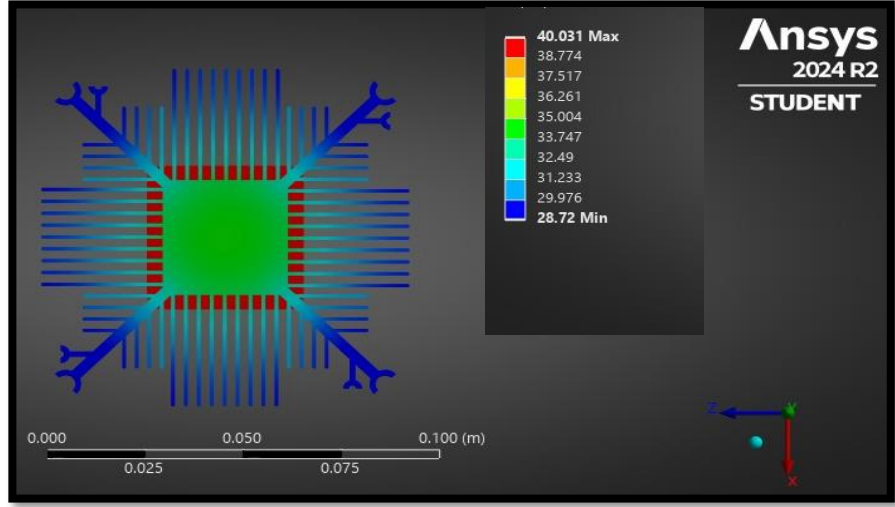
Görsel 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6'da, ortam sıcaklığının 22°C olduğu durumda ve alüminyumun ısı iletkenliği yaklaşık olarak $235 \text{ W}/(\text{m K})$ (watt/metre Kelvin) civarındadır.

Zorlanmış taşınımın ($25\text{-}300 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) olduğu durumlarda, ilk deneyde taşınım katsayısı değeri olarak $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ uygulanmıştır ve Peltier'in temas eden yüzeyi bölge sıcaklığı 40°C alınmıştır. Görüntüler Ansys programı kullanılarak yapılan termal analiz sonuçlarını göstermektedir. Isıl gradyan, kanatçıklara sahip bir ısı dağıtıcı şeklinde görünmektedir.

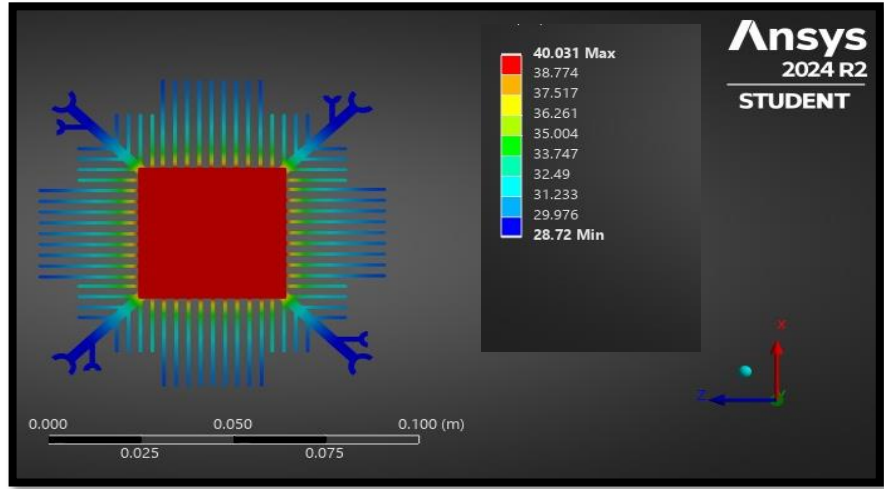
Görüntüdeki renk geçişi kırmızıdan (en yüksek sıcaklık, 40.031°C) maviye (en düşük sıcaklık, 28.72°C) kadar değişmektedir. Renk geçişinin nedeni, ısı dağıtıcısındaki sıcaklık dağılımını göstermektedir.



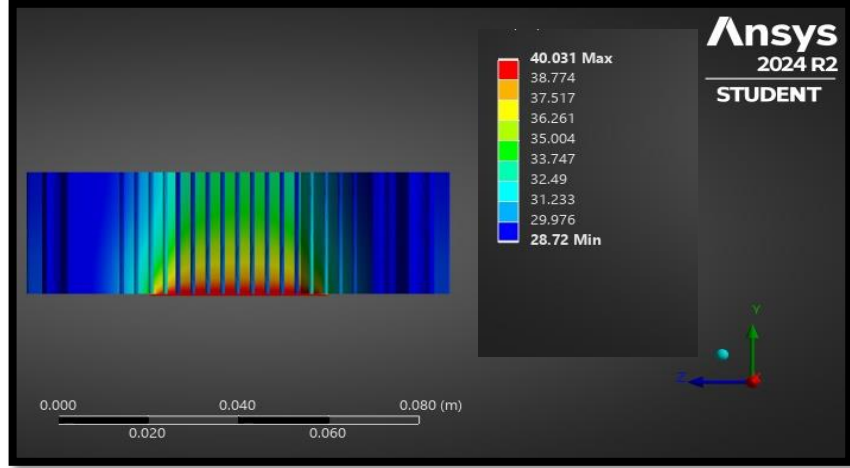
Görsel 4. 3. Soğutucunun Termal Analizi ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)



Görsel 4. 4. Soğutucunun Dış Yüzey Termal Analizi ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)



Görsel 4. 5. Soğutucunun İç Yüzey Termal Analizi ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

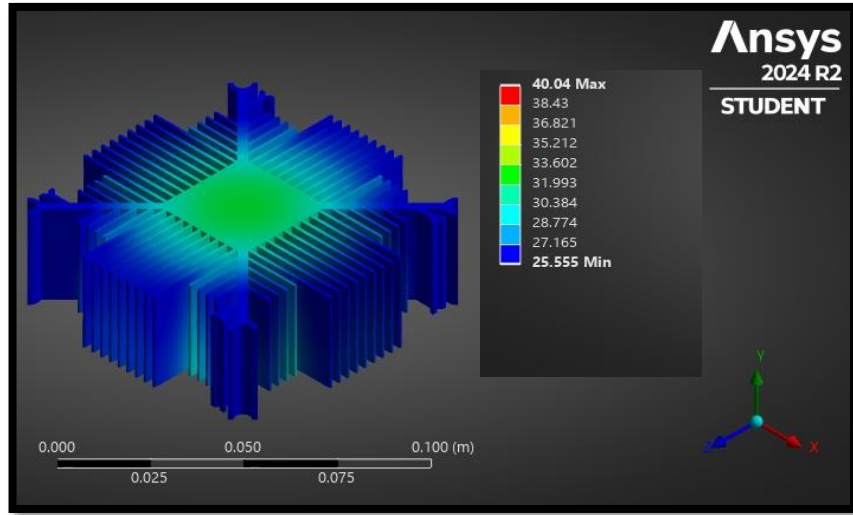


Görsel 4. 6. Soğutucunun Kesit Yüzey Termal Analizi ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

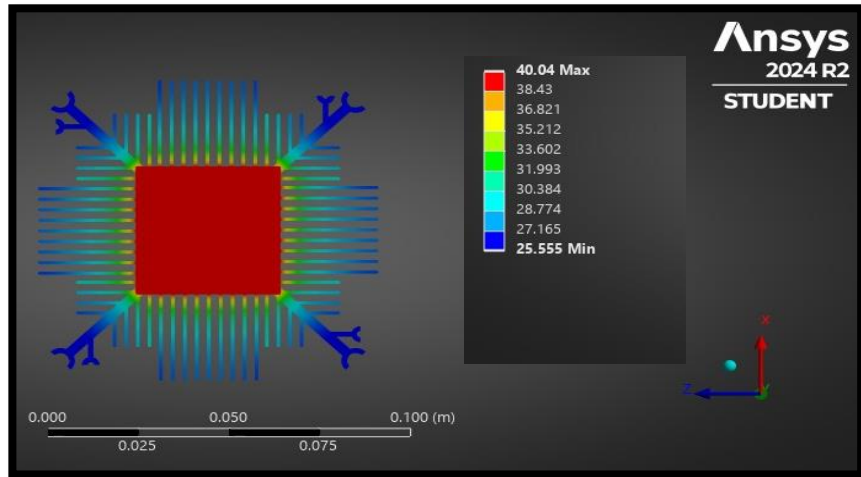
4.1.2. Sıcak Tarafından Soğutucu Üzerinde Termal Analizi ($200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Görsel 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10’da, ortam sıcaklığının 22°C olduğu durumları ve alüminyumun ısı iletkenliği yaklaşık olarak $235 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (watt/metre Kelvin) civarındadır. Zorlanmış taşınımın ($25\text{-}300 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) olduğu durumlarda, taşınım katsayısının $200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ olarak belirlenmesidir ve Peltier’in temas eden yüzeyi bölge sıcaklığı 40°C alınmıştır. Görüntüler Ansys programı kullanılarak yapılan termal analiz sonuçlarını göstermektedir. Isıl gradyan, kanatçıklara sahip bir ısı dağıtıcı şeklinde görünmektedir. Görüntüdeki renk geçişi kırmızıdan (en yüksek sıcaklık, 40.04°C) maviye (en düşük sıcaklık, 25.555°C) kadar değişmektedir. Renk geçişinin nedeni, ısı dağıtıcıdaki sıcaklık dağılımını göstermektedir.

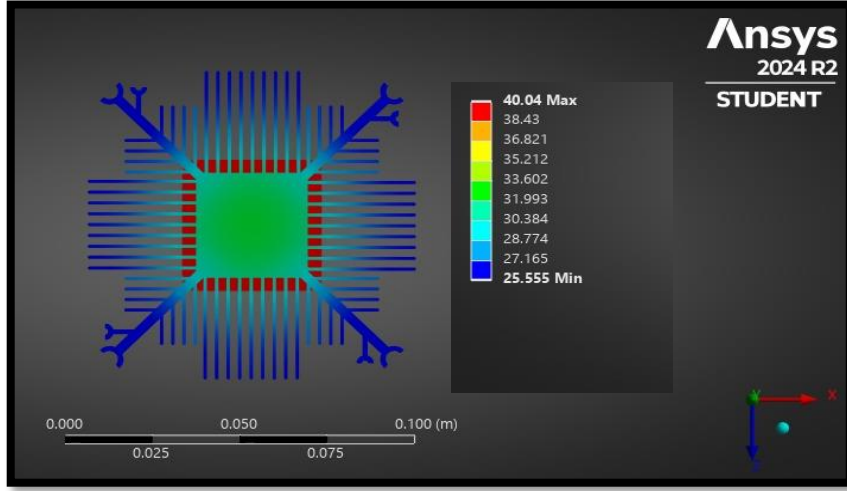
Isı, içte bulunan bir ısı kaynağı sebebiyle merkezde (kırmızı renk) yoğunlaşmakta ve sonrasında kanatçıklar yoluyla çevredeki havaya iletilerek ve ısı transferi yoluyla kademeli olarak kenarlara doğru azalmaktadır (soğuk renkler).



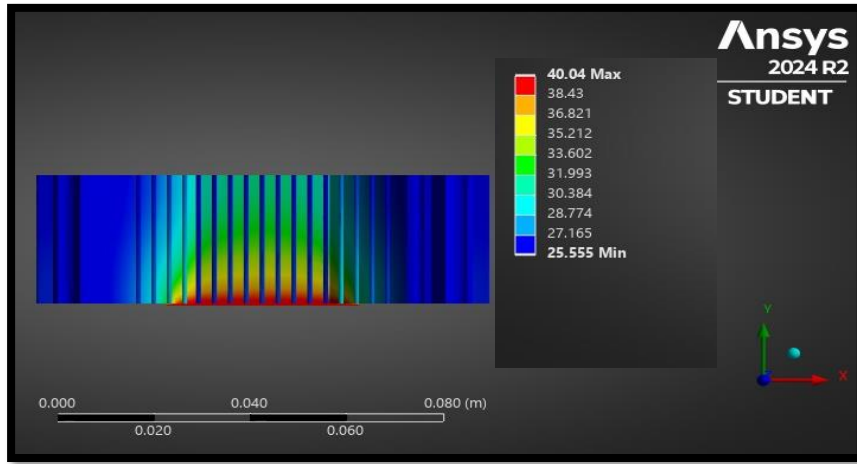
Görsel 4. 7. Soğutucunun Termal Analizi ($200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)



Görsel 4. 8. Soğutucunun İç Yüzey Termal Analizi ($200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)



Görsel 4. 9. Soğutucunun Dış Yüzey Termal Analizi ($200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)



Görsel 4. 10. Soğutucunun Kesit Yüzey Termal Analizi ($200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

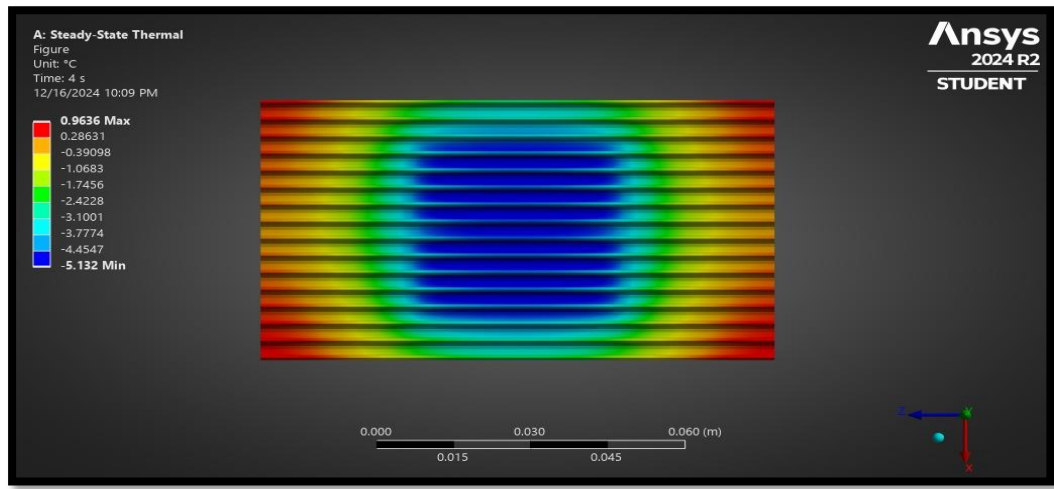
4.2. Soğuk Tarafında Kanatçık Üzerinde Termal Analizi

Görsel 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14'te, ortam sıcaklığının 22°C olduğu durumlardır ve alüminyumun ısı iletkenliği yaklaşık olarak $235 \text{ W}/(\text{m K})$ (watt/metre Kelvin) civarındadır. Doğal taşınımın ($5\text{-}25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) olduğu durumlarda, taşınım katsayısı değeri olarak $20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ uygulanmıştır ve peltier'in temas eden yüzeyi bölge sıcaklığı -5°C alınmıştır.

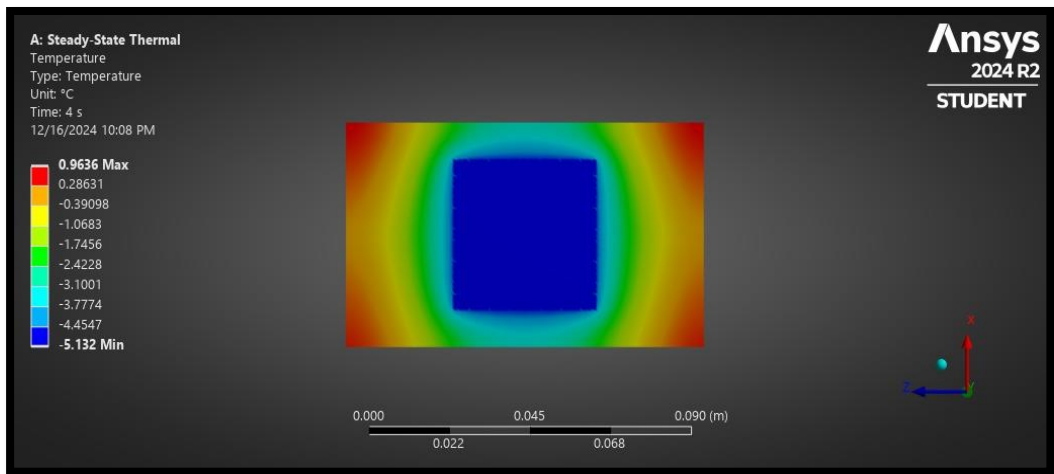
Görüntüler, Ansys programı kullanılarak yapılan bir kanatçık parçasının termal analiz sonuçlarını göstermektedir. Bu parçanın yüzeyine uygulanan soğutma sayesinde elde edilen soğukluktan maksimum derecede faydalanılmaktadır.

Görüntüdeki renk geçişi, mavi (en düşük sıcaklık, -5.132°C) ile kırmızı (en yüksek sıcaklık 0.9636°C) arasında değişmektedir. Renk geçişinin nedeni, kanatçık yüzeyindeki sıcaklık dağılımını göstermektir. Soğutma cihazının doğrudan etkisi altındaki alanlar, yani mavi bölgeler, cihazın en soğuk kısımlarını temsil eder. Bu alanlarda sıcaklık, cihazın optimal çalışma sıcaklığını koruyacak şekilde düşük tutulur.

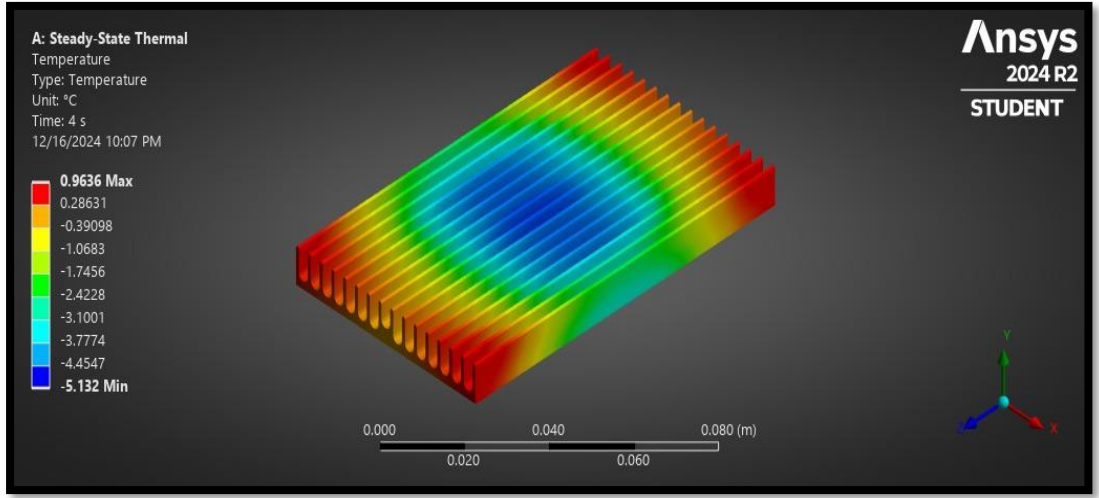
Kırmızı bölgeler ise, soğutma cihazından daha uzakta kalan ve dolayısıyla daha yüksek sıcaklıklara sahip olan bölgelerdir. Isı dağılımı ve gradyan, bu bölgeler arasındaki sıcaklık farkını belirleyerek, kanatçık tasarımının ne kadar etkili olduğunu gösterir.



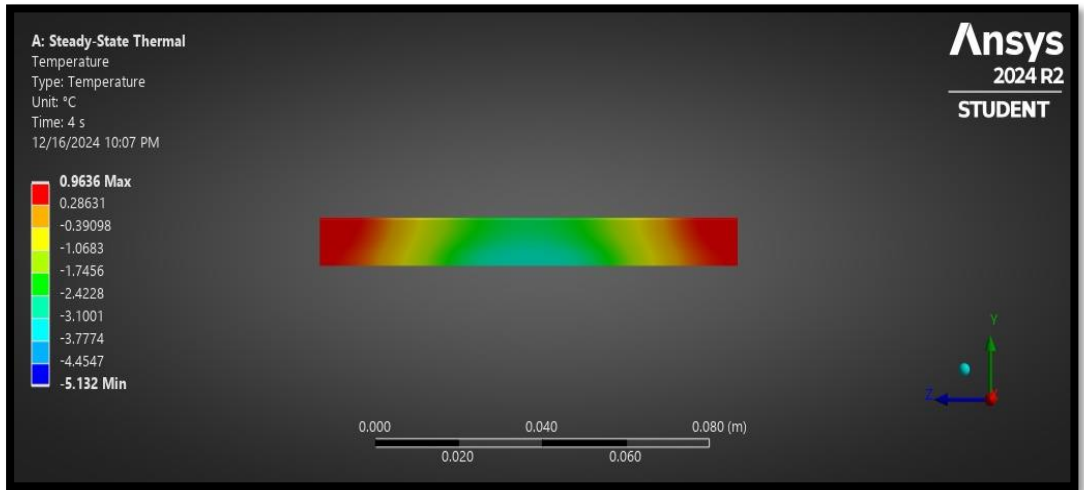
Görsel 4. 11. Kanaçığın Dış Yüzey Termal Analizi



Görsel 4. 12. Kanaçığın İç Yüzey Termal Analizi



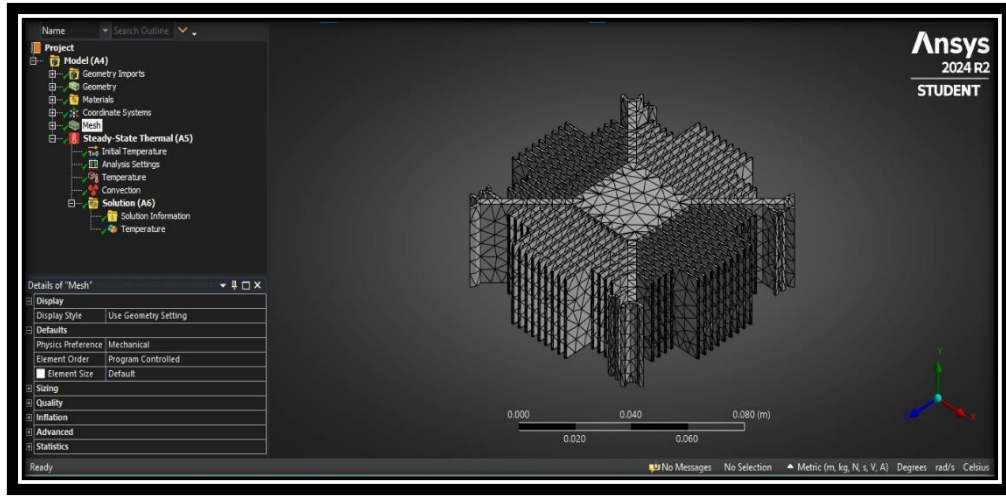
Görsel 4. 13. Kanaçığın Termal Analizi



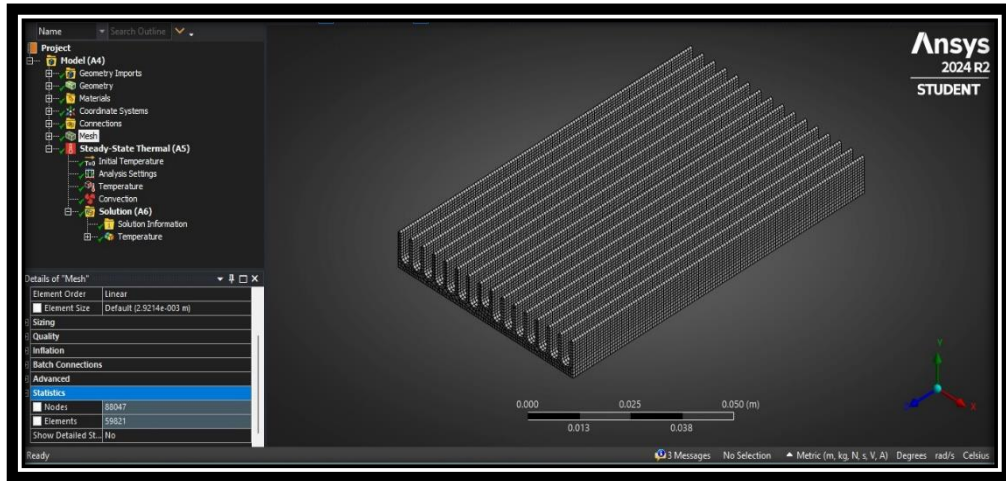
Görsel 4. 14. Kanaçığın Kesit Yüzey Termal Analizi

Görüntüler, Ansys programı kullanılarak yapılan bir kanatçık parçasının termal analiz sonuçlarını göstermektedir. Bu parçanın yüzeyine uygulanan soğutma sayesinde elde edilen soğukluktan maksimum derecede faydalanılmaktadır. Görüntüdeki renk geçişi, mavi (en düşük sıcaklık, -5.132°C) ile kırmızı (en yüksek sıcaklık 0.9636°C) arasında değişmektedir. Renk geçişinin nedeni, kanatçık yüzeyindeki sıcaklık dağılımını göstermektedir. En soğuk bölgeler, soğutma cihazının doğrudan etkisi nedeniyle mavi alanlarda bulunurken, kaynaktan uzaklaştıkça sıcaklık kademeli olarak artmakta ve kırmızı alanlarda en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Bu gradyan, soğutmanın eşit ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi için

kanatçıkların tasarım verimliliğini göstermektedir. Soğutma cihazının doğrudan etkisi altındaki alanlar, yani mavi bölgeler, cihazın en soğuk kısımlarını temsil eder. Bu alanlarda sıcaklık, cihazın optimal çalışma sıcaklığını koruyacak şekilde düşük tutulur. Kırmızı bölgeler ise, soğutma cihazından daha uzakta kalan ve dolayısıyla daha yüksek sıcaklıklara sahip olan bölgelerdir. Isı dağılımı ve gradyan, bu bölgeler arasındaki sıcaklık farkını belirleyerek, kanatçık tasarımının ne kadar etkili olduğunu gösterir. Ayrıca mesh, bir simülasyon modelinin geometrisinin, sonlu elemanlar (finite elements) kullanılarak küçük parçalara (elemanlara) bölünmesi işlemi, ifade edilmiştir. Görsel 4.15 ile 4.16’de görüldüğü gibi işlem karmaşık geometrilerin ve fiziksel olayların matematiksel olarak temsil eden görüntüleridir.



Görsel 4. 15. Soğutucunun Mesh Simülasyon Modülü



Görsel 4. 16. Kanatçığın Mesh Simülasyon Modülü

SONUÇLAR

Termal analizlerinde, ısı kaynağından ısı yayıldığını ve soğutucunun diğer bölümlerine nasıl dağıldığını göstermektedir. Kırmızı bölgeler, ısıнын soğutucunun merkezinde yoğunlaştığını ve maviye doğru giderek azaldığını göstermektedir. Soğutucu, ısıнын merkezden kenarlara doğru azalmasıyla birlikte, ısıyı kaynaktan uzağa dağıtarak işini kabul edilebilir bir şekilde yapmaktadır. Ancak, soğutucunun verimliliğini artırmak için bazı iyileştirmeler yapılabilir. Soğutucunun tasarımını iyileştirerek, yüzey alanını artırmak amacıyla daha fazla kanat eklenebilir veya şekilleri değiştirilebilir. Soğutucu, ısıyı kaynaktan uzağa dağıtarak temel görevini yerine getirmektedir, ancak kanat tasarımını değiştirmek, ısı iletimini iyileştirmek ve daha iyi hava akışı sağlamak gibi iyileştirme alanları mevcuttur. Mevcut simülasyon sonuçları, tasarımı iyileştirmek ve daha iyi performans elde etmek için yeni tasarımları test etmek amacıyla referans olarak kullanılabilir.

Kanatçıkların uç kısımlarında yüksek sıcaklıkların görülmesinin birkaç nedeni olabilir.

-Isı İletim Direnci, Kanatçık malzemesinin ısı iletkenliği düşükse, ısı kanatçık boyunca etkili bir şekilde yayılmaz ve uç kısımlarda birikir.

-Konveksiyon Yetersizliği, Kanatçık yüzeyinde yeterli hava akışı sağlanamazsa, ısı yayılımı azalır ve sıcaklık artar.

-Geometrik Faktörler, Kanatçıkların şekli ve yerleşimi, ısıнын homojen dağılımını etkileyebilir.

Bir bölgede ısı transferini daha akıcı hale getiren eğriler olduğunda ve daha büyük bir alüminyum kütlesi ısıнын daha fazla emilmesine yardımcı olduğunda, bu durum soğukluğun yayılmasını ve daha uzak bölgelere hızla ulaşmasını artırır. Böylece, soğutma verimliliği artar ve istenilen bölgelerde etkin soğutma sağlanır.

- [1] Şimşek, M. (2015). Peltier modül ile taşıt klima tasarımı, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Çobaner, S. (2024). Termoelektrik Yöntemler İle Mikroişlemci Soğutucu Tasarımı Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Çengel, Y.A., Isı ve Kütle Transferi Pratik Bir Yaklaşım, Çeviri Editörü Vedat Tanyıldızı, 3.Baskı.
- [4] Bilal, S ve Bahattin, T, Termal Arayüz Malzemesinin Termoelektrik Jeneratör Performansına Etkisinin Nümerik İncelenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.
- [5] Gökhan, Y, 2008, Termoelektrik Modül ile Soğutma Ve Deneysel Elektrik Üretimi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, 2.s.
- [6] B. bozkurt, 2016, Termoelektrik modül içi ileri mühendislik malzemelerinin termoelektrik modülün termal davranışına etkisinin deneysel ve sayısal analizi, İstanbul Gedik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Programı, 43 s.
- [7] İnan, S. A., Kara, Ğ., Koyun, A., Peltier termoelektrik soğutucu kullanılarak katı cisimlerin ısı iletim katsayısının ölçülmesine yönelik cihaz tasarımı yapılması ve endüstriyel uygulaması, Süleyman Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 1- 5. s. Demirel Üniversitesi-Pamukkale
- [8] ANSYS Academic.

ÖZGEÇMİŞ

Wısam ALZOBİ; 2000 yılında Suriye, Humus'ta doğdu, ilköğretimini Humus'ta El Baas okulunda 2014 yılında, lise eğitimini Ankara'da Fatih Sultan Mehmet lisesinde 2019 yılında tamamladı. Lisans Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliğinde devam etmektedir.