

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

**TERMOELEKTRİK MODÜL KULLANARAK
SOĞUTMA KABİ TASARIMI VE DENEYSEL
ÇALIŞMASI**

BİTİRME PROJESİ

AHMET TOSUN

Projeyi Yöneten
Doç. Dr. Can Özgür Çolpan

Aralık, 2014
İzmir

T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Makina Mühendisliği Bölümü

**Form BP-F1: Bitirme Projesi Teklif ve
Eğitim Planına Uygunluk Bildirimi Formu**

Proje Teklifini Veren Öğretim Üyesi

: Doç. Dr. Can Özgür Çolpan

Proje Adı

: TERMOELEKTRİK MODÜL

KULLANARAK SOĞUTMA KABI TASARIMI VE DENEYSEL ÇALIŞMASI

Proje Öğrencisinin, Adı, Soyadı, Numarası

: AHMET TOSUN 2008485089

B1. Projenin kategorisi:

Bu Proje,

☐ Mekanik Tasarım Projesidir.

☐ Isıl Tasarım Projesidir.

B2. Projenin özelliği:

☐ Proje disiplin-içi bir proje olacaktır.

☐ Proje bir disiplinde, tek bir alt dalı kapsayan bir proje olacaktır.

☐ Proje aynı disiplinde, fakat birden fazla alt dalları kapsayan bir proje olacaktır.

☐ Proje disiplinler-arası bir proje olacaktır.

Katkıda bulunacak olan disiplinler:

B3. Projenin MÜDEK Ölçüt 5.5 ile uyumluluğu (Bu bölümden toplan en az 5 puan bildirilmelidir.):

Proje aşağıda verilen konu başlıklarının hangilerini, ne ölçüde içerecektir* (0: Hiç, 3: Tam anlamıyla).

1.) Ekonomi	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
2.) Çevre sorunları	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
3.) Sürdürülebilirlik	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
4.) Üretilebilirlik	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
5.) Mesleki ve Etik Sorumluluk Bilinci	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
6.) Sağlık	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
7.) Güvenlik	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
8.) Sosyal ve Politik Sorunlar	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
9.) Gerçek Yaşam Kısıtlarını Dikkate Alma	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
10.) Diğer (Belirtiniz).....	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

* Belirtilen konu ve kısıtların içeriği için MÜDEK Ölçüt 5.5.'i inceleyiniz. Belirtilen kriterlerin proje çalışmasında kapalı olarak sağlanması yeterli değildir. Konuların Bitirme Projesi Tezi içerisinde açık bir şekilde yer almasını sağlayınız.

T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Makina Mühendisliği Bölümü

Form BP-F2: Bitirme Projesi Bilgi Formu

Bitirme Projesi Numarası

:

Proje Adı

: TERMoelektrik MODÜL

KULLANARAK SOĞUTMA KABI TASARIMI VE DENEYSEL ÇALIŞMASI

Proje Danışmanı, Ünvanı, Adı, Soyadı

: DOÇ. DR. CAN ÖZGÜR ÇOLPAN

Proje Öğrencisinin Adı, Soyadı, Numarası

: AHMET TOSUN 2008485089

Proje Özeti (Türkçe) (Ençok 300 kelime)

: Bu çalışmada; termoelektrik modül kullanılarak soğutma kabı tasarımı gerçekleştirildi. İlk olarak termoelektrik modülün yapısal incelenmesi ve verilen voltaj değerlerine göre sıcaklık değişimi gösteren yüzeylerin sıcaklıkları ölçüldü. Sonrasında soğutma kabımızın tasarımı yapılmıştır. Aynı zamanda izolasyon eksiklikleri gidermek amacıyla izolasyon iyileştirmelere gidilmiştir. Bu bağlamda soğutma kabının saçtan tasarlanıp yüzeylerini poliüretan köpük ile kaplanıp imal edilmiştir. Termokupllar kritik noktalara yerleştirildikten sonra termoelektrik modüller (peltier) termal macunla iyice sıvanarak kanat sistemine bağlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonrasında, deneysel veriler peltiere birer saat aralıklarla 12 V, 16 V, 14 V gerilim verilerek hazırlanmıştır. .Peltierin sıcak kısmındaki ısıyı atmak içinse 15 V ile fan çalıştırılmıştır. Üçüncü saatte ise fan çıkarılıp buz ile soğutma yapılmıştır. Ansys Fluent programı yardımı ile deneysel sonuçların farklı voltajdaki verileri ile karşılaştırması yapılmış ve farklılıkların sebebi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler (Ençok 5 adet)

: Thermoelektrik modül,
peltier, poliüretan, termokupl

Project Summary (English) (Max 300 words):

In this study, We perform cooling container design using thermoelectric modules. First, the structural examination of the thermoelectric module and the voltage indicating the temperature of the surface was measured according to temperature change. The design of our cabins are made after cooling. At the same time, improvements were made to the insulation in order to eliminate the lack of insulation. In this context, the surface of the cooling container is designed and constructed from the hair coated with polyurethane foam. Thermoelectric modules are placed after the critical point thermocouples (Peltier) is firmly attached to the thermal paste is coated side system. After studies, experimental data Peltier to one hour intervals, 12 V, 16 V, 14 V was prepared giving. Although intra-throw heat in the hot part of the .Peltier 15 V fan is running. The third time was made ice cooling fan removed. Ansys Fluent program with the help of comparison of experimental results with data on the different voltage and the amounts set forth the reason for the differences.

Keywords (Max 5 items) : thermoelectric modules, peltier , thermocouples

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu çalışma ... / ... / günü toplanan jürimiz tarafından BİTİRME PROJESİ olarak kabul edilmiştir.

Yarıyıl içi başarı notu 100 (yüz) tam not üzerinden (.....) dir.

Başkan

Üye

Üye

Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığına,

..... numaralı jürimiz tarafından ... / ... / günü saat
da yapılan sınavda 100 (yüz) tam not üzerinden almıştır.

Başkan

Üye

Üye

ONAY

TEŞEKKÜR

Termoelektirik modüller konusunda hazırlamış olduğumuz bitirme projemizde, bana rehberlik eden değerli hocamız Doç.Dr Can Özgür ÇOLPAN'a teşekkürü borç bilirim.

Projemim mekanik imalat konusunda bize desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Alim ZORLUOL' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada; termoelektrik modül kullanılarak soğutma kabı tasarımı gerçekleştirildi.

İlk olarak termoelektrik modülün yapısal incelenmesi ve verilen voltaj değerlerine göre sıcaklık değişimi gösteren yüzeylerin sıcaklıkları ölçüldü. Sonrasında soğutma kabımızın tasarımı yapılmıştır. Aynı zamanda izolasyon eksiklikleri gidermek amacıyla izolasyon iyileştirmelere gidilmiştir. Bu bağlamda soğutma kabının saçtan tasarlanıp yüzeylerini poliüretan köpük ile kaplanıp imal edilmiştir. Termokupllar kritik noktalara yerleştirildikten sonra termoelektrik modüller (peltier) termal macunla iyice sıvanarak kanat sistemine bağlanmıştır. Isınan havanın yükselmesi ve soğuyan havanın dibe çökmesi prensibinden yola çıkarak üst kapağın ortasında, termoelektrik malzeme ölçülerine uygun dikdörtgen bir delik açılarak, termoelektrik modülün soğuk yüzeyi hazne içine, sıcak yüzeyi de haznenin dış tarafına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde, iki farklı yüzey, farklı sıcaklıklarda olacak iki ortamla buluşturulmuştur.

Yapılan çalışmalar sonrasında, deneysel veriler peltiere birer saat aralıklarla 12 V, 16 V , 14 V gerilim verilerek hazırlanmıştır. .Peltierin sıcak kısmındaki ısıyı atmak içinse 15 V ile fan çalıştırılmıştır. Üçüncü saatte ise fan çıkarılıp buz ile soğutma yapılmıştır

Ansys Fluent programı yardımı ile deneysel sonuçların farklı voltajdaki verileri ile karşılaştırması yapılmış ve farklılıkların sebebi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Termoelektrik modül , Peltier*

ÖZET	ii
İÇİNDEKİLER	iii
FİĞÜR LİSTESİ	v
GRAFİK LİSTESİ	vi

İÇİNDEKİLER

Bölüm Bir

GİRİŞ

1.1 TERMOELEKTRİK MODÜLTANIM.....	1
1.2 TERMOELEKTRİK MODÜL TEORİSİ.....	2
1.2.1 Thomson Etkisi.....	2
1.2.2 Seebeck Etkisi.....	3
1.2.3 Peltier Etkisi ve Hesapları	4
1.3 PELTİER.....	6
1.3.1 Tarihi.....	7
1.3.2 Yük Taşıyıcılarının Etkisi.....	8
1.3.3 Figure Out Merit.....	9
1.3.4 Peltierlerin Kullanım Alanları.....	9
1.3.5 Malzeme Seçimi.....	10
1.3.6 Termoelektrik Malzemeler ve Verimlilikleri.....	11
1.3.7 Termoelektrik Malzemelerin Gelişimi.....	12
1.3.8 Termoelektrik Malzemelerin Üretilmesinde Kullanılması Gereken Yöntemler.....	13

Bölüm İki

2.1 LİTERATÜRÜN ARAŞTIRILMAS.....	14
-----------------------------------	----

Bölüm Üç
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	17
3.1.1 Deney 1	17
3.1.2 Deney 2	21
3.1.3 Deney 3	26

Bölüm Dört

4. PELTİERLE SOĞUTMA KABİ DENEYİ VE SONUCU	29
4.1 Deneyde Kullanılan Malzemeler	29
4.2 Deneyin Yapılışı	29
4.3 Deney Sonucundan Elde Edilen Grafikler ve Yorumlanması	31
4.3.1 Deneyde Yapılan Hesaplamalar	33

Bölüm Beş

5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZ	34
5.1 Soğutma Kabının ANYS' de Tasarımı	34
5.2 Modelin Sonlu Elemanlar Metodu İle Elemanların Ayrılması	34
5.3 Fluent Programı	36
5.3.1 Modeli Fluent'e Tanıtma	36
5.3.2 Meshlerin Görünümü	37
5.3.3 Enerjiyi Aktif Hale Getirme	38
5.3.4 Malzeme Atama	38
5.3.5 Operation Conditions	39
5.3.6 Boundary Conditions	39
5.3.7 İterate	40
5.4 Analiz Sonuçları	42
5.4.1 Fan Soğutmalı Deney Düzeneklerinin Analiz Sonuçları	42
5.4.2 Buz Soğutmalı Deney Düzeneklerinin Analiz Sonuçları	44

Bölüm 6

6. SONUÇ	46
----------------	----

7.KAYNAKLAR.....	47
------------------	----

FIGÜR LİSTESİ

	Sayfa
Figür 1.1 Termoelektrik Modülün İç Yapısı.....	1
Figür 1.2 Thomson Olayını Açıklayan Devre.....	3
Figür 1.3 Seebeck Olayını Açıklayan Devre	3
Figür 1.4 P N Yarı İletkenli Peltier Soğutucu.....	4
Figür 1.5 Peltierlerin Basit Çalışma Prensibi	6
Figür 1.6 Peltier Etkisi.....	7
Figür 3.1 Soğutucu Kabin Tasarımı.....	17
Figür 3.2 Sistemin Çalışma Devresi.....	17
Figür 3.3 Deney Düzeneği.....	21
Figür 4.1 Hazırlanmış Deney Düzeneği.....	29
Figür 4.2 Deney Esnasında Soğutma Kabı	30
Figür 4.2 Deney Esnasında Soğutma Kabı	31
Figür 5.1 Deney Esnasında Soğutma Kabı	34
Figür 5.2 Ansys Modeli.....	34
Figür 5.3 Mesh Sayısı.....	35
Figür 5.4 Modelin Mesh Hali.....	35
Figür 5.5 Modelin Mesh Hali.....	36
Figür 5.6 msh Dosyasını Okutma.....	36
Figür 5.7 Display Grid.....	37
Figür 5.8 Meshlerin Görünümü.....	37
Figür 5.9 Enegy Denklemini Açma.....	38
Figür 5.10 Malzeme Tanımlama Sayfası.....	39
Figür 5.11 Yerçekimi İvmesi Girdisi.....	39
Figür 5.12 Sınır Koşulları Atamaları.....	40
Figür 5.13 Iterasyon Menüsü.....	41
Figür 5.14 Sıcaklık Dağılımı.....	42
Figür 5.15 Sıcaklık Dağılımı.....	43
Figür 5.16 Hız Değişimi.....	43

Figür 5.17 Sıcaklık Dağılımı.....	44
Figür 5.18 Sıcaklık Dağılımı.....	44
Figür 5.19 Hız Değişimi.....	45

GRAFİK LİSTESİ

	Sayfa
Grafik 3.1 P V nin değişik zamanlardaki güç- zaman karakteristik eğrisi.....	19
Grafik 3.2 Bataryanın gün boyu şarj-deşarj karakteristik eğrisi.....	20
Grafik 3.3 Soğutucu sistemin zaman sıcaklık karakteristik eğrisi.....	20
Grafik 3.4 P V ile fan ile çalışma.....	23
Grafik 3.5 Batarya ve fan ile çalışma.....	23
Grafik 3.6 Güç kaynağı ve fan ile çalışma.....	24
Grafik 3.7 Batarya ve Xigmatek (sulu) fan ile çalışma.....	24
Grafik 3.8. Farklı modlarda çalıştırılan TEC sisteminin sıcaklık değerleri.....	25
Grafik 3.9. Karşılaştırma.....	26
Grafik 4.1. İç ve Dış Ortam Sıcaklıkları – Zaman Grafiği.....	31
Grafik 4.2. Peltierin Soğuk Yüzey Sıcaklığı-Zaman Grafiği.....	33

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

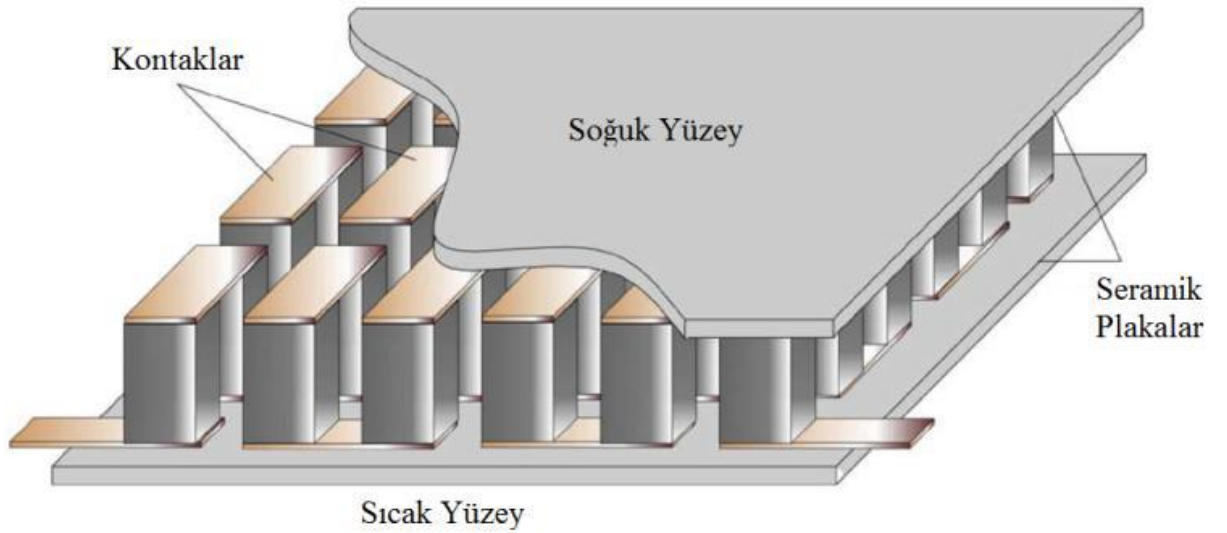
1. Termoelektrik Modül

1.1.Tanım

Termoelektrik modüllerin, iki ucuna bir doğru akım elektrik enerjisi uygulandığında, yüzeyler arasında ısı farkı meydana getirildiğinde uçlarından doğru akım elektrik enerjisi elde edilmektedir. [1]

N ve P tipi yarıiletken çiftlerinde meydana gelen termo elemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasına yerleştirilmişlerdir. [2]

Figür 1.1’de bir N ve P yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir.



Figür 1.1.Termoelektrik Modülün İç Yapısı[3]

Şekildeki yapıda doğru akımın her N ve P tipi yarıiletken çiftlerinden alt ve üst kontakları boyunca dolaşması sıcaklığın hareket ettirilmesine sebep olur. [4]

Akım, düşük enerji seviyesine sahip P tipi yarı iletken, yüksek enerji seviyesine sahip N tipi iletken akarken, elektronlar soğuk yüzeyden aldıkları enerjiyi sıcak yüzeyden terk etmektedir. Dışarıdan verilen elektriksel güç, elektronların sistem içinde hareket etmeleri için gerekli olan enerjiyi sağlayacak ve değişen enerji düzeyleri arasında ilerlerken ısının transfer edilmesine sağlayacaktır.[5]

Isıtma, soğutma ve elektrik enerjisi üretimi için kullanılan termoelektrik modüllerin birçok avantajı vardır. Bunların arasında; hafif ve küçük boyutlu olmaları, hareketli parçalarının olmaması, titreşim ve ses yapmamaları, sıcaklık kontrollerinin kolaylıkla yapılabilmesi, çevreye zararsız olmaları, farklı yer çekimi koşullarında sorunsuz çalışabilmeleri, vb. gibidir. En önemli dezavantajları ise verimlerinin düşük olması ve pahalı olmalarıdır.[6]

Elektriksel ve ısı etkisinin bir arada bulunduğu, yarı iletkenlerden oluşan devreye termoelektrik devre denir. Isı enerjisinin elektrik enerjisine, elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşümlerinin temelini oluşturan termoelektrik etkiler, 150 yıldan daha fazla zamandır bilinmektedir.[7]

Termoelektrik modüllerde, Seebeck, Peltier ve Thomson adı verilen üç farklı termoelektrik olay meydana gelmektedir.

1.2. Teorisi

1.2.1. Thomson Etkisi

Thomson etkisinde; Akım taşıyan bir iletkenin uçları arasında bir sıcaklık farkı varsa akım yönüne göre iletken Joule ısıya ek olarak Thomson Isısı (QT) açığa çıkmaktadır. [8]

Birim zamanda ortaya çıkan Thomson ısısı, akım şiddeti ve sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır.

$$Q_T = \tau \cdot \Delta T \cdot I = \tau \cdot (T_2 - T_1) \cdot I$$

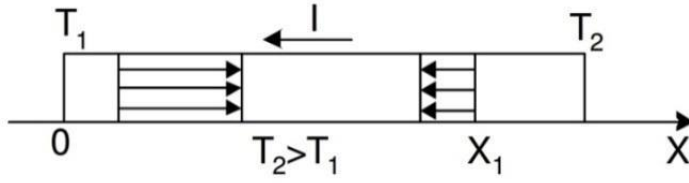
$$Q_T = \text{Thomson ısısı (W)}$$

$$\Delta T = \text{İletkenlerin uçları arasındaki sıcaklık farkı (°C)}$$

$$I = \text{İletken üzerinden geçen akım şiddeti (A)}$$

$$\tau = \text{Thomson katsayısı (V/°C)}$$

Thomson etkisini açıklayan devre Figür 1.2.1.' de görülmektedir.



Figür 1.2. Thomson Olayını Açıklayan Devre[9]

1.2.2. Seebeck Etkisi

Seebeck etkisinde; farklı maddelerden oluşan a ve b materyallerinin birleşme noktalarında birbirinden farklı (T_1 ve T_2) sıcaklıklar, uygulanmasıyla, devre uçları arasında bir potansiyel fark (ΔE) meydana gelmektedir. [10]

Bu potansiyel fark aşağıdaki formül ile ifade edilir.

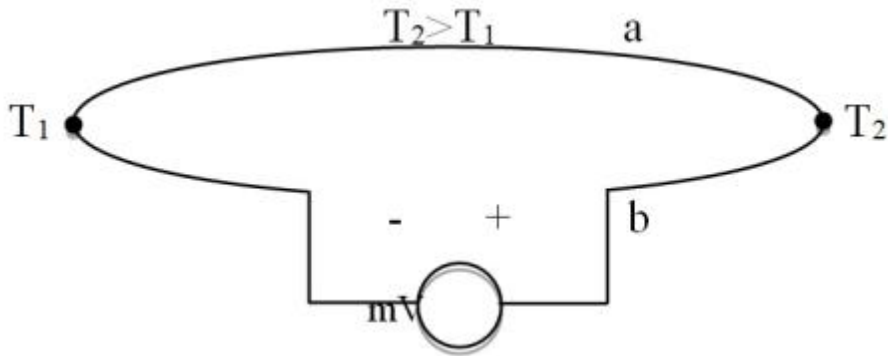
$$\Delta E = \alpha \cdot \Delta T$$

ΔE : Potansiyel Fark(Volt),

α : Seebeck katsayısı($V/ ^\circ C$),

ΔT : Sıcaklık Farkı($^\circ C$)

Seebeck etkisini açıklayan devre Figür 1.3.'de görülmektedir.



Figür 1.3. Seebeck Olayını Açıklayan Devre [9]

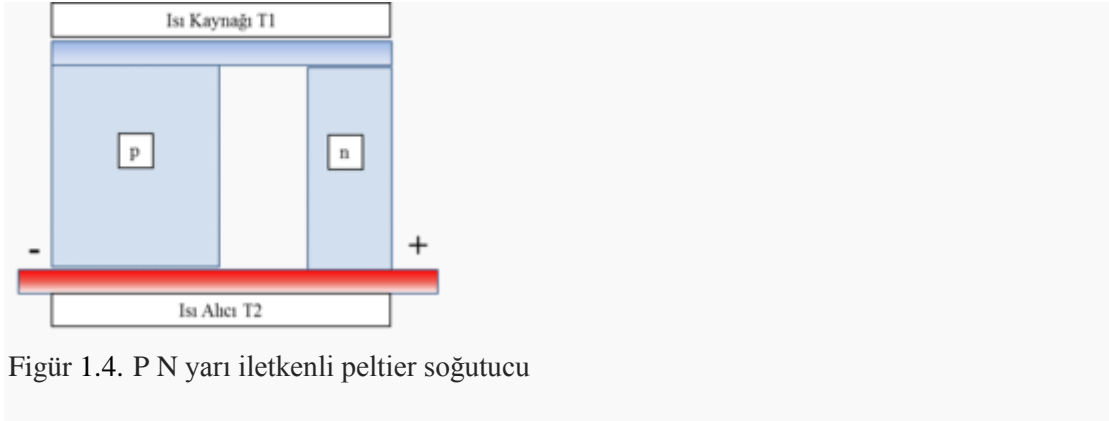
1.2.3.Peltier Etkisi ve Hesapları

Peltier etkisi seebeck etkisinin karşıt etkisi olarak tanımlanabilir. Farklı iki iletkenlen yapılmış bir halkaya akım uygulandığında iletkenlerin bağlı olduğu noktalar ısınır veya soğur. Peltier katsayısı ise uygulanan akımda ne kadar ısıtma ya da soğutma elde edildiğinin bir ölçüsüdür. Akım uygulandığında bir bağlantıdan diğer bağlantıya elektronlar transfer edilecek ve bu elektronlar sahip oldukları enerjiiyi bir bağlantıdan diğerine taşımış olacaklar elektronların ayrıldığı bağlantı soğuyacak ve elektronların gittiği bağlantı ise ısınacaktır.(Figür 1.4)

$$\pi_{AB}=q/I$$

q: ısınma ya da soğuma hızı

I: akım



Figür 1.4. P N yarı iletkenli peltier soğutucu

Peltier ve seebeck katsayıları birbirleriyle şu şekilde ilişkilidir:

$$\pi_{AB}=\alpha_{AB}/T$$

Peltier katsayısı sıcaklığa bağlı, seebeck katsayısı ise sabit bir sayıdır.

Peltier soğutucularda peltier soğutması şu eşitlikle verilir:

$$\text{Peltier Soğutması}=(\alpha_p-\alpha_n).I.T_1$$

P-tipi yarı iletkende yük taşıyıcılar pozitif yüklü "hole"lerdir (h^+) n-tipi yarı iletkende ise yük taşıyıcılar negatif yüklü elektronlardır (e^-). Elektron ve hole hareketi farklı yüklü oldukları için zıt olacaktır ve seebeck katsayıları bu iki malzeme için zıt işaretlidir böylelikle sistemin ($\alpha_p-\alpha_n$) farkı maksimum olacaktır. Holeler negatif kutba enerjilerini taşırken, elektronlar pozitif kutba enerjilerini taşıyacaktır ve bu kutupla ısınmaya başlayacaktır. Ters işekilde de karşı taraf soğumaya başlayacaktır.

Sistemin peltier soğutması haricinde soğutma gücünü etkileyen iki faktör daha bulunmaktadır. Bunlar maalesef peltier soğutmasına karşı bir şekilde çalışır ve sistemin soğutma gücünü azaltır. Bu faktörler ısı iletimi ve Joule ısıtmasıdır.

$$\text{Isı İletimi} = (T_2 - T_1) / (K_p + K_n)$$

$$\text{Joule Isıtması} = I^2(R_p + R_n) / 2$$

K_p ve K_n yarı iletkenlerin ısı iletme kapasiteleri, R_p ve R_n de elektriksel dirençleri. Bu etkenlerinde etkisiyle sistemin genel soğutma gücü (q) şu şekilde yazılabilir:

$$q = (\alpha_p - \alpha_n) IT_1 - [(T_2 - T_1) / (K_p + K_n)] - [I^2(R_p + R_n) / 2]$$

Peltier soğutucular için dikkate alınan bir diğer önemli özellik ise soğutucunun performans katsayısı(COP)'dır. COP soğutma gücünün elektrik tüketimine oranıdır.

$$\text{COP} = q / W$$

q : soğutma gücü

W : elektrik tüketimi

$$W = (\alpha_p - \alpha_n) IT_1 + [I^2(R_p + R_n) / 2]$$

Böylelikle COP şu şekilde yazılır:

$$\text{COP} = [(\alpha_p - \alpha_n) IT_1 - [(T_2 - T_1) / (K_p + K_n)] - (I^2(R_p + R_n) / 2)] / [(\alpha_p - \alpha_n) IT_1 + [I^2(R_p + R_n) / 2]]$$

COP'un maksimum olduğu değer, o malzeme ile elde edilecek maksimum soğutma anlamına gelir. Yukarıdaki eşitliğin akıma göre türevini alarak sıfıra eşitlemek, performans katsayısının maksimum olduğu akım değerini verecektir.

$$d\text{COP}/dI = 0$$

$$\text{COP}_{\max} = T_1 \{ (1 + ZT_m)^{1/2} - (T_2/T_1) \} / \{ (T_2 - T_1) \{ (1 + ZT_m)^{1/2} + 1 \} \}$$

$$\Delta T_{\max} = ZT_1^3$$

ΔT_{\max} : Elde edilebilecek maksimum sıcaklık farkı,

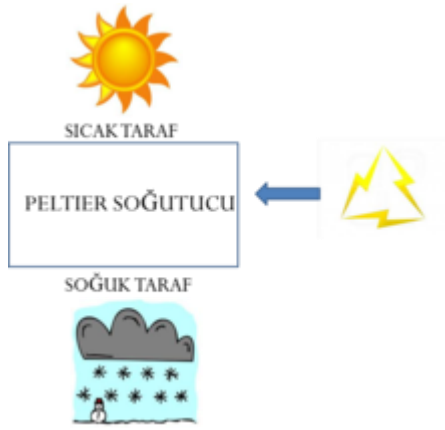
Z : Figure of Merit

T_m : Ortalama Sıcaklık

1.3 Peltier

Peltier soğutucu veya termoelektrik soğutucu, termoelektrik prensiplerle çalışarak soğutucu olarak kullanılan elektronik bir cihazdır. Termoelektrikte peltier etkisi olarak bilinen olgu cihazın çalışma prensibinin temelini oluşturur. Peltier soğutucu temelde termoelektrik bir cihazdır.

Termoelektrik cihaz iki şekilde kullanılabilir. Birincisi, cihazın iki tarafına sıcaklık farkı uygulandığında termoelektrik cihaz elektrik üretmek için kullanılabilir. İkincisi, termoelektrik cihaza elektrik (doğru akım) uygulandığında cihazın bir tarafı ısınır ve diğer tarafı soğur. Cihazın soğuk tarafını herhangi bir uygulamada kullanmak bu cihazın peltier soğutucu olarak tanımlanmasını gerektirir. Peltier soğutucular ısı pompası olarak çalışırlar, ısıyı cihaz yapısı içerisinde bir yerden başka yere taşırlar. Bu cihazlar katı hal soğutucular olarak da tanımlanabilirler.



Figür 1.5. Peltierin basit çalışma prensibi

Peltier Soğutucunun basit yapısı yukarıdaki Figür 1.5'den görülebilir. Doğru akımın yönü değiştirildiğinde sıcak ve soğuk taraflarda değişecektir. Peltier soğutucular içlerinde birden çok termoelektrik element olacak şekilde üretilirler. İçerisinde birden çok termoelektrik element bulunduran bu yapıya modüler yapı denir ve modüler yapıdaki bu cihazlara ise termoelektrik modül denir. Modüler yapı cihaza performans yönünden büyük katkı sağlar, bir tek termoelektrik elementin bulunduğu yapıdan yeterli soğutma elde etmek çok zordur. Peltier soğutucuların kapasitelerini ve verimliliklerini değişik tasarımlar ve değişik termoelektrik malzemeler kullanarak değiştirmek mümkündür. Doğru tasarımlarla kriyojenik sıcaklıklara inmek mümkün olabilmektedir.

Peltier soğutucular gaz sıkıştırırmalı soğutucularla aynı termodinamik kanunlara göre çalışsa da soğutma yöntemleri tamamen farklıdır. Fakat peltier soğutucular mevcut termoelektrik malzemelerle ve cihaz tasarımlarıyla geleneksel gaz sıkıştırırmalı sistemler kadar verimli soğutma yapamamaktadırlar. Buna rağmen basit yapıları ve küçük boyutlarda üretilibilmeleri peltier soğutucuları bazı kullanım alanları için uygun kılmaktadır.

1.3.1.Tarihi

1823'te Estonyalı bilim adamı Thomas Johann Seebeck, iki farklı iletken kullanılarak bir halka oluşturulduğunda ve bu halkadaki bağlantı uçları ısıtıldığında pusulanın iğnesini saptırabildiğini görmüştür. Oluşturulan yapı bir tür manyetik etki yapıyordu. Seebeck daha sonra bu olguyu Dünya'nın manyetik alanı ve kutuplarla ekvator arasındaki sıcaklık farkıyla ilişkilendirebilmek için kullandıysa da bir sonuca varamadı. Seebeck bu olguyu farklı malzemelerle denedi ve bunları elektriksel iletkenlikleri (σ) ve seebeck katsayıları (α) çarpımına göre sıraladı. Seebeck katsayısının birimi derece başına Volt'tur (VK^{-1}) Sıralamadaki ilk ve en son malzemeleri kullanarak elektrik üretti.

Seebeck'ten 12 yıl sonra 1835'te, Fransız bilim adamı Jean Charles Athanase Peltier karşıt bir etkiyi keşfetti. İki farklı iletken kullanılarak yapılmış bir sisteme elektrik akımı uygulandığında halkanın bağlantı noktalarından birinin ısındığını ve diğerinin soğuduğunu gözlemledi.



Fakat Peltier bulgularını Seebeck'in kileri ilişkilendirmedi. 1832'de Peltier'in gözlemleri Lenz tarafından açıklandı ve şu şekilde sonuç çıkardı: İki farklı iletkenin oluşturduğu halkanın bağlantı noktalarından akım geçer ise akımın yönüne bağlı olarak bir bağlantı noktası ısınırken diğeri soğur. Çıkarımını bizmut-antimon bağlantı noktasında suyu dondurarak gösterdi.

1851'de İngiliz bilim adamı William Thomson, 1st Baron Kelvin, Seebeck and Peltier etkileri arasında bir bağlantı kurdu ve bu etkileri termodinamik yasalarını kullanarak

açıkladı. Lord Kelvin daha sonra tek bir iletken den geçen akımla iletken de oluş an sıcaklık de ğişimini ilişkilendiren başka bir termoelektrik etkiyi tahmin etti.

1885'de Rayleigh yanlış olmasına rağmen ilk termoelektrik jeneratörün verimini hesapladı.

1909 ve 1911'de Alman bilim adamı E. Altenkirch termoelektrik elektrik üretimi ve soğutma için bir teori geliştirdi ve iyi bir termoelektrik malzemenin küçük ısı iletkenliğine (λ) ve yüksek elektriksel iletkenliğe (σ) sahip olması gerektiğini söyledi. Teorisini "figure of merit (Z)" olarak topladı.

$$Z = \alpha^2 \sigma / \lambda$$

Z: Figure of merit (belli bir sıcaklıkta)

1950'de transistör uygulamaları için geliştirilen sentetik yarı iletken malzemeler termoelektrik uygulamalar için de iyi özelliklere sahipti. Bu yeni malzemelerin ortaya çıkmasıyla modern peltier soğutucular diyebileceğimiz, p ve n tipi yarı iletken malzemelerin iki elektriksel yalıtkan plaka arasına elektriksel olarak seri ve termal olarak paralel bağlanmasıyla oluşturulan peltier modüller oluşturuldu.

Çok katlı modüllerin oluşturulmasıyla ticari peltier soğutucuların 170 K sıcaklığa kadar inmesi mümkün oldu. Bugün, malzemelerin katı hal teorisi, termoelektrik malzemelerin geliştirilmesi için sağlam bir model sunuyor. Yeni ve daha verimli termoelektrik malzeme üretim çalışmaları bu model çevresinde halen devam ediyor.

1.3.2. Yük Taşıyıcıların Optimizasyonu

P ve N tipi yarı iletkenlerin yük taşıyıcı yoğunlukları üstünde katkılama yoluyla oynama yapmak mümkündür. N tipi bir yarı iletken malzemeye n tipi katkılama yaptıkca malzeme içerisindeki yük taşıyıcı olan elektronun yoğunluğunu arttırmak mümkündür. Elektrik iletkenliği yük taşıyıcıların yoğunluğu ile ilişkilidir bu ilişki şu denklemden görülebilir:

$$\sigma = ne\mu_e$$

n: elektron yoğunluğu

μ_e : elektron mobilitesi

Görüldüğü gibi elektron yoğunluğu arttıkça elektriksel iletkenlik artmaktadır. Fakat katkılama yoluyla yük taşıyıcı yoğunluğunu arttırmak Seebeck katsayısında düşüşe neden olmaktadır. Bu yüzden Figure of merit grafiğinin katkılama miktarına göre değişimi belli bir

katkılama miktarında maksima yapmaktadır. Katkılama miktarı bu maksimum değere göre optimize edilmelidir.

$$Z = \alpha^2 \sigma / \lambda \text{ "Figure of Merit"}$$

1.3.3. Figure of Merit

Mikrotermoelektrik malzemelerin performansını etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, kullanılan termoelektrik malzemeler ve boyutları, kullanılan malzemelerin termal güçleri ve dirençleri, uygulanan ısı işlemler ve katkılanma miktarlarıdır. Bu sistemlerde soğutma performans verimliliği ("Figure of Merit ") aşağıdaki gibi formülize edilebilir.

$$Z = \alpha^2 / \rho \cdot \kappa$$

α : Seebeck Katsayısı

ρ : Elektriksel özdirenç

κ : Isıl iletim katsayısı

Soğutma verimliliğinin Seebeck katsayısıyla orantılı oluşu, Peltier soğutması sırasında taşınan ısı, $Q = \alpha \cdot T \cdot I$ olmasından kaynaklanır. Burada T sembolü sıcaklığı, I ise uygulanan akımı göstermektedir. Fakat aynı zaman Joule ısıtması olarak bilinen ve $I^2 \rho$ ile orantılı olan ısıtma türü, soğuk kısımda ısınmanın engellenmesi için elektriksel özdirencin düşük olması gerekliliğini ortaya koyar. Aynı şekilde, Joule ısınmasının uygulanan akımın karesiyle, taşınan ısı, $Q = \alpha \cdot T \cdot I$ ile uygulanan akımla doğru orantılı olması, peltier soğutmasının etkili olabilmesi için akım üst sınır değeri, Joule ısıtmasının Peltier soğutmasından daha etkili hale geldiği akımla belirlenir. Benzer bir mantıkla, sıcak taraftan soğuk tarafa ısı transferini engellemek için sistemin termal iletimi düşük olmalıdır.

Bir Peltier soğutucusundan ya da termoelektrik soğutucudan en yüksek seviyede verim elde edebilmek için "Z" değerini olabildiğince yüksek tutmak gerekmektedir. Bu da elektriksel direnci yüksek yani elektriksel iletkenliği düşük, termal iletkenliği düşük, Seebeck katsayısı yüksek malzemeler kullanılmasını gerekli kılar.

1.3.4. Peltierin Kullanım Alanları

Peltier soğutucular geleneksel gaz sıkıştırırmalı soğutucular kadar verimli olmasalar da basit yapıları, küçük boyutlarda üretilebilmeleri ve kriyojenik sıcaklıklara inebilmeleri bu cihazları bazı uygulamalar için uygun kılmaktadır. Özellikle ufak boyutlu üretilebilmeleri

elektronik cihazların soğutmalarında kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Mikro işlemci ve sensör soğutmaları bunların başlıcalarındandır. Dijital görüntü yakalayan cihazların sensörlerinde görüntü kalitesini arttırmakta soğutmanın büyük önemi vardır. Topladığı ışık demetleri yüzünden ısınan sensörler, gelen ışıktan aldığı verinin yanında ısınmadan kaynaklı sensör içindeki elektron uyarılmasından da sinyal alacaktır ve bu sinyaller görüntüye kirlilik (noise) olarak yansıyacaktır. Peltier soğutucu ile, sensörün topladığı ışıktan kaynaklanan ısıyı uzaklaştırmak mümkün hale gelmektedir. Benzer biçimde bu olgu kızılötesi dedektörlerde de mevcut ve daha önemlidir. Isının radyasyonla yayılması kızılötesi dalga boyunda gerçekleştiği için bu sensörlerin ısınması daha büyük bir problemdir ve temiz sinyal alınabilmesi için bu ısınmanın giderilmesi şarttır. Bu uygulamalarda peltier soğutucular küçük boyutları sayesinde uygun bir alternatiftir. Bunların yanında soğutmanın gerekli olduğu özellikle seyyar uygulamalarda peltier soğutucular önemli bir yere sahiptir. Bu cihazların hareketli parçalarının olmayışı seyyar uygulamalarda bu cihazları uygun kılmaktadır. Peltier soğutucuların kullanıldığı bazı uygulama alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Mikroişlemci soğutucusu
- Lazerler, kızılötesi dedektörler ve CCD matrisler için soğutucu
- Elektronik cihaz parçalarının farklı sıcaklık testleri için soğutma odasında
- Yarı iletken endüstrisi için su soğutucular
- Medikal aletler için seyyar ve kompakt soğutucu
- Biyomalzeme ve ilaç taşımada kullanılan taşıma kapları için sıcaklık kontrollörü
- DNA analizi(PCR) için ısıtıcı ve soğutucu olarak kullanımı
- Nemli havanın kurutulmasında

1.3.5.Malzeme Seçimi

Termoelektrik aygıtlar, önceki kısımlarda da açıklandığı üzere soğutma, ısıtma amaçlı veya elektriksel güç üretme amaçlı kullanılabilir. Bir termoelektrik aygıt iki düzlemsel yüzey arasında büyütülen yüzden fazla p ve n tipi malzemenin elektriksel olarak seri, termal olarak paralel bağlanmasından oluşmaktadır. Soğutulma amaçlı kullanılmak istendiği zaman, elektriksel bağlantılardan verilen elektriksel güç ile, bir sıcaklık farkı yaratmak, bir tarafı soğutarak diğer tarafı ısıtmak Peltier etkisi sebebiyle mümkün olabilmektedir. Benzer şekilde Seebeck etkisi olarak bilinen yöntemle, sıcaklık farkı oluşturarak sistemden elektriksel güç üretebilmek mümkün olmaktadır.

Oda sıcaklığı mertebelerinde, en yaygın olarak kullanılan malzemeler yüksek derecede katkılanmış (Bi, Sb)₂Te₃ malzemeleridir. Sistemde metal bağlantılar, alt malzeme, koruyucu tabakalar, p ve n tipi katkılanmış malzemeler olmak üzere birçok farklı malzeme grubu kullanılmaktadır. Snyder ve Lim, yaptıkları çalışmada bu malzemelerin kullanım amaçları hakkında detaylı bilgiler sağlamışlardır. Altyapı malzemesi olarak 400 µm büyüklüğünde Si kullanılması yaygın bir yöntemdir. Bu malzemenin gerek yüksek ısı iletim gücü, gerekse MEMS uygulamalarında kullanılan temel malzeme olması sebebiyle uyumluluğunun yüksek olması, Silikon’u taban malzemesi olarak kullanmak adına en güçlü aday yapmaktadır. Si tabakasının üzerine çok ince bir SiO₂ filminin kaplanması alttaki elektriksel bağlantı ile Si arasında elektriksel kısa devre olmasını önlemek adına gerekli bir adımdır. Daha sonra sırasıyla ince (0.1-0.3 µm) Cr ve Au filmleri SiO₂ tabakası üzerine kaplanır. Bunların üstüne göreceli olarak daha kalın bir altın tabakası kaplanır. Bu altın kaplamanın amacı, alt taban elektriksel bağlantısını sağlamaktır. Daha sonra iodeine çözeltisinde altın dağlanarak, seçimli olarak istenen yerlerde altın bırakılması sağlanır. Seçimli işlemi yapabilmek için yaygın olarak bilinen litografi yöntemi kullanılmaktadır.

Alt tabanda kullanılan altın iletken tabakası ve üst tarafta kullanılan nikel iletken tabakaları olabildiğince ince tutulmaya çalışılmaktadır. Bu tabakaların kalınlaşması, elektriksel direnci artıracak ve performansı düşürecektir. Bu tabakalar yaklaşık olarak 1-5 µm mertebelerinde kaplanmaktadır

Termoelektrik malzemelerin kaplanmasında yine litografi yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Önce kaplanacak yüzeyler boşta kalacak şekilde kalın bir fotorezist tabakası sürülür. Cam maske uyumlanarak, kaplamanın yapılması istenen yerlere sırasıyla p ve n tipi malzemeler, litografi aşamaları tekrarlanarak kaplanır. Daha sonra yine benzer yöntemlerle en üstteki Nikel tabakası atılır ve elektriksel iletim sağlanmış olur.

1.3.6.Termoelektrik Malzemeler ve Verimlilikleri

Termoelektrik özellik gösteren, endüstride veya teoride uygulanabilirliği olan birçok malzeme bulunmaktadır. Uygun malzemeyi seçerken maliyet ve güvenilirlikle beraber diğer önemli unsur verimlilikleridir (Figure of Merit = Z)

Termoelektrik malzemelerden bazıları şunlardır :



PbTe

CeFe₃CoSb₁₂

Zn₄Sb₃

Yb₁₄MnSb₁₁

Si-Ge

AgSbTe₂-GeTe, TAGs

PbTe-PbS(n)

NaPb₂₀SbTe₂₂

Hf_{0.6}Zr_{0.4}NiSn_{0.98}Sb_{0.02}

1.3.6.1. Bi₂Te₃ ve Bi₂Se₃

Bi₂Te₃ grubu malzemeler ve bunların katı faz karışımları, oda sıcaklığında yüksek termoelektrik performans göstermekte ve çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Figure of Merit ("Z") değerleri 2.4 mertebelerindedir.

Bi ve Te bileşiklerinin taşıyıcı konsantrasyonları denge birleşimlerinden biraz fazla Bi veya Te eklenmesiyle sağlanmaktadır. "Te" elementinin zehirli olması ve az bulunması bu malzeme grubunun en büyük dezavantajlarıdır.

1.3.7. Termoelektrik Malzemelerin Gelişimi

Termoelektrik alanı, termoelektrik malzemelerin davranışlarının anlaşılmasından ve yüksek derecede katkılanmış yarı iletkenlerin iyi termoelektrik özellikler göstermesinin keşfinden sonra 1950'lerden itibaren hızlı bir gelişim sürecine girdi. Termoelektrik endsütrisinin ilk ürünü Bi₂Te₃ malzemesidir. 1960-1990 arasında "Z" değerini artırmaya yönelik çalışmalarda en fazla (Bi_{1-x}Sb_x)₂(Se_{1-y}Te_y)₃ alaşımları üzerinde durulmuştur. Günümüzde, değişik uygulamalarda kullanılan birçok farklı malzeme grubu vardır. Son yıllarda Phonon-Cam/Elektron-Kristal olarak bilinen malzemenin kullanılmasıyla birlikte nano düzeye inmenin yolu açılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi verimliliği artırmak için elektriksel iletkenliği artırmak, termal iletkenliği düşürmek gereklidir. Normal 3 boyutlu düzlem ve sistemlerde genellikle bu iki özellik beraber davranmakta, beraber azalmakta veya artmaktadır. Tek düzleme ve nano mertebelerine inerek bu özellikleri birbirinden bağımsız hale getirmeye yönelik çalışmalar son yıllarda sıklaşmıştır. Bu alanda en çok gelecek vaadeden çözüm nano-kompozit üretimidir. Nano-kompozit üretimiyle hem termal iletkenliği düşürmek hem de elektrisel iletkenliği artırmak mümkün olabilmektedir.

1.3.8. Termoelektrik Malzemelerin Üretilmesinde Kullanılan Yöntemler

Termoelektrik malzemelerin oluşturulmasıyla ilgili endüstride kullanılan ve literatürde çalışmaları devam eden birçok yöntem bulunmaktadır. Hangi yöntemin üretim aşamasında kullanılacağı, üretilecek olan Peltier soğutucunun istenen özelliklerine göre seçilmelidir. Bunu belirlemedeki kriterlerden bazıları; maliyet, güvenilirlik, aygıt ömrü, uygulanabilecek voltaj, istenen maksimum sıcaklık farkıdır. Üretim yöntemlerin bazıları aşağıda örnek çalışmaları da içerecek şekilde incelenmiştir.

Elektrokimyasal işlemlerden biri olan elektrokaplama yöntemi, birçok uygulamada olduğu gibi burada da uygulaması kolay, maliyeti düşük, kontrolü ve verimliliği yüksek malzemeler geliştirilmesini olanaklı kılmaktadır.

Elektrisel bağlantı olarak kullanılan nikel, altın, gümüş gibi malzemelerin kaplanmasına yönelik literatürde birçok çalışma bulunabilir. Nikel kaplamak için kullanılan en yaygın çözelti Watts çözeltisidir. Altın için değişik çözeltiler bulunmakla beraber en yaygın olarak kullanılanı Altın süyanür banyosudur. Kaplanacak malzemeye göre uygun anot malzemeleri ve akım değerleri belirlenerek kaplama işlemi gerçekleştirilir.

Termoelektrik malzemelerin büyütülmesi ile ilgili de literatürde yapılan bazı çalışmalar vardır. Bunların bir tanesinde Snyder (2003) $(\text{Bi,Sb})_2\text{Te}_3$ grubu malzemeleri elektrokimyasal methodlarla üretmiş ve bulgularını ortaya koymuştur. Bu malzemelerin kaplamasını gerçekleştirebilmek için oda sıcaklığında nitrik asit solüsyonu kullanılmaktadır. Bütün üretim yöntemlerinde olduğu gibi, elektrokaplama yönteminde de litografi metodlarının kullanımı önem arz etmektedir. Kaplanacak yüzeylerin bütün düzlem olmadığı için, seçimli olarak istenen yerlere kaplama yapılabilmesini sağlamak için fotoresist malzeme kullanımını gerektirmektedir.

Elektrokimyasal methodlarla $\text{Bi}_2\text{Te}_3, \text{PbTe}, \text{PbTe-PbS}$ gibi malzeme grupları üretilebilmektedir. Bu yöntemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yöntemin doğru uygulanabilmesi önemlidir. Uygulanmadığı takdirde, yüksek hata oranları, gaz salınımı ve molar kontrolün kaybedilmesi gibi problemlerle karşılaşılabilir.

Literatürde bunun dışında birçok kaplama yöntemi (termal evaporasyon , sputtering , MBE , MOCVD gibi)bulunmaktadır.

MBE (Molecular Beam Epitaxy)ve MOCVD yöntemler, kimyasal kompozisyonun çok iyi kontrol edilebilmesine olanak sağlamakta, yüksek kalitede katman katman olarak malzeme deposit edilmesini sağlamaktadır. [10]

BÖLÜM İKİ

2.1.Literatür Araştırması

Termoelektrik modüllü soğutma uygulamaları ile ilgili ilk çalışma Rusya'da St.Petersburg'daki Loffe Enstitüsündeki prototip[11], daha güncel ve yeni uygulamalar ise, Amerika Birleşik Devletlerindeki Owens Corning, Marlow [12] ve Japonya'daki Mitsubishi elektrik tarafından yapılan çalışmalar sayılabilir[13].

Dai Y. J., Wang R. Z, Ni L., 2003'te güneş pili kullanılarak yapılan termoelektrik soğutmanın deneysel araştırmasını ve bu araştırma ile ilgili analizini yapmıştır. Taşınabilir buzdolabını gece ve gündüz kullanımına uygun olarak farklı modlarda çalıştırmıştır. Buzdolabını gündüz çalıştırmak için güneş ışınlamından faydalanmıştır. Gece kullanımında, bulutlu ve yağmurlu günlerde ise elektrik enerjisini doğrultucu ve aküden elde etmiştir. Deney sonucunda, buzdolabı sıcaklığı 5-10 C, COP değeri yaklaşık 0.3 olarak elde edilmiştir. Bu sistem, güç kaynağı bulunmayan mekan uygulamalarında, aşı, gıda, içecek ve soğuk depolama için kullanılabilir olduğunu ispatlamıştır [14].

2011'de, $25 \times 25 \times 35 \text{ cm}^3$ boyutlarında, $4 \times 4 \text{ cm}^2$ termoelektrik modül kullanılarak bir soğutma sistemi tasarlayan Jugsujinda S., Vora-ud A., ve Seetawan T., bu amaçla sistemde 40W'lık fan kullanılmıştır. TER (Termoelektrik Buzdolabı) soğutma sistemini kontrol etmek için 10 noktadan ölçüm yaparak; sıcaklık, zaman ve COP değerlerini incelemişlerdir[15].

Termoelektrik jeneratör (TEG) ile hibrid sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde; PV (fotovoltaik) hücre, TEG ve ısı dağıtıcı kullanılmıştır. Bi_2Te_3 yarıiletken malzemesinden oluşan TEG, 50–200 °C sıcaklık aralığında incelenmiştir. TEG'de üretilen güç 3 W ve sıcaklık ise DT 155 °C'ye ulaşmıştır. Akım ve gerilimin ise doğrusal olarak arttığını gözlemlemişlerdir. (E. A Cha'vez-Urbiolaa E. A., Yu. V. Vorobiev ve Bulat L. P., 2012) [16].

Bir başka çalışmada Sabah A. Abdul-Wahab ve diğerleri, 2009 güneş enerjisi ile çalışan taşınabilir termoelektrik soğutma sistemini deneysel olarak incelenmiştir. Sistem, elektriğin olmadığı Umman bölgesinde sistem peltier etkisinden yararlanarak tasarlanmıştır. Sistemde karşılıklı iki yanal yüzeye beşer tane olmak üzere 10 adet termoelektrik modül, 64 tek kristal

silisyum güneş hücresi ve sıcaklıkları belirlemek için termokupl kullanmışlardır. Yapılan deneylerde, soğutma sıcaklığının 44 dak.'da 27 °C'den 5 °C'ye düştüğü ve COP değerini de 0.16 olarak hesaplamışlardır [17].

Ülkemizde de termoelektrik modüllü soğutma sistemleri üzerine bir çok çalışma yapılmakta olup, bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

Çakır H., 2006'da enerji ihtiyacını güneş pilinden karşılayan 29x29x29 cm ebatlarında termoelektrik soğutucu tasarlamıştır. Sistemin iç - dış sıcaklığı, modül sıcak - soğuk yüzey sıcaklığı, güneş pilinden çekilen gerilim-akım değerlerini ölçerek değerlendirmiştir. Deneyler sonucunda, sistemin performans katsayısını 0.9 olarak bulmuştur [18].

2005'de Bulut H. termoelektrik soğutmanın teorisi, uygulama alanları, tasarım ve seçiminde etkili olan elektriksel ve ısı parametreleri hakkında bilgiler vermiştir[19].

Bir diğer çalışmada ise 48x10-3 m2 hacminde, 18 W gücünde termoelektrik soğutucu ve kontrol devresinden oluşan bir sistem tasarlamıştır. Deneyler sonucunda, sistemin performans katsayısı 0,3 - 0,6 arasında bulunmuştur. (Sungur C. 2008) [20].Bu çalışma, elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde soğutma yapabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek enerji ihtiyacını karşılayan termoelektrik soğutma (TEC) sistemi, 6 adet TE modül ve iki farklı soğutucu tipi kullanılarak elektrik devre bağlantısı yapılmıştır. TEC sisteminin performans parametreleri, çekilen akım değerleri ölçülerek değerlendirilmiştir

Ahıska, Fidan ve Dişlitaş tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada kan, ası, serum, ilaç v.b. tıbbi maddelerin bozulmadan saklanabilmesi için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen standartlara uygun olarak ısıtma ve soğutma yapabilen mikro denetleyici kontrollü taşınabilir termoelektrik modüllü tıp kiti cihazının elektronik kontrol devreleri geliştirilmiştir.(Dünya sağlık örgütüne göre kanın depolanma sıcaklığı 2°C ile 10°C arasındadır).Cihazın iç sıcaklık kontrolü iki farklı yöntemle yapılmış ve kontrol sonuçları karşılaştırılmıştır. Birinci yöntemde analog sensörlü, ikinci yöntemde ise dijital sensörlü devre kullanılarak cihazın sıcaklık kontrolü gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonuçlarına göre, dijital sıcaklık sensorlu kontrol sistemi (DSSKS) ile yapılan soğutma ve ısıtma işleminin daha fazla enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür.[21]

Yılmaz tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada 3,5 litre iç hacme sahip bir soğutucu haznesi TEC1-12706 termoelektrik modül ile soğutulmuştur. Termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden ısının atılmasında hava ve su soğutmalı olmak üzere farklı iki yöntem uygulanmıştır. Her iki yöntemde de modüle farklı gerilim değerleri uygulanarak ortam, soğutucu iç sıcaklıkları ve modülün çektiği akım değerleri ölçülmüştür. Sonuçlardan sistemlerin verimleri hesaplanarak mukayese edilmiştir. 8 volt gerilim uygulamasında, hava

ile soğutmada, soğutucu iç sıcaklığı 6°C, su ceketli soğutmada 1°C, sistem verimleri sırasıyla %36 ve %30 olarak belirlenmiştir. 12 volt-gerilim uygulamasında ise soğutucu iç sıcaklıkları, 3.6°C ve -1.5°C ve verimleri de %31 ve %21 olarak bulunmuştur.[22]

Tüfekli tarafından 2008 yılında yapılan çalışma sonucu imal edilen termoelektrik modüllü soğuk terapi cihazı komplike bir cihaz olup, ana elemanlar olarak kontrol ve soğutma sisteminden oluşmaktadır. Cihazda temel tasarım kriteri olarak soğuk yüzeyin buz sıcaklığında (0°C) olması hedeflenmiştir. Aynı ayrı kontrol edilen termoelektrik elemanlarda tasarlanan elektronik kontrol sistemi ile her bir elemanda farklı sıcaklıklar elde edilmiştir. İstenildiğinde termoelektrik modül uçlarına giden akımın yönü değiştirilerek cihaz soğutma modundan ısıtma moduna geçebilmektedir. Soğukun veya sıcaklığın insan vücuduna tatbikini kolaylaştırmak için su boruları ve enerji kabloları bir bütün haline getirilmiş ve modüller esnek bir plaka üzerine yerleştirilerek bandajlama yöntemi ile vücuda teması sağlanmıştır. Bu çalışmada ise 5dm³(litre) hacmindeki yiyecek saklama kabının termoelektrik modülle soğutulması ve ısıtılması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada TEC-12706 kodlu termoelektrik modül, alüminyum ısı değiştirici, kanatçıklar ve mini fanlar kullanılmıştır. Sistem DC 12 volt değerine kadar çeşitli besleme voltajlarında denenmiştir. Çalışma sonunda örnek bir uygulama olarak termoelektrik modüllü yiyecek saklama kabının hem ısıtma hem de soğutma konumunda çalışabileceği gözlemlenmiştir.[23]

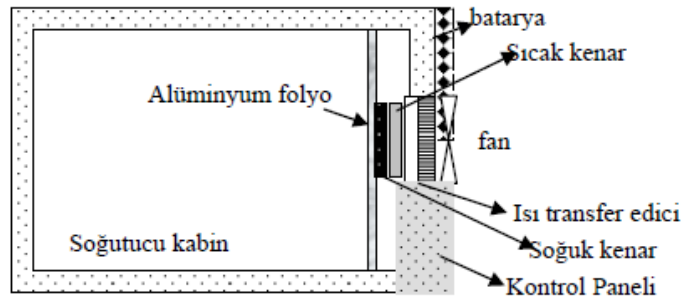
BÖLÜM ÜÇ

3.1.Deneysel Çalışmalar

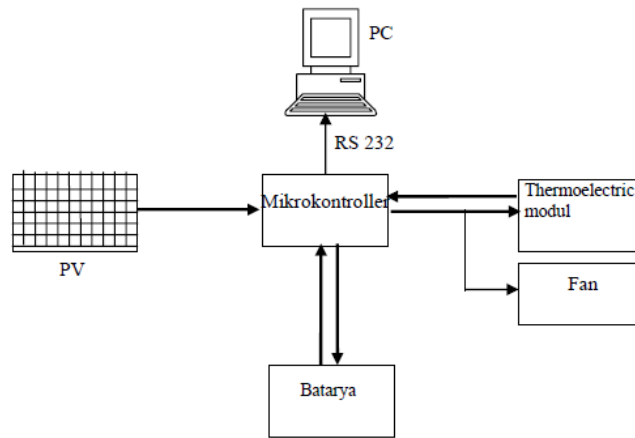
3.1.1.Deney 1

Selçuk Üniversitesi'nde yapılan bir araştırma şöyledir:

Deney Sistemi :



Figür 3.1. Soğutucu Kabin Tasarımı



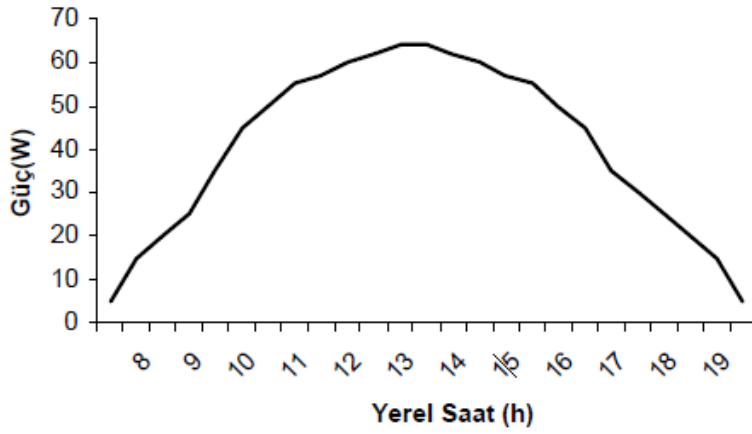
Figür 3.2. Sistemin kontrol devresi şema

<p>Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Teknik Özellikleri</p>	<p>-AS 6506 model PV(P_{max} 65[Wp], Nominal Akım ,<i>IMPP</i> =3.75[A] <i>UMPP</i> = 17.3 [V], (AM = 1.5, <i>E</i>=1 000 W/m², <i>TC</i> = 25 °C)</p> <p>-Yuasa 12 V 38 Ah kapasiteli kurşunasit batarya</p> <p>- 127-06 Termoelektrik modül , <i>Q_c</i>= 18.5 W , <i>I</i>=2.1A, <i>V</i>=15.5 V</p> <p>-IC LM 335 sensör</p> <p>-400x400x300 ölçülerinde soğutucu kabin</p>
<p>Ortam Koşulları</p>	<p>Deneyin yapıldığı yerin konumu; deney Türkiye-Konya da yapılmıştır.Konya 37.6 derece enlem ve deniz seviyesinden 1028 metre yükseklikte bulunmaktadır.Ölçüm 25 °C ortam sıcaklığında yapılmıştır.</p>
<p>Deneyin Amacı ve Özeti</p>	<p>Bu çalışmada gündüzleri güneş panelleriyle geceleri ise güneş panellerinin şarj ettiği batarya kullanılarak analizler yapılmıştır.Bu çalışmada 24 saat boyunca kap içerisinde soğuk tutulması amaçlanmıştır. Soğutma iç sıcaklığı 5°C-10°C arasında ayarlanıp bu şartlardaki maliyet, verim ve ekonomi açısından performans testleri yapılmıştır.</p>
<p>Yapılışı</p>	<p>24 saat boyunca yapılan deneyde gündüzleri PV panel tarafından peltiere güç sağlanmaktadır.Işığının olmadığı (gece) saatlerde bataryadan akım çekilmekte, güneş ışığının yeterli olduğu saatlerde ise batarya PV panel tarafından şarj edilmektedir.</p>

Sonuçlar:

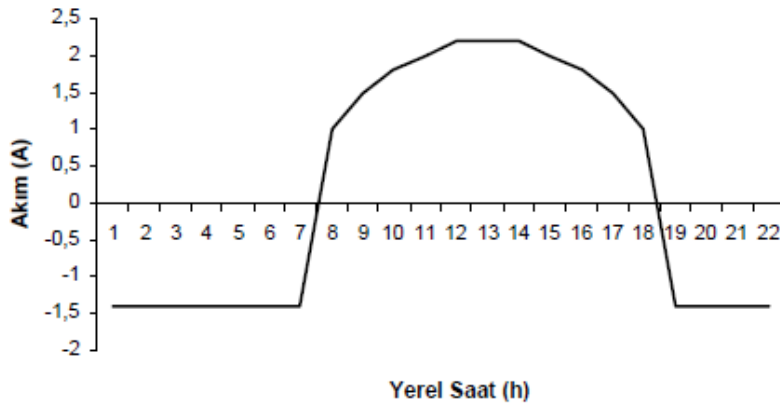
Seçilen bataryanın kapasitesi göz önüne alındığında şarj süresince verebileceğimiz enerjinin deşarj süresinde aldığımız enerjiden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu seçilen PV panelin faydalı ışınım sürelerinin çok fazla olmaması halinde bile sistemin beslemesi için yeterli olacağını göstermektedir. 28 Mayıs 2006 tarihinde Konya-Türkiye de açık havada yapılan deneyden elde edilen verilere göre kullanılan PV panelinin elde edilen Güç Zaman eğrisi Grafik 3.1'de görülmektedir.

PV panelin Güç-Zaman Performansı



Grafik 3.1 PV'nin değişik zamanlardaki (gün boyu)güç-zaman karakteristik eğrisi

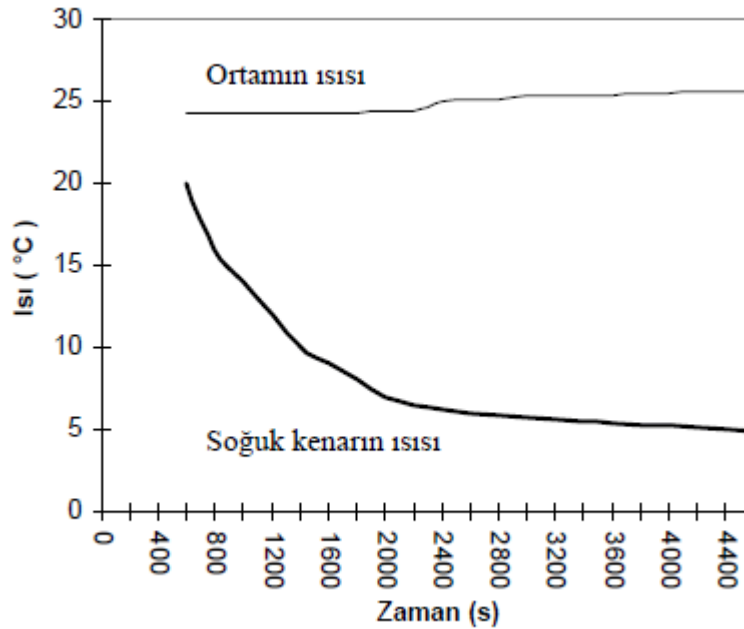
Bataryanın Sarj-Desarj Performansı



Grafik 3.2 Bataryanın gün boyu şarj-deşarj karakteristik eğrisi

Ölçümlerden alınan değerlere göre Grafik 3.2 de incelendiğinde gün ışığının olmadığı (gece) saatlerde bataryadan akım çekilmekte, güneş ışığının yeterli olduğu saatlerde ise batarya PV panel tarafından şarj edilmektedir. Çekilen akım eğri üzerinde negatif değerde görülmektedir.

Termoelektrik soğutucu kabinin soğutma performansı 25 °C ortam sıcaklığında ölçülmüştür. Bunun için deneye başlamadan soğutucu kabin sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve başlangıç zamanı belirlenerek sistemin soğutma karakteristik eğrisi çıkarılmıştır.



Grafik 3.3 Soğutucu sistemin zaman-sıcaklık karakteristik eğrisi

Termoelektrik soğutucu modülün 12 w gücü soğutma kabinin 48.10-3 m³ hacmini ayarlanan 5°C kadar soğutma süresi ve sıcaklığı ölçülmüş alınan değerlerin istenen 5-10°C değerlerle karşılaştırılmasında yeterli soğutmanın sağlandığı görülmüştür. Sistemin bütünü incelendiğinde, kullandığı enerjinin güneş enerjisi olması, soğutma sisteminde çevreye zararlı gazların olmaması açısından çevre dostu bir sistem olduğu görülmüştür. Bu sistemde enerji açısından ek bir maliyet gerekmemektedir. Ayrıca sistem üzerinde hareketli elemanların çok az olması (sadece fan) bakım maliyetlerini en aza indirmektedir. Sistemin hacim ve ağırlık olarak küçük olması da diğer bir avantajdır. Sistem akımının değişken

Bu sistemin taşıma kolaylığı ve taşındığı yerde montajının ve işletmeye alınmasının kolaylığı açısından değerlendirildiğinde, elektrik enerjinin olmadığı yerlerde gıda veya tıbbi malzemelerin saklanması için ideal bir donanım olduğu ortaya çıkmaktadır. [26]

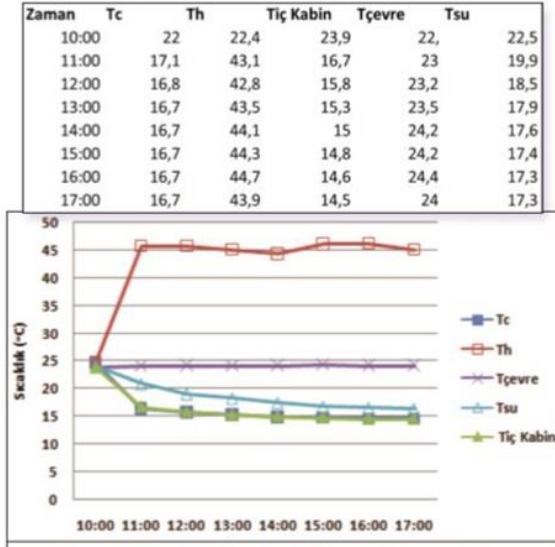
İran'ın iklim koşullarına göre yapılan bir çalışma şöyledir.

[illegible]

21

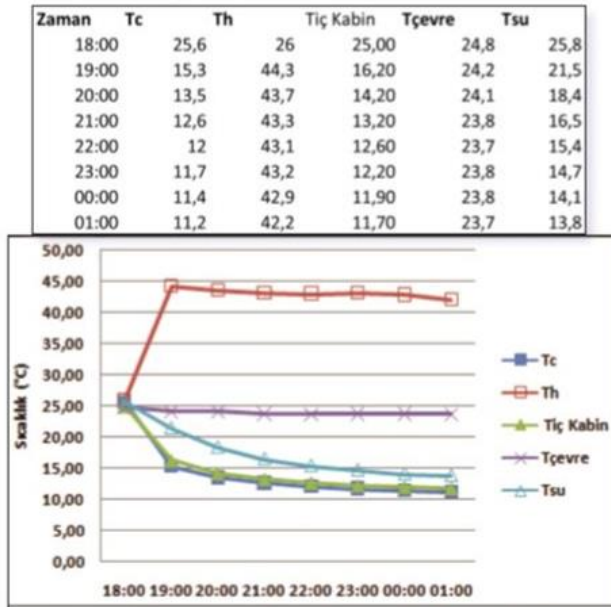
Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Teknik Özellikleri	390 W PV panel, MPPT (Solar Şarj Kontrol Cihazı), 210 Ah'lık Batarya, 3200 Rpm Fan, Termoelektrik Modül, Sink, Termokupl, TEC Kabin, Veri Kaydedici, Güç Kaynağı. (Figure 3.1.2.1)
Deneyin Amacı ve Özeti	Bu deneylerde elektrik kaynağının peltier çalışmasına etkileri gözlemlenmek amaçlanmıştır.
Ortam koşulları	Ölçümler, İran'ın iklim koşullarında 5 gün boyunca yapılmıştır. PV sistem ve güç kaynağı ile yapılan deneyler 10.00-17.00, akü ile yapılan test ise 18.00-1.00 zaman aralıklarında gerçekleştirilmiştir. (4, 5, 6, 7 Eylül 2012 ve 22 Ocak 2013) Deney süresince; T_C , T_H , Kabin $T_{İÇ1}$, Kabin $T_{İÇ2}$, $T_{ÇEVRE}$ ve T_{SU} değerleri olmak üzere altı yerden ölçüm yapılmıştır. Deney sonuçları aşağıda gösterilmiştir.
Yapılışı	Deney süresince; T_C , T_H , Kabin $T_{İÇ1}$, Kabin $T_{İÇ2}$, $T_{ÇEVRE}$ ve T_{SU} değerleri olmak üzere altı yerden ölçüm yapılmıştır. Deney sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Deney Sonuçları:



Grafik 3.4 PV ve fan ile çalışma

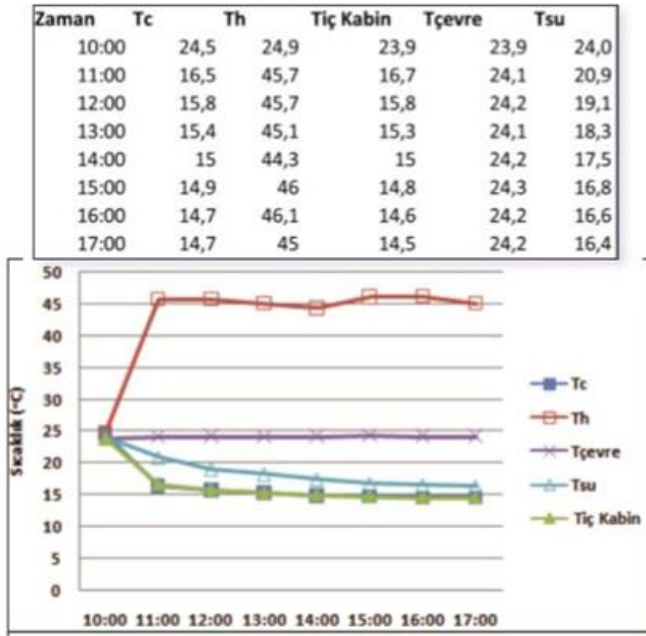
TEC sistemi; 12 Volt, 6,36 Amper akım çekmiştir. Sistem PV etkisi ile çalıştırıldığında sabit akım gelmediği için sıcaklık değerlerinde dalgalı değişimler gözlemlenmiştir. Fakat sistem batarya ile çalışma moduna geçtiğinde ise sabit akım çekmiştir ve sıcaklık değerleri periyodik azalma göstermiştir.



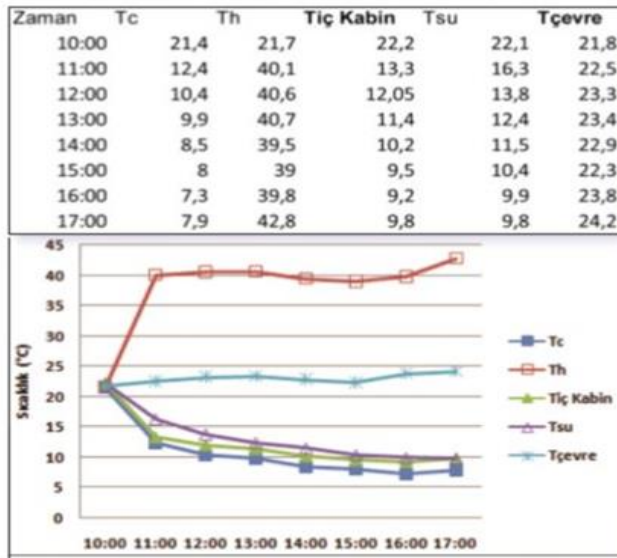
Grafik 3.5 Batarya ve fan ile çalışma

TEC sistemi PV ile çalıştırıldığında; 12 Volt, 6,52 Amper akım çekmiştir. Sistem 1 saat içerisinde TEM'ün T_H yüzeyindeki sıcaklığın 22,4 °C'den 43,1 °C'ye çıktığı, T_H sıcaklığına bağlı olarak T_C sıcaklığının 17,1 °C'ye düştüğü görülmüştür. Çalışma sonunda kabin içerisine konan 0,5 L hacmindeki su sıcaklığının periyodik azalarak 17,3 °C'ye düştüğü izlenmiştir. Sistemin performans katsayısı 0,384 olarak hesaplanmıştır. T_H yüzeyindeki ısının çevreye transfer edilememesi, güneş ışınlamı ve açısındaki değişimler sistem performansını etkilemektedir.

TEC sistemi; 12 Volt ve 5,37 Amper akım çekmiştir. Bataryalı sistemde akım değerleri sabit olduğu için sıcaklık değişimlerinde periyodik azalma gözlemlenmiştir. Sistemin performans katsayısı 0,502 olarak hesaplanmıştır.



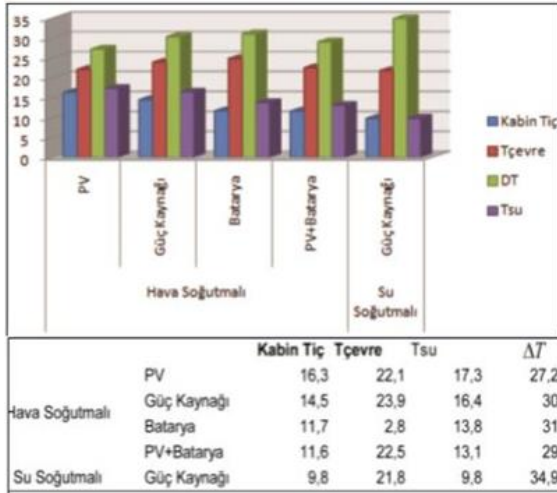
Grafik 3.6 Güç Kaynağı ve fan ile çalışma



Grafik 3.7 Batarya ve Xigmatek (sulu) fan ile çalışma

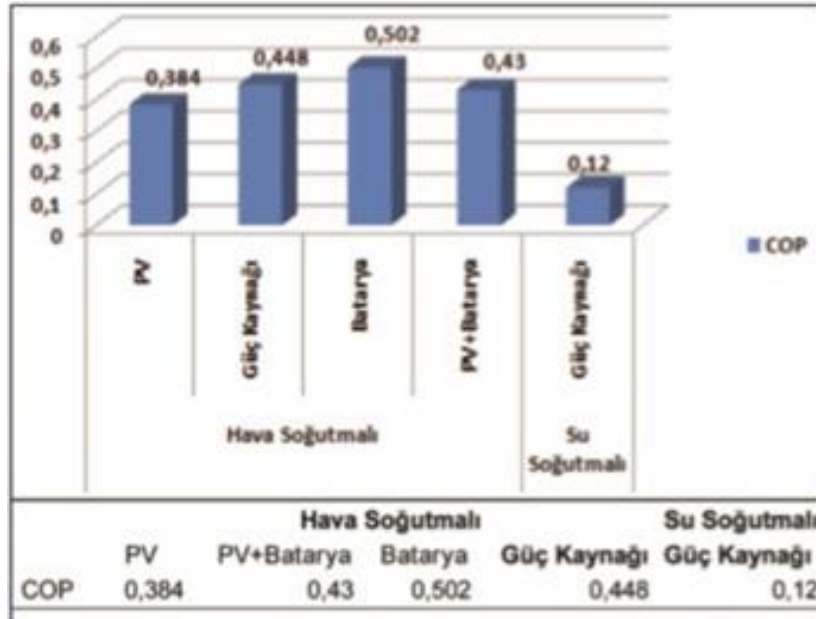
Sistem hava soğutmalı olarak güç kaynağı ile çalıştırıldığında; 12 Volt ve 6,28 Amper akım çekmiştir. Sistemin performans katsayısı 0,48 olarak bulunmuştur. (Grafik 3.6.)

TEC sistemi çalıştırıldığında, TE modülün T_H yüzeyindeki sıcaklığın hızlı bir şekilde yükseldiği ve buna bağlı olarak TE modülün T_C yüzeyindeki sıcaklığın ise azaldığı görülmüştür. Yapılan deneyde su soğutmalı fan kullanılmıştır. TEM' ün T_H yüzeyindeki ısının çevreye olan transferi iyi bir şekilde yapılabilirse; T_C, T_{Kabin} ve T_{SU} sıcaklık değerlerindeki değişimin daha iyi olduğu



Grafik 3.8. Farklı modlarda çalıştırılan TEC sisteminin sıcaklık değerleri

Grafik 3.9.'da, hava soğutmalı fan kullanılarak çalıştırılan TEC sistemi PV, güç kaynağı ve batarya modlarında, su soğutmalı fan kullanılan sistem sadece güç kaynağı modunda çalıştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda her bir durum için COP değerleri hesaplanmıştır. Sistem performansları karşılaştırıldığında en etkili çalışma modunun batarya ile yapılan test olduğu görülmüştür. Batarya ile çalışma modunda sisteme sürekli sabit akım gelmektedir. PV modunda, güneş ışıını ve açısı sürekli dalgalanma gösterdiği için akım değerinde değişimler olmaktadır ve bu durum sistem performansını büyük ölçüde etkilemektedir.



Grafik 3.9.Karşılaştırma

Bu çalışmada, fotovoltaik etki ile termoelektrik soğutma sistemi tasarımı üzerinde durulmuştur. Termoelektrik modül, peltier etkisine dayandırılarak soğutma yapılmıştır. Sistemde altı adet TE modül kullanılmıştır. TEC sistemi; PV, batarya, güç kaynağı ve farklı soğutucu fan tipi kullanılarak çalıştırılmıştır. Sistemde her mod için sıcaklık ve akım değerleri ölçülerek sistemin COP (performans katsayısı) hesaplanmıştır. Sistem PV ile çalıştırıldığında Delta T ($T_H - T_C$) sıcaklığı 27,9 °C, T_{SU} 17,3 °C olarak ölçülmüş, COP 0.384 olarak bulunmuştur. TEC sistemi güç kaynağı ile çalıştırıldığında; DT sıcaklığı 30.3 °C T_{SU} 16,4 °C olarak ölçülmüş COP 0,448 olarak hesaplanmıştır. TEC sistem batarya ile çalıştırıldığında, ΔT sıcaklığı 29,6 °C, T_{SU} 13,8 °C olarak ölçülmüş ve COP 0.502 olarak hesaplanmıştır. TEC sistemi su soğutmalı olarak güç kaynağı çalıştırıldığında, DT sıcaklığı 34,9 °C, T_{SU} 9,8 °C olarak ölçülmüş ve COP 0,12 olarak tespit edilmiştir. PV sisteminde, güneş açısının saatlik değişimi, güneş yoğunluğu, ortam sıcaklığı ve rüzgar hızı gibi parametreler performans üzerinde etkili olmaktadır. Su soğutmalı sistem, sadece güç kaynağı ile test yapılmıştır ve sıcaklık değerlerinin hava soğutmalı sisteme göre daha iyi olduğu görülmüştür. TEC sistemindeki, ısı iletimini artırmak amacıyla ısı eşanjörünün boyutlarını büyütürsek ve kullanılacak fan kapasitesinin daha iyi seçilmesiyle sıcak yüzeyden çevreye transfer edilecek ısı miktarı artacağı için TEC sisteminin performansının daha iyi olacağı düşünülmektedir.[24]

3.1.3.Deney 3

TÜBİTAK – BİDEB katkılarıyla Grup Pelte'nin yaptığı bir araştırma şöyledir

Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Teknik Özellikleri	TEC1-12703 12V 45W Termoelektrik Peltier Soğutucu Modülü, TEC1-12704 12V 60W Termoelektrik Peltier, Soğutucu Modülü, LED lamba, Voltmetre, Dijital Termometre, Isıtıcı
Ortam Koşulları	Deney sırasında peltier maddenin temas halinde olduğu dış ortamın sıcaklığı 12 ⁰ C ölmüştür. Bu sıcaklık değeri deney boyunca sabit kabul edilmiştir.
Deneyin Amacı ve Özeti	Isı enerjisi ile yarı iletkendeki taşıyıcı konsantrasyonu artırılarak yoğunluk farkı oluşturulmuştur. Böylelikle bir taraftan diğer tarafa taşıyıcı difüzyon gerçekleştirilmiş ve peltier madde planlandığı gibi tersine işletilerek termoelektrik olarak elektrik enerjisi elde edilmiştir.
Yapılışı	Isıtıcı yardımı ile peltier maddenin alt ve üst tabakaları arasında sıcaklık farkı oluşturulmuştur. Bir dakika aralıklarda peltier maddenin ısıtıcıya dokunan yüzeyinin ve dış ortamın sıcaklık değerleri termometreler ile alınmıştır. Maddenin uçlarında oluşan gerilim farkı değerleri ise voltmetre ile alınmıştır.[1] Alınan bu değerler ile tablo 1, 2, 3 oluşturulmuştur. Tablolardan yararlanılarak, gerilimin zamana bağlı değişim grafiği (grafik 3.10), sıcaklık değişiminin zamana bağlı değişim grafiği (grafik 3.11), gerilimin sıcaklık değişimine bağlı grafiği (grafik 3.12) çizilmiştir.

t (dakika)	0	1	2	3	4	5	6	7
V (volt)	0,10	0,31	0,43	0,50	0,59	0,82	1,22	1,73

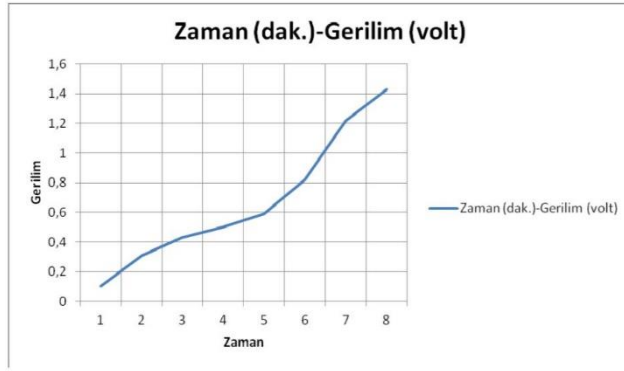
Tablo 1: zaman-gerim değerleri tablosu

t (dakika)	0	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta T (^{\circ}C)$	6	18	40	55	61	63	67	70

Tablo 2: zaman-sıcaklık farkı değerleri tablosu

$\Delta T (^{\circ}C)$	6	18	40	55	61	63	67	70
V (volt)	0,10	0,31	0,43	0,50	0,59	0,82	1,22	1,73

Tablo 3: zaman-sıcaklık farkı değerleri tablosu



Grafik 1: zamana bağlı gerilim grafiği

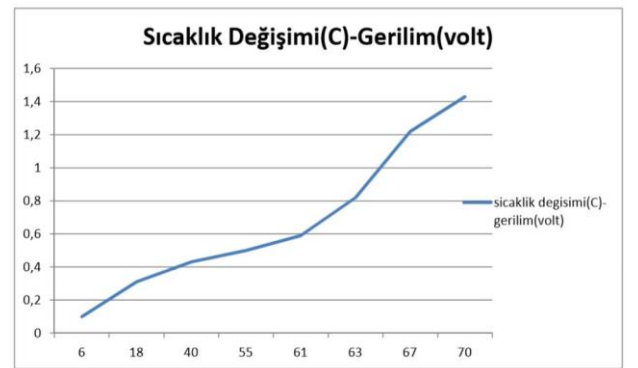
Grafik 3.10

Grafik 3.10 incelendiğinde peltier maddeden elde edilen gerilimin, beklenildiği gibi zamanla artmıştır. Grafik 3.11. incelendiğinde peltier maddenin alt ve üst yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı, beklenildiği gibi zamanla artmıştır. Grafik 3.12 incelendiğinde peltier maddeden elde edilen gerilimin, alt ve üst yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı artışı ile arttığı gözlenmiştir. TEC1-12703 12V 45W termoelektrik Peltier soğutucu modülü kullanılarak, alt ve üst yüzeyleri arasında ani sıcaklık farkı 50 0C olduğu anda voltmetrede 2,46 voltluk gerilim değeri okunmuştur. [25]



Grafik 2: zamana bağlı sıcaklık değişimi grafiği

Grafik 3.11



Grafik 3: sıcaklık değişimine bağlı gerilim grafiği

Grafik 3.12

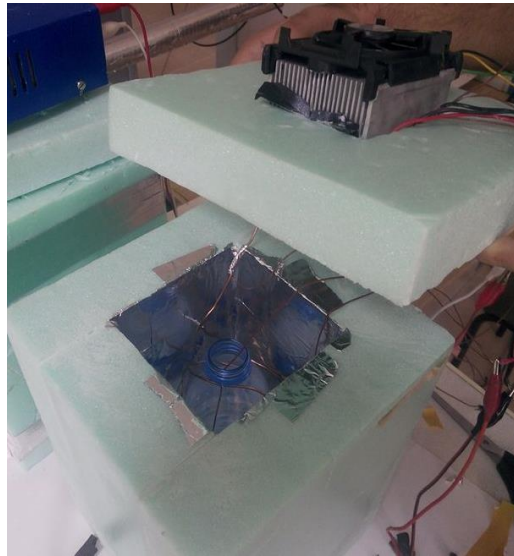
BÖLÜM DÖRT

4.Peltier ile Soğutma Kabı Deneyi ve Sonucu

4.1.Deneyde Kullanılan Malzemeler

- Güç Kaynağı
- Sıcaklık Ölçer (Termokupl)
- Akım / Gerilim Ölçer
- Fan
- Termoelektrik Modül
- Bakır Levha
- Soğutma Kabı

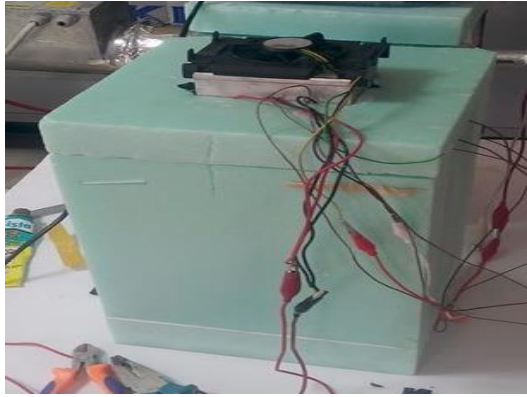
4.2.Deneyin Yapılışı



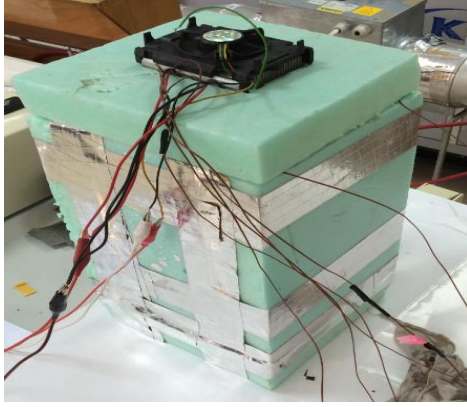
Figür 4.1 Hazırlanmış deney düzeneği

Soğutma kabı olarak, 2,5 L hacminde, strafor malzemeden yapılmış, 10x10x25 cm iç ölçülerinde, kapaklı bir kutu kullanılmıştır. İç ve dış ortamlar arası ısı yalıtımını arttırmak amacıyla, kabın iç yüzeyi, ısı transferini artırmak amacıyla alüminyum bant ile kaplanmıştır. Termokupllar kritik noktalara yerleştirildikten sonra peltierler termal macunla iyice sıvanarak kanat sistemine bağlanmıştır. Isınan havanın yükselmesi ve soğuyan havanın dibе çökmesi prensibinden yola çıkarak üst kapağın ortasında, termoelektrik malzeme ölçülerine uygun dikdörtgen bir delik açılarak, termoelektrik modülün soğuk yüzeyi hazne içine, sıcak yüzeyi de haznenin dış tarafına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde, iki farklı yüzey, farklı sıcaklıklarda olacak iki ortamla buluşturulmuştur.

Termoelektrik malzemenin yüzeylerinde oluşan ısıları, bulundukları ortam yüzeyleriyle dengelenmesi amacıyla sıcak yüzeye DC Fan bağlanmıştır. Soğuk yüzeye ise bakır levha bağlanarak soğuk yüzeyin alanı artırılmıştır. Bilindiği üzere termoelektrik malzemenin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı, uygulanan gerilim ve akım değerleriyle sabit tutulmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak, haznenin dışında kalan yüzey ne kadar soğutulabilirse, hazne içinde kalan yüzey de o derece soğuyacak ve dış ortama göre ısı farkı elde edilerek hazne içi soğutulmuş olacaktır.



Figür 4.2 Deney esnasında soğutma kabı

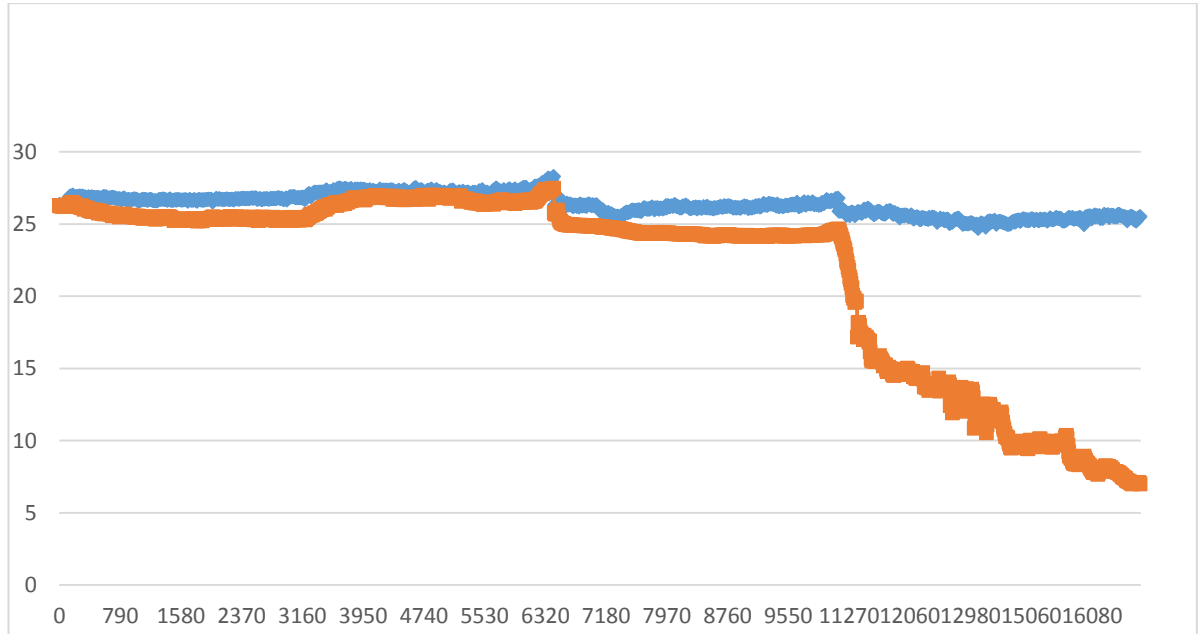


Figür 4.3. Deney esnasında soğutma kabı

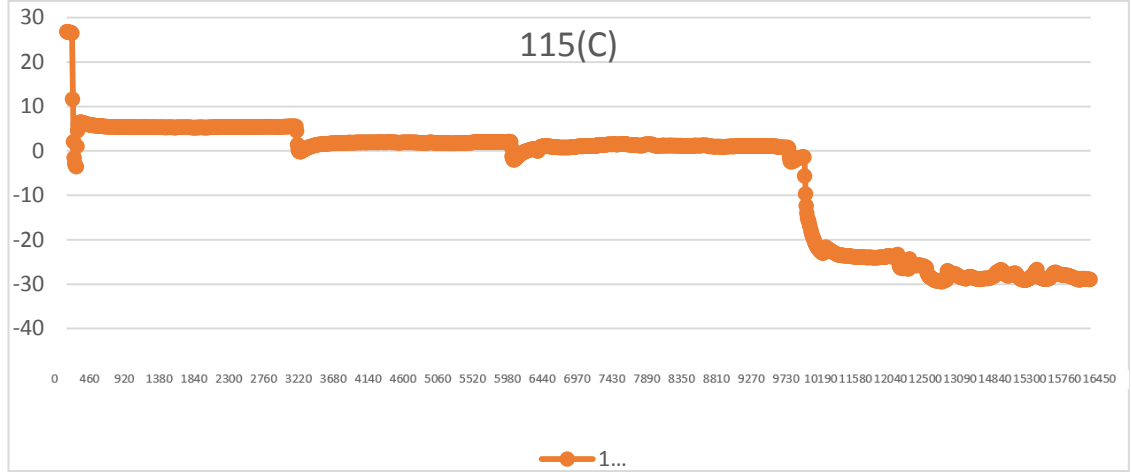
4.3 Deney Sonucunda Elde Edilen Grafikler ve Yorumlanması

Yaptığımız deneyde peltiere birer saat aralıklarla 12 V, 16 V , 14 V gerilim verilmiştir. Peltierin sıcak kısmındaki ısıyı atmak içinse 15 V ile fan çalıştırılmıştır. Üçüncü saatte ise fan çıkarılıp buz ile soğutma yapılmıştır.

Grafik 4.1. de mavi renkte belirtilen eğri oda sıcaklığını , turuncu renkte belirtilen eğri ise soğutma kabının iç ortam sıcaklığını göstermektedir. Grafik 4.2. de ise peltierin soğuk yüzeyinin sıcaklığı gösterilmiştir.



Grafik 4.1. İç ve Dış Ortam Sıcaklıkları – Zaman Grafiği



Grafik 4.2. Peltierin Soğuk Yüzey Sıcaklığı-Zaman Grafığı

Birinci saatte peltiere 12 V gerilim 2,68 A akım uygulanmıştır. Başlangıçta soğutucu kabın iç ortam sıcaklığı $26,26\text{ C}^0$ 'dir. Birinci saat içerisinde peltierin soğuk yüzeyi $4-5\text{ C}^0$ civarında sabitlenmiştir ve kap içerisindeki sıcaklık ise $25,45\text{ C}^0$ ' ye kadar düşmüştür.

Daha sonra peltiere 16 V gerilim ve 3,45 A akım uygulanmıştır. Bu işlemten sonra peltierlerin soğuk yüzeyleri $0-1\text{ C}^0$ 'ye kadar düştüğü , fakat bu soğumanın , kabloların ve fanın ısınmasından dolayı kabın içerisine yansımadağı belirlenmiştir. Bu olay gözlemlendikten sonra üçüncü saatte peltierlere 14 V gerilim , 3 A akım verilmiştir. Peltierin soğuk yüzeyi $-1 - 1\text{ C}^0$ kadar düştüğü ve kabın içerisini soğutmaya başladığı görülmüştür. Bu uygulamadan sonra soğutucu kabın sıcaklığının 3 C^0 düştüğü belirlenmiştir.

Isının uzaklaştırması planlandığı gibi gitmediğinden dördüncü saatte fan çıkartılıp buz ile soğutma işlemi yapılmıştır. Buz ile soğutma başladığından itibaren peltierin soğuk yüzeyi -30 C^0 ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda soğutma kabı içerisindeki sıcaklıkta 7 C^0 ye kadar düşmüştür.

4.3.1 Deneyde Yapılan Hesaplamalar

Havanın 25^0C 'deki özkütlesi:

$$250\text{ K} \rightarrow 1,3947\text{ kg/m}^3$$

$$300\text{ K} \rightarrow 1,1614\text{ kg/m}^3$$

25^0C için interpolasyon uygulanır ve

$$d = 1,1707\text{ kg/m}^3 \text{ olduğu görülür.}$$

Kabın iç hacmi

$$V=100 \times 100 \times 250 \text{ mm}^3 = 2,5\text{L}$$

$$d = m/v$$

$$m=(2,5 \times 10^{-3})(1,1707)=2,53 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

Toplam ısı transferi

$$Q=mc\Delta T/\Delta t + (k/l+h_i) A \Delta T$$

$$(2,39 \times 10^{-3})(0,24)(27,4-11,1)/(50 \times 60) + (0,039/5 \times 10^{-3} + 0,13)[(0,1)(0,25)(4) + (0,1)(0,1)(2)](27,4-11,1)$$

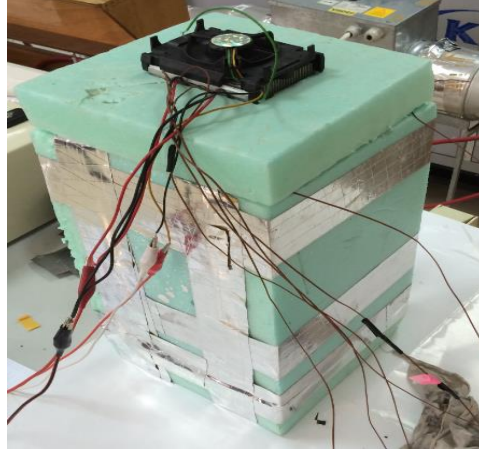
$$=15,505\text{W}$$

BÖLÜM BEŞ

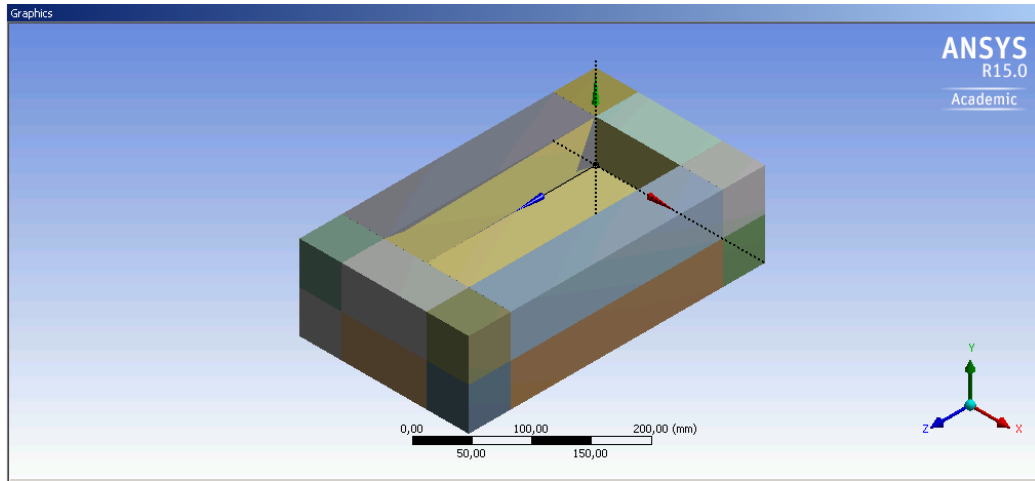
5.Bilgisayar Destekli Analiz

5.1.Soğutma Kabının ANYS ‘ de Tasarımı

Soğutma kabımız geometri açısından simetrikliğe sahip olduğu için kutumuzun yarısını ANYS’ de çizmeye karar verdik. Bunun amacı analizlerde yeterli seviyede eleman ve düğüm sayısına ulaşılması sağlanabilmekte ve daha hassas çözümler elde edilebilmektir. Kabımızın ölçüleri 200 x 200 x 250 olup Figür 5.1 ‘de gösterilmiştir.



Figür 5.1.Deney Esnasında Soğutma Kabı



Figür 5.2.Ansys Modeli

5.2 .Modelin Sonlu Elemanlar Metodu İle Elemanlarına Ayrılması

Bazı durumlarda eleman ve düğüm (mesh) sayısının çok fazla olması analiz süresine uzatabilmekte, bilgisayar kapasitesini zorlayabilmekte ve hatta analizin yapılamamasına

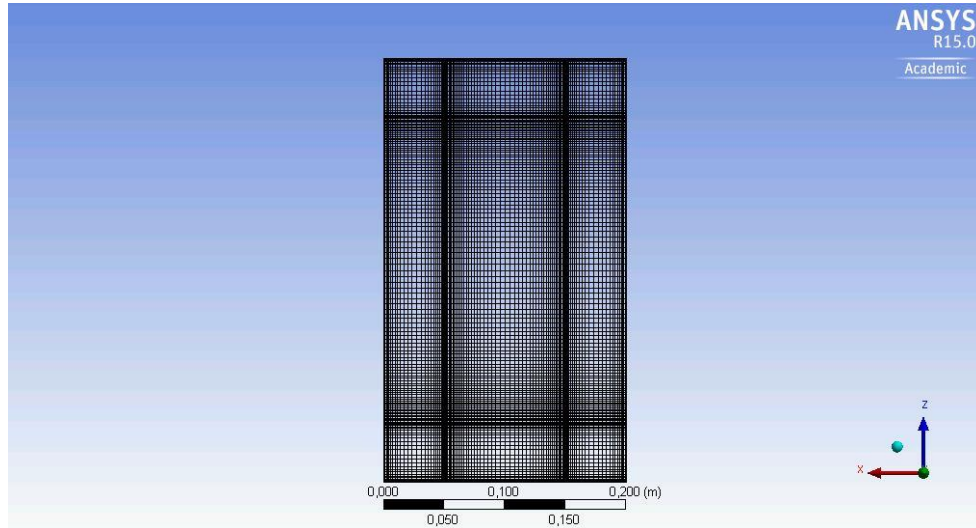
sebeptir. Sonuçların hassasiyeti açısından eleman ve düğüm sayısının belli bir optimum değerin altında da olmaması gerekir.

Soğutma kabına atadığımız mesh sayısı Figür 5.3’de görülmektedir.

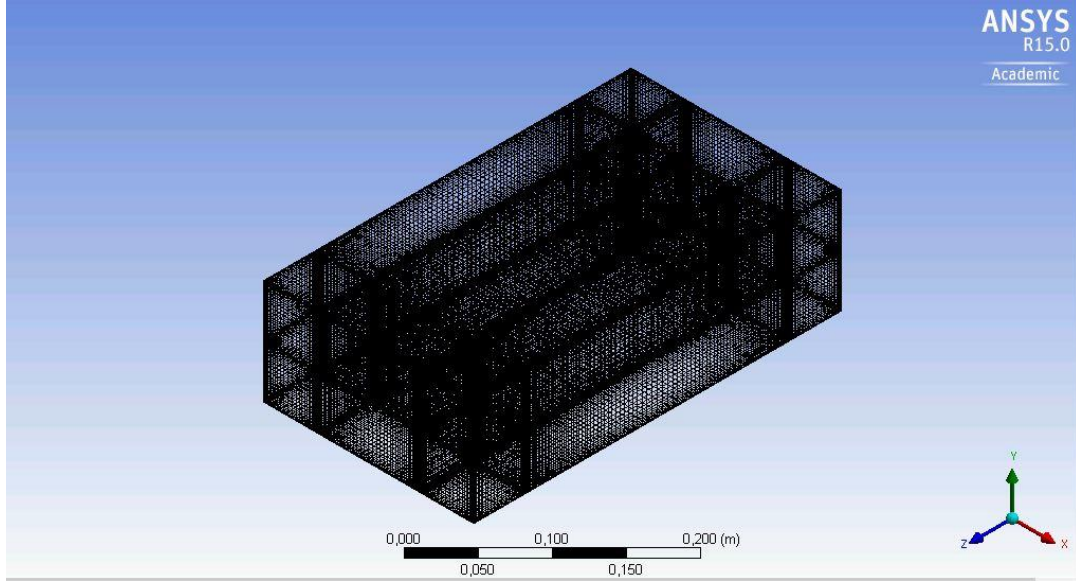
+ Defaults	
+ Sizing	
+ Inflation	
+ Assembly Meshing	
+ Patch Conforming Options	
+ Patch Independent Options	
+ Advanced	
+ Defeaturing	
- Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	777801
<input type="checkbox"/> Elements	750000
Mesh Metric	None

Figür 5.3 Mesh Sayısı

Soğutma kabına mesh atarken dikkate aldığımız öncelikli durum doğal taşınımın olduğu yüzeylere yani kabın iç yüzeylerine daha sık mesh atmaktır. Bundaki amacımız analiz sonuçlarında daha iyi sonuç almak ve deney düzeneğinde aldığımız verilerin doğruluğunu kanıtlamaktır. Figür 5.3 ve figür 5.4’de soğutma kabına atılan meshler görülmektedir.



Figür 5.4 Modelin Mesh Hali

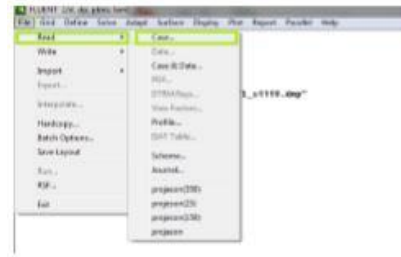


Figür 5.5 Modelin Mesh Hali

5.3. FLUENT Programı

FLUENT; CFD (Computational Fluid Dynamics) ya da Türkçe deyişle HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) ile ilgili analizlerin yapılması ve sonuçlarının çıktılarının, resimlerinin ve açıklamalarının çıkarılması işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılan bir programdır. Çok geniş bir kapasiteye sahip olan FLUENT akış, türbülans, ısı transferi hesaplarının yanı sıra uçak kanadı üzerinden olan akıştan fırın içindeki yanmaya kadar farklı alanlarda analiz imkanlarına sahiptir. Bu programda analiz yapabilmek için çeşitli modelleme programları kullanılabilir. Bizim analizlerimizin modellerini oluştururken kullandığımız program ANSYS adlı programdır.

5.3.1 Modeli Fluent'e Tanıtma

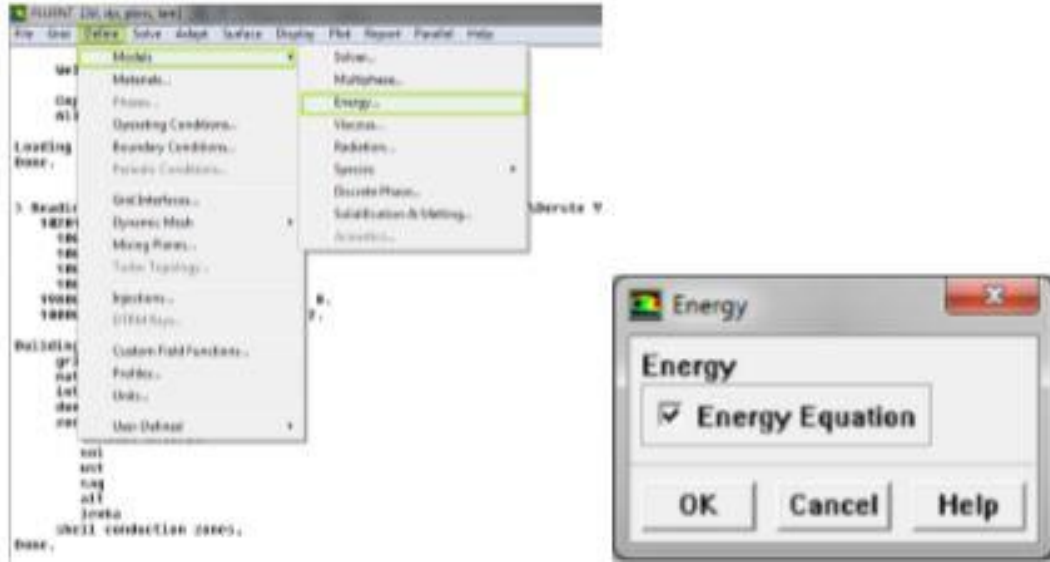


Figür 5.6 msh Dosyası Okutma

Menüden File menüsüne girip Read-Case seçilerek ANSYS programında çizilmiş ve meshlenmiş modelimizi (.msh formatında) FLUENT'e export ediyoruz. FLUENT te okuttuğumuz mesh dosyasını görmek ve doğru aldığımıza emin olmak için Display- Grid menülerini kullanıyoruz (Figür 5.6).

5.3.3 Enerjiyi Aktif Hale Getirme

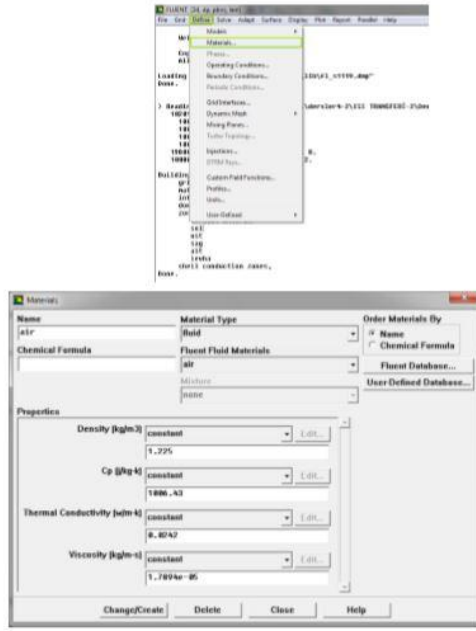
Isıl analiz yapmak için Define-Models-Energy seçeneğini aktif hale getirmemiz gerekmektedir. (Figür 5.9)



Figür 5.9 Energy Eşitliğini Açma

5.3.4 Malzeme Atama

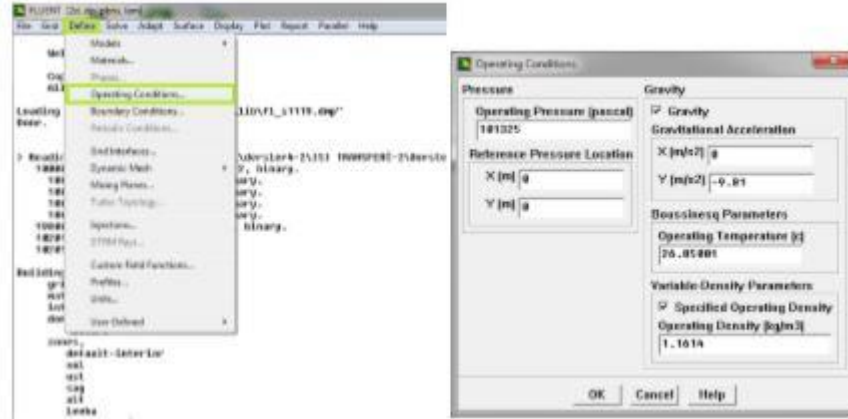
Malzeme atamak için Define-Materials menüsünü kullanırız.(Figür 5.10)



Figür 5.10 Malzeme Tanımlama Sayfası

5.3.5 Operation Conditions

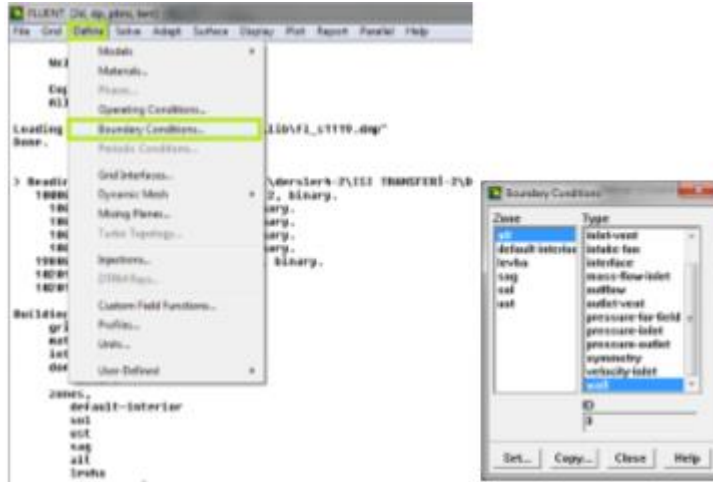
Eğer ki analizimiz doğal taşınım gibi bir işlemse ki bizim analizimiz doğal taşınım Define-Operating Conditions açılıp Gravity seçeneği aktif hale getirilebilir. Yerçekimi ivmesi değeri girilir.



Figür 5.11 Yerçekimi İvmesi Girdisi

5.3.6 Boundary Conditions (Sınır Koşulları)

Define-Boundary Conditions seçeneğinden sınır koşullarını belirlemek olacaktır. Bu menüye tıkladığımız takdirde daha önce modellerken oluşturmuş olduğumuz sınır koşulları bu pencerede görülebilir. FLUENT' te sınır koşulları belirlerken bu zonaları kullanacağımız için model oluştururken bu koşulların düzgün verilmesi önemlidir



Figür 5.12 Sınır Koşulları Atamaları

Çıkan pencerede Momentum, Thermal, Radiation gibi seçenekler vardır. Thermal menüsünden deney sonuçlarından aldığımız değerleri belirtmiş olduğumuz sınır koşullarına girdik. (Tablo 5.1)

	8V	12v	15v	12v (Buz)
103 İç Ortam	23.9	25	23.2	11.1
108 Dış Ortam	26.8	27.4	26.3	25.5
109 Peltier Soğuk	9.66	7.7	5.66	-20
111 Peltier Sıcak	25.3	26.5	24.2	7.42
114 Peltier Sıcak	31.8	36.6	33.6	8.9
115 Peltier Soğuk	5.45	2	1.02	-28.5

Tablo 5.1 Termokupllarda okunan sıcaklık değerleri

Yukarıdaki değerler arasından 12V' luk ve 12V (Buz) değerlerinin analiz sonuçları için programa girildi.

5.3.7 Iterate

Bu işleri tamamladıktan sonra İterasyon işlemine başlayabiliriz. Solve-İterate seçeneğine tıklamamız gerekmektedir.



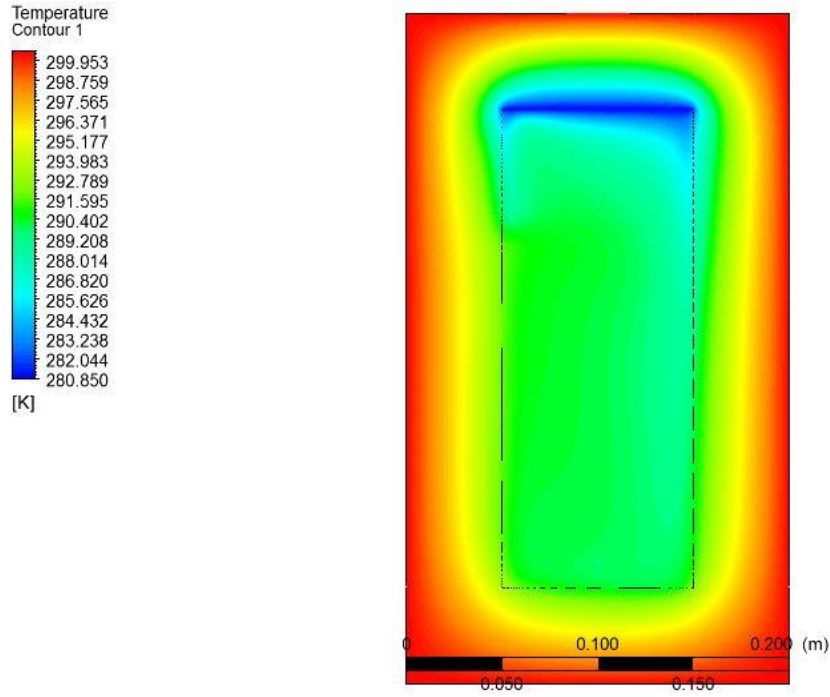
Figür 5.13 Iterasyon Menüsü

Number of iterations dan iterasyon sayısını belirleriz ve analizi başlatabiliriz. Biz analiz sonuçları alırken 5000 iterasyon sonucuna göre aldık.

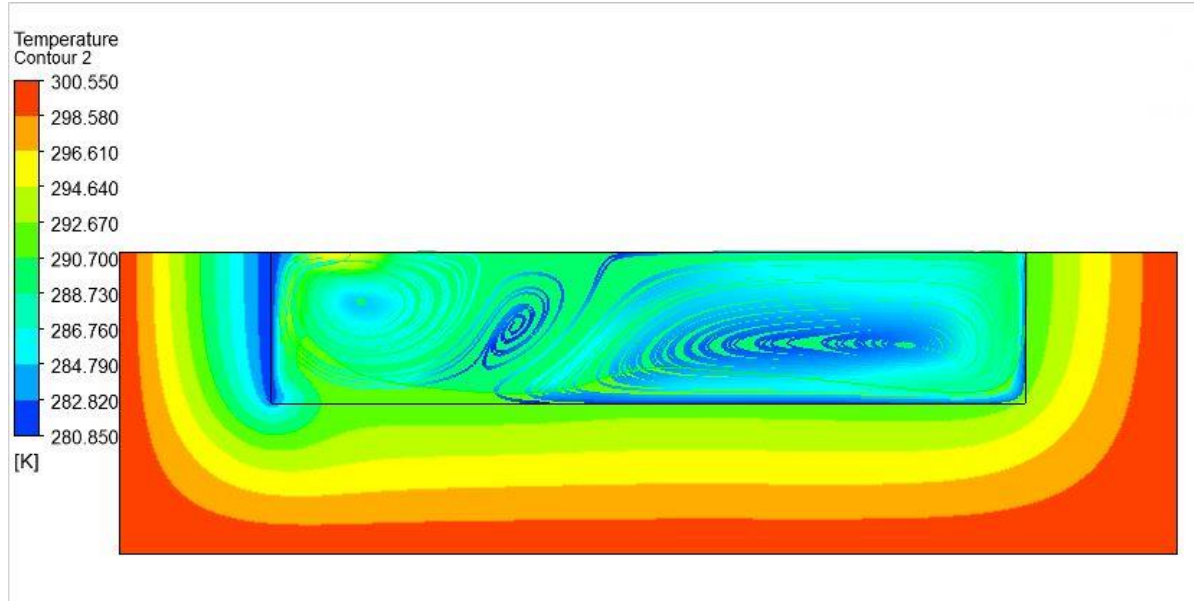
5.4 ANALİZ SONUÇLARI

Fluent 15.0 programından aldığımız verileri CFD-post 15.0 load ettik. Insert seçeneğinden plane atadığımız bölgeden Countour ve Streamline grafiklerini fan soğutmalı ve buz soğutmalı modele uyguladık.

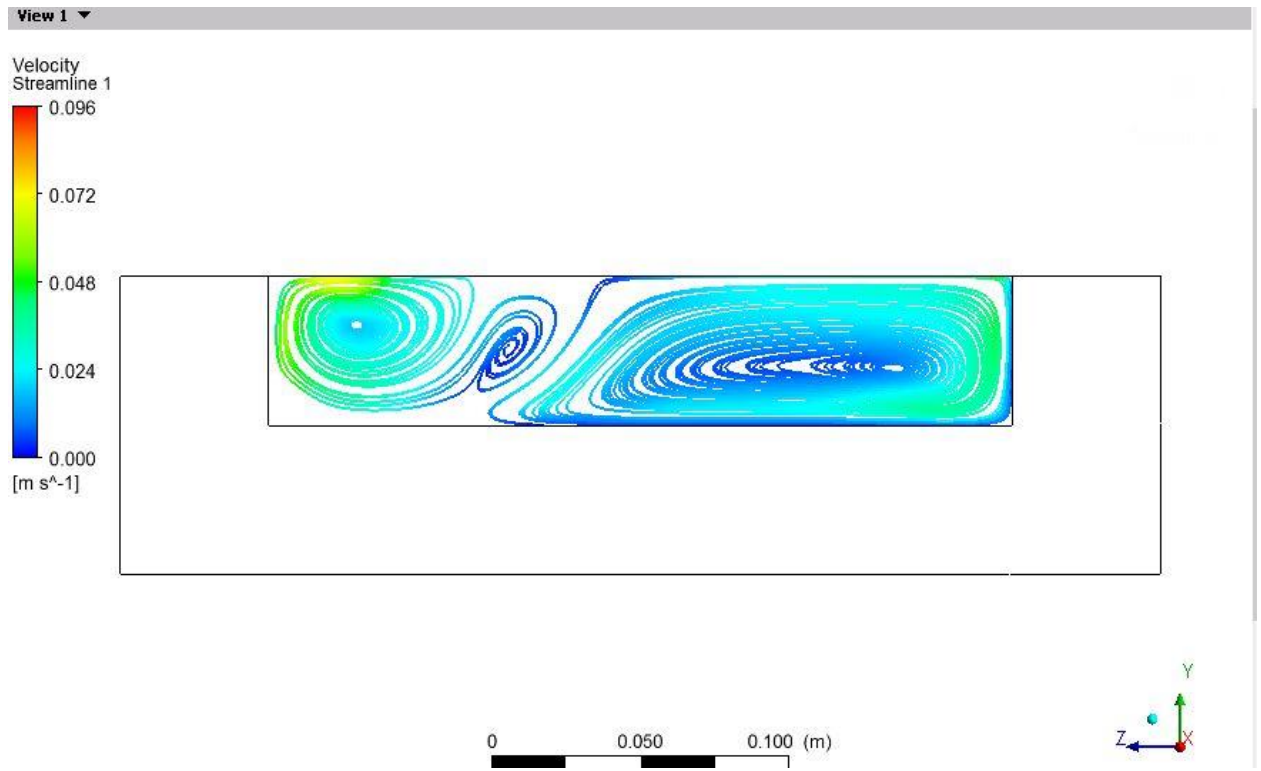
5.4.1 FAN SOĞUTMALI DENEY DÜZENEGİNİN ANALİZ SONUÇLARI



Figür 5.14.Sıcaklık Dağılımı

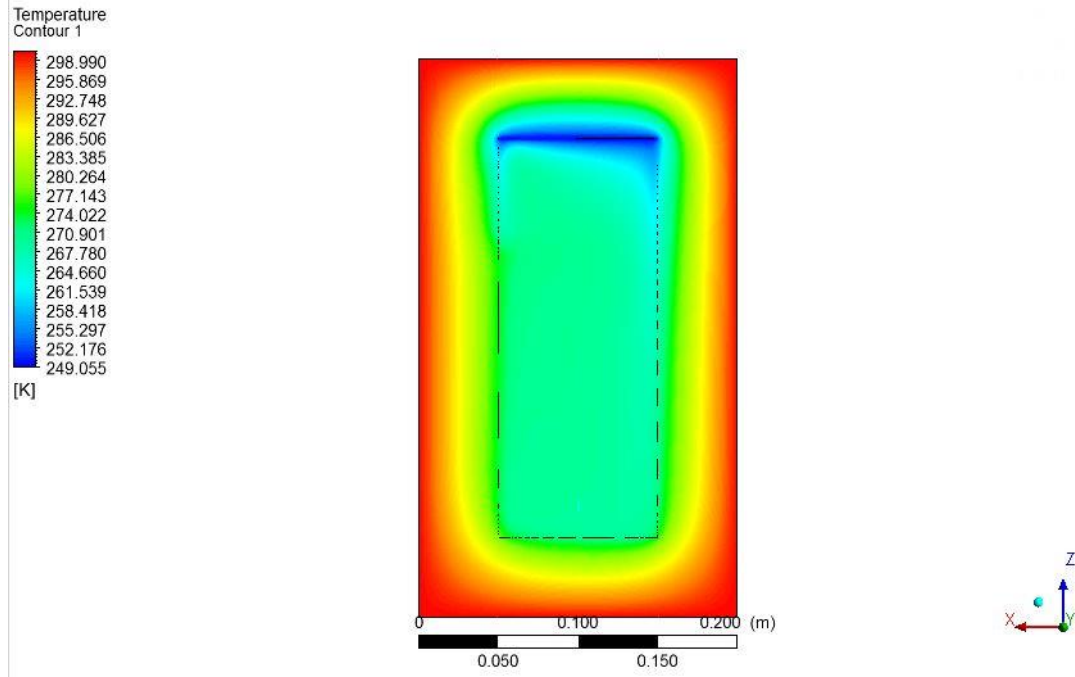


Figür 5.15. Sıcaklık Dağılımı

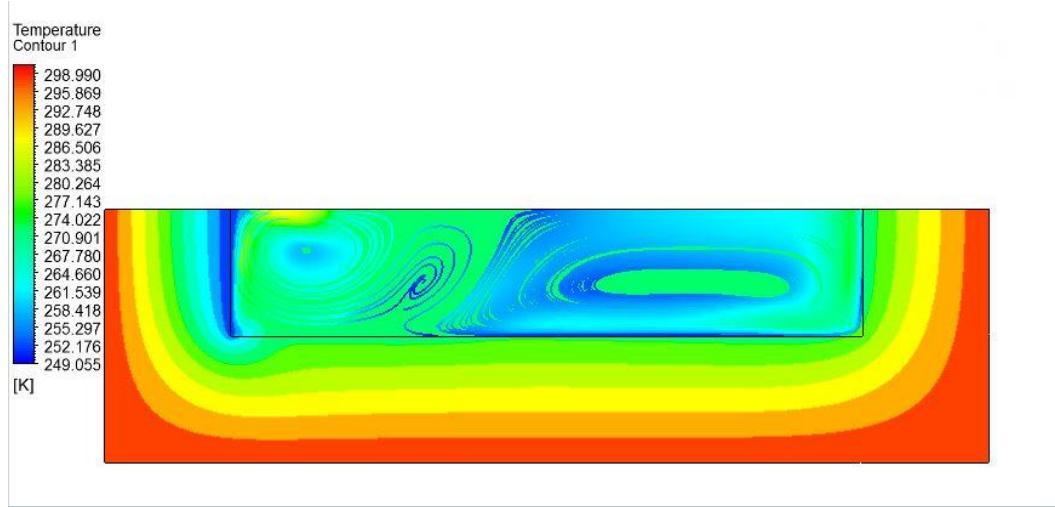


Figür 5.16.Hız Değişimi

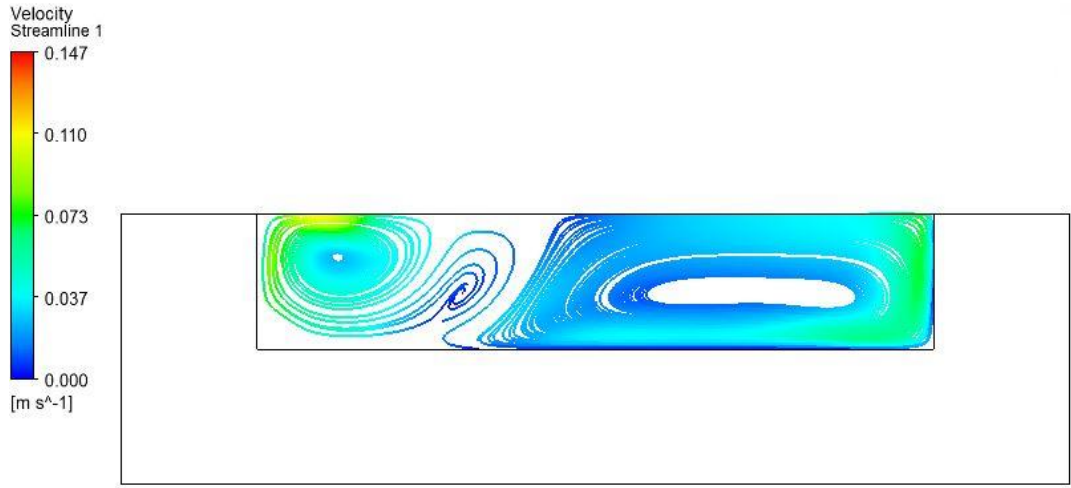
5.4.2 BUZ SOĞUTMALI DENEY DÜZENEĞİNİN ANALİZ SONUÇLARI



Figür 5.17. Sıcaklık Dağılımı



Figür 5.18. Sıcaklık Dağılımı



Figür 5.19. Hız Değişimi

BÖLÜM ALTI

6.SONUÇ

Termoelektrik modül ile soğutma uygulamaları ve soğutma kabı modellenmesi başlıklı bitirme projemizde, tasarlanan soğutma kabının deneyleri, analizi ve deney hakkındaki veriler yorumlarıyla birlikte grafikler halinde verilmiştir.

Termoelektrik soğutmayı iyileştirmek adına, soğutma kabında yapılması gereken uygulamalar projeyle birlikte verilmiştir.

Grafiklerde de görüldüğü üzere deneyde, 2 farklı soğutma sistemi ve 3 farklı akım-gerilim değerleri uygulanmıştır.

Tüm bu sonuçlar doğrultusunda termoelektrik modüllü bir soğutma kabı yapılabileceği görülmüştür.

Her iki deney sonucu alınan analizler peltier sıcaklığının doğal taşınım üzerindeki etkisi sıcaklık olarak az hız olarak etkisinin büyük olduğu görüldü.

KAYNAKLAR

- [1] Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla - Yunus Çengel Micheal A. Boles
- [2] Thermodynamics of a Peltier Cell - Sajjad Haidar
- [3] Peltier Thermoelectric Coolers - Bob Paddock
- [4] http://tr.wikipedia.org/wiki/Peltier_so%C4%9Futucu
- [5] http://tr.wikipedia.org/wiki/Termoelektrik_so%C4%9Futma
- [6] <http://thermoelectrics.caltech.edu/thermoelectrics/history.html>
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_cooling
- [8] <http://webb.deu.edu.tr/ansys/tezler/donem/pastafirini-isilanaliz.pdf> Serdar Kaya

