

Zorlu Ortam Koşullarında Çalışan Bilgisayarlar için Geliştirilen Peltier Etki ile Soğutulan Sıvı Soğutma Sisteminin Fanlı Soğutma Sistemi ile Karşılaştırılması

Comparison of the Peltier Effect Cooled Liquid Cooling System Developed for Computers Operating in Harsh Environment Conditions with the Fan Cooling System

Mehmet Şahin^{1*}, Hakan IŞIK²

^{1*} Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Konya, Türkiye

² Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Konya, Türkiye

ÖZET

Günümüzde kullanım alanları artan bilgisayar sistemleri çeşitli sorunları da beraberinde getirmiştir. Yüksek işlem gücü elde etmek için işlemcilerin elektronik bileşenleri daha sıkı yapılar haline getirilmektedir. Bu durumda ısının uzaklaştırılması önemli bir sorundur. Yarıiletken malzemelerin sıcaklıklarının artması daha yüksek güç tüketimlerine ve kararlı yapılarının bozulmasına sebep olmaktadır. Bilgisayar işlemcilerinin soğutulması amacıyla geliştirilen fanlı soğutma sistemleri bilgisayarın bulunduğu ortamın toz ve sıcaklık gibi çevresel şartlarından etkilenmektedir. Klimalı soğutma sistemlerinin çevreye zararlı gazlar yayması bilgisayar soğutma sistemlerinin geliştirilmesinde araştırmacıları yeni yöntemlere yönlendirmiştir. Bu çalışmada; peltier etki ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin, fanlı soğutma sistemine göre 2511 MHz saat hızında %40, 2745 MHz saat hızında %24 oranında soğutma verimliliği sağladığı görülmüştür. Yapılan deneylerde peltier etkisi ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin fanlı soğutma sistemine göre %32,85 oranında daha fazla güç tükettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fanlı soğutma, işlemci soğutma, peltier etki, sıvı soğutma, yarıiletken malzemeler.

ABSTRACT

The increasing use of computer systems in various fields has brought along various challenges. To achieve higher processing power, electronic components of processors are being made more compact. In this case, heat dissipation becomes a crucial issue. The rising temperatures of semiconductor materials lead to higher power consumption and the degradation of their stability. Fan cooling systems, developed for the purpose of cooling computer processors, are affected by environmental conditions such as dust and ambient temperature. The emission of harmful gases by air conditioning cooling systems has prompted researchers to explore new methods for computer cooling systems. In this study, it has been observed that a liquid cooling system cooled by the Peltier effect provides 40% cooling efficiency at a clock speed of 2511 MHz and 24% cooling efficiency at a clock speed of 2745 MHz compared to the fan cooling system. The experiments revealed that the liquid cooling system cooled by the Peltier effect consumes 32.85% more power than the fan cooling system.

Keywords: Fan cooling, liquid cooling, peltier effect, processor cooling, semiconductor materials

Başvuru: 22.06.2023 Revizyon Talebi: 11.07.2023 Son Revizyon: 11.07.2023 Kabul: 18.07.2023

Doi: 10.51764/smutgd.1318383

^{1*}Sorumlu yazar: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Konya, Türkiye; E-mail: cee.sahin@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2713-217X

² E-mail: hisik@selcuk.edu.tr; ORCID: 0000-0001-7066-6287

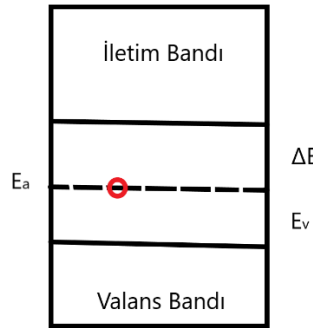
1. GİRİŞ

Günümüzde bilgisayar teknolojileri, yaşamsal ihtiyaçlarımızın karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Üretim, haberleşme, eğitim, ticaret, ulaşım ve eğlence sektörlerinde bilgisayarların yaygınlaşması ve kullanım yoğunluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Bu artan talep ve beklentiler, yüksek işlem gücü ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Yüksek işlem gücü sağlamak için daha yoğun ve sıkı yapıya sahip bilgisayarlar üretilmesi gerekmektedir. Bu yoğunlaştırma işlemleri, elektronik bileşenlerin iç yapısında fiziksel sorunları beraberinde getirmiştir (Barbosa et al., 2022).

Elektronik bileşenlerin iç yapısındaki sıkılaştırmalar ısı sorunlarının giderilebilmesi için araştırmacıları yeni çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Sıcaklık; atomların ve elektronların enerji kazanarak hareket etmeleri sonucunda ortaya çıkan fiziksel bir büyüklüktür. Yarıiletken veya iletken malzemelerde elektron akışı gerçekleşirken, elektronların hareketi ortamın ısınmasına neden olur. Isı, atom ve elektronların kinetik ve potansiyel enerjileri olarak depolanır. Yarıiletken malzemelerde, değerlik bandındaki elektronlar iletim bandına 0 kelvin (mutlak sıfır) sıcaklıkta geçemezler (Aydoğan, 2015).

$$\Delta E = E_a - E_v$$

Denklem 1



Şekil 1.1. Yarıiletken malzemede elektronun konumu

N-tipi yarıiletken malzemelerin yapısı gereği kovalent bağa katılmayan E_v enerjili elektronlar bulunmaktadır. Şekil 1.1'de görüldüğü gibi bu elektronlar iletim bandı ile valans bandı arasında konumlanmaktadır. Valans bandındaki bir elektronun iletim bandına geçmesi için E_a kadar enerji gerekmektedir. N-tipi yarıiletken malzemelerde kovalent bağa katılmayan elektronların enerjisi iletim bandına yakın olduğu için sıcaklıktan daha fazla etkilenmektedir. Denklem 1 incelendiğinde n-tipi yarıiletken malzemede bir elektronun iletim bandına geçmesi için gereken enerjinin E_a enerjisinden daha az olduğu görülmektedir. Yarıiletken malzemeler, ısı emdikçe iç enerjileri artar ve kovalent bağa katılmayan elektronlardan, ΔE kadar enerjiye maruz kalan elektronlar hareketlenerek iletim bandına geçer. Sıcaklığın artmasıyla yarıiletken malzemelerde değerlik bandından iletim bandına daha fazla elektron geçişi gerçekleşir. Yüksek sıcaklıklar, yarıiletken malzemenin daha fazla elektron geçişine izin vererek elektronik malzemelerin güvenilirliğini azaltır. Bu bağlamda, yüksek sıcaklıkların yarıiletken malzemelerdeki elektron geçişlerini etkileyerek elektronik cihazların güvenilirliğini azalttığı söylenebilir. Soğutma yöntemleri ve termal yönetim stratejileri yarıiletken malzemelerin çalışma sıcaklıklarını kontrol altında tutarak elektronik cihazların performansını ve güvenilirliğini optimize etmeyi amaçlar (Onaran, 1995).

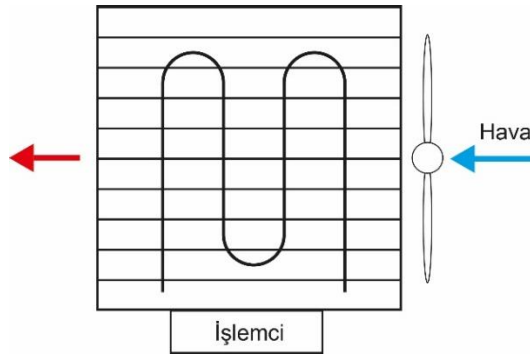
CPU mimarisindeki gelişmeler, transistörlerin iç yapısında değişikliklere yol açmıştır. Transistörler, p ve n tipi yarıiletken malzemelerden oluşan elektronik bileşenlerdir. Ancak; daha fazla transistör yerleştirilme işlemi yarıiletken malzemelerin özelliklerini kaybetmeden gerçekleştirilebilir. Bu durum, işlemcilerin gelişiminde önemli bir engel teşkil etmektedir. CPU'nun işlem yapması sonucu ortaya çıkan ısının etkin bir şekilde emilmesi gerekmektedir. İşlemciden ısının uzaklaştırılmaması durumunda işlemci verimliliğinde ve kararlılığında düşüşler yaşanabilir. Çok çekirdekli işlemcilerde çekirdeklerin eşit işlem yapmaması sebebi ile çekirdekler arasında sıcaklık farklılıkları oluşabilir. İşlem yükü fazla olması sebebi ile diğer çekirdeklere göre çok ısınan çekirdeğin aşırı soğutulması diğer çekirdeklerin daha fazla soğumasına sebep olabilir. Bu durum CPU'da güvenilirliği düşürmektedir. CPU soğutma sistemleri tasarlanırken en sıcak çekirdeği yeterince soğuturken soğuk olan çekirdeklerinde aşırı soğuması engellenmelidir. CPU ile ısı emici birim arasında ısı transferinin dengeli ve etkili yapılabilmesi için CPU çekirdeklerinden ısıyı emen ve yayan IHS katmanına termal macunun dengeli bir şekilde yayılması ısı emicinin verimliliğini arttıracak ve çekirdeklerin daha dengeli soğumasını sağlayacaktır (Elliott et al., 2022).

CPU'dan ısının hızlı emilmesi için IHS yüzeyi ile temas eden soğutucu katmanın ısı iletkenliği önem kazanmaktadır. Soğutucu bloğun kalınlığı, iç yapısı ve yanal boyutları ısının emilim hızında önemli unsurdur. Çekirdeklerden IHS katmanına aktarılan ısının hızlı emilmesi IHS katmanı üzerinde sıcaklık dalgalanmalarını dengeleyecektir. Tablo 1 incelendiğinde bakır elementinin ısı iletkenliğinin diğer metallere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Metallerin ısı özellikleri

Maddenin İsmi	Özgül Isı (kal/gr°C)	Isıl Genleşme (10-6°C)	Isı İletkenliği (kal/ms °C)
Fe	0,106	12	19
Al	0,22	25	57
Cu	0,092	16,6	96
Pb	0,038	29	8,4

Bilgisayarlar; fanlı soğutma sistemleri, sıvı soğutma sistemleri ve pasif soğutma sistemleri ile soğutulmaktadır. Bilgisayar işlemcileri için tasarlanan fanlı soğutma sistemleri Şekil 1.2'de görüldüğü gibi işlemciden aldığı ısıyı genellikle alüminyum veya bakır içerikli ısı yayıcı yapraklara iletir ve bu yapraklar üzerinde soğuk hava moleküllerinin akışı ile sıcaklığın ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlayan sistemlerdir (Chang et al., 2007).



Şekil 1.2. Fanlı soğutma sistemleri genel yapısı

CPU'da işlem akışı gerçekleştiğinde buna paralel olarak ısı akışları da artmaktadır. Isı akışlarının artması ile fan hızları artmaktadır. Bilgisayarlarda kullanım yoğunluğu arttıkça kasa içindeki ortamın sıcaklığı artmaktadır. Bilgisayarların iç ortamında oluşan ısının verimli bir şekilde uzaklaştırılması önemlidir. Günümüzde kullanılan bilgisayar kasalarının tasarımları, toz ve diğer çevresel etkenlerin elektronik bileşenlere ulaşmasını engellemekte yetersiz kalmaktadır. Bu durum, soğutma sistemlerinin verimliliğini düşürerek ısının etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını engellemektedir. Bilgisayarların soğutulması işlemi genellikle dış ortamdan alınan soğuk havanın bilgisayarın iç ortamında bulunan soğutma parçalarının üzerinden geçirilmesi ile gerçekleştirilir. Bu esnada dış ortamın toz, nem ve sıcaklık seviyeleri soğutma verimliliğini doğrudan etkiler. Bu etkiler, elektronik bileşenlerin yeterince soğutulmamasına ve daha fazla güç tüketmesine neden olabilir. Hava soğutma sistemlerinde karşılaşılan sorunlar araştırmacıları sıvı soğutma sistemlerine yönlendirmiştir. Sıvı soğutma sistemleri kapalı ve daldırma şeklinde çeşitlenmektedir. Kapalı devre sıvı soğutma sistemlerinde su kullanılması sebebi ile ısı iletkenliği daldırma sistemlere göre yüksektir. Tablo 2 incelendiğinde su molekülünün ısı iletkenliğinin diğer akışkan sıvılara göre yüksek olduğu görülmektedir (Levin et al., 2016).

Tablo 2. 25°C'de sıvıların ısı iletkenliği

Maddenin İsmi	Isıl İletkenlik (W/mK)	Maddenin İsmi	Isıl İletkenlik (W/mK)
Cıva	8,25	Kloroethan	0,119
Su	0,6071	Etanolamin	0,299
Metanol	0,2	Aseton	0,161
Etanol	0,169	Gliserol	0,292

Kapalı devre sıvı soğutma sistemleri ısıyı emme bloğundan alıp soğutma bloğuna aktararak ısı taşıma işlemini gerçekleştirir. Soğutma bloğunda soğutma işlemi havalı soğutma sistemi ile yapılabileceği gibi termoelektrik modül kullanılarak da yapılabilmektedir. Termoelektrik modülün yüzeyinin biri soğurken diğer yüzey ısınmaktadır. Soğutma işlemi, dar alandan geniş alana geçen elektronların salınımı sonucu bir yüzeyin ısısının emilerek diğer yüzeye aktarılması ile sağlanmaktadır. Mekanik aksam içeren soğutma sistemlerinin bakımının zor olması ve ömrünün kısa olması termoelektrik modül kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Termoelektrik modül daha az gürültü oluşturmakta, mekanik malzemelere göre daha uzun ömürlü olmakta ve bakımı daha kolay yapılabilmektedir (Erkol & Demirel, 2012).

Bu makalenin amacı, bilgisayar işlemcilerinin soğutulmasında fanlı soğutma sistemi ve peltier etkisiyle soğutulan sıvı soğutma sistemi gibi yöntemlerin performansını karşılaştırmak ve analiz etmektir. Sıcaklık düşürme kapasitesi, enerji verimliliği gibi faktörler açısından bu iki soğutma yöntemi arasındaki farkları inceleyeceğiz.

Bu çalışmada AMD Athlon 4850E işlemcisi kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. 24°C ortam sıcaklığında AMD firmasının AMD Athlon 4850E işlemcisi için ürettiği fanlı soğutma sistemi ve termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi karşılaştırılmıştır. Deneylerde işlemcinin hızının sıcaklığa etkisi, soğutma sistemlerinin güç tüketimleri ve soğutma sistemlerinin sıcaklık emme kapasiteleri incelenmiştir. Bu veriler, her iki soğutma sisteminin performansını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Yapılan deneyler, fanlı soğutma sisteminin sınırlamalarına alternatif bir soğutma yöntemi olarak termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin kullanılabilirliğini ve daha iyi soğutma performansı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Fanlı Soğutma Sistemi

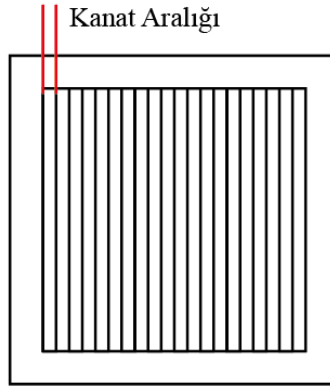
Fanlı soğutma sistemleri alüminyum veya bakır bloklardan veya her ikisinin bileşiminden üretilir. Temel amaç ısının işlemciden alınarak daha geniş yüzey alanına yayılması ve bu yüzey alanından ısının uzaklaştırılmasıdır. İşlemciden sıcaklığın hızlı emilmesi işlemcinin güç tüketimini olumlu yönde etkileyebileceği için çeşitli soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Bazı işlemci soğutucuları ısı borusu bileşeni içerir. Isı borulu fanlı soğutma sistemlerinin soğutma verimliliği ısı borusu olmayan soğutma sistemlerine göre yüksektir. CPU'da artan sıcaklık güç tüketimini arttırmaktadır. Isı borulu soğutma sistemleri bakır soğutucu bloklarla kıyas edildiğinde, güç tüketimini %13 azaltmaktadır (Zhu et al., 2017).

Fanlı işlemci soğutma sistemleri bilgisayar kasasının içindeki hava ile bilgisayar işlemcisini soğutmaktadır. Bilgisayar kasasının içindeki havanın sıcaklığı işlemcinin soğutulma performansını etkilemektedir. Bilgisayar kasalarının iç ortamındaki sıcak havanın uzaklaştırılması ve içeriye soğuk havanın alınması fanlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bilgisayar kasasına dış ortamdan hava girişi esnasında toz girmektedir ve bilgisayarın iç ortamındaki elektronik bileşenlerin üzerine yapışarak katman oluşturmaktadır. Bu sebeple bilgisayar sistemlerinin soğutma performansı düşmekte, güç tüketimi artmakta ve düzenli bakım gerektirmektedir.

2.2. Peltier Etkisiyle Soğutulan Sıvı Soğutma Sistemi

Termoelektrik modüllü soğutucular yarıiletken malzemelerle oluşturulmaktadır. P-tipi ve n-tipi yarıiletken malzemeler elektrik iletimi yönünden seri, ısı iletimi yönünden paralel bağlanarak peltier etkili soğutma sistemleri elde edilmektedir. Termoelektrik modüllerde, pozitif yük taşıyan ve negatif yük taşıyan yarıiletken malzemeler akımın yönünü belirler. Termoelektrik modüllerde elektron akışı bir yüzeyin ısınmasına, karşıt yüzeyin soğumasına sebep olacaktır (Zhu et al., 2013).

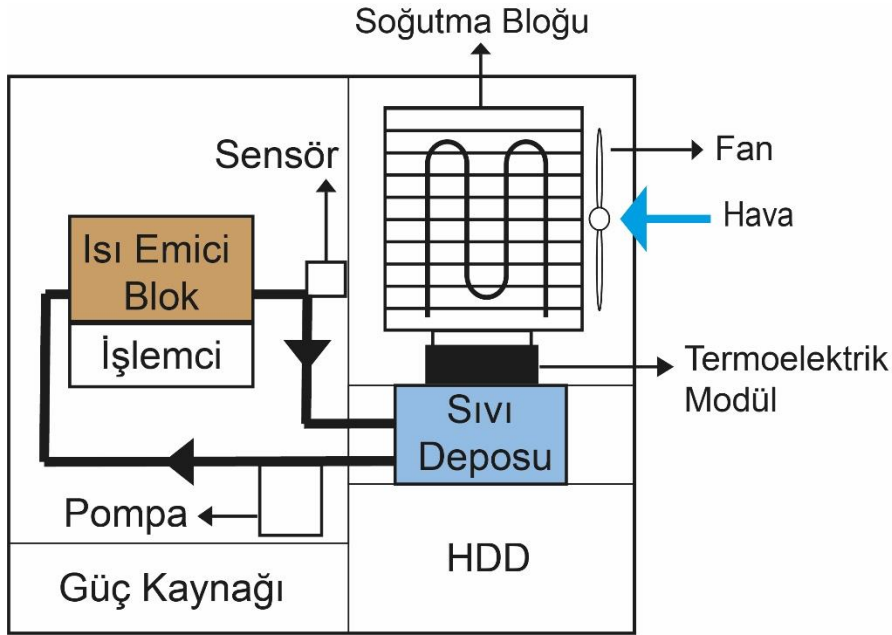
Sıvı soğutma sistemlerinde ısının IHS katmanından daha etkili emilebilmesi için sıvının temas ettiği soğutucu bloğun tasarımı önemlidir. Jajja ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada soğutma sıvısının temas ettiği yüzeydeki kanatçıkların düz yüzeye göre ısıyı daha etkili emdiği belirtilmiştir. Şekil 2.1'de ısı emici bloğun su ile temas ettiği yüzeyin yapısı görülmektedir. Kanatçıkların aralığının ve kanatçıkların kalınlıklarının inceltmesi mevcut yüzeye daha fazla kanatçık yerleştirilmesini sağlayacaktır. Bu durum sıvı ile temas eden yüzeyin genişlemesini sağlayacak ve soğutma sıvısının ısı emme kabiliyetini arttıracaktır (Jajja et al., 2014).



Şekil 2.1. İşlemci ile temas eden ısı emici bloğun soğutma sıvısı ile temas ettiği yüzey

Peltier etkisi ile soğutma sisteminin verimliliğini inceleyen Tan ve arkadaşları peltier etkisi ile soğutulan sıvı soğutma sistemini fanlı soğutma sistemi ve sıvı soğutma sistemi ile karşılaştırmışlardır. Peltier etkisi ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin diğer soğutma sistemlerine göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir (Tan & Demirel, 2015).

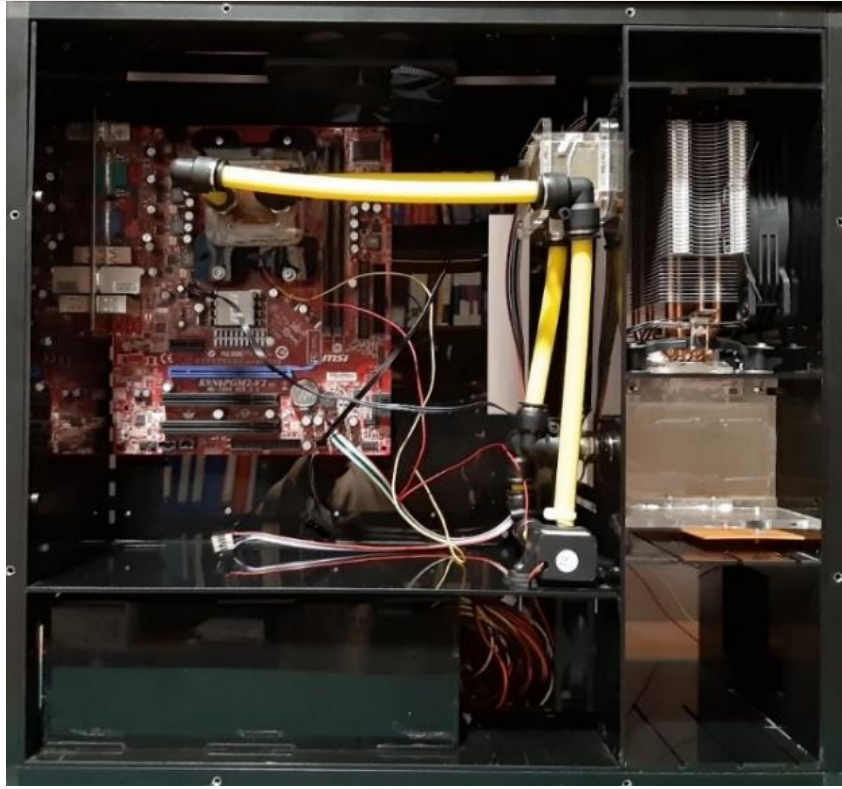
Zorlu ortam şartlarından olan toz ve sıvı gibi elektronik sistemlere zarar verebilecek ortamlarda bilgisayarın iç bileşenlerinin dış ortandan izole edilmesi önem kazanmaktadır. Ev, ofis gibi günlük yaşam alanlarımızda bilgisayar soğutma sistemlerinin gürültüsü insanları rahatsız etmektedir. Geliştirilen soğutma sistemi bilgisayarın elektronik bileşenlerini dış ortandan izole ederek toz gibi çevresel kirliliklerin elektronik bileşenlerin üzerine yapışarak katman oluşturup soğutma verimliliğinin düşmesini engellemeyi amaçlamıştır.



Şekil 2.2. Peltier etki ile soğutulan sıvı soğutma sistemi şeması

Şekil 2.2'de geliştirilen soğutma sisteminin şeması görülmektedir. Termoelektrik modül ve termoelektrik modülü soğutan fan, soğutma sistemi bölümüne yerleştirilmiştir. Soğutma sistemi bölümü diğer bölümlerden izole edilmiştir ancak termoelektrik modülün sıcaklığının uzaklaştırılabilmesi için soğutma sistemi bölümü dış ortama açıktır. Peltier etki ile sıvı deposu bölümündeki su soğutulmaktadır.

Peltier etkisi ile soğutulan su, devridaim pompası ile işlemci üzerindeki ısı emici bloğa iletilmektedir. Isı emici blok bakır metalinden yapılmıştır. Devridaim ile gelen soğutulmuş su, bakır metalinden yapılmış ısı emici blok ile temas ederek bloktaki ısıyı uzaklaştırmaktadır.



Şekil 2.3. Termoelektrik modüllü sıvı soğutma sistemi ile soğutulan bilgisayar kasası

Şekil 2.3'te peltier etkisi ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin bilgisayar kasasına montajlanmış hali görülmektedir. Bu yapı bilgisayar sisteminin elektronik bileşenlerini tozdan korumaktadır. Zorlu ortam koşullarında işlemcinin uygun sıcaklık aralığında çalışmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Geliştirilen soğutma sistemi ile 24 °C ortam sıcaklığında testler yapılmıştır. AMD Athlon 4850E işlemcisinin fabrika verilerine göre en yüksek çalışma sıcaklığı olan 78 °C'tır. Termoelektrik modüllü sıvı soğutma sistemi, fanlı soğutma sistemine göre daha yüksek güç tüketmiş ancak işlemcinin fabrika verilerine göre istenilen sıcaklık aralığında kalmasını sağlamıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

AMD Athlon 4850E işlemcisi; 24°C ortam sıcaklığında, AMD firması tarafından üretilen fanlı soğutma sistemi ve 1 adet 12706 termoelektrik modül kullanılarak soğutulan sıvı soğutma sistemi ile soğutulmuştur. 4 adet deney yapılarak her iki soğutma sistemi değerlendirilmiştir. Deneylerde Maxon Computer Inc. tarafından geliştirilen Cinebench programı ve Franck Delattre tarafından geliştirilen CPU-Z programı kullanılmıştır. Cinebench programı 3 boyutlu tasarlanan sahnenin görsel çözümüleme işlemini yapmaktadır. Cinebench programı ile yapılan testlerde sahne çözümüleme işlemine göre sonuç alınmaktadır. İşlemcinin çözümüleme hızının artması elde edilen puanın artmasını sağlamaktadır. CPU-Z programı işlemcinin hız, gerilim gibi özelliklerini göstermekte ve işlemciyi %100 oranda çalıştırma aracı barındırmaktadır (Cinebench, 2023; Delattre, 2023)

Soğutma sisteminde kullanılan termoelektrik modülün özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. 12706 termoelektrik modül özellikleri

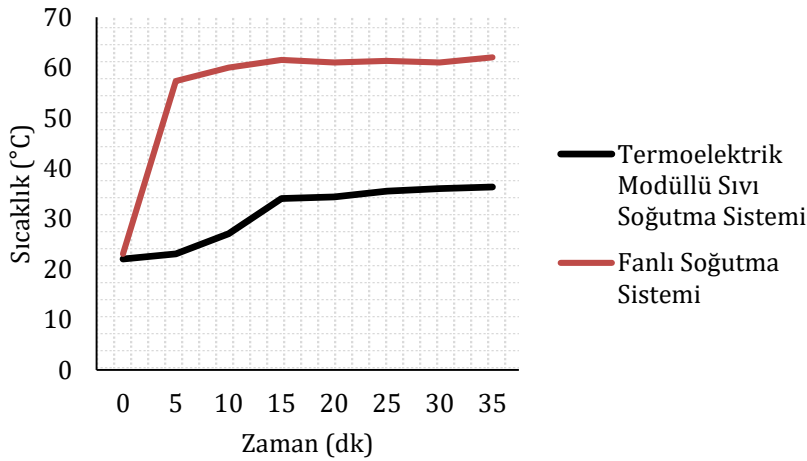
Boyut:	40 x 40 x 3,9 mm
Ağırlık:	27 gr
I_{max}:	6,4 A
U_{max}:	15,4 V
ΔT:	68 °C

Termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sisteminde termoelektrik modülün ısınan kısmı Tablo 4'te özellikleri belirtilen soğutma bloğu ile soğutulmuştur.

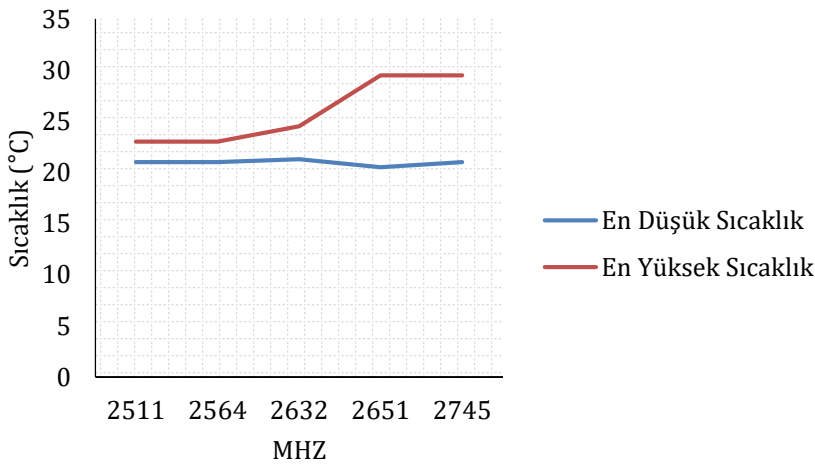
Tablo 4. Termoelektrik modül soğutucu özellikleri

Soğutma bloğu boyutu:	128 (boy) x 80 (en) x 155 (yükseklik)mm
İçerik:	Yapraklar alüminyum, ısı boruları bakır
Fan boyutu:	120 x 120 x 25 mm
Fan hızı:	1300 rpm
Fan hava akış miktarı:	48 cfm

Deney 1: İşlemci %100 performansla çalıştırılarak Şekil 3.1'deki sonuç elde edilmiştir. Peltier etkisi ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin ısıyı daha hızlı emdiği ve işlemciyi daha düşük sıcaklıkta tuttuğu gözlemlenmiştir. İşlemci hızı 2511 MHz olarak ölçülmüştür. Cinebench programı ile yapılan hız testinde her iki soğutma sistemi ile soğutulan işlemci 98 cb puan almıştır. Cinebench programı ile yapılan testte, her iki soğutma sisteminin işlemci performansına herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

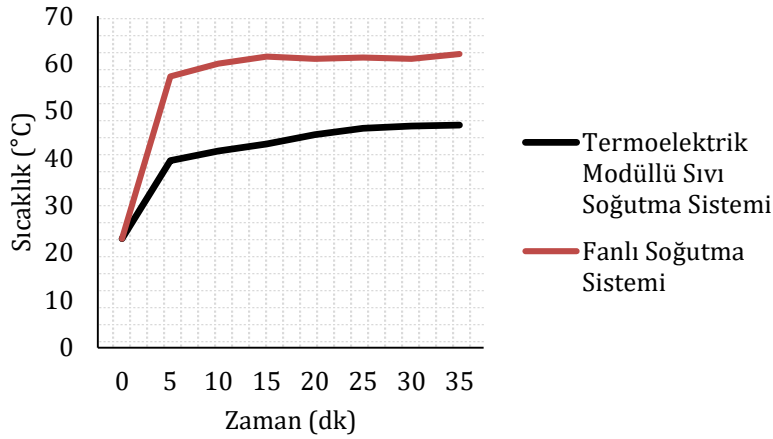
**Şekil 3.1.** Soğutma sistemlerinin işlemci sıcaklığına etkisi

Deney 2: AMD Athlon 4850E işlemcisine hız aşırma yapılarak peltier etki ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin ısı emme performansı test edilmiştir. Termoelektrik modüle 12V 2.85A güç uygulanmıştır. Bu deney Windows 7 işletim sistemi haricinde herhangi bir uygulama çalıştırılmadan yapılmıştır. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi hız aşırma yapılan işlemcide saat hızı yükseltildikçe işlemci sıcaklığının yükseldiği görülmüştür.

**Şekil 3.2.** İşlemci saat hızının sıcaklığa etkisi

Deney 3: Bu deneyde AMD Athlon 4850E işlemcisi CPU-Z programı aracılığı ile %100 performansla çalıştırılmıştır. İşlemci 2511 MHz saat hızında fanlı soğutma sistemi ile soğutulmuş ve sıcaklık takibi yapılmıştır. 35 dakika yapılan performans testinin ardından işlemciden fanlı soğutma sistemi sökülerek yerine termoelektrik modül ile soğutulan

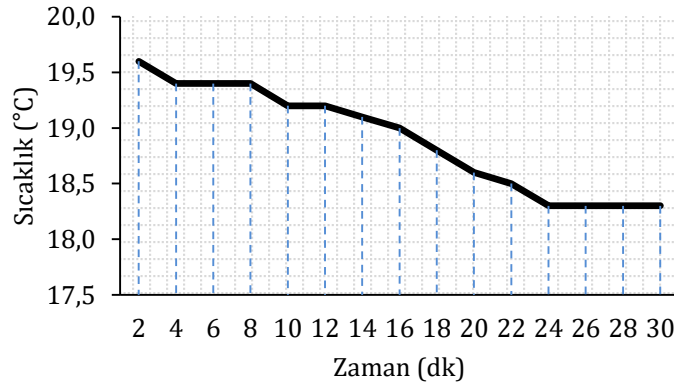
sıvı soğutma sistemi takılmıştır. İşlemci saat hızı %9,31 oranında artırılarak 2745 MHz 'ye yükseltilerek 35 dakika performans testi yapılmıştır.



Şekil 3.3. Soğutma sistemlerinin işlemcideki sıcaklık değişimine etkisi

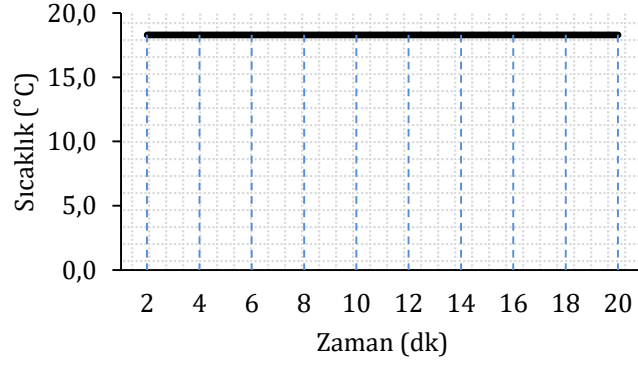
Şekil 3.3'te görüldüğü gibi termoelektrik modüllü sıvı soğutma sistemi, fanlı soğutma sistemine göre işlemciden ısıyı daha etkili bir şekilde emmektedir. 35 dakika yapılan performans testinin ardından her iki soğutma sistemi ile soğutulan işlemciye Cinebench programı ile test yapılmıştır. Fanlı soğutma sistemi ile soğutulan ve 2511 MHz saat hızında çalıştırılan işlemci 98 cb puan almıştır. Termoelektrik modüllü sıvı soğutma sistemi ile soğutulan ve 2745 MHz saat hızında çalıştırılan işlemci 107cb puan almıştır.

Deney 4: Bu deneyde soğutma sıvısının devridaim hızının işlemciden ısı emme kapasitesine etkisi incelenmiştir. Bilgisayarda Windows 7 haricinde herhangi bir program çalıştırılmadan testler yapılmıştır.



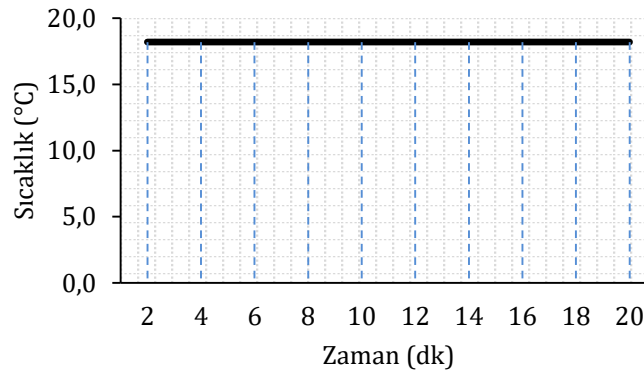
Şekil 3.4. Devridaim hızı 240 litre/saat, termoelektrik modül güç tüketimi 12V 2,85A

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi 240 litre/saat devridaim hızında 12V 2,85A güç uygulanan peltier etkili soğutma sistemi, 24 dakikalık sürecin ardından soğutma sıvısının sıcaklığını 18,3 °C sıcaklığa düşürmüştür. 30 dakika yapılan testin ardından soğutma sıvısının devridaim hızı 140 litre/saat olacak şekilde düşürülerek 20 dakika süresince soğutma sıvısının sıcaklığı gözlemlenmiştir. 20 dakikalık süreçte soğutma sıvısının sıcaklığının değişmediği görülmüştür.



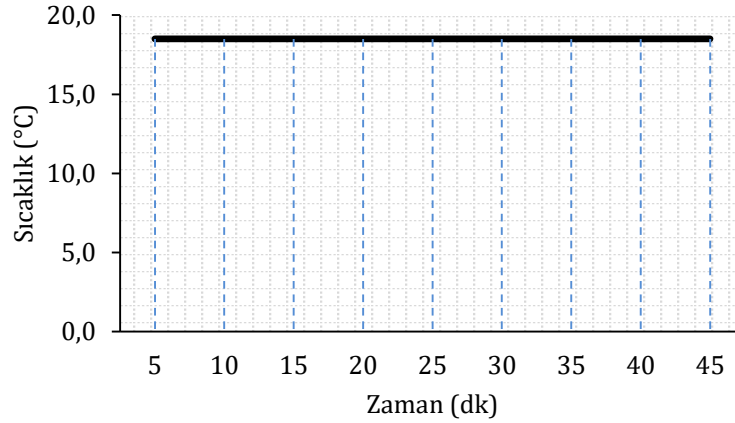
Şekil 3.5. Devridaim hızı 140 litre/saat, termoelektrik modül güç tüketimi 12V 2,85A

Şekil 3.5'deki sonucun ardından soğutma sıvısının devridaim hızı sabit tutularak termoelektrik modüle uygulanan güç 5V 1,14A olacak şekilde düşürülmüştür. 20 dakikalık süreçte Şekil 3.6'da görüldüğü gibi soğutma sıvısının sıcaklığında herhangi bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.6. Devridaim hızı 140 litre/saat, termoelektrik modül güç tüketimi 5V 1,14A

Şekil 3.6'da görülen sürecin ardından devridaim hızı 80 litre/saat olacak şekilde düşürülmüş ve termoelektrik modülün tükettiği güçte değişiklik yapılmamıştır.



Şekil 3.7. Devridaim hızı 80 litre/saat, termoelektrik modül güç tüketimi 5V 1,14A

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi 45 dakikalık süreçte soğutma sıvısının sıcaklığında herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. AMD Athlon 4850E işlemcisi üretici verilerine göre 45 watt miktarında ısı üretebilmektedir. Sadece Windows 7 çalıştırılarak yapılan deneylerde; 5V 1,14A güç uygulanan termoelektrik modülün soğuttuğu suyun, 80 litre/saat devridaim hızıyla AMD Athlon 4850E işlemcisini başarılı şekilde soğuttuğu görülmüştür.

Fanlı soğutma sistemi ve termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi incelendiğinde sıvı soğutma sisteminin fanlı soğutma sistemine göre ısı emme verimliliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. AMD Athlon

4850E işlemcisi; 2511 MHz saat hızında %100 kullanım oranında 24 °C ortam sıcaklığında çalıştırılarak deney yapılmıştır. Yapılan deneyde fanlı soğutma sistemi ile en fazla 62 °C sıcaklığa ulaşan işlemci termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi ile en fazla 36,3 °C sıcaklığa ulaşmıştır. İşlemci saat hızı 2745 MHz 'ye çıkartıldığında işlemci sıcaklığının en fazla 47 °C sıcaklığa ulaştığı görülmüştür.

Fanlı soğutma sistemlerinin başlıca sorunları;

- Kasanın içinde zamanla ısınan havanın soğutma amaçlı kullanılması,
- Dış ortamdan soğuk hava alınırken toz gibi partiküllerin kasanın içine alınması,
- Kasa içine alınan havanın sıcaklığının ortam sıcaklığına bağlı olması,
- Toz ve nem gibi etkenlerin zamanla elektronik parçalar üzerinde katman oluşturması sebebi ile ısının elektronik parçalardan uzaklaştırılmasının zorlaşması,
- Zorlu koşullarda çalışan bilgisayarların iç donanımlarında oluşan toz gibi etkenlerin uzaklaştırılabilmesi için düzenli bakım gerektirmesidir.

Termoelektrik modül içeren sıvı soğutma sisteminin başlıca sorunları;

- Sıvı sızıntısı,
- Termoelektrik modülün güç tüketiminin fazla oluşu,
- Elektronik bileşenlerin bakımının zorluğu,
- Soğutma sistemine sıvı eklendikten sonra sistemdeki havanın çıkartılmasının zorluğu,
- Sıvı sızıntısının elektronik bileşenlere zarar verme riskinin bulunması,
- Soğutma sisteminin montajında çok fazla ekipmana ve bağlantı elemanına ihtiyacının olmasıdır.

Fanlı soğutma sistemlerinin dezavantajları bilgisayar sistemlerinde arızalara, ekonomik kayıplara ve bakım zorluklarına sebep olmaktadır. Bilgisayarların bulunduğu ortamdan yalıtılarak soğutulması bu sorunları ortadan kaldıracaktır. Termoelektrik modüllerin ömrü fanlı soğutma sistemlerinin ömrüne göre daha uzundur ve bakım gerektirmez. Termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemleri; veri depolama merkezleri, dış ortamda çalışan bilgisayarlar, sanayi makineleri, su altı araçları, şehir sistemleri ve arazi araçları gibi zorlu ortam koşullarında çalışan bilgisayar sistemlerinde tercih edilebilir.

Termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sisteminde termoelektrik malzemenin etrafı sıvı sızdırmaz silikon ile yalıtılarak sıvı sızıntısı engellenmiştir. Soğutulmuş sıvının depolandığı modül akrilik pleksi yapıştırıcı ile yapıştırıldığı için basınç altında sıvı sızıntılarının olduğu görülmüştür. Bilgisayar kahasındaki donanım değişiklikleri esnasında sıvı devridaimini sağlayan hortumların hareket ettirilmesi ve gerektiğinde sökülmesi sıvı sızıntılarına yol açmıştır. Sıvı soğutma sisteminin ilk kurulumu ve bilgisayar iç donanımlarında yapılacak değişiklikler sıvı soğutma sisteminde kullanılan ekipmanların çokluğu sebebi ile fanlı soğutma sistemine göre daha zor olmaktadır.

4. SONUÇ

Çalışma sonucunda termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi ile fanlı soğutma sistemi karşılaştırılmıştır. Termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi 2511 MHz saat hızında %40 civarında soğutma verimliliği sağlarken, 2575 MHz saat hızında %24 soğutma verimliliği sağlanabilmiştir. Termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi ile işlemci performansı %9,1 oranında arttırılabilmektedir. Yapılan deneylerde peltier etki ile soğutulan sıvı soğutma sistemi, zorlu çevre koşullarında bilgisayarın iç donanımlarının toz gibi kirlilikten yalıtılarak bilgisayar sistemini soğutulabilmektedir.

Bilgisayar işlemcisi %100 oranında çalıştırılarak fanlı soğutma sisteminin ve termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sisteminin güç tüketim verimliliği incelenmiştir. Termoelektrik modül ile soğutulan sıvı soğutma sistemi ile işlemci performansı %9,1 oranında arttırılabılırken, güç tüketimi %32,85 oranında artmıştır. Termoelektrik modülün soğutma esnasında çevreye zararlı gazlar bırakmaması termoelektrik modüllü sıvı soğutma sistemini; kloroflorokarbon (CFC) ve hidrokloroflorokarbon (HCFC) içerikli soğutma sistemlerine göre daha çevreci yapmaktadır.

Ortam sıcaklığının, soğutma sisteminde devridaim eden sıvının sıcaklığından düşük olduğu durumlarda devridaim eden sıvının önce radyatör yardımı ile soğutulması ve sonrasında termoelektrik modül ile soğutulması güç tasarrufu sağlayacaktır.

Her geçen gün artan bilgisayar ihtiyacı bilgisayarların doğaya zarar vermeden soğutulması gereksinimlerini arttırmıştır. Bulut bilişim sistemlerinin yaygınlaşması ve ağ altyapısının iyileştirilmesi, bireysel ve kurumsal olarak daha düşük bilgisayar işlem gücü ile daha yüksek işlem kapasitesinin elde edilmesini sağlayacaktır. Bulut bilişim merkezlerindeki bilgisayarların termoelektrik modüllerle soğutulması çevreye zararlı gazların salınımını engelleyecektir. Bu çalışma termoelektrik modüllü sıvı soğutma sisteminin, fanlı soğutma sistemlerine göre ısıyı daha verimli uzaklaştırdığını ve klimalı soğutma sistemlerine göre çevreye duyarlı bir şekilde soğutma yapılabileceğini göstermektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Aydoğan, Ş. (2015). Katıhal Elektroniği. In (1 ed., pp. 1-15). Nobel Yayınları.
- Barbosa, J. G., Drummond, L. M. A., & Lefèvre, L. (2022). Special Issue on Computer Architecture and High-Performance Computing. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 168, 137-138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2022.06.013>
- Chang, Y.-W., Cheng, C.-H., Wu, W. F., & Chen, S.-L. (2007). An Experimental Investigation of Thermoelectric Air-Cooling Module. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 33.
- Cinebench. (2023). Retrieved 11 from <https://www.maxon.net/en/cinebench>
- Delattre, F. (2023). CPU-Z. Retrieved 11 from <https://www.cpubid.com/software/cpu-z.html>
- Elliott, J., Lebon, M., & Robinson, A. (2022). Optimising integrated heat spreaders with distributed heat transfer coefficients: A case study for CPU cooling. *Case Studies in Thermal Engineering*, 38, 102354.
- Erkol, O., & Demirel, H. (2012). TERMOELEKTRİK MALZEME İLE SEYYAR SU SOĞUTUCU UYGULAMASI. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 5(1), 16-20.
- Jajja, S. A., Ali, W., Ali, H. M., & Ali, A. M. (2014). Water cooled minichannel heat sinks for microprocessor cooling: Effect of fin spacing. *Applied thermal engineering*, 64(1-2), 76-82.
- Levin, I. I., Dordopulo, A., Doronchenko, Y., Raskladkin, M., Fedorov, A., & Kalyaev, Z. (2016). Immersion liquid cooling FPGA-based reconfigurable computer system. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 366-371.
- Onaran, K. (1995). *Malzeme Bilimi* (12 ed.). Bilim ve Teknik Yayınevi.
- Tan, S. O., & Demirel, H. (2015). Performance and cooling efficiency of thermoelectric modules on server central processing unit and Northbridge. *Computers & Electrical Engineering*, 46, 46-55.
- Zhu, K., Zheng, M., Wang, B., Dai, B., Wang, Y., Wei, J., & Chen, X. (2017). Experimental study of energy saving performances in chip cooling by using heat sink with embedded heat pipe. *Energy Procedia*, 105, 5160-5165.
- Zhu, L., Tan, H., & Yu, J. (2013). Analysis on optimal heat exchanger size of thermoelectric cooler for electronic cooling applications. *Energy conversion and management*, 76, 685-690.