T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LCD KABİNLERDE OLUŞAN YÜKSEK SICAKLIKLARIN MİNİMİZE EDİLMESİ VE UYGUN TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

VOLKAN TUTAY
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LCD KABİNLERDE OLUŞAN YÜKSEK SICAKLIKLARIN MİNİMİZE EDİLMESİ VE UYGUN TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

VOLKAN TUTAY
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. FEVZİ BEDİR

GEBZE
2019

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MINIMAZING THE HIGH TEMPERATURES IN LCD CABINETS AND DETERMINING THE SUITABLE DESIGN PARAMETERS

VOLKAN TUTAY

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

PROF. DR. FEVZİ BEDİR

GEBZE

2019

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/01/2019 tarih ve 2019/07 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 06/02/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan VOLKAN TUTAY'ın tez çalışması Makina Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI)	: PROF. DR. FEVZİ BEDİR
ÜYE	: PROF. DR. MEHMET ALİ ARSLAN
ÜYE	: PROF. DR. BURAK DİKİCİ

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun [illegible] tarih ve [illegible] sayılı kararı.

ÖZET

Bu tez kapsamında Yassı TV'lerde bulunan elektronik devrelerin sıcaklıklarının minimize edilmesi amacıyla optimum ısı transferini sağlamak üzere arka kapakta yer alan hava deliklerinin ve elektronik devrelerin uygun tasarım parametreleri belirlenmiştir. Maksimum ısı transferi gerçekleştirecek olan elektronik devre ve havalandırma deliklerinin optimum tasarımının belirlenmesinde, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı olan ANSYS Icepak modülünde simülasyonlar yapılmıştır. Doğal konveksiyon ısı transferi yöntemi baz alınarak yapılan simülasyonlarda, hava akış hızı ve rotasının devrelerdeki ısı transferinde önemli iki parametre oldukları gözlenmiştir. Farklı hava akış hızlarında, devreler üzerinde oluşan ısı transferi, simülasyon sonuçları ile bu hava akış hızını sağlayacak olan tasarımlar incelenmiştir. Ayrıca farklı hava akış rotaları ile devreler üzerinde etkin bir soğutma sağlanması için farklı tasarımlar yapılarak simülasyon sonuçları ile sayısallaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yassı TV, Isı Transferi, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Ansys Icepak, Doğal, Konveksiyon, Simülasyon.

SUMMARY

In this thesis, appropriate design parameters of air holes in the back cover are determined to provide optimum heat transfer to minimize the temperatures of electronic circuits in Flat TV's. Simulations were performed on the ANSYS Icepak module, which has Computational Fluid Dynamics (CFD) software, with the optimal design of the back cover and ventilation holes to achieve maximum heat transfer on the circuits. It has been observed that the air flow rate and the air flow are two important parameters in the heat transfer in the circuits in simulations based on the natural convection heat transfer method. At different air flow rates, designs that provide this airflow rate with heat transfer simulation results on the circuits have been investigated. In addition, different designs have been made and digitized with simulation results to ensure efficient cooling on different air flow routes and circuits.

Key Words: Flat TV, Heat Transfer, Computational Fluid Dynamics (CFD), Ansys Icepak, Natural Convection, Simulation.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışman hocam Prof. Dr. Fevzi BEDİR'e,

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan başta asistan hocalarım Erhan ÖZÇARE ve İhsan Gökhan SERİN ile yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan bölüm asistan hocalarıma,

Doğduğum günden beri desteklerini hep arkamda hissettiğim annem ve babam Adeviye-Metin TUTAY'a,

ve yüksek lisans eğitimim boyunca gerek ders gerek tez döneminde moral ve desteklerinden dolayı değerli arkadaşım Aslıhan EVERDİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Literatür Araştırması	2
1.3. Tezin Amacı	6
2. ISI TRANSFERİ	8
2.1. Konveksiyon Isı Transfer Mekanizması	11
3. ÇÖZÜM METODU	14
3.1. TV Kabini ve Elektronik Devrelerin ANSYS ile Modellenmesi	14
3.2. Hesaplama Ağının (Mesh) Oluşturulması	17
3.3. Elektronik Devre Isı Değerlerinin Tanımlanması	20
4. SİMÜLASYON SONUÇLARI	26
4.1. Devre Kartlarının Orijinal Konumunda Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo	26
4.2. Yalnızca Görüntü İşleme Kartının Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo	29
4.3. Anakart ve Güç Sağlama Ünitesinin Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo	31
4.4. Anakart ve Görüntü İşleme Kartının Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo	34
4.5. Güç Sağlama Ünitesi ve Görüntü İşleme Kartının Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo	36

4.6. Devre Kartlarının Orijinal Konumunda Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Açık Olduğu Senaryo 39
4.7. Geliştirilen Kanal Tasarımı ve Devrelerin Optimize Edilmiş Yeni Konumu ile Hava Deliklerinin Açık Olduğu Senaryo 41
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 45
5.1. Önerilen Tasarım 46
5.2. Elde Edilen Sonuç 47

KAYNAKLAR 50
ÖZGEÇMİŞ 54

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
W	:	Watt
J	:	Joule
E	:	Elektrik alan vektörü
°C	:	Santigrat derece
ρ	:	Yoğunluk
V	:	Hız
T	:	Sıcaklık
F	:	Kuvvet
kg	:	Kilogram
m	:	Metre
mm	:	Milimetre
TV	:	Televizyon
CRT	:	Katot Işın Tüpü (Cathode Ray Tube)
LCD	:	Sıvı-Kristal Ekran (Liquid-Crystal Display)
LED	:	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
FVM	:	Sonlu Hacim Yöntemi (Finite Volume Method)
PSU	:	Güç Kaynağı Ünitesi (Power Supply Unit)
HAD	:	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics)
PCB	:	Baskılı Devre Kartı (Printed Circuit Board)
TFT	:	İnce Film Transistör (Thin Film Transistör)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
1.1:	Geçmişten günümüze televizyonun fiziksel olarak değişimi.	1
1.2:	Yassı TV devre elemanları.	6
2.1:	Sıcaklık değişim hızının nesne ve ortam sıcaklığı arasındaki ilişkisi.	10
2.2:	Zorlanmış konveksiyon ve doğal konveksiyon farkı.	11
2.3:	Sıcaklık değişimi sonucunda oluşan çevrim hareketi.	12
3.1:	Ansys ıcepak alt modülünün başlatılması.	14
3.2:	Icepak arayüzü.	15
3.3:	Kabin katı modelleme.	15
3.4:	Modellemesi yapılan kabin.	16
3.5:	Modellemesi yapılan elektronik devre kartları.	16
3.6:	Ağ modeli oluşturma.	17
3.7:	Devre kartları ağ modeli.	18
3.8:	TV arka zemin ağ modeli.	18
3.9:	Güç sağlama ünitesi devre elemanlarının ağ modeli.	19
3.10:	Deney yapılan odanın krokisi.	21
3.11:	TV çalışmadan önce alınan ısıl bilgi.	21
3.12:	TV çalıştıktan 10 dakika sonra alınan ısıl bilgi.	22
3.13:	TV çalıştıktan 30 dakika sonra alınan ısıl bilgi.	22
3.14:	TV rejime girdikten sonraki durum.	23
3.15:	Anakart sıcaklık durumu.	23
3.16:	Güç sağlama ünitesi sıcaklık durumu.	24
3.17:	Görüntü işleme kartı sıcaklık durumu.	24
3.18:	Isıl özelliklerin devrelere tanımlandığı yazılım ara yüzü.	25
4.1:	TV devre kartlarının orijinal konumları.	26
4.2:	Devre kartlarının yüzey sıcaklıkları.	27
4.3:	TV kabininde ısının biriktiği bölgelerin konveksiyon ısı akış haritası.	27
4.4:	Hava akımının hız vektörleri.	28
4.5:	Hava akımının sıcaklık vektörleri.	28
4.6:	Görüntü işleme kartının konumu.	29
4.7:	Görüntü işleme kartının yüzey sıcaklığı.	29

4.8: Yalnızca görüntü işleme kartından oluşan ısının birikme bölgesi. 30
4.9: Hava akımının hız vektörleri. 30
4.10: Hava akımının sıcaklık vektörleri. 31
4.11: Ana kart ve güç Sağlama Ünitesinin Konumları. 31
4.12: Ana kart ve güç sağlama ünitesinin yüzey sıcaklığı. 32
4.13: Ana kart ve güç sağlama ünitesinden oluşan ısının birikme bölgesi 32
4.14: Hava akımının hız vektörleri. 33
4.15: Hava akımının sıcaklık vektörleri. 33
4.16: Ana kart ve görüntü işleme kartının konumları. 34
4.17: Ana kart ve görüntü işleme kartının yüzey sıcaklığı. 34
4.18: Ana kart ve görüntü işleme kartından oluşan ısının birikme bölgesi 35
4.19: Hava akımının hız vektörleri. 35
4.20: Hava akımının sıcaklık vektörleri. 36
4.21: Güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartı konumları. 36
4.22: Güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartının yüzey sıcaklığı. 37
4.23: Güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartından oluşan ısının birikme bölgesi. 37
4.24: Hava akımının hız vektörleri. 38
4.25: Hava akımının sıcaklık vektörleri. 38
4.26: TV devre kartlarının orijinal konumları. 39
4.27: Devre kartlarının yüzey sıcaklıkları. 39
4.28: TV kabininde ısının biriktiği bölgeler. 40
4.29: Hava akımının hız vektörleri. 40
4.30: Hava akımının sıcaklık vektörleri. 41
4.31: TV devre kartlarının yeni konumları ve kanal-baca sistemi. 42
4.32: Devre kartlarının yüzey sıcaklıkları. 42
4.33: TV kabininde ısının biriktiği bölgeler. 43
4.34: Hava akımının hız vektörleri. 43
4.35: Hava akımının sıcaklık vektörleri. 44
5.1: Devre sıcaklığı ve hava akış vektörlerinin gösterimi. 45
5.2: Önerilen devre tasarımı. 46
5.3: Devre sıcaklığı ve hava akış vektörlerinin gösterimi. 46
5.4: İki sistemin devre kartı yerleşimleri. 47
5.5: İki sistemin devre yüzey sıcaklıkları. 48

5.6: İki sistemin kabinlerinde ısının biriktiği bölgeler. 48
5.7: İki sistemin hava akımı vektörlerinin gösterimi. 49

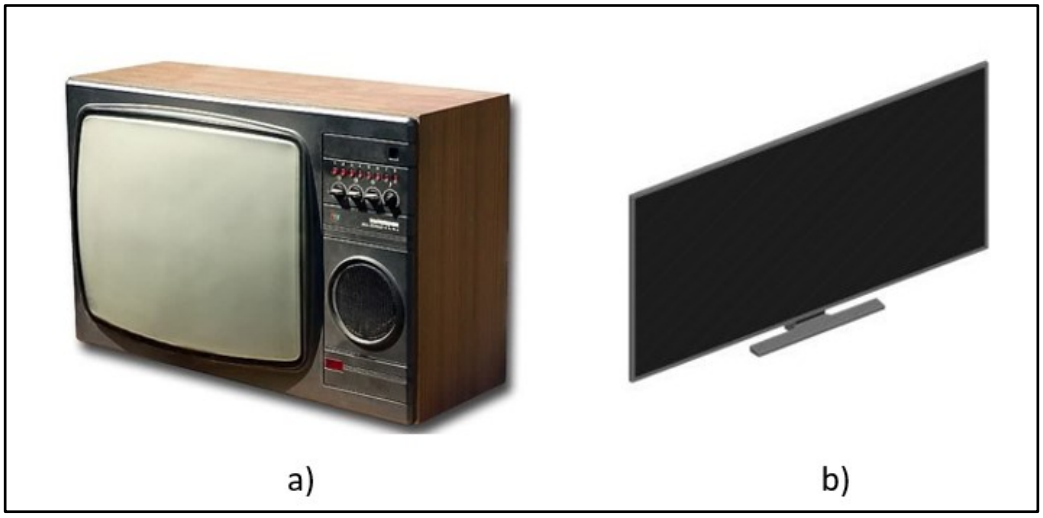
TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		**Sayfa**
3.1:	Sistemde kullanılan komponentler ve miktarları.	17
3.2:	Ağ model kalitesini belirleyen parametreler.	20

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Son yıllarda elektronik sahada çok hızlı olan gelişmeler ile modern hayat baştan başa kuşatılmıştır. Küçültülmüş radyolardan bilgisayarlara, bilgisayar destekli sağlık, iş ve savunma sistemlerine, haberleşme ve gözlem uydularına kadar birçok yere girmişlerdir. Aynı zamanda, uygulama sayısının artması ile güvenilirlik ciddi bir problem haline gelmiştir. Özellikle vakum tüpü ve transistörlü günlerden bu yana elektronik sistemlerin paketleme ve performansında önemli gelişmeler olmuştur Gelişen teknoloji ile birlikte elektronik sektöründeki ürünlerin çalışma şartları altında maruz kaldığı ısınma problemi günümüzde araştırma konuları arasında yer almaktadır. Elektronik teknolojisi günden güne büyük bir hızla gelişmektedir. Uzun zamandır bilgi ve eğlence paylaşımı için vazgeçilmez ürünler olan televizyonlar için de aynı durum söz konusudur. Şekil 1.1'de de görüldüğü üzere; Tüplü (CRT) TV'ler zaman içerisinde yerini daha ince formlara sahip olan, Plazma, LCD ve LED TV'lere bırakmıştır.



Şekil 1.1: Geçmişten günümüze televizyonun fiziksel olarak değişimi. a) 1950-2000 yılları arası kullanılan tip b) 2000-günümüze kadar kullanılan tip

Teknolojideki bu gelişmeler televizyonlarda yer alan elektronik kartların küçülmesine ve daha fonksiyonel özelliklere sahip olmasına yol açmaktadır. Bu fonksiyonel özellikler arasında, özellikle son dönemlerde 4K teknolojisi adıyla anılan yüksek çözünürlüklü görüntü sağlayan sistemler, internete erişim ve 3D gibi artırılmış

işlevsellikler en yeni olanlar arasındadır. Ancak bu özellikler, elektronik devrelerde yüksek güç tüketimi ve bunun sonucunda aşırı ısınma problemini de beraberinde getirmektedir. Devrelerde oluşan ısınma problemi, elektronik devre elemanlarına zarar vermekle kalmayıp, ses ve görüntüde kesilme ve bloklama ile ürün ömrünün azalması gibi önemli başlıca problemlere sebebiyet vermektedir. Bu problemlerin önlenmesi için çeşitli devre soğutma teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler devrelerde en fazla ısınan devre elemanının optimum sıcaklıkta tutulması esasına dayanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, literatürde devre elemanlarının soğutulması için yapılmış olan çalışmalar incelenmekte, Arçelik A.Ş. tarafından test amacıyla verilmiş olan GRUNDIG marka, 43GFER9 modelinde LED TV'nin devre kartlarında en fazla ısı üreten devre elemanları tespit edilerek soğutma için en iyi hava akış hızını sağlayacak tasarım için yazılım programında modellenen TV kartlarının yerleşimi araştırılmaktadır.

1.2. Literatür Araştırması

Birçok şirket elektronik devrelerde soğutmanın daha iyi olması için ileri ısıl analiz uygulamasına ve gelişmesine doğru tasarım ve ısıl kontrol tekniklerine yönelmişlerdir. Artan önem nedeniyle araştırmacılar elektronik elemanların soğutulmasıyla ilgili çalışmalar yapmaktadırlar. Yapılan bu araştırmaları, laminer ve türbülans akış rejimlerindeki teorik ve deneysel çalışmalar oluşturmaktadır.

Davalath ve Beyazıtoğlu, üç blok üzerinden olan laminer, iki boyutlu, gelişmekte olan akışı ve zorlanmış taşınımı sürekli rejimde sayısal olarak incelemişlerdir. Çözümleri diğer geometrik özellikler sabit olmak üzere dört değişik blok aralığı için yapmışlardır. Son blok arkasındaki yeniden birleşme uzunluğu Reynolds sayısının artmasıyla artmakta olduğunu görmüşler ve bloklar arasındaki akış ve sıcaklık dağılımı da bir çukur üzerinden olan akışa benzetmişlerdir [Davalath ve Beyazitoglu, 1987].

Can ve Pulat, çalışmalarında elektronik cihazların, çarpan hava jetleri kullanılarak soğutulmasını incelemiş, ilk yatırım ve işletim harcamalarını, lüle tasarımı ve ihtiyaç duyulan fan gücüne bağlı olarak ifade ederek optimizasyon ilkelerini sunmuşlardır [Can ve Pulat, 1994].

Poulikakos ve Wietrzak, mikroelektronik bir cihazın zorlanmış taşınımla soğutulması için türbülanslı sayısal bir çalışma yapmışlardır. Akış, sıkıştırılamaz, daimî ve iki boyutlu olarak ele alınmış ve k-e türbülans modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada eşlenik (iletim+taşınım) ısı transferi etkileri incelenmiş ve sıcaklık dağılımları elde edilmiştir [Poulikakos ve Wietrzak, 1990].

Igarashi ve Takasaki tarafından yapılan çalışmada laminer bir sınır tabaka içine yerleştirilmiş iki boyutlu dikdörtgen bir blok etrafındaki akış ve ısı transferi deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada akış, blok yüksekliğinin sınır tabaka kalınlığına oranına ve Reynolds sayısına bağlı olarak üç tipe ayrılmıştır. Bunlar, laminer, ayrılma ve yeniden birleşme tipi akışlardır. Bu çalışmada her yüzdeki ortalama Nusselt sayısı ifadeleri çıkarılmıştır [Igarashi ve Takasaki, 1992].

Zahn ve arkadaşları, tek bir seramik mikro elektronik paketin soğutulmasını üç boyutlu sürekli laminer akış şartlarında ANSYS-FLOTRAN programını kullanarak analiz etmişlerdir. Elde edilen nümerik sonuçların deneysel verilerle uyumlu olduğu rapor edilmiştir [Zahn, Strout ve Billings, 1995].

Zhao ve Lu bir mikro kanalda zorlanmış taşınımla olan ısı transferini sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında yonga üzerinde kanatçık ve gözenekli ortam olmak üzere iki durumu incelemişlerdir ve Nusselt sayısı üzerine ısı iletim katsayısı ve kanal geometrisinin etkilerini belirlemişlerdir. Sonuçları, sabit ısı akısı ve sabit yüzey sıcaklığı şartları için test etmişlerdir [Zhao ve Lu, 2002].

Etemoğlu ve arkadaşları, iki paralel levhadan alttaki üzerine monte edilmiş ve elektronik bir yongayı simüle eden tek bir blok üzerinden akış ve sıcaklık dağılımı hesaplamalı olarak analiz edilip blok yüzeyindeki yerel ısı transfer katsayıları hesaplanmıştır. Reynolds sayısının artmasıyla ısı taşınım katsayısının artmakta olduğunu, maksimum sıcaklığın blok arka yüzü dibinde oluştuğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, maksimum ısı transfer katsayısı her durum için blok ön üst köşesinde olduğu tespit edilmiştir [Etemoğlu vd, 2004].

Kotcioğlu ve Bölükbaşı, dikdörtgen kesitli düşey bir kanalda doğal ve zorlanmış konveksiyonla ilgili yapılan deney sonuçları değerlendirilmiştir. Kanal içerisine üç farklı kanatcıklı elemen (düzlem yüzey, silindirik ve hava akışı yönünde 60 derece açı yapan daralan-genişleyen kanatçıklar yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, daralan-genişleyen kanatçıklarda sınır tabakanın periyodik olarak yenilenmesinden dolayı ısı transferi katsayısının iyileştiği ifade edilmiştir [Kotcioğlu ve Bölükbaşı, 2003].

Sable ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, dikey bir plaka üzerinde farklı tiplerde kanatlı yüzeyler kullanarak doğal konveksiyonun iyileştirilmesini araştırmışlardır. Plaka üzerine kanatsız, dikey kanatlar ve V tipi kanatlar yerleştirilerek doğal konveksiyonun iyileşme durumunu incelemişlerdir. Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda V tipi kanatlı yüzeylerde diğerlerine nazaran daha iyi ısı transferi sağladığı ifade edilmiştir [Sable et al., 2014].

Jeon ve Byon, elektronik devrelerin soğutulmasında yaygın olarak kullanılan kanatçık tasarımının doğal konveksiyon ısı transferine etkisini incelemişlerdir. Karşılaştırma için çift katlı kanal profil ile plaka kanatçık modelleri kullanılmış olup, Ansys Icepak programında yapılmış olan simülasyonlar ile ısıl performansa olan etkileri kaydedilmiştir. [Jeon ve Byon, 2017].

Kwon ve arkadaşları, kanatçık tasarımlarının optimize edilerek ısı transferinin iyileştirilmesi üzerine araştırma yapmışlardır. Yaptıkları araştırmalarda tasarım parametrelerinin kanatçık kalınlığı, kanatçık uzunluğu ve kanatçık sayısı olarak belirlendiği görülmüştür. Yapmış oldukları tasarımları Ansys Icepak simülasyonunda deneyerek sonuçlara ulaşmışlardır [Kwon et al., 2018].

Joo ve arkadaşları, doğal konveksiyondan maksimum verim elde edebilmek için kanatçıklar üzerinde topoloji optimizasyonu üzerine çalışma yapmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada plaka kanatçık modeli kullanmışlar. Bu model üzerinde yapılmış olan optimizasyon çalışması sonucunda %15 daha az ısıl direnç ve %26 daha az kütle kullanılarak aynı kanatçığın üretilebildiğini tespit etmişlerdir. Topoloji optimizasyonu yapılmış yeni tasarımın ısıl performansının tayin edilmesinde Ansys Icepak yazılımı kullanılmıştır [Joo et al., 2017].

Li ve arkadaşları, bir yatay dairesel taban, eş merkezli halka ve doğal konveksiyona tabi tutulan dikdörtgen yüzgeçler ile bir radyal kanatçığın etrafındaki ısı transferi özellikleri üzerinde sayısal ve deneysel çalışmalar sunmuşlardır. Çok çeşitli geometrik parametreler için radyal kanatçık yüzeylerindeki sıcaklık ve doğal konveksiyon ısı transferini analiz etmek için bir FVM (Sonlu Hacim Metodu) nümerik modeli kullanılmıştır [Li et al., 2015].

Byon ve arkadaşları, bu çalışmada, baca bazlı radyal ısı alıcılarından doğal konveksiyon ısı transferi sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Baca ile radyal ısı alıcısının termal performansı tahmin edilmiş ve sayısal olarak baca içermeyen radyal ısı alıcı ile karşılaştırılmıştır. Sayısal çalışma, sonlu hacim yöntemine (FVM) dayanan Ansys Icepak ile gerçekleştirilmiştir [Byon et al., 2016].

Jeon ve arkadaşları, delikli halkalı radyal kanatçıklardan doğal konveksiyon ısı transferi üzerinde sayısal çalışmalar yapmışlardır. Delik sayısının (0–6), delik çapının (0–3 mm), delik uzunluğunun (1,5–6 mm) ve oryantasyon açısının (0-180) termal performans üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, delikli bir halka içeren radyal kanatçıkların, delikli olmayan halkadan daha iyi termal performansa sahip olduğunu göstermektedir [Jeon et al., 2016].

Li ve arkadaşları, bu çalışmada, dairesel baz, eş merkezli halka ve dikdörtgen kanatçıklar ile radyal soğutucuların ısıl performansı üzerindeki yönelme etkisi deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Deney sonuçlarını desteklemek ve radyal ısı alıcısı üzerinden doğal konvektif akış üzerinde anlamlı bir yorum sağlamak için sayısal bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Mevcut nümerik model, basit geometri göz önüne alındığında doğru sonuçların üretildiği bilinen ticari bir kod olan ANSYS Icepak ile Sonlu Hacim Yöntemi (FVM) kullanılmıştır [Li et al., 2015].

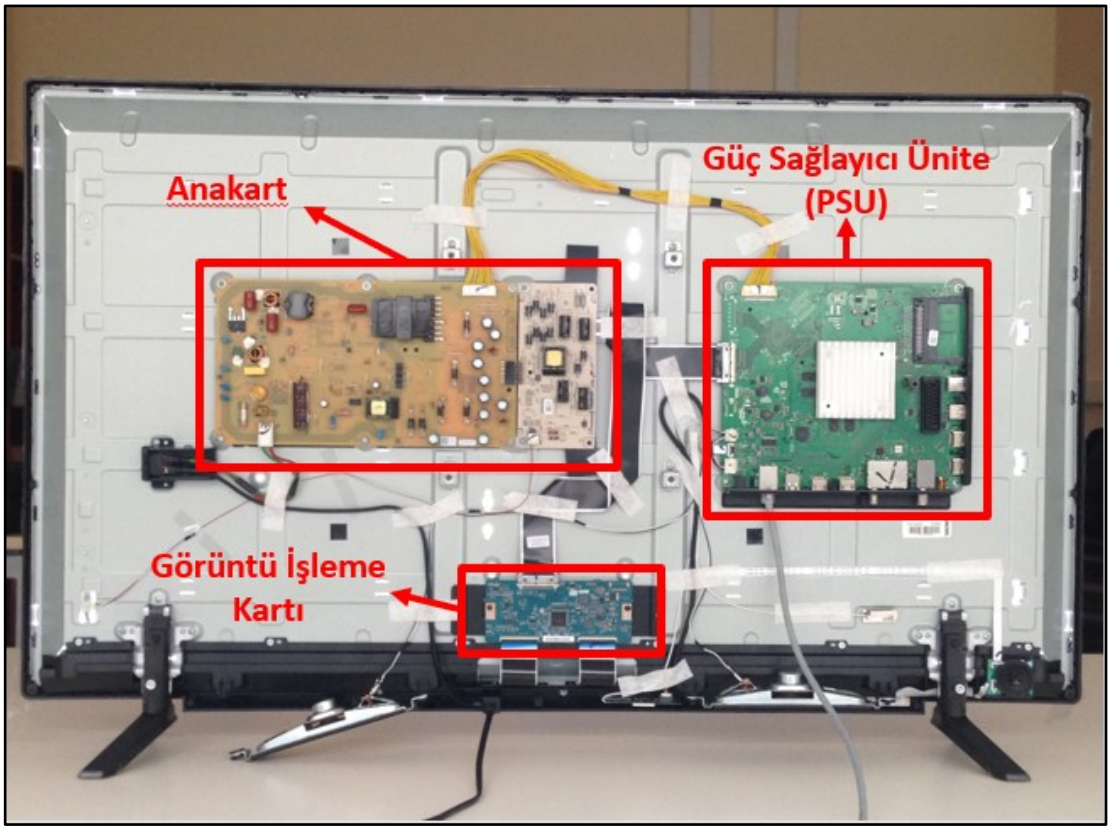
Schmid ve arkadaşları, ışık yayan diyot (LED) ampuller için kullanılan radyal ısı alıcılarının doğal konvektif soğutma tasarımını geliştirmeyi amaçlayan sayısal bir çalışma sunmuşlardır. Geliştirilmiş tasarım, fin dizisinin merkezi boyunca ilave bir doğal soğutma akışına izin veren, tabanda merkezi bir açıklık kullanılmıştır. İlk olarak, standart bir radyal ısı alıcısının optimum kanatçık aralığı belirlenmiş ve iyileştirme derecesini karşılaştırmak için bir referans geometrisi olarak kullanılmıştır. Farklı ısı emici oryantasyonlarını karşılaştırarak, açıklığın %47,1'den %22,4'e kadar termal direncin maksimum farkını azaltarak yönelim hassasiyetini arttırabileceği bulunmuştur [Schmid et al., 2017].

Yang ve arkadaşları, bir ısı kaynağı üzerinde yer alan farklı kanatçık konumlarında doğal konveksiyon ısı transferinin değişimini incelemişlerdir. İki farklı duruşa sahip kanatçıklar ile yapılmış olan analizler sonucunda kısa kenar boyunca dizilmiş olan kanatçıkların uzun kenar boyunca dizilmiş olana göre daha iyi termal performans gösterdiği elde edilmiştir [Yang et al., 2016].

Chu ve Pan, bu çalışmada, 23 inç genişlikteki ince film transistörlü likit kristal ekranın görüntü kalitesini iyileştirmeyi amaçlamaktadırlar. Deneysel verilerle doğrulanan simülasyon sonuçları, sayısal modellemeyi doğrular ve hem panelde hem de arka ışık biriminde (BLU) termal olayları karakterize etmektedir. BLU üzerindeki açıklıklar doğrudan aydınlatılmış BLU'da ısı yayılımı sağlamakta ve ekstra ısı dağılım modülleri eklemeden TFT-LCD TV'lerin tüm sıcaklık dağılımını etkili bir şekilde azalttığı ve paneldeki görüntü kalitesini iyileştirdiği görülmüştür [Chu ve Pan, 2010].

1.3. Tezin Amacı

Bu çalışma, Arçelik Elektronik tarafından üretilen GRUNDIG marka Yassı TV'lerde elektronik devre elemanlarının ürettiği ısının ortamdan uzaklaştırılması için ısıl tasarım optimizasyonu yapılarak Yassı TV çalışma performans değerlerinin iyileştirilmesidir. Isının ortamdan uzaklaştırılması amacı ile Yassı TV, Güç Kaynağı Ünitesi (PSU) üzerindeki soğutucu metal plakaların ve arka plastik kapağı üzerinde havalandırma kanalları ile doğal konveksiyon ısıl tasarım şartlarının iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Oluşan ısının ortamdan uzaklaştırılması genel olarak tüm marka Yassı TV'ler için önemli bir problemdir. Farklı markalar bu problemi yüksek maliyetlerde devre elemanları kullanarak çözümler getirmektedir. Bu çalışma esas olarak aşağıda, Şekil 1.2'de gösterildiği gibi; ana kart, güç sağlayıcı ünite (PSU) ve görüntü işleme kartlarının üzerinde bulunan devre elamanlarının doğal konveksiyon akımları ile plastik arka kapak deliklerinden gelen hava akışının en uygun ısı transferini sağlayacak şekilde ısıl ve konstrüktif tasarım parametrelerini optimize etmektir.



Şekil 1.2: Yassı TV devre elemanları.

Elde edilen sonuçlar ile Yassı TV'nin çalışma saat ömrü (life cycle) artırılacaktır. Yüksek lisans tezinin çalışma akış şeması aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- Mevcut durum incelenmesi
- Isı transfer şartlarının simülasyonu ve analizi
- Elde edilen sonuçların yorumlanarak tezin literatüre olan katkısı ve gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2. ISI TRANSFERİ

Isı transferi, sıcaklıkları farklı olan en az iki nesne veya ortam arasında iletim, taşınım ya da ışınım yoluyla gerçekleşen enerji aktarımı olarak tanımlanabilir [Web 1, 2018]. Birim zamanda gerçekleşen ısı transferi miktarı, ısı transfer hızı olarak adlandırılır ve "$\dot{Q}$ (W)" ile gösterilir. Birim alandan olan ısı transferi hızı ise, ısı akısı "$\dot{q}$ (W/m^2)" olarak adlandırılır [Web 2, 2018]. Sabit bir kütleden oluşan bir sistem kapalı bir sistem olarak adlandırılır. Sınırlarından kütle geçişi olan bir sistem ise açık sistem veya kontrol hacmi olarak adlandırılır. Bir işleme tabi olan herhangi bir sistem için "Termodinamiğin Birinci Yasası" veya enerji dengesi aşağıda Denklem 2.1'de verildiği gibi ifade edilir:

$$E_{giren} - E_{çıkan} = \Delta E_{sistem} \quad (J) \tag{2.1}$$

Eğer hareketsiz, kapalı bir sistem yalnızca ısı transferi içeriyorsa ve sınırlarından bir iş transferi yoksa enerji dengesi sadeleşerek aşağıda verilen Denklem 2.2'deki duruma gelir:

$$Q = mC_v\Delta T \qquad [J \equiv kg.J / (kg°C).°C] \tag{2.2}$$

Burada Q sisteme doğru gerçekleşen veya sistemden gelen toplam (net) ısı transferidir. Eğer ısı transferi sabit bir $\dot{Q}$ hızıyla gerçekleşiyorsa, Δt zaman aralığında gerçekleşen ısı transferi miktarı $Q = \dot{Q} * \Delta t$ [J ≡ W.s] ile bulunabilir.

Bir giriş ve çıkışa sahip ve bu giriş ve çıkışı arasında ihmal edilebilir kinetik ve potansiyel enerji değişimi olan bir kontrol hacmi için sürekli rejimde ve iş etkileşiminin olmadığı koşullarda enerjinin korunumu bağıntısı aşağıda Denklem 2.3'de verildiği gibi ifade edilebilir:

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p\Delta T \qquad [W = (kg/s).J / (kg°C).°C] \tag{2.3}$$

Burada $\dot{m} = \rho V A_c$ [kg/s ≡ (kg/m^3).(m/s).m^2] kütlesel debi ve $\dot{Q}$ kontrol hacmine gerçekleşen net ısı transferi hızıdır.

Isı, üç farklı şekilde transfer edilebilir: iletim, taşınım ve ışınım. İletim birbirine komşu olan parçacıklar arasındaki etkileşim sonucunda, daha enerjetik olanlardan az olanlara doğru ısının transferidir. Bu transfer şekli "Fourier Isı İletim Yasası" ile aşağıda Denklem 2.4'te verildiği gibi ifade edilir:

$$\dot{Q}_{iletim} = -k\,A\,\frac{dT}{dx} \quad (W) \tag{2.4}$$

Burada k, malzemenin ısıl iletkenliği [W/(mK) ≡ W/(m°C)], A, ısı transfer yüzeyine dik olan alan (m^2), $\frac{dT}{dx}$ ise, sıcaklık değişimidir (K/m ≡ °C/m). L kalınlığına sahip düzlemsel bir tabakadan gerçekleşen iletim (hızı) aşağıda Denklem 2.5'te verildiği gibidir:

$$\dot{Q}_{iletim} = -k\,A\,\frac{\Delta T}{L} \quad (W) \tag{2.5}$$

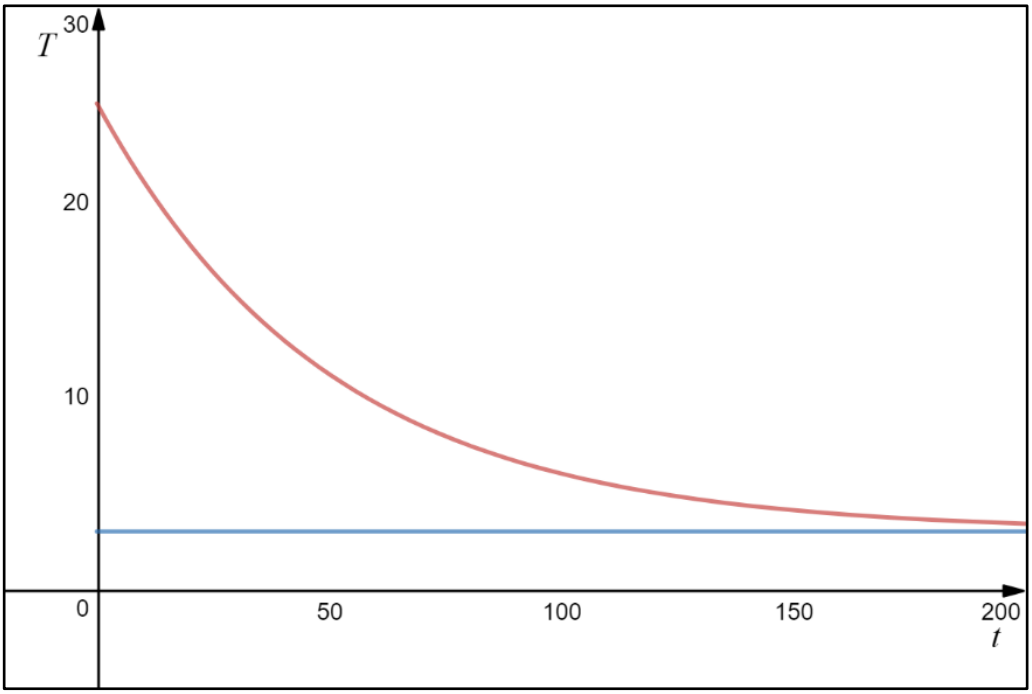
Burada ΔT (°C ≡ K) tabakanın iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkıdır.

Taşınım, katı bir yüzey ve ona komşu olan hareket halindeki sıvı veya gaz (akışkan) arasında gerçekleşen ısı transferi şeklidir. Taşınım, içinde hem iletimden hem de akışkan hareketinden gelen bileşik etkileri içerir. Taşınımla ısı transferi hızı "Newton Soğutma Yasası" ile aşağıda Denklem 2.6'da verildiği gibi ifade edilir:

$$\dot{Q}_{taşınım} = h\,A_s\,(T_s - T_\infty) \quad (W) \tag{2.6}$$

Burada h, ısı taşınım katsayısıdır ve birimi [W/(m^2 °C) ≡ W/(m^2 °K)] ile verilir. A_s ise, taşınımın gerçekleştiği yüzeyin alanıdır (m^2). T_s yüzey sıcaklığı (°C), T_∞ ise yüzeyden yeteri kadar uzakta akışkanın sıcaklığıdır (°C) [Çengel, 2003].

Isı transferi için Isaac Newton tarafından 1701 yılında verilen Newton'un Soğutma Kanunu, ilk ısı transfer formülasyonunu sağlar ve konvektif ısı transferinin resmi temeli niteliğindedir. Bu kanuna göre, bir nesnenin sıcaklığının değişme hızı, kendi sıcaklığı ve ortam sıcaklığı arasındaki farkla doğru orantılıdır. Bir sonraki sayfada Şekil 2.1'de grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Sıcaklık değişim hızının nesne ve ortam sıcaklığı arasındaki ilişkisi.

Sıcaklık değişim hızı, Denklem 2.7'deki gibi ifade edilir [Incropera, 2003].

$$\frac{dT}{dt} = k(T - T_a) \tag{2.7}$$

Newton'un Soğutma Kanunu 1822 yılında Fourier tarafından geliştirilerek bu denkleme matematiksel ısı iletim teorisindeki konvektif sınır koşulu dahil edilmiştir. Isı transfer katsayısı kavramının uygulanmasında belirleyici adım, 1915'te Nusselt tarafından "Temel Isı Transferi Yasası" nın yayınlanmasıyla meydana gelmiştir. Yapılan araştırmalarda çeşitli ısı transfer teorileri için yakın ilişki belirtilmiştir. Buna göre, ısı transfer fenomeni, yüzey ısısı akışı ve sıcaklık farkı arasındaki bir ilişki olarak değerlendirilebilir.

Işınım, bir maddeden, yapısındaki atomların veya moleküllerinin elektronik şekillerinde meydana gelen değişimler sonucunda enerjinin elektromanyetik dalgalar (veya fotonlar) halinde yayılmasıdır. T_∞ mutlak sıcaklığına (K) sahip bir yüzeyin yayabileceği maksimum ışınım miktarı "Stefan-Boltzmann Yasası" ile verilir. Buna göre $\dot{Q}_{yayılan,\ max} = \sigma\ A_s\ T_s^4$ (W) yazılabilir. Burada σ Stefan Boltzmann sabitidir, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ [W/(m^{2}K^4)].

Eğer ε yayma katsayısına (-) ve A_s alanına (m^2) sahip T_s sıcaklığında (K) bir yüzey çok daha büyük (veya siyah) T_{surr} sıcaklığına (K) sahip bir yüzey tarafından

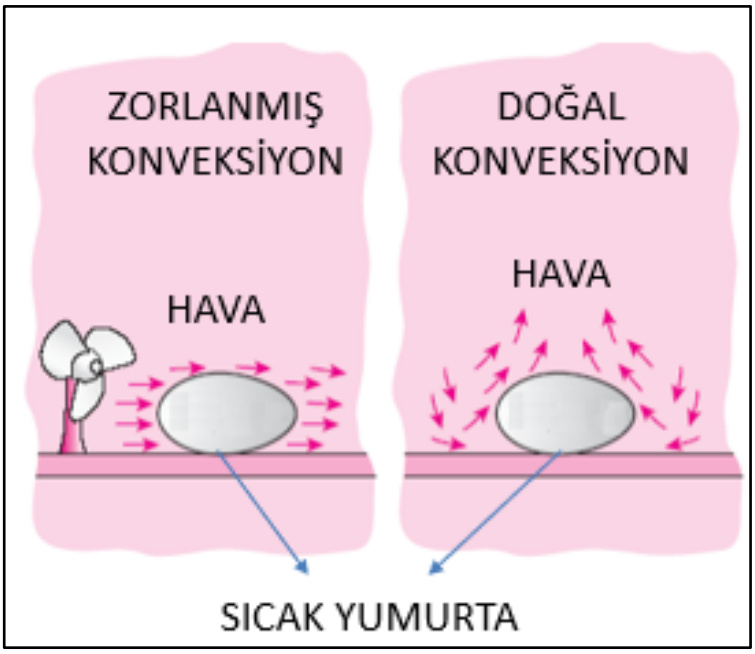
tamamıyla sarılmışsa ve aralarında ışınımı engellemeyen bir gaz (hava gibi) varsa bu iki yüzey arasındaki net ışınım transferi aşağıda Denklem 2.8'de verildiği gibidir:

$$\dot{Q}_{ışınım} = \varepsilon \, \sigma \, A_s \, (T_s^4 - T_{surr}^4) \quad (W) \tag{2.8}$$

Bu durumda küçük yüzeyi saran yüzeyin yayma katsayısının ve alanının net ısı transferine etkisi yoktur. Bir yüzeyin ne kadar ışınım yuttuğunu $\dot{Q}_{yutulan} = \alpha \, \dot{Q}_{gelen}$ denklemi belirler. Burada $\dot{Q}_{gelen}$ yüzeye gelen ışınım miktarı ve α yüzeyin yutma katsayısıdır (-) [Özışık, 1985].

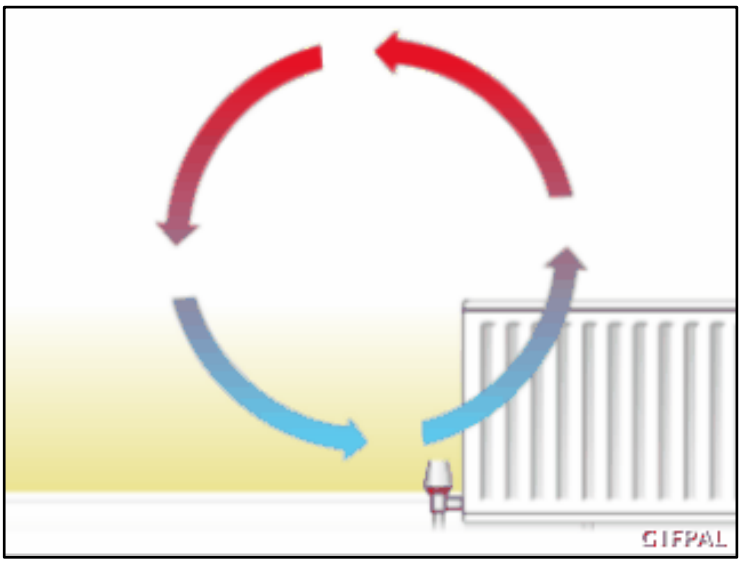
2.1. Konveksiyon Isı Transfer Mekanizması

Konveksiyon ısı transfer mekanizması, akışkan hareketinin varlığı sonucunda iletim ile ısı transferinden ayrı bir mekanizma olarak ele alınmaktadır. Konveksiyonun, Şekil 2.2'de de gösterildiği gibi, belirli bir güç harcanarak zorlanmış konveksiyon ve herhangi bir güç harcamadan tamamen doğal olarak gerçekleştiği doğal konveksiyon olmak üzere 2 çeşidi bulunmaktadır [Web 3, 2018].



Şekil 2.2: Zorlanmış konveksiyon ve doğal konveksiyon farkı.

Doğal konveksiyonda, akışkan hareketi, kaldırma (buoyancy) kuvveti sonucunda meydana gelmektedir. Şekil 2.3'te de gösterildiği gibi ısınan akışkanın (hava) yoğunluğu azalır ve hafifler [Web 4, 2018]. Hafifleyen akışkan daha ağır olan hava ile yer değiştirerek yükselir ve çevrim oluşur. Bu hareketi sağlayan kuvvet kaldırma kuvveti olarak adlandırılır.



Şekil 2.3: Sıcaklık değişimi sonucunda oluşan çevrim hareketi.

Grashof sayısı akışkanlar dinamiği ve ısı transferinde kullanılan boyutsuz bir sayıdır. Kaldırma kuvvetinin akışkan üzerinde etkili olan viskoz kuvvete olan oranını temsil eder ve aşağıda Denklem 2.9'da belirtildiği gibidir:

$$Gr = \frac{kaldırma\ kuvveti}{viskoz\ kuvvet} = \frac{g\ \Delta\rho\ V}{\rho\ v^2} = \frac{g\ \beta\ \Delta T\ V}{\rho\ v} \tag{2.9}$$

Kısaca şu şekilde de Denklem 2.10'daki gibi gösterilir:

$$Gr = \frac{g\ \beta (Ts - T\infty)\ \delta^3}{v^2} \tag{2.10}$$

- g = yer çekimi ivmesi (m/s^2)
- β = hacimsel genleşme katsayısı (1/K)
- δ = karakteristik geometri uzunluğu (m)
- v = akışkanın kinematik vizkozitesi (m^2/s)

Zorlanmış konveksiyonda Reynolds sayısının oynadığı rolü, doğal konveksiyonda Grashof sayısı oynar. Dikey plakalar için kritik Grashof sayısının 10^9 olduğu gözlemlenmiştir. Böylece, dikey bir plaka üzerindeki akış rejimi 10^9 'dan büyük Grashof sayısında türbülansa dönüşür.

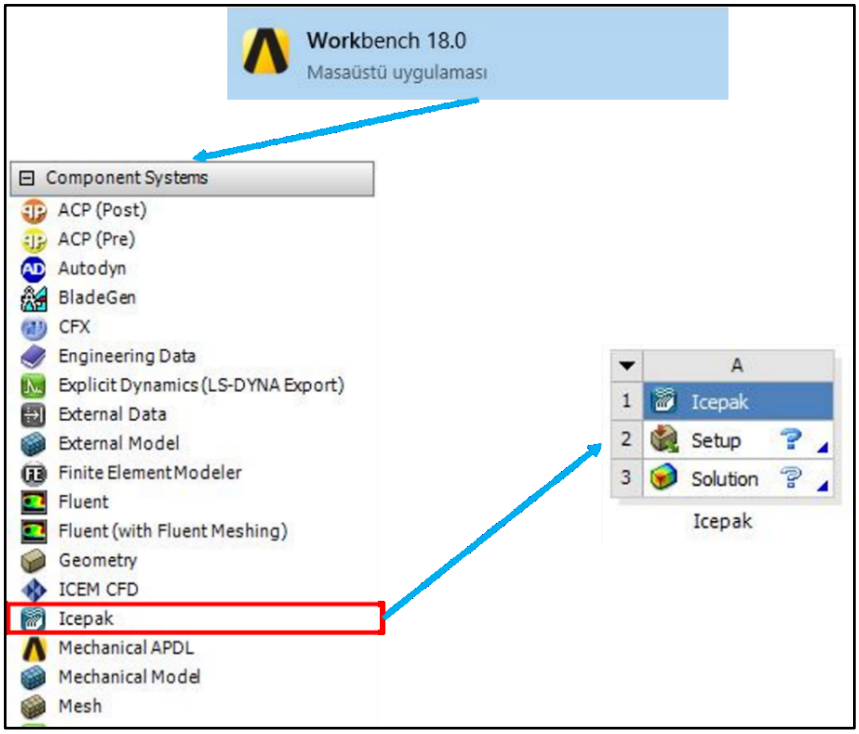
Doğal konveksiyonla ısı transferinde akış hızları genellikle küçük olduğundan, konveksiyonla ısı geçişi de yavaştır ve belki de bu nedenle, doğal koneksiyonla ısı geçişi az önemsenir. Oysa farklı yollarla ısı geçişinin olduğu birçok uygulamada, doğal konveksiyon ısı geçişine en büyük direnci oluşturur ve bu nedenle sistemin tasarımında veya performansında önemli rol oynar. Bundan dolayı devreler üzerinde hareket eden akışkan hızını artırarak yüksek ısı transfer katsayısı elde edilebilir [Web 5, 2018].

3. ÇÖZÜM METODU

Elektronik devrelerin termal analizlerini gerçekleştiren birçok ticari sonlu elemanlar programı bulunmaktadır [Web 5-9, 2018]. Bu programlar yardımı ile elektronik devrelerde oluşan ısının simülasyon ve analizi gerçekleştirilerek çok farklı çalışma koşulları altında performansları ele alınabilmektedir. Ayrıca bu analizlere parçalar içindeki ve arasındaki ısı iletimi, parçalar etrafındaki hava akışı ve bu havanın dışarıya nasıl verileceği dahil edilmektedir. Bu kısımda sonlu elemanlar analiz programı ANSYS alt modülü olan ve elektronik parçaların ısıl tasarımında stabil ve güçlü bir CFD yazılımı olan Icepak'te kabin ve elektronik komponentlerin nasıl modellendiği, kullanılan eleman tipi ve sınır şartları hakkında bilgi verilmektedir.

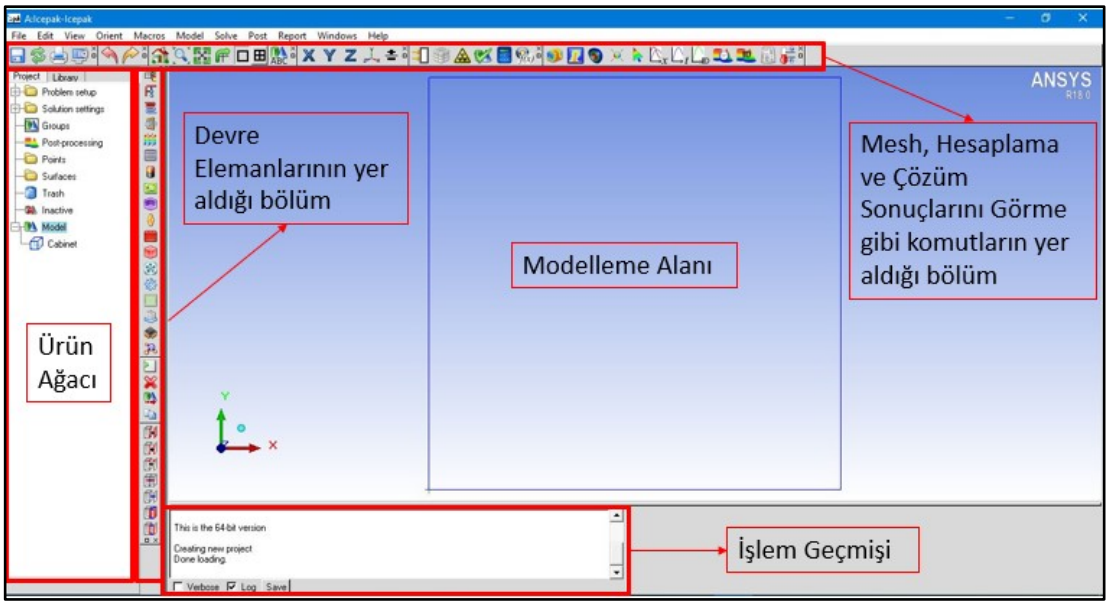
3.1. TV Kabini ve Elektronik Devrelerin ANSYS ile Modellenmesi

TV kabini ve elektronik devrelerin modellenmesi için Ansys yazılımının Icepak alt modülü kullanılmıştır. ANSYS yazılımı 18. sürümünün alt modülü olan Icepak, Şekil 3.1'de de gösterildiği gibi Ansys Workbench ortamından başlatılmaktadır.



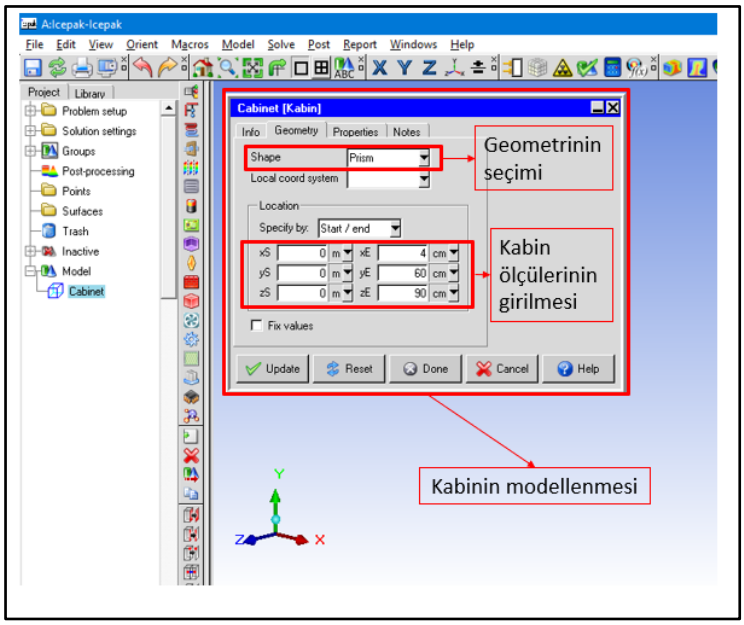
Şekil 3.1: Ansys Icepak alt modülünün başlatılması.

Icepak yazılımı basit ve kullanışlı arayüzü ile kullanıcıya çok pratik bir şekilde modelleme imkânı vermektedir. Şekil 3.2'de, Icepak alt modülünde modelleme için gerekli araçlar ve menülerin tanıtımı gösterilmektedir.



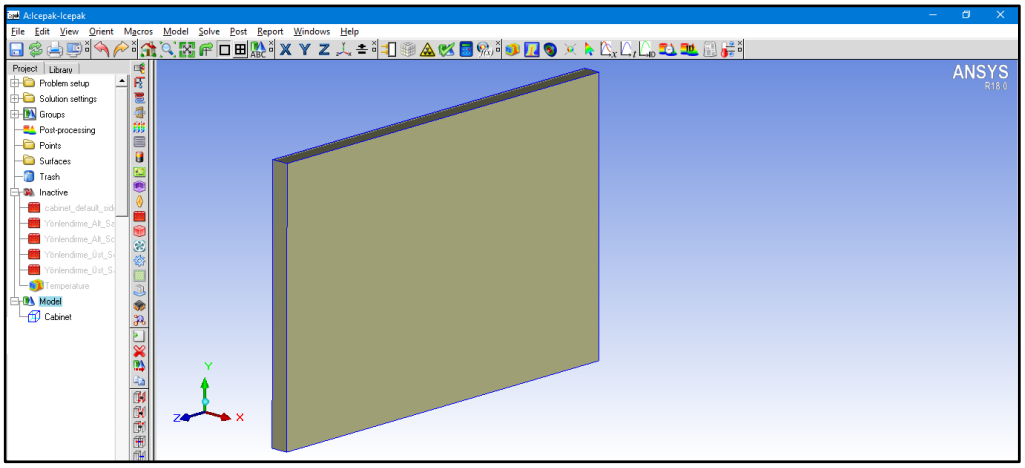
Şekil 3.2: Icepak arayüzü.

Icepak'te, kabin ve elektronik devreler, 3 boyutlu olarak modellenmektedir. Şekil 3.3'te gösterildiği gibi öncelikle bir kabin oluşturularak bu kabinin sınırları içinde elektronik komponentlerin tek tek eklenmesi ile modelleme yapılmaktadır.



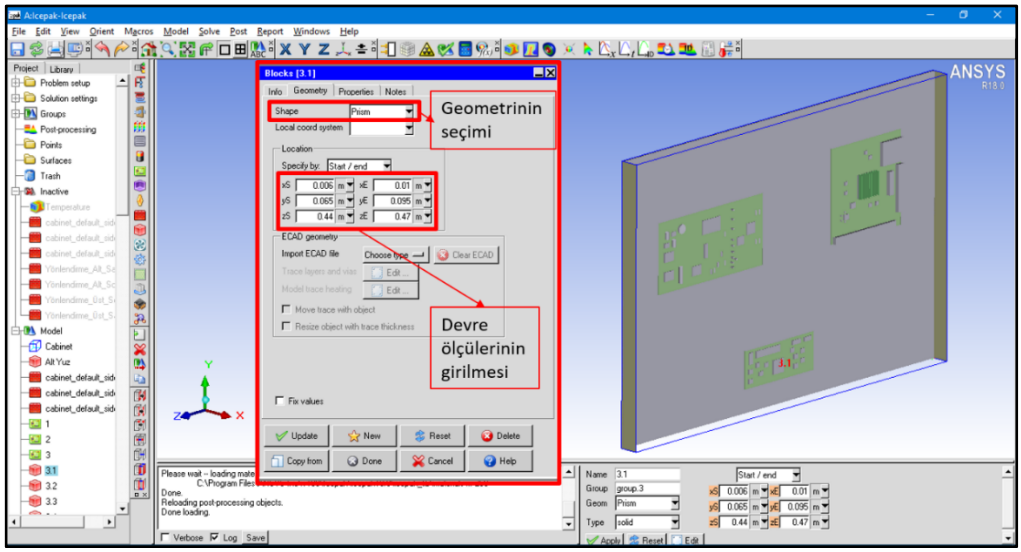
Şekil 3.3: Kabin katı modelleme.

Tez çalışmasında, prototip olarak 90x60x4 cm ebatlarında, GRUNDIG marka 43GFER9 modelindeki TV kabini üzerinden alınan ölçüler birebir olarak kullanılmıştır. Alınan bu ölçüler ANSYS yazılımı üzerinde modellenerek aşağıda Şekil 3.4'deki gibi bir kabin oluşturulmuştur.



Şekil 3.4: Modellemesi yapılan kabin.

Prototip TV elektronik devreleri, 3 grup elektronik paket (anakart, güç sağlayıcı ünite ve görüntü işleme kartı) üzerinden değerlendirilmiştir. Yazılım üzerinde yapılan modelleme de 3 ayrı devre kartı olarak tasarlanmış ve her bir devre kartı üzerinde yer alan elektronik komponentlerin tasarımı gerçekte olduğu gibi modellenmiştir. Şekil 3.5'te gösterildiği gibi devre kartlarının fiziksel boyutları girilerek devre elemanları tek tek kabin üzerinde bulunan yerlerine konumlandırılmıştır.



Şekil 3.5: Modellemesi yapılan elektronik devre kartları.

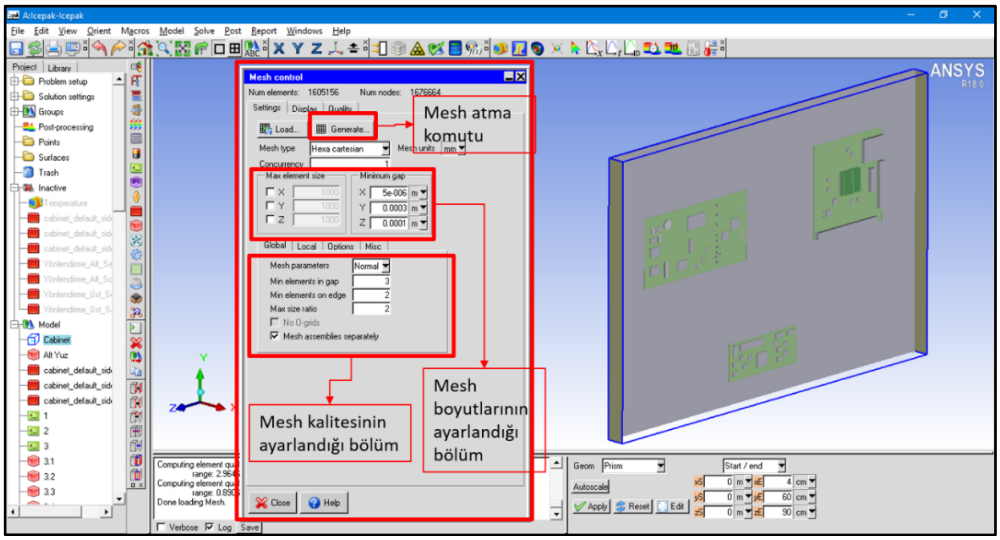
3 adet baskılı devre kartı (PCB), 61 adet elektronik devre bloğu ve 1 adet ısı değiştiricisi olmak üzere toplamda 65 komponentin 3 boyutlu modellemesi gerçekleştirilmiştir. Sistemde kullanılan komponentlerin isim ve adet bilgileri Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Tablo 3.1: Sistemde kullanılan komponentler ve miktarları.

Tanım	Adet
Blok (Block)	66
Baskılı Devre Kartı (PCB)	3
Isı Dağıtıcı (Heat Sink)	1
Açıklık (Grille)	2
Duvar (Wall)	8

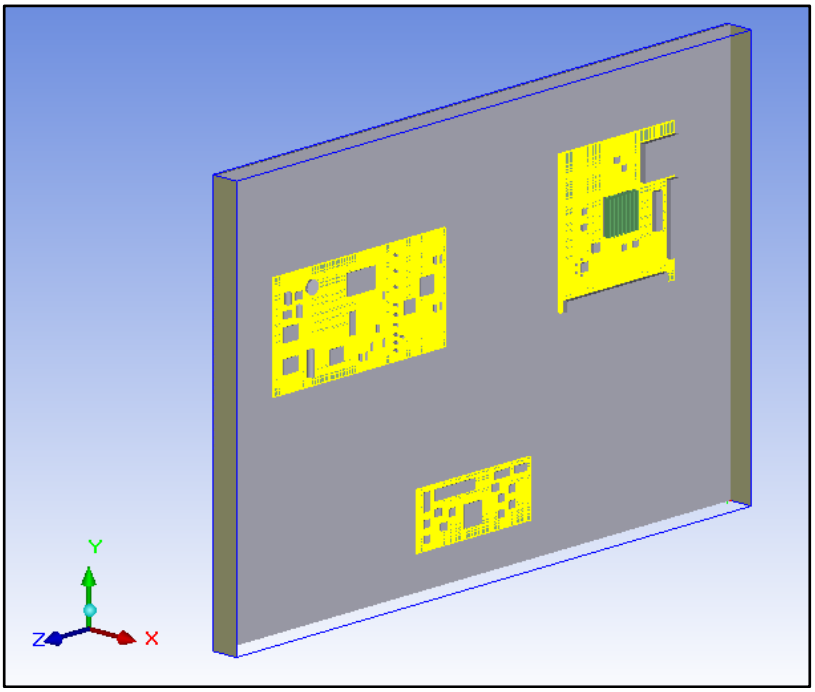
3.2. Hesaplama Ağının (Mesh) Oluşturulması

Kabin ve elektronik devrelerin 3 boyutlu katı modellemesi sonrası sonlu elemanlar analizi için hesaplama ağının oluşturulması gerekmektedir. Bunun için Icepak kullanıcılarına basit bir arayüz sağlayarak çok kısa bir sürede yapılarının ağ modelini oluşturma imkânı sağlamaktadır. Şekil 3.6'da ağ modellemesinin ayarlarının yapıldığı kullanıcı ara yüzü verilmiştir.

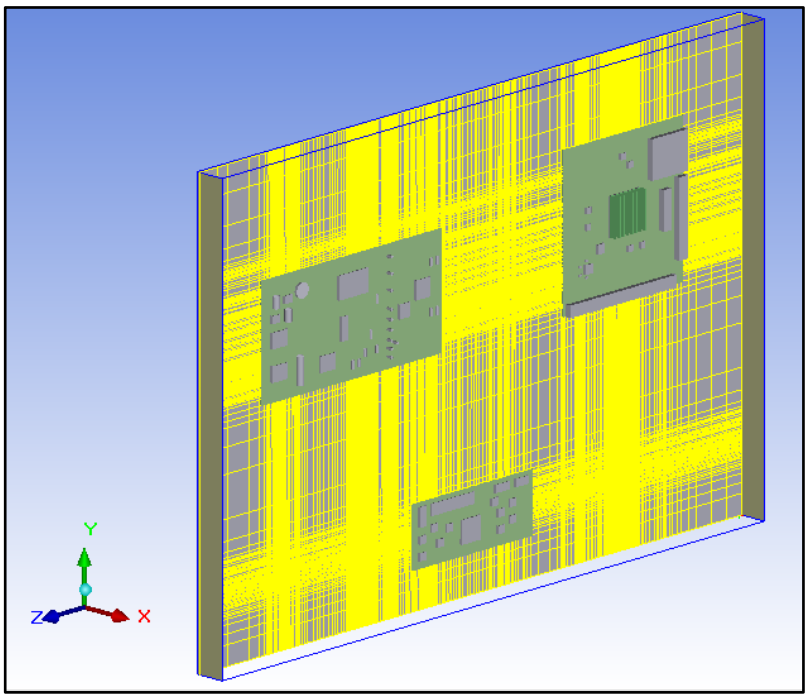


Şekil 3.6: Ağ modeli oluşturma.

Analizlerde hegza kartezyen ağ modeli, dar kesitler ile silindir ve küre gibi karmaşık objelerin yer aldığı alanlarda diğer modlara göre çok daha iyi bir sonuç verdiği için kullanılmıştır. Devre kartları ağ modeli Şekil 3.7'de, TV kabin ağ modeli ise Şekil 3.8'de gösterilmektedir.

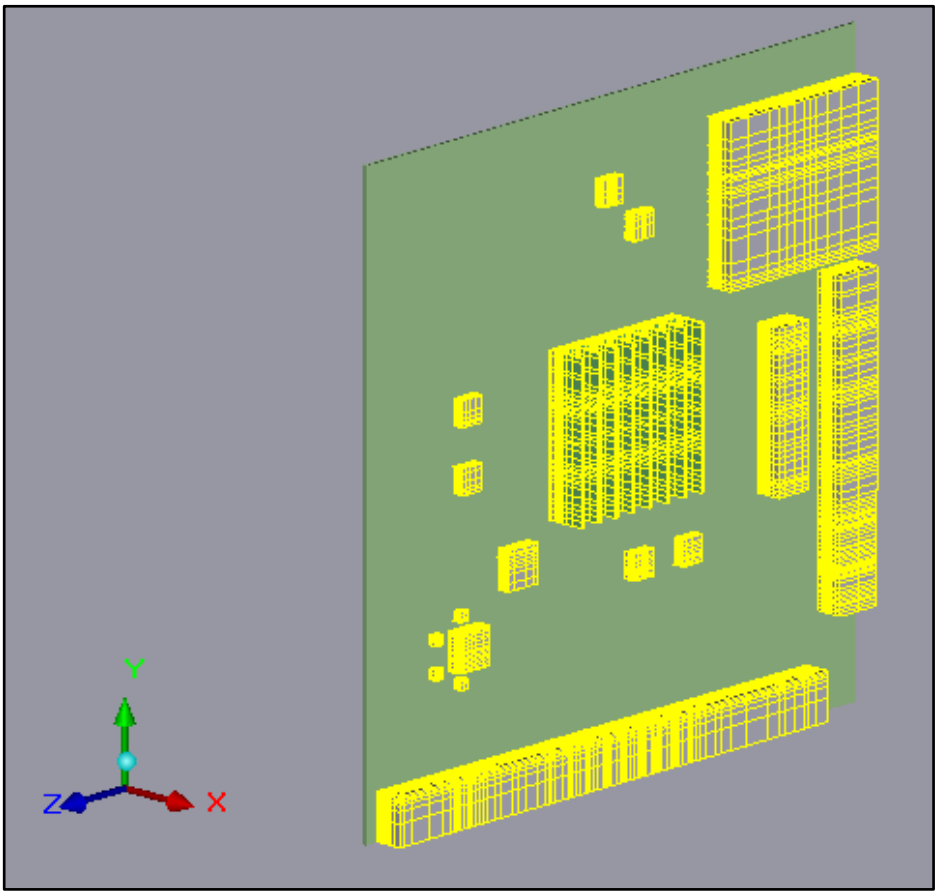


Şekil 3.7: Devre kartları ağ modeli.



Şekil 3.8: TV arka zemin ağ modeli.

Güç Sağlama Ünitesi devre elemanlarının ağ modeli Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9: Güç sağlama ünitesi devre elemanlarının ağ modeli.

Ağ modelinin kalitesini belirlemek yüz hizalama (face alignment), hacim (volume) ve çarpıklık (skewness) olmak üzere 3 adet parametreden faydalanılmıştır.

Yüz hizalama, yüzler arasındaki konum vektörü ile iki bitişik eleman arasındaki vektörün çarpımı olarak tanımlanmaktadır. 1 değeri yazılıma göre en ideal değer olarak kabul edilmektedir. 0,05 değerinden küçük değerler programda hataya neden olmakta ve düzeltilmesi gerekmektedir.

Hacim, sistemde yer alan en düşük hacimli elemanın hangi değerde olduğunu göstermektedir.

Çarpıklık, mevcut tasarımda yer alan yüz ya da hücrenin ideale ne kadar yakın oluğunu göstermektedir. 1 değeri yazılıma göre en ideal değer olarak kabul edilmektedir. 0,5 değerinden küçük değerlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu değerler ve olması gereken aralıkları Tablo 3.2'de yer almaktadır.

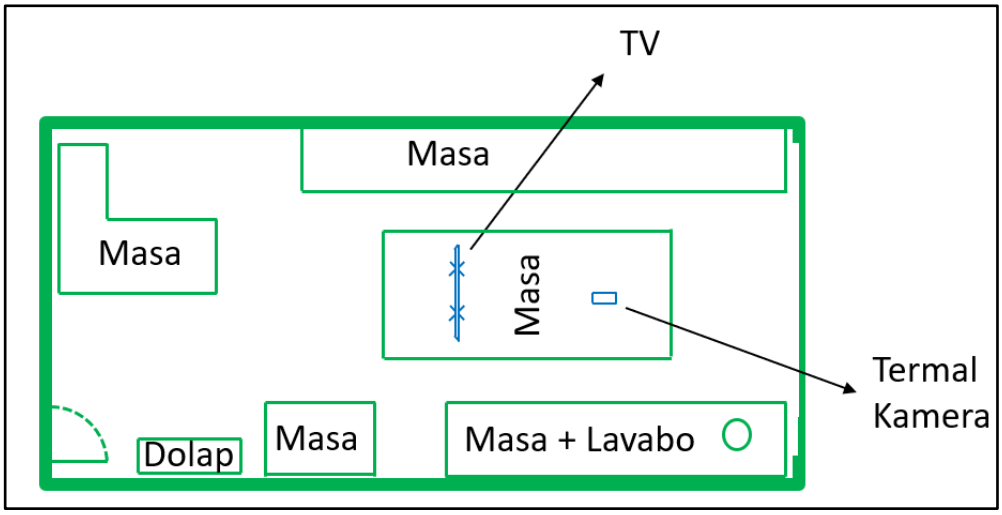
Tablo 3.2: Ağ model kalitesini belirleyen parametreler.

Özellik	**Olması Gereken Değer**	**Elde Edilen Değer**
Yüz Hizalama	0,05 < x < 1	0,890693
Hacim (m^3)	x < 1,32563e-005	2,96469e-012 m^3
Çarpıklık	0,5 < x < 1	0,704897

Yukarıdaki değerlerden de görüldüğü üzere yapılan kalite kontrolü sonrası oluşturulan ağ modelinin yazılımın sağladığı güvenli değerler arasında olduğu görülmüştür.

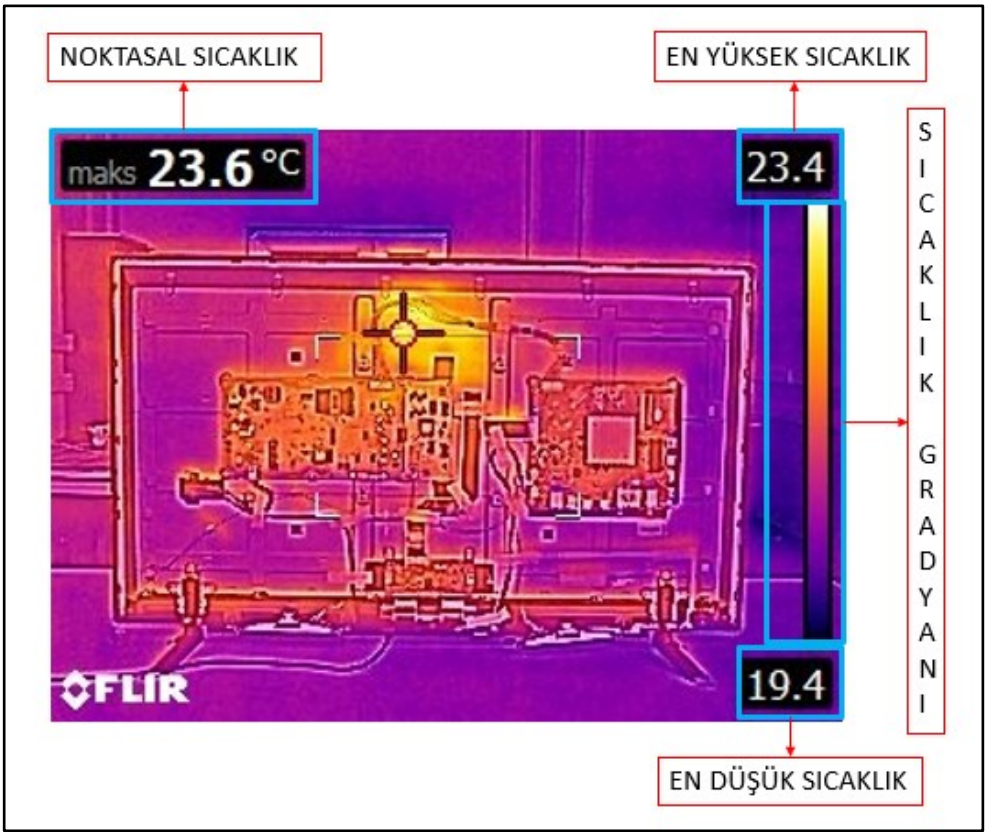
3.3. Elektronik Devre Isı Değerlerinin Tanımlanması

ANSYS CFD analizlerinde kullanılmak üzere parametrik girdi değerleri TV kabin üzerinden deneysel olarak alınmıştır. Simülasyon ve analize geçmeden önce ağ yapısı oluşturulan sistemde yer alan elektronik devreler için sıcaklık değeri oluşturacak watt cinsinden değerlerin belirlenmesi gereklidir. Watt değerlerinin belirlenmesinde termal kamera ile TV üzerinden alınan sıcaklık değerleri kullanılmıştır. FLIR marka termal kameranın, E6 modeli kullanılarak alınmış olan 320x240 piksel çözünürlükteki termal görüntüler belirli zaman aralıklarında ve kamera Tv panel arası 2 metre mesafe esas alınarak sıcaklık dağılımları elde edilmişlerdir. Mesafenin 2 m olması TV arka panel çerçevesini ekrana sığdırmak için amaçlanmıştır. Ölçüm yapılan laboratuvarın en, boy ve yükseklik ölçüleri 5x10x4 m olup TV, bu odanın yaklaşık olarak orta noktasında yer almaktadır. Odanın bir cephesinde pencereler olup bu pençeler çift cam özelliğindedir. Deneyler, Ekim-Kasım-Aralık aylarında gerçekleştirilmiş olup TV'nin bulunduğu ortam sıcaklığı 22°C sabit tutularak yapılmıştır. Odanın krokisi Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



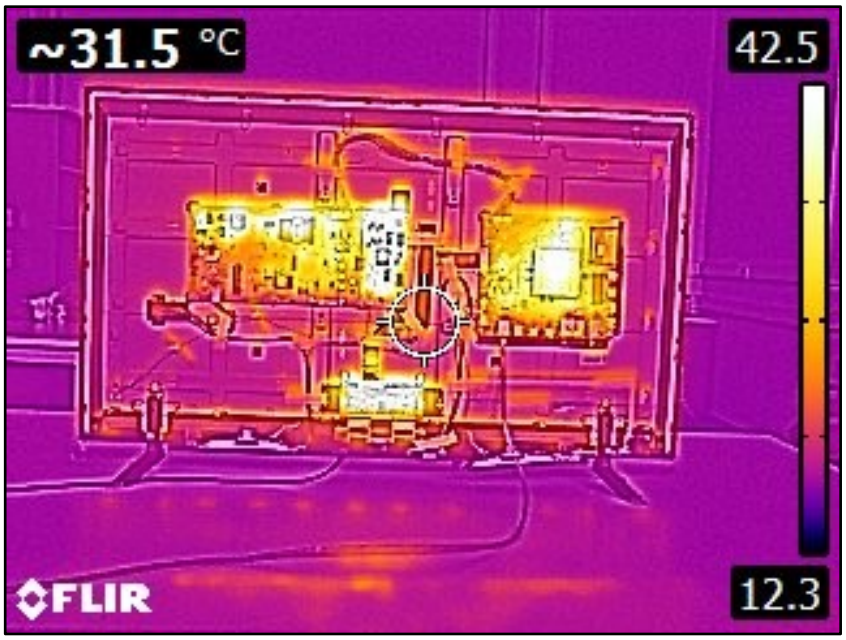
Şekil 3.10: Deney yapılan odanın krokisi.

TV çalıştırılmadan önce, devre kartlarının sıcaklık dağılım termal kamera görüntüleri Şekil 3.11'deki gibi elde edilmiştir.



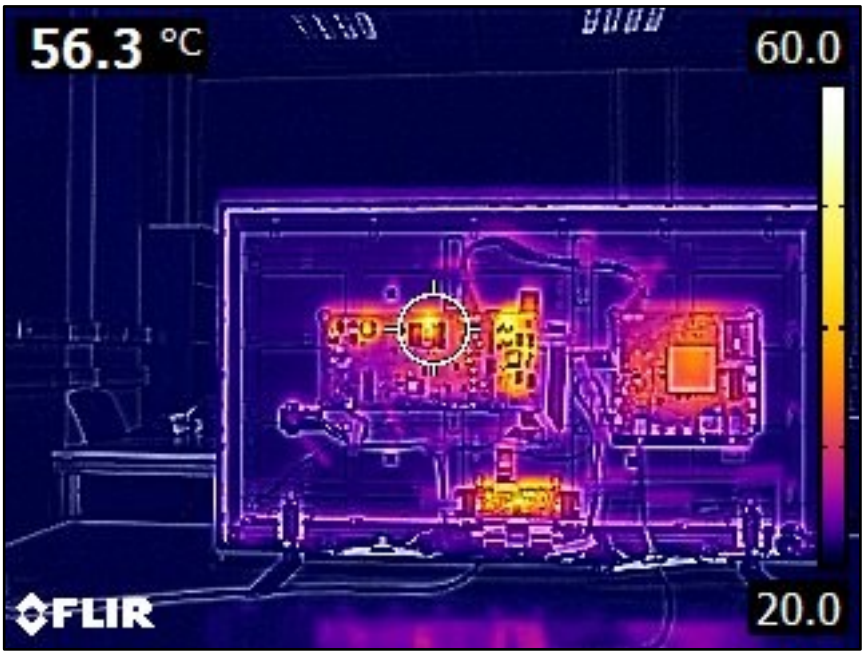
Şekil 3.11: TV çalışmadan önce alınan sıcaklık değerleri.

TV çalıştıktan kısa bir süre sonra devreler üzerindeki sıcaklığın hızlı bir şekilde arttığı Şekil 3.12'de görülmektedir. Görselden de görüldüğü üzere 10 dakika sonra sıcaklık 42,5 °C değerine yükselmiştir.



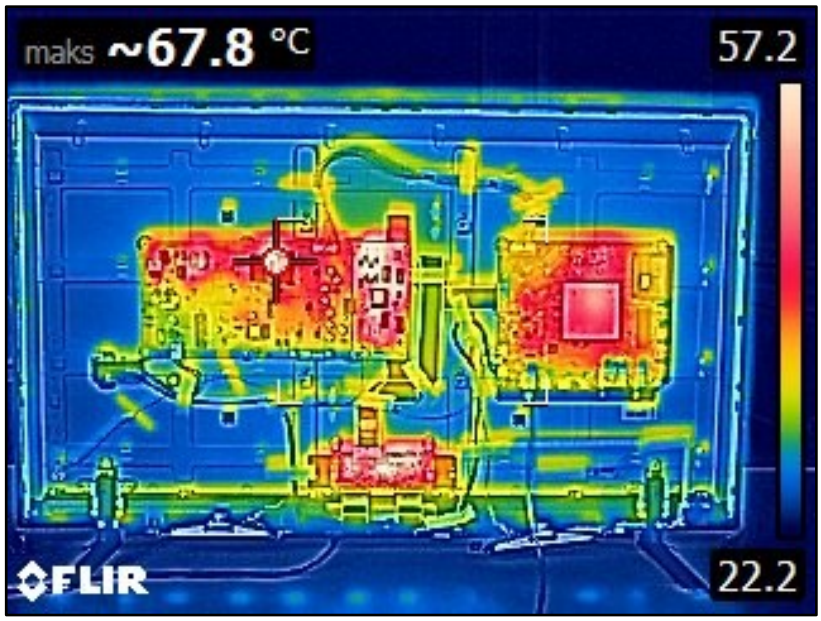
Şekil 3.12: TV çalıştıktan 10 dakika sonra alınan ısıl bilgi.

Şekil 3.13'deki görselden de görüldüğü üzere 30 dakika sonra sıcaklık 60 °C 'ye yükselmiştir.



Şekil 3.13: TV çalıştıktan 30 dakika sonra alınan sıcaklık değerleri.

TV'nin, çalışmaya başladıktan 4 saat sonra rejime girerek devreler üzerinde oluşan sıcaklıklar aşağıdaki gibi olmaktadır. TV'nin genel termal görüntüsü Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.14: TV rejime girdikten sonraki durum.

Ana kart sıcaklık görüntüsü Şekil 3.15'te verilmiştir.

Şekil 3.15: Anakart sıcaklık durumu.

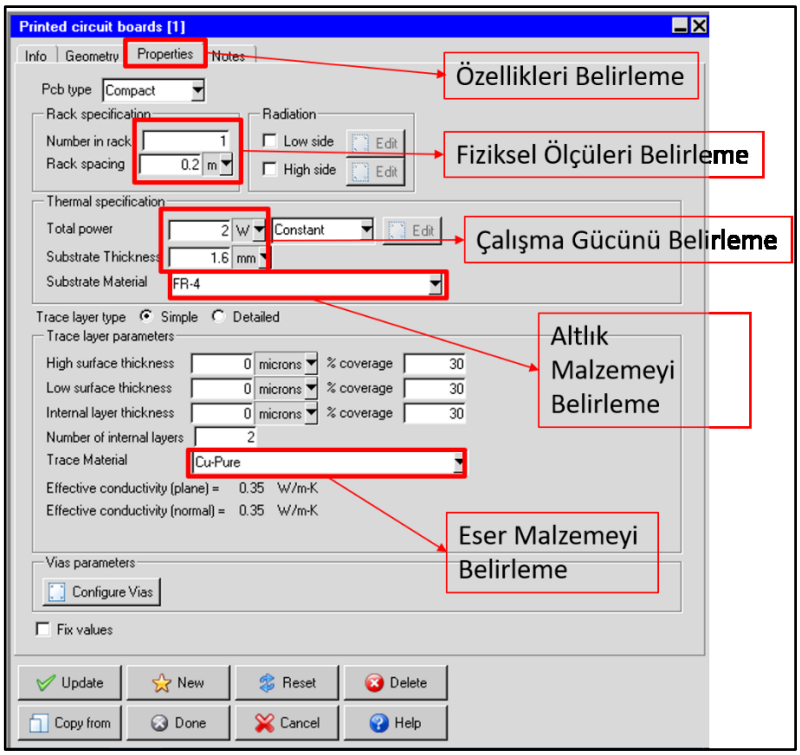
Güç sağlama ünitesi sıcaklık görüntüsü Şekil 3.16'da verilmiştir.

Şekil 3.16: Güç sağlama ünitesi sıcaklık durumu.

Görüntü işleme kartı sıcaklık durumu Şekil 3.17'de verilmiştir.

Şekil 3.17: Görüntü işleme kartı sıcaklık durumu.

Yazılım ara yüzünde termal kameradan elde edilen sıcaklık verileri Icepak programı ara yüzünde Şekil 3.18'de de gösterildiği şekilde giriş verisi olarak kullanılmıştır.



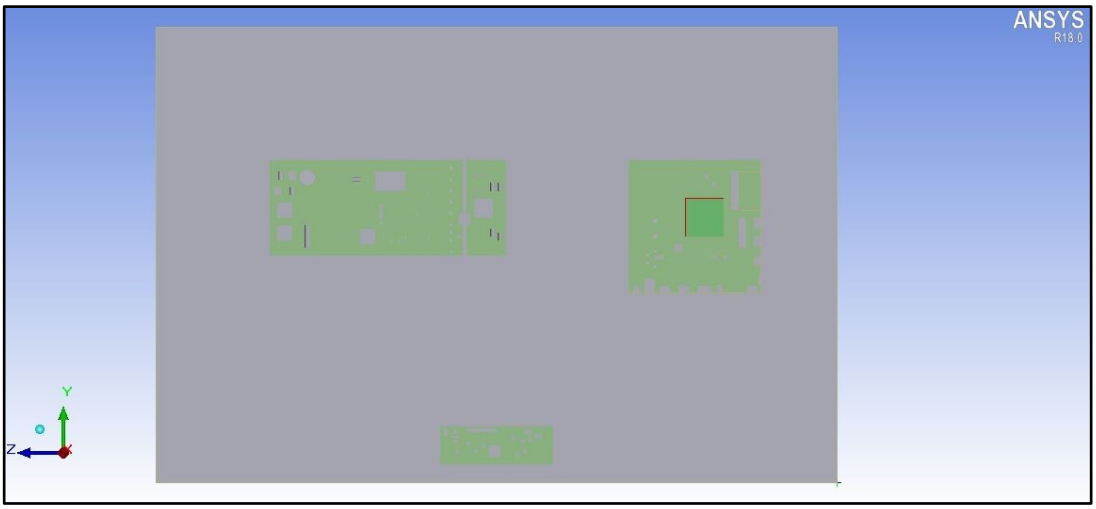
Şekil 3.18: Isıl özelliklerin devrelere tanımlandığı yazılım ara yüzü.

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen ANSYS analiz çalışmaları yapılmıştır. Yapılan analiz çalışmalarındaki farklı senaryolar aşağıda başlıkları halinde verilmiştir.

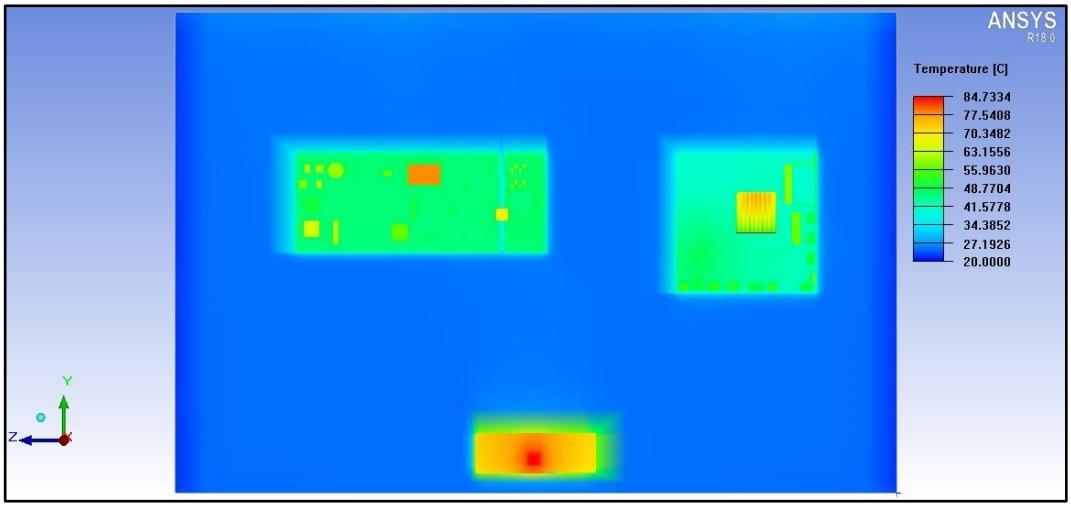
4.1. Devre Kartlarının Orijinal Konumunda Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo

Ansys Icepak yazılımı üzerinde oluşturulan TV kabini ve elektronik devrelerin oluşturduğu sıcaklık değerleri, termal kameradan elde edilen sıcaklık değerlerini sağladıktan sonra analiz çalışmaları başlatılmıştır. İlk olarak TV elektronik devreleri orijinal konumunda ve soğutma için gerekli hava delikleri kapalı olduğu andaki ısının yoğunlaştığı bölgeler ve hız ve sıcaklık vektörlerinin analizi yapılmıştır. Devrelerin konumları Şekil 4.1'de verilmiştir.



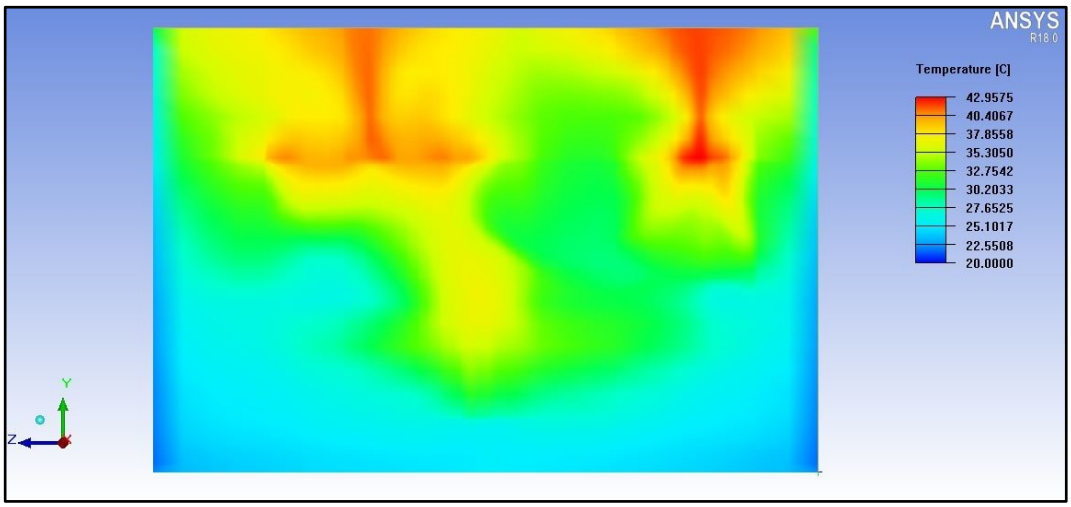
Şekil 4.1: TV devre kartlarının orijinal konumları.

Devrelerin yüzey sıcaklıkları Şekil 4.2'de görülmektedir. Bu durumda devre yüzey sıcaklıklarının maksimum olduğu değer 84,73 °C olarak Ansys programında analiz edilmiştir. Bu yüksek sıcaklık, TV'nin alt bölümünde yer alan ve görüntü işleme kartı olarak adlandırılan devre kartında meydana gelmiştir.



Şekil 4.2: Devre kartlarının yüzey sıcaklıkları.

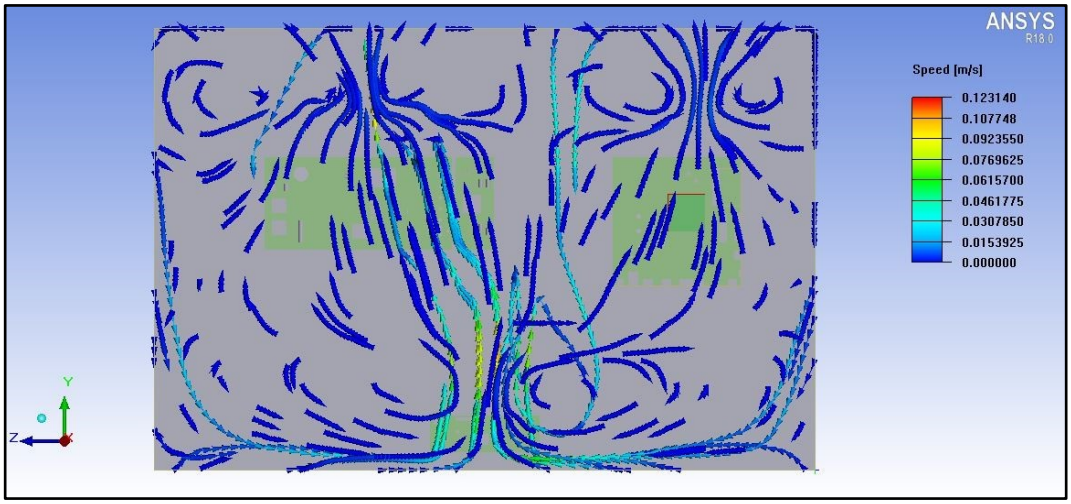
3 devre kartı da orijinal konumlarında çalıştıklarında analiz sonucunda elde edilen ısının biriktiği bölgeler Şekil 4.3'te verilmiştir. Buna göre 42,95 °C lik bir sıcaklığın TV arka kabini içinde homojen olmayan bir şekilde hapsolduğu görülmektedir.



Şekil 4.3: TV kabininde ısının biriktiği bölgelerin konveksiyon ısı akış haritası.

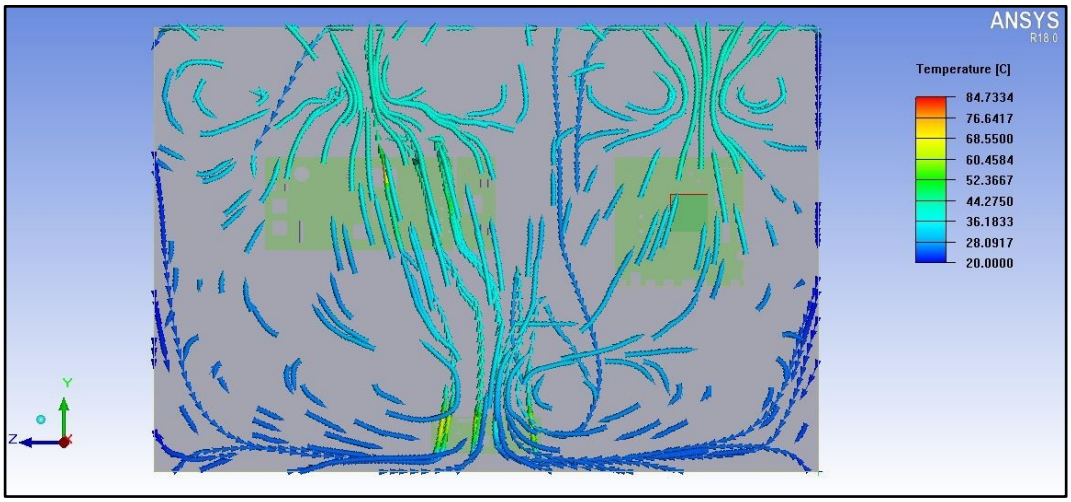
Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.4'te verilmiştir. Hava akışı hız vektörlerine bakıldığında doğal taşınım hava hızının maksimum 0.123 m/s olduğu görülmektedir. Hız vektörlerinin doğrultuları incelendiğinde ısınan bölgeler, yoğunluk farkından dolayı alt bölgeden gelen havayı kendi üzerlerine çekmektedir. Ancak bu şekilde verimli bir soğutma yapılamadığı görülmektedir. Özellikle TV alt yarısında yer alan

görüntü işleme kartının üzerinden geçen hava akım vektörleri düz olarak yukarıya çıkmayıp sağa ve sola ayrılarak üst devre kartlarına yöneldiği görülmektedir.



Şekil 4.4: Hava akımının hız vektörleri.

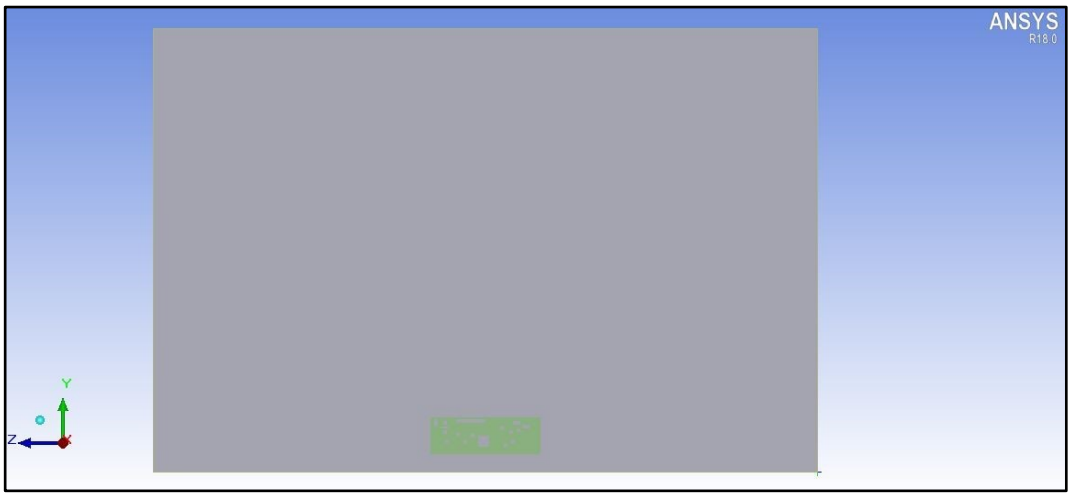
Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, alt bölümde ısınan havanın yükselerek sağa ve sola ayrıldığı görülmektedir.



Şekil 4.5: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

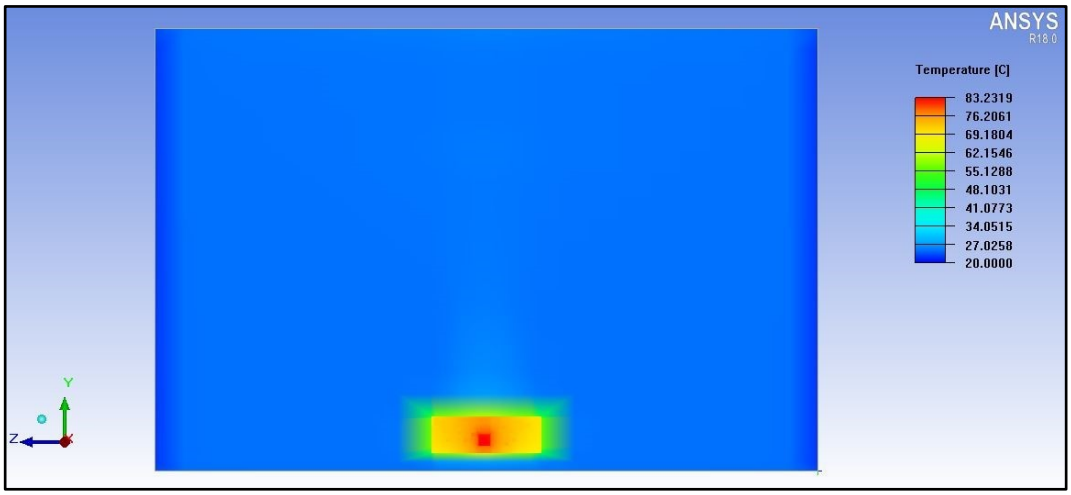
4.2. Yalnızca Görüntü İşleme Kartının Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo

Bu durumda, elektronik devrelerden en çok ısı üreten görüntü işleme kartının tek olarak çalışma şartları altında analizi yapılmıştır. Devrenin konumu Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



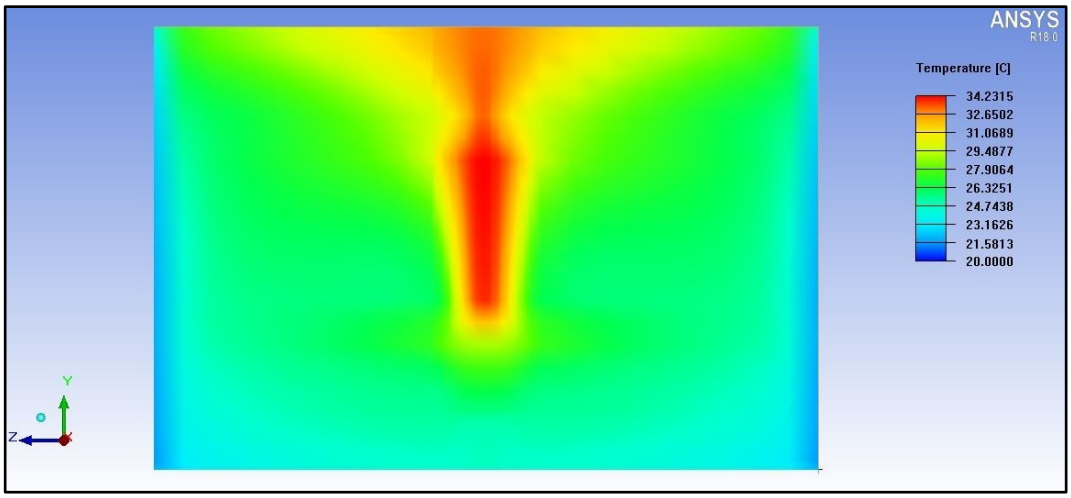
Şekil 4.6: Görüntü işleme kartının konumu.

Görüntü işleme kartının yüzey sıcaklığı Şekil 4.7'de verilmiştir. Beklendiği üzere devre yüzey sıcaklığının maksimum olduğu değer 83,23 °C olarak Ansys programında analiz edilmiştir.



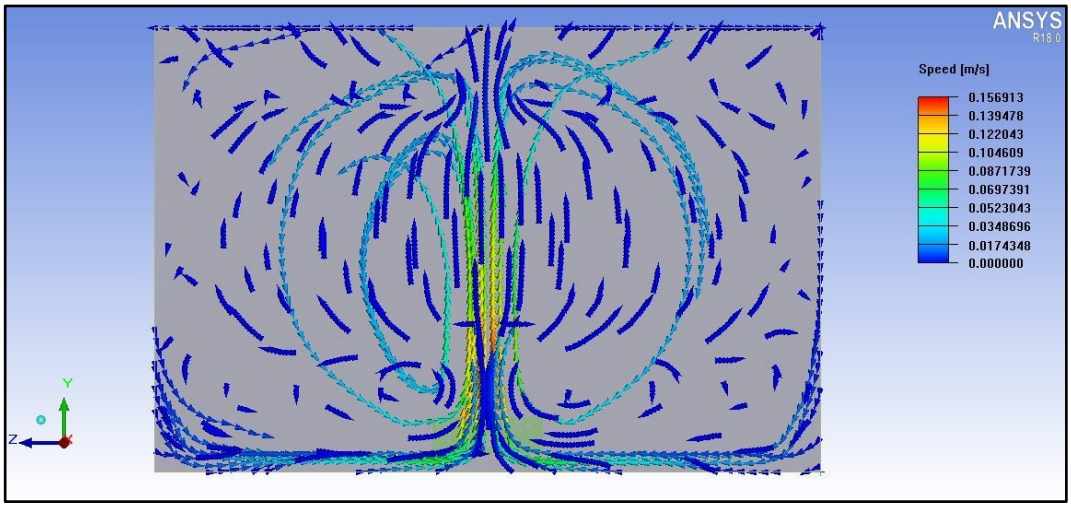
Şekil 4.7: Görüntü işleme kartının yüzey sıcaklığı.

Yalnızca görüntü işleme kartı orijinal konumunda çalıştığında ısının biriktiği bölgeler Şekil 4.8'de verilmiştir. Buna göre maksimum 34,23 °C lik bir sıcaklığın TV içinde homojen olmayan bir şekilde hapsolduğu görülmektedir.



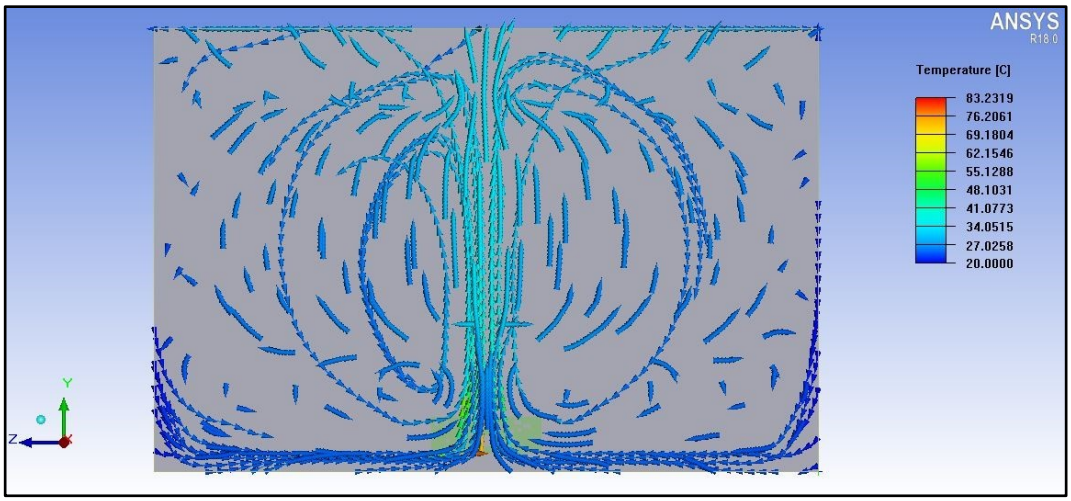
Şekil 4.8: Yalnızca görüntü işleme kartından oluşan ısının birikme bölgesi.

Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Hız ve sıcaklık vektörlerinden de görüldüğü üzere tek devre çalışması sonucunda oluşan ısı devre kartının hemen en üst konumunda maksimum hıza ulaşıyor ve bir boğaz oluşturarak hava akımının 0,1589 m/s hıza ulaşmasını sağladığı görülmektedir. Ayrıca bu sistemde hava akışını sağa ve sola ayıracak herhangi bir ısı kaynağı olmadığından hız vektörlerin dorudan dikey olarak TV üst bölgesine hareket etmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9: Hava akımının hız vektörleri.

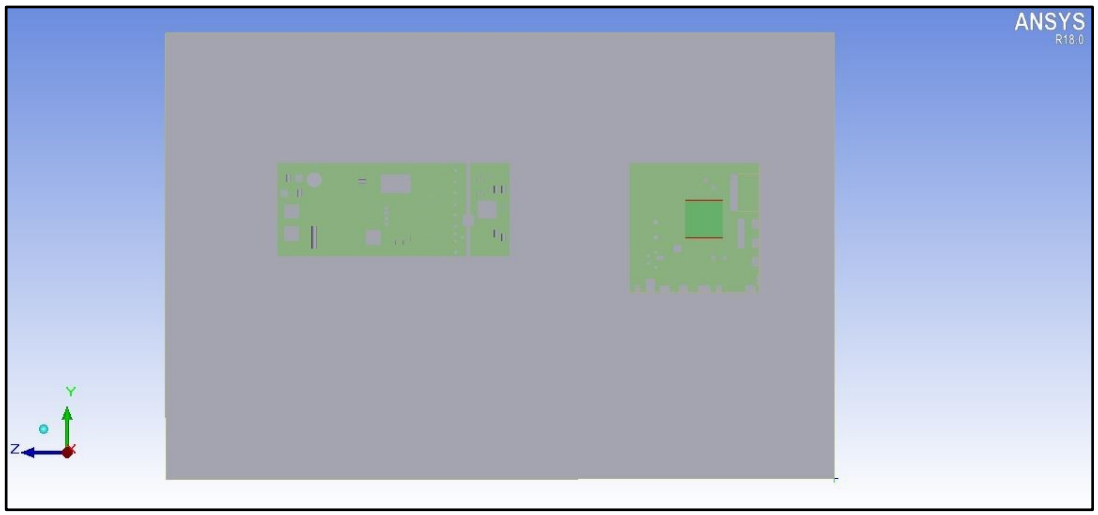
Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, alt bölümde ısınan havanın doğrudan dikey olarak yükseldiği görülmektedir.



Şekil 4.10: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

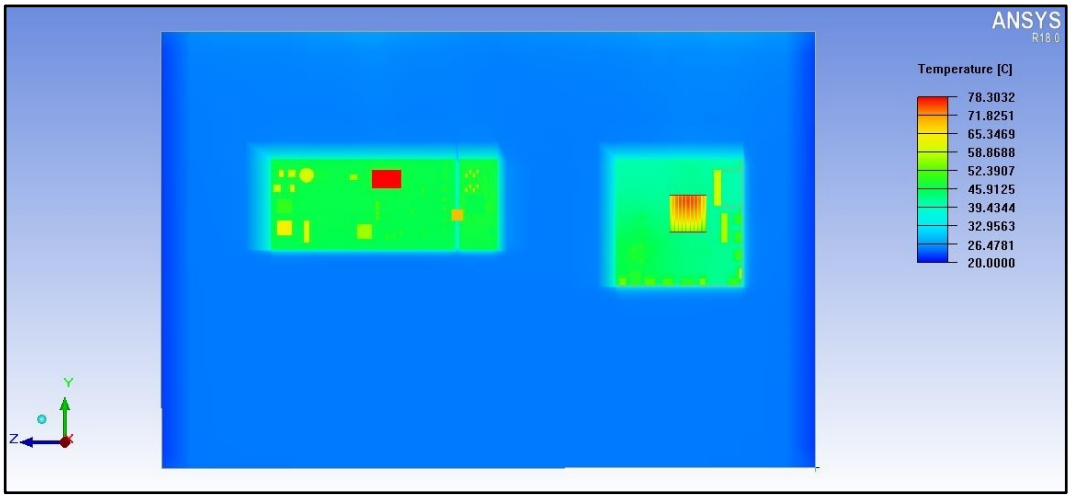
4.3. Anakart ve Güç Sağlama Ünitesi'nin Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo

Bu kısımda anakart ve güç sağlama ünitesi devre paketlerinin TV çalışırken olan performansları incelenmiştir. En çok ısı üreten, görüntü işleme kartı olmadığında, devrelerin konumu Şekil 4.11'de verilmiştir.



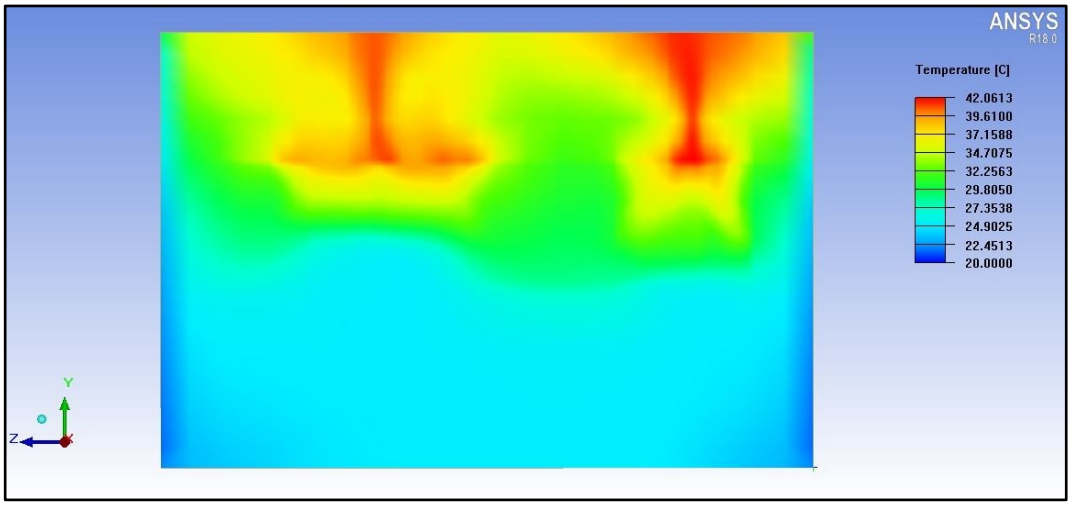
Şekil 4.11: Anakart ve güç sağlama ünitesinin konumları.

Devrelerin yüzey sıcaklığı Şekil 4.12'de gösterilmektedir. Devre yüzey sıcaklıklarının maksimum olduğu değer 78,30 °C olarak analiz edilmiştir. Buna göre sistemde en çok ısınan görüntü işleme kartı olmadığında yapılan analiz sonucunda bu sefer en çok ısınan devre kartı anakart olmuştur.



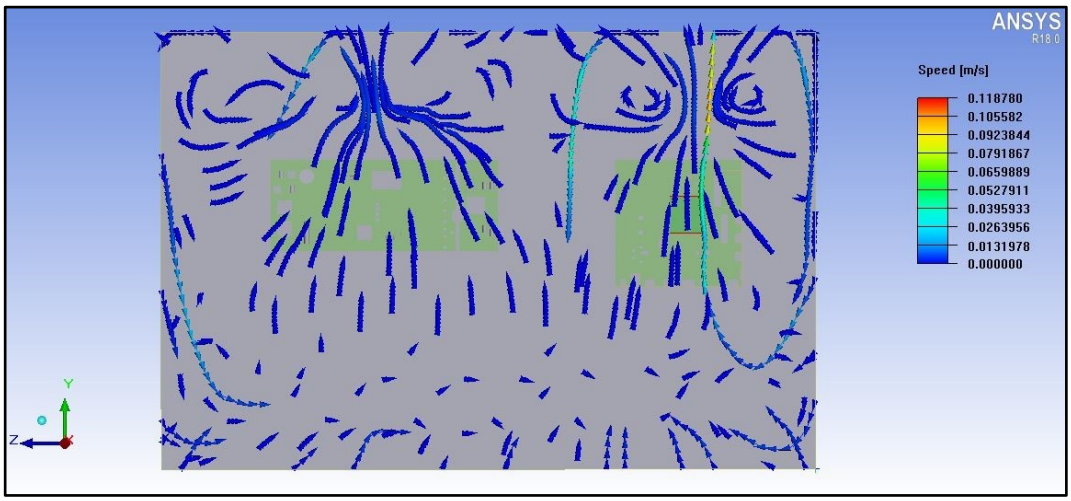
Şekil 4.12: Anakart ve güç sağlama ünitesinin yüzey sıcaklığı.

Anakart ve güç sağlama ünitesi devre kartları orijinal konumunda çalıştığında ısının biriktiği bölgeler Şekil 4.13'te gösterilmektedir. Buna göre 42,06 °C lik bir sıcaklığın TV içinde homojen olmayan bir şekilde hapsolduğu görülmektedir. Isının biriktiği bölgenin, sistemde en fazla ısınan ana kartın üzerinde oluşması beklenirken güç sağlama ünitesinde yer alan kanatçıklar sayesinde ısı bu bölgeden daha fazla transfer edilmiş ve birikme anakartın üzerindeki bölgede meydana gelmiştir.



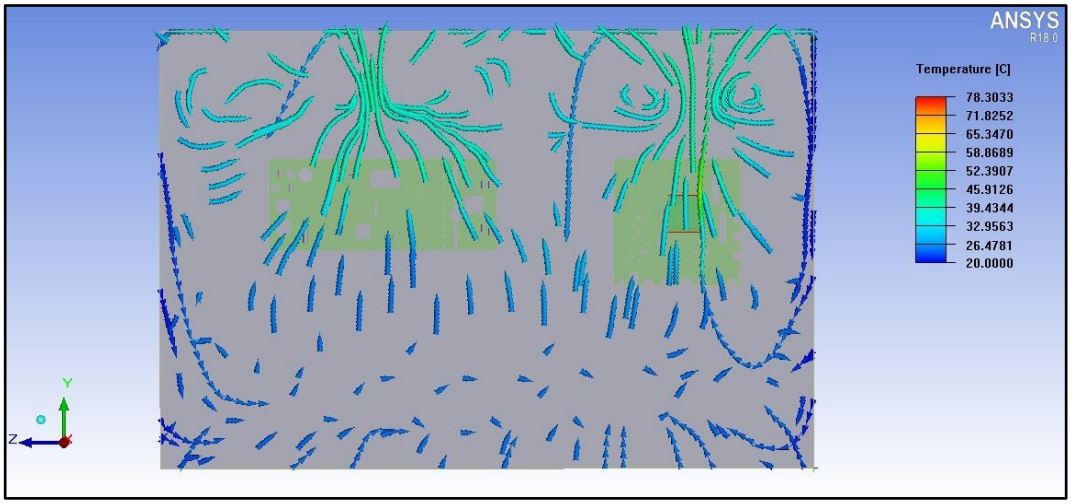
Şekil 4.13: Anakart ve güç sağlama ünitesinden oluşan ısının birikme bölgesi.

Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.14'de verilmiştir. Hız vektörlerinden de görüldüğü üzere anakart ve güç sağlama ünitesi devre paketlerinin çalışması sonucunda oluşan ısı, devre kartının en üst noktada yer almasından dolayı hızlanması için gerekli mesafenin olmamasına ve bu yüzden hava akımının 0,1187 m/s hızda kalmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.14: Hava akımının hız vektörleri.

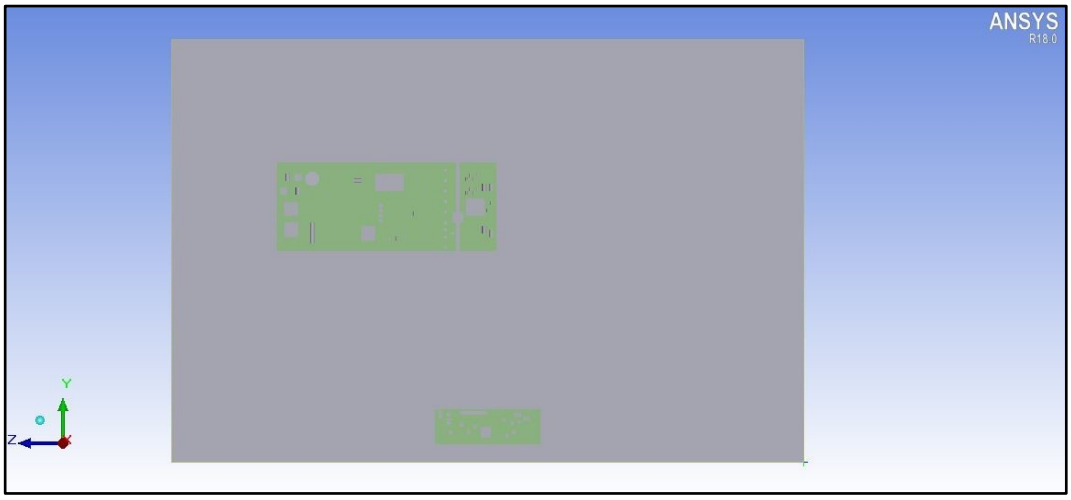
Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.15'te verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, alt bölümde ısınan havanın doğrudan dikey olarak yükseldiği görülmektedir.



Şekil 4.15: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

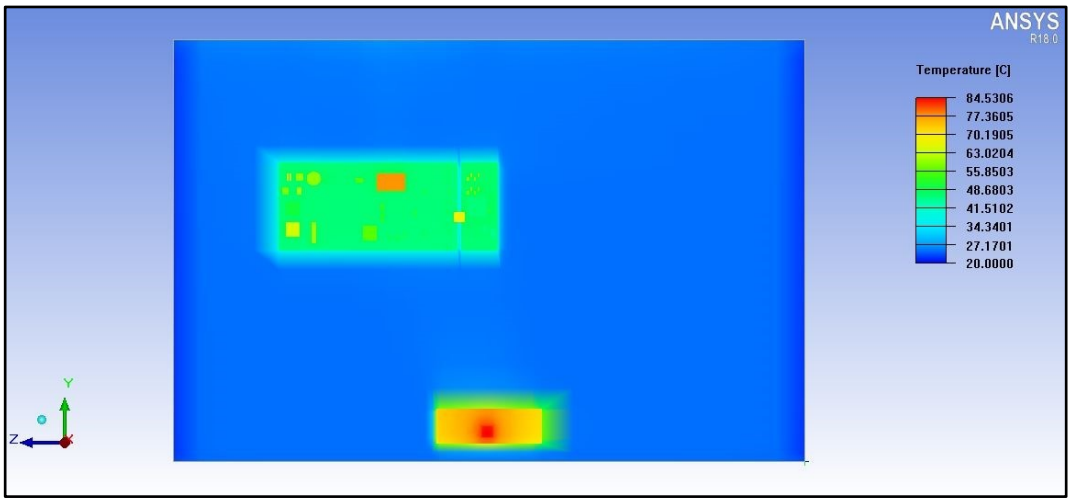
4.4. Anakart ve Görüntü İşleme Kartının Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo

Bu kısımda anakart ve görüntü işleme kartının TV çalışırken olan performansları incelenmiştir. Güç sağlama ünitesi olmadığında, devrelerin konumu Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



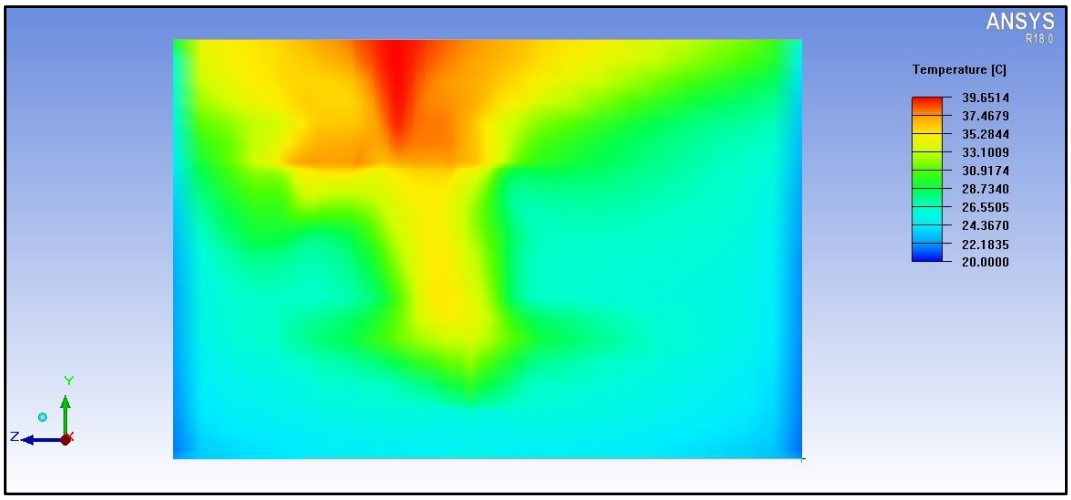
Şekil 4.16: Anakart ve görüntü işleme kartı konumları.

Devrelerin yüzey sıcaklığı Şekil 4.17'de verilmiştir. Devre yüzey sıcaklıklarının maksimum olduğu değer görüntü işleme kartı üzerinde 84,53 °C olarak Ansys programında analiz edilmiştir.



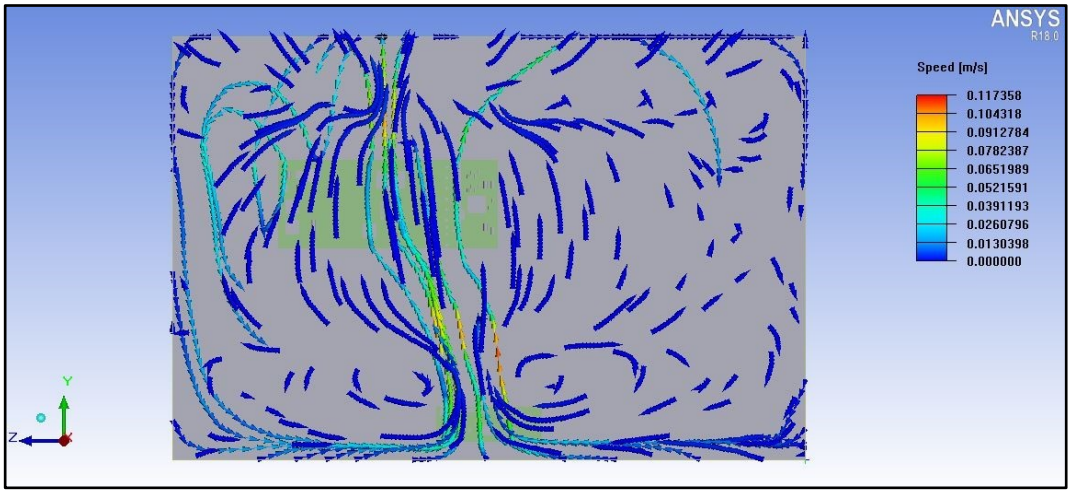
Şekil 4.17: Anakart ve görüntü işleme kartı yüzey sıcaklığı.

Yalnızca anakart ve görüntü işleme kartı orijinal konumunda çalıştığında ısının biriktiği bölgeler Şekil 4.18'de verilmiştir. Buna göre 39,65 °C lik bir sıcaklığın TV içinde homojen olmayan bir şekilde hapsolduğu görülmektedir.



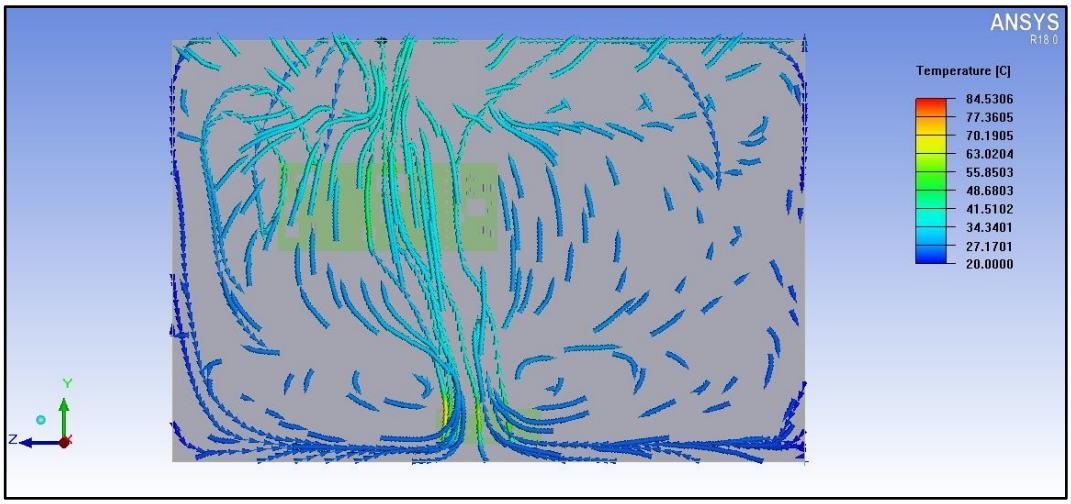
Şekil 4.18: Anakart ve görüntü işleme kartından oluşan ısının birikme bölgesi.

Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.19'da verilmiştir. Hız vektörlerinden de görüldüğü üzere anakart ve görüntü işleme kartının çalışması sonucunda oluşan ısı, görüntü işleme kartı üzerinden geçerek anakarta doğru yöneliyor. Dolayısıyla anakarta ortam havası doğrudan ulaşamıyor. Hava akımına bakıldığında, maksimum hava akış hızının 0,1173 m/s olduğu görülmektedir.



Şekil 4.19: Hava akımının hız vektörleri.

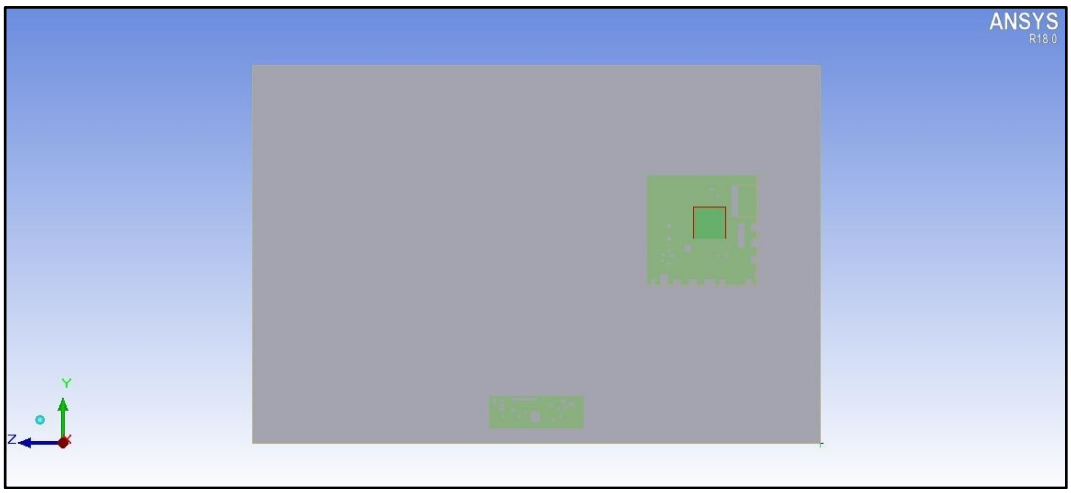
Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.20'de verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, alt bölümde ısınan havanın anakarta doğru yönlenerek anakartın üzerinden geçtiği görülmektedir.



Şekil 4.20: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

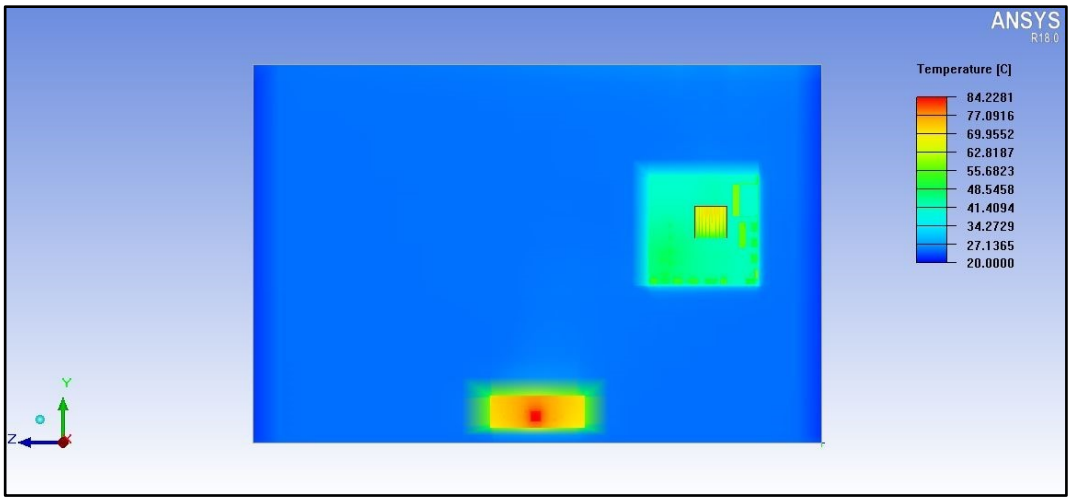
4.5. Güç Sağlama Ünitesi ve Görüntü İşleme Kartının Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Kapalı Olduğu Senaryo

Bu kısımda güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartının TV çalışırken olan performansları incelenmiştir. Anakart olmadığında, devrelerin konumu Şekil 4.21'de gösterilmektedir.



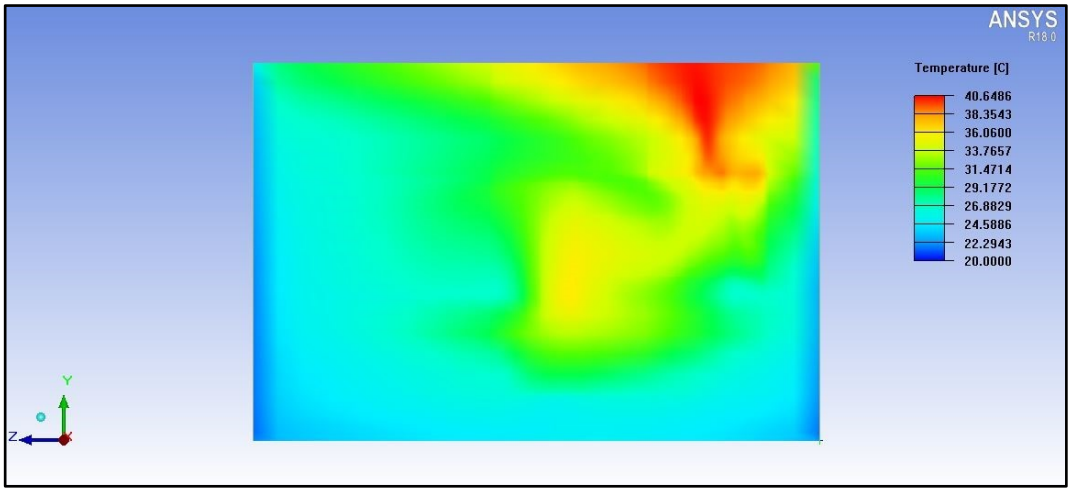
Şekil 4.21: Güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartı konumları.

Devrelerin yüzey sıcaklıkları Şekil 4.22'de verilmiştir. Devre yüzey sıcaklıklarının maksimum olduğu değer 84,22 °C olarak Ansys programında analiz edilmiştir.



Şekil 4.22: Güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartının yüzey sıcaklığı.

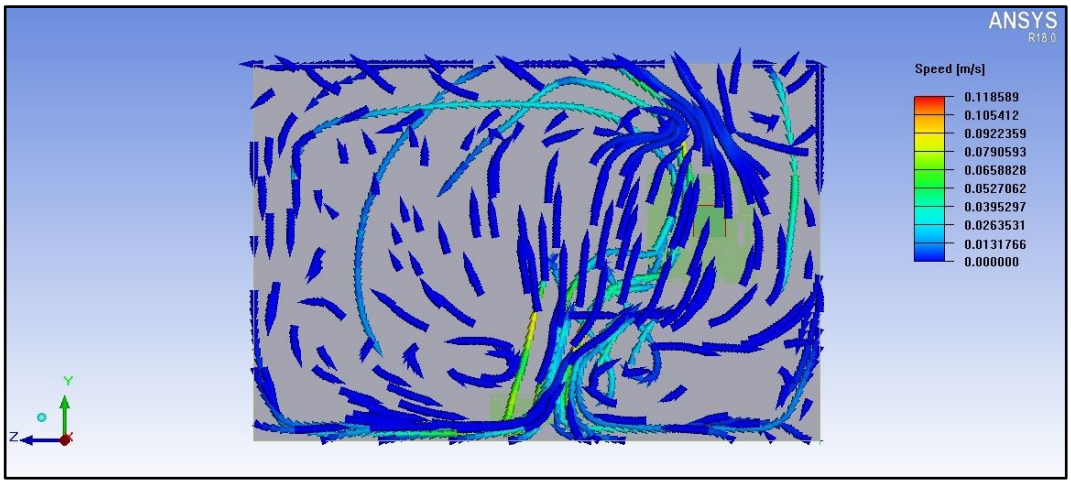
Yalnızca güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartı orijinal konumunda çalıştığında ısının biriktiği bölgeler Şekil 4.23'te verilmiştir. Buna göre 40,64 °C lik bir sıcaklığın TV içinde homojen olmayan bir şekilde hapsolduğu görülmektedir.



Şekil 4.23: Güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartından oluşan ısının birikme bölgesi.

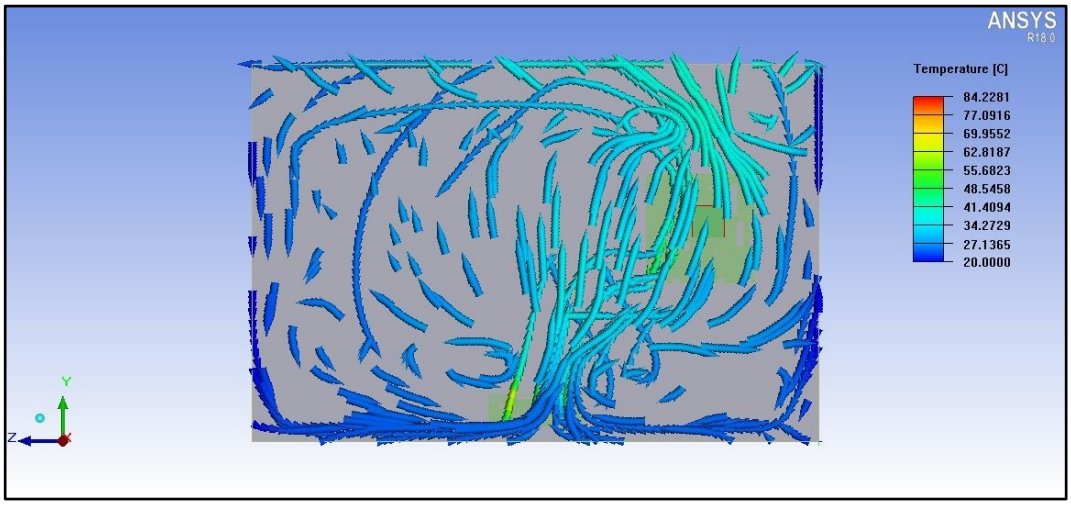
Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.24'te verilmiştir. Hız ve sıcaklık vektörlerinden de görüldüğü üzere güç sağlama ünitesi ve görüntü işleme kartının çalışması sonucunda oluşan ısı, görüntü işleme kartının üzerinden geçerek güç

sağlama ünitesine doğru yöneliyor. Dolayısıyla güç sağlama ünitesine ortam havası doğrudan ulaşamıyor ve ısınma problemi oluşuyor. Hava akımına bakıldığında, maksimum hava hızının 0,1185 m/s olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24: Hava akımının hız vektörleri.

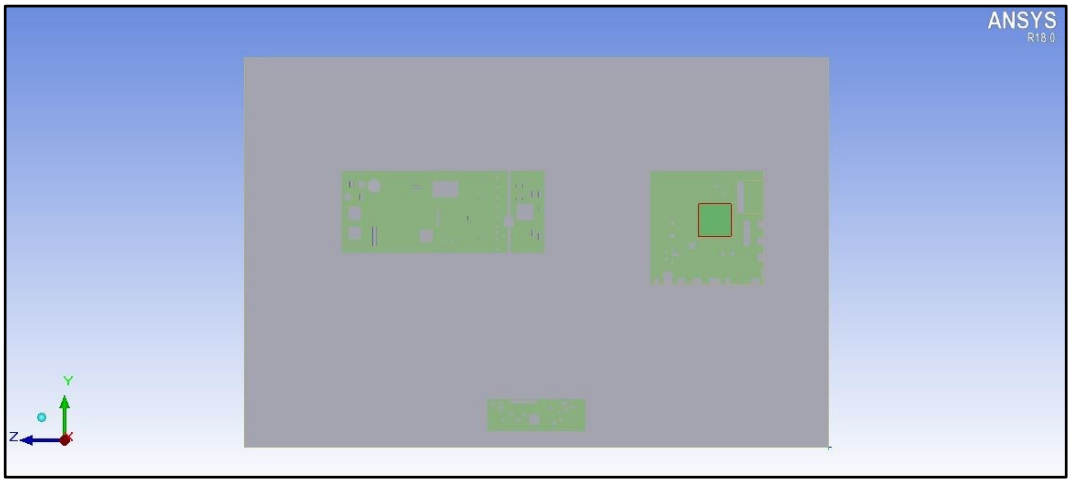
Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.25'te verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, alt bölümde ısınan havanın güç sağlama ünitesine doğru yönlenerek üzerinden geçtiği görülmektedir.



Şekil 4.25: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

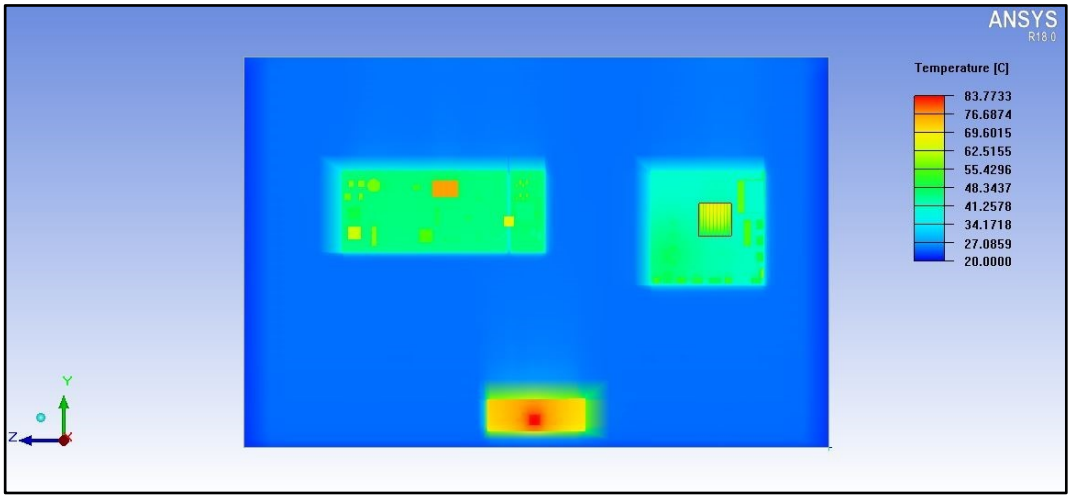
4.6. Devre Kartlarının Orijinal Konumunda Yer Aldığı ve Hava Deliklerinin Açık Olduğu Senaryo

TV elektronik devreleri orijinal konumunda olduğunda ve soğutma için gerekli hava delikleri açık olduğu andaki ısının toplandığı bölgeler ile hız ve sıcaklık vektörlerinin analizi yapılmıştır. Devrelerin konumları Şekil 4.26'da gösterilmektedir.



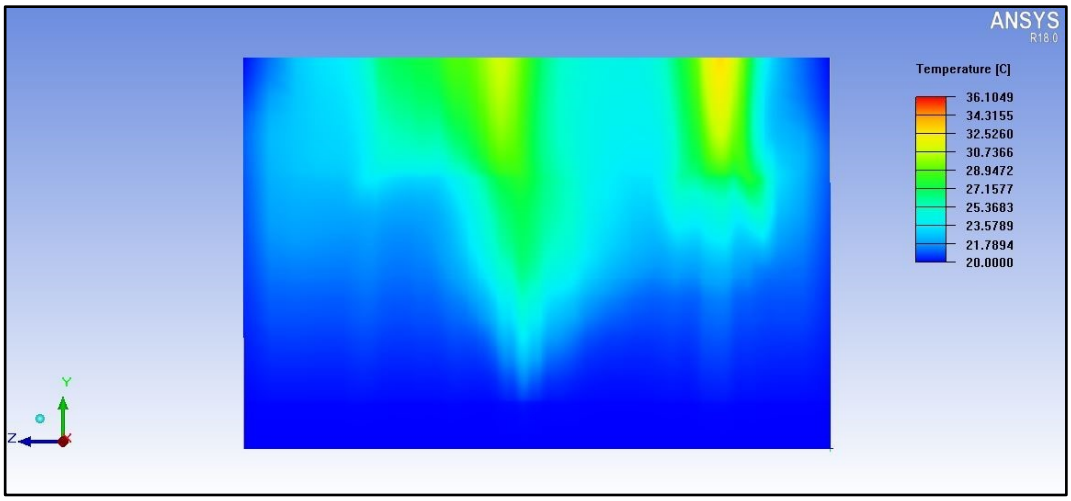
Şekil 4.26: TV devre kartlarının orijinal konumları.

Devrelerin yüzey sıcaklıkları Şekil 4.27'de verilmiştir. Devre yüzey sıcaklıklarının maksimum olduğu değer 83,77 °C olarak Ansys programında analiz edilmiştir.



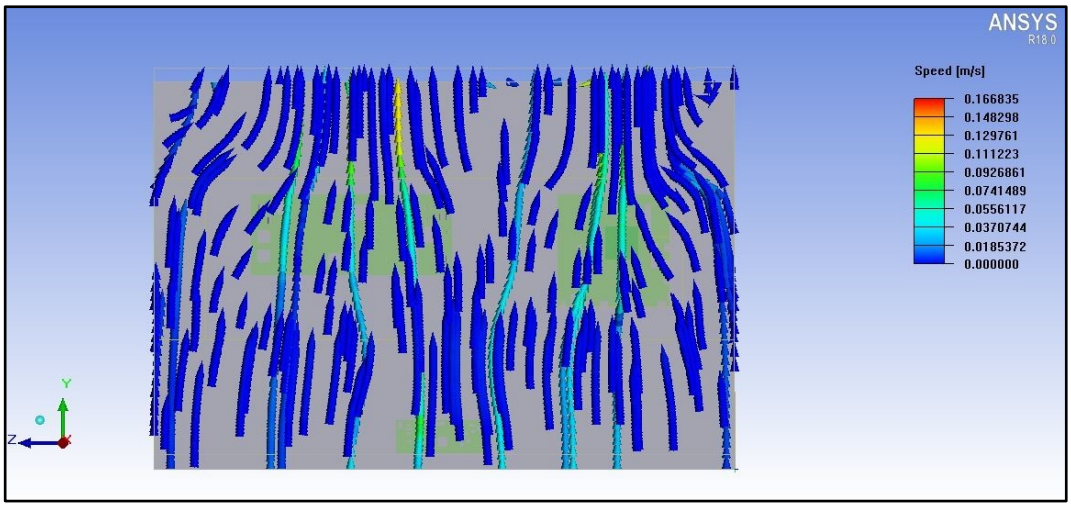
Şekil 4.27: Devre kartlarının yüzey sıcaklıkları.

3 devre kartı da orijinal konumlarında çalıştıklarında TV arka kabinindeki havanın sıcaklık değerleri Şekil 4.28'de verilmiştir. Buna göre 36,10 °C lik bir sıcaklığın TV arka kabininde homojen olmayan bir şekilde hapsolduğu görülmektedir.



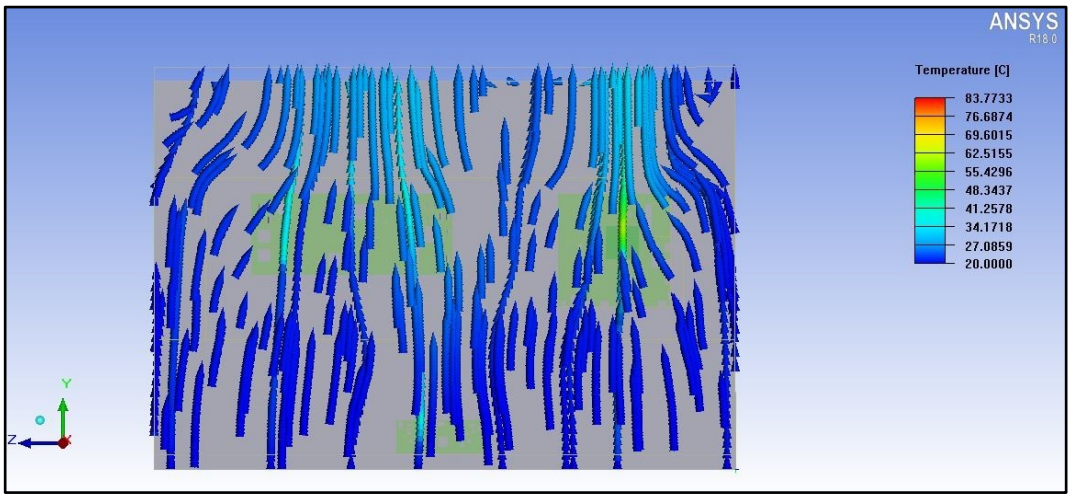
Şekil 4.28: TV kabininde ısının biriktiği bölgeler.

Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.29'da verilmiştir. Hava akışı hız vektörlerine bakıldığında doğal taşınım hava hızının maksimum 0.166 m/s olduğu görülmektedir. Hız vektörlerinin doğrultuları incelendiğinde ısınan bölgeler, yoğunluk farkından dolayı alt bölgeden gelen ve alt devre üzerinden geçen ısınmış havayı kendi üzerlerine çekmektedir. Ancak bu şekilde verimli bir soğutma yapılamadığı görülmektedir.



Şekil 4.29: Hava akımının hız vektörleri.

Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.30'da verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, alt bölümde ısınan havanın anakart ve güç sağlama ünitesine doğru yönlenerek üzerinden geçtiği görülmektedir.



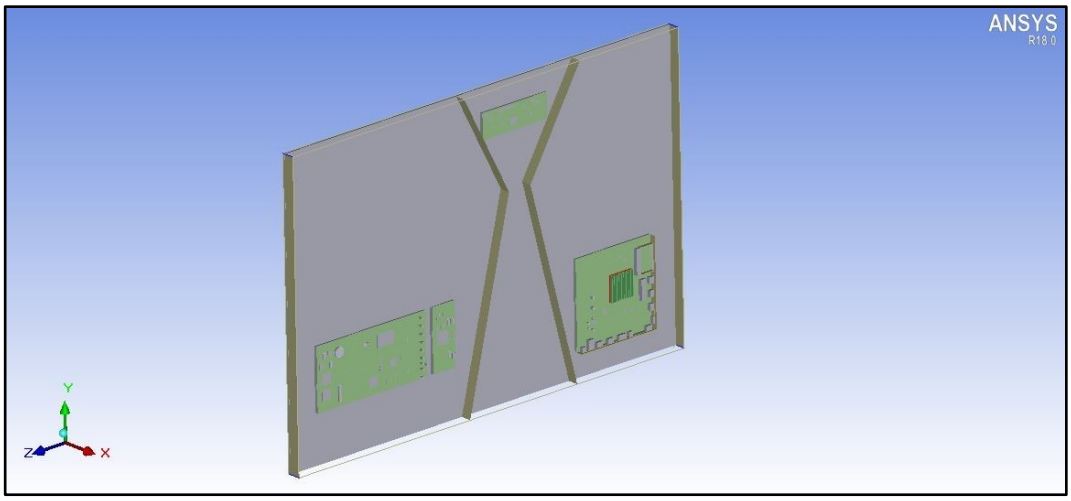
Şekil 4.30: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

4.7. Geliştirilen Kanal Tasarımı ve Devrelerin Optimize Edilmiş Yeni Konumu ile Hava Deliklerinin Açık Olduğu Senaryo

TV mevcut durumunun analizleri yapılmış olup sonuç olarak en fazla ısınan devre olan görüntü işleme kartının, TV'nin en alt bölümünde bulunmasından dolayı üst bölüme gidecek olan hava akımını üzerine çekerek bu havaya ısısının bir kısmını vermekte ve üstteki devreler için etkin bir soğutma yapılamadığı görülmektedir. Etkin olarak soğutulamayan bu devreler TV içerisinde ısı birikmesinin en büyük kaynağı olmaktadırlar.

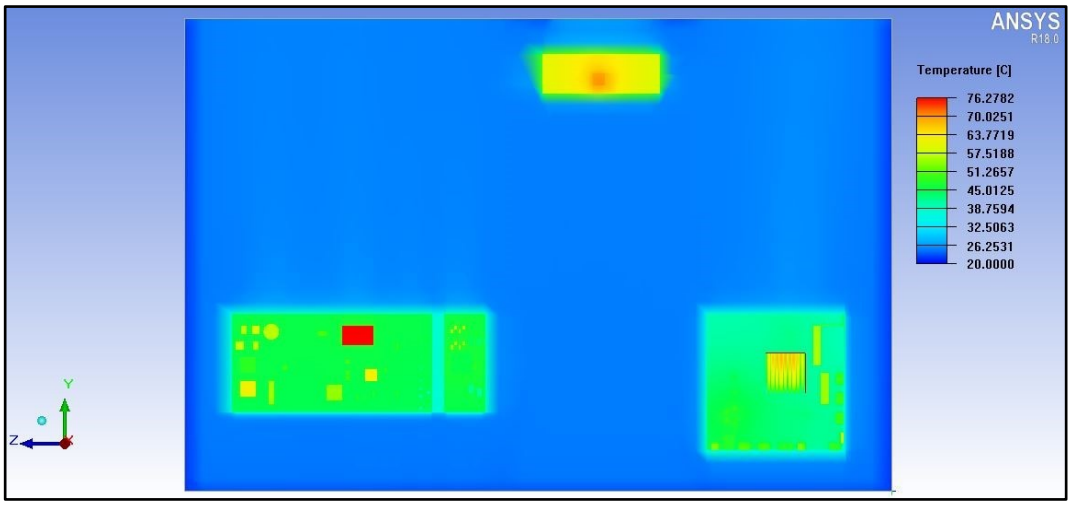
Bu problemin çözümü için basit tasarımı aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi bir kanal-baca sistemi önerilmiştir. Ayrıca görüntü işleme kartının konumunun TV üst bölgesine ve üst bölümde yer alan devre kartlarının (anakart ve güç sağlama ünitesi) alt bölüme yer değiştirilmesi etkin soğutmanın hızını artıran bir etken olmaktadır. Böylece yeni yeri, TV üst bölgesinde olan görüntü işleme kartına olan hava akımı, kanal boyunca gelerek herhangi bir devre üzerinden geçmeden ve bunun sonucunda ısınmadan beslenmiş olacaktır. Anakart ve güç sağlama ünitesine de doğrudan taze hava gelerek etkin bir ısı transferi sağlanmaktadır. TV elektronik devreleri yeni

konumunda olduğunda ve soğutma için gerekli hava delikleri açık olduğu andaki ısının toplandığı bölgeler ile hız ve sıcaklık vektörlerinin analizi yapılmıştır. Devrelerin konumları Şekil 4.31'de gösterilmektedir.



Şekil 4.31: TV devre kartlarının yeni konumları ve kanal-baca sistemi.

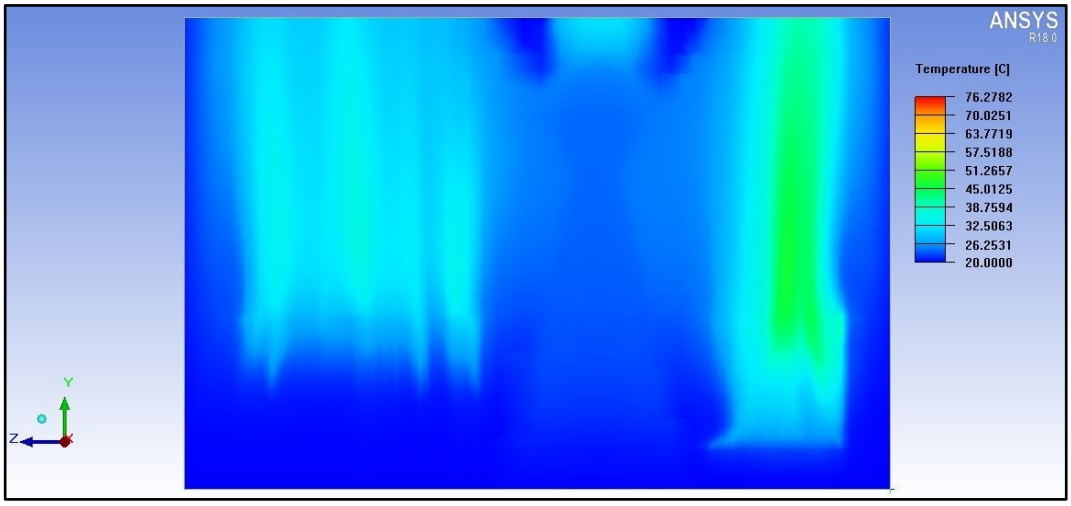
Devrelerin yüzey sıcaklıkları Şekil 4.32'de verilmiştir. Devre yüzey sıcaklıklarının maksimum olduğu değer 76,27 °C olarak Ansys programında analiz edilmiştir.



Şekil 4.32: Devre kartlarının yüzey sıcaklıkları.

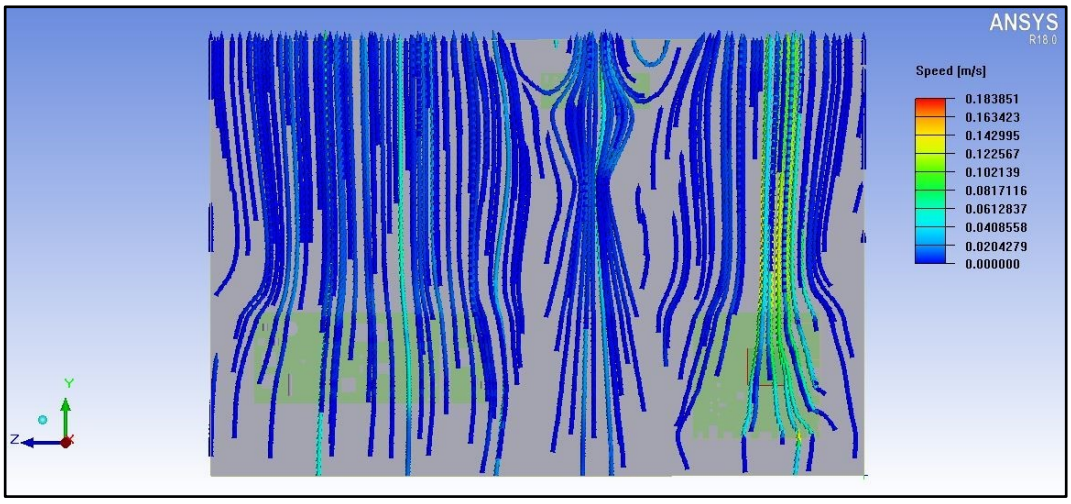
3 devre kartı da yeni konumlarında çalıştıklarında ve kanal baca sisteminden üçüncü devre kartı için hava akımı ayrı olarak sağlandığında, TV iç bölgesindeki

havanın sıcaklık değerleri Şekil 4.33'de verilmiştir. Buna göre sıcaklık dağılımının TV içerisinde homojen bir şekilde dağılmış olduğu görülmektedir.



Şekil 4.33: TV kabininde ısının biriktiği bölgeler.

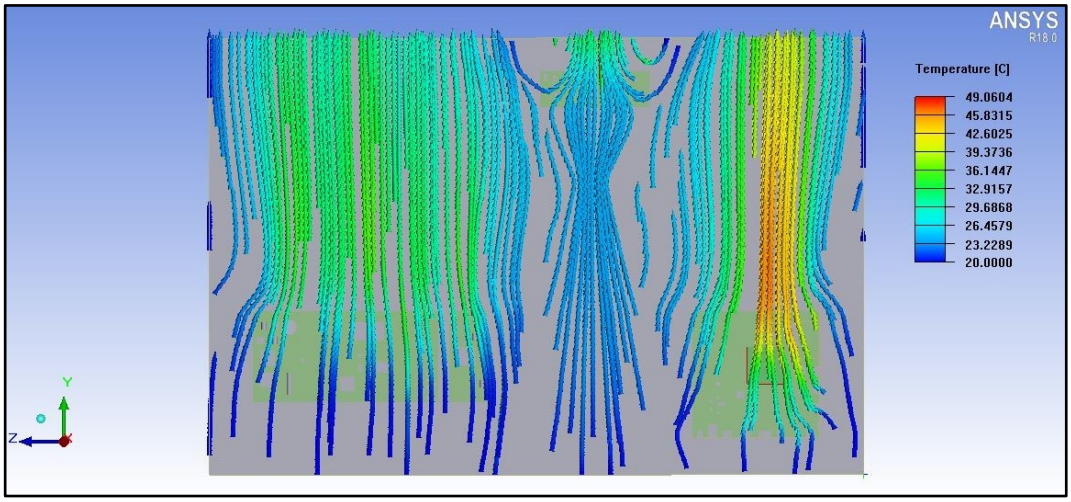
Hava akımının hız vektörleri Şekil 4.34'te verilmiştir. Hava akışı hız vektörlerine bakıldığında doğal taşınım hava hızının maksimum 0.183 m/s olduğu görülmektedir. Hız vektörlerinin doğrultuları incelendiğinde kanal içinden üçüncü devre paketine ayrı bir hava akımı olduğu ve bu kanalın en dar kesitli bölgesinde maksimum akış hızına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.34: Hava akımının hız vektörleri.

Hava akımının sıcaklık vektörleri Şekil 4.35'te verilmiştir. Sıcaklık vektörleri de hız vektörleri ile aynı doğrultuda olup, hava farklı rotalardan devre kartlarına

beslenmekte ve bu şekilde mevcut sisteme göre daha etkin bir soğutma yapılabildiği görülmektedir.



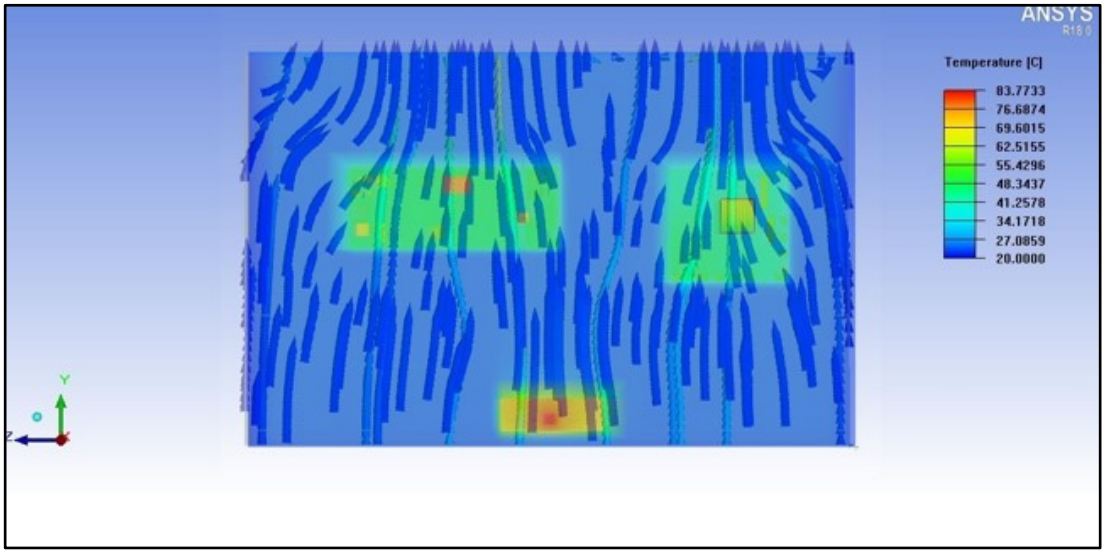
Şekil 4.35: Hava akımının sıcaklık vektörleri.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez kapsamında, Yassı TV'lerde yer alan elektronik devrelerin aşırı ısınmasının minimize edilmesi için tasarım parametrelerinin yeniden belirlenmesi, termal kamera ve sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir önceki bölümde elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

Termal kamera ile sıcaklık rejimine girmiş olan TV arka panelinden alınan elektronik devre sıcaklık ölçümleri, sonlu elemanlar yazılımı üzerinde doğrulanarak TV'nin çalışma koşulları sağlanmıştır.

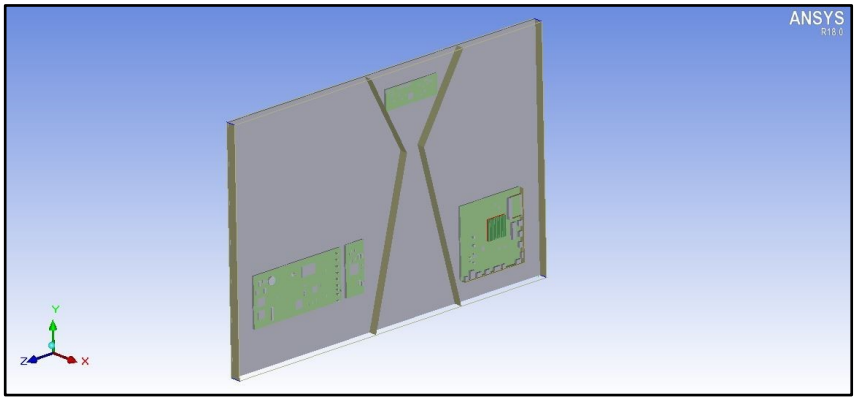
Yapılan analizler ilk etapta bütün devrelerin mevcut konumları korunarak ve TV'nin havalandırma deliklerinin tamamı kapatılarak, TV kabininde ısının biriktiği bölgeler görülmüştür. Yapılan analiz sonucunda ısının birinci ve ikinci devre kartlarının üst bölümünde ve genellikle ikinci devre kartına yakın bir pozisyonda biriktiği görülmüştür. Daha sonra TV üzerinde devre kartlarının tekli ve ikili kombinasyonlarla birbirlerini ne ölçüde etkilediklerinin analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, hava akışının devrelerdeki sıcaklık sonucunda yoğunluk değişimi ve doğal konveksiyon şartlarını sağladığı görülmektedir. Böylece ısınan devreler üzerinden geçen bir hava akımı görülmektedir. Mevcut tasarım ile yapılmış sıcaklık ve hava akış vektörlerinin gösterimi Şekil 5.1'de gösterilmektedir.



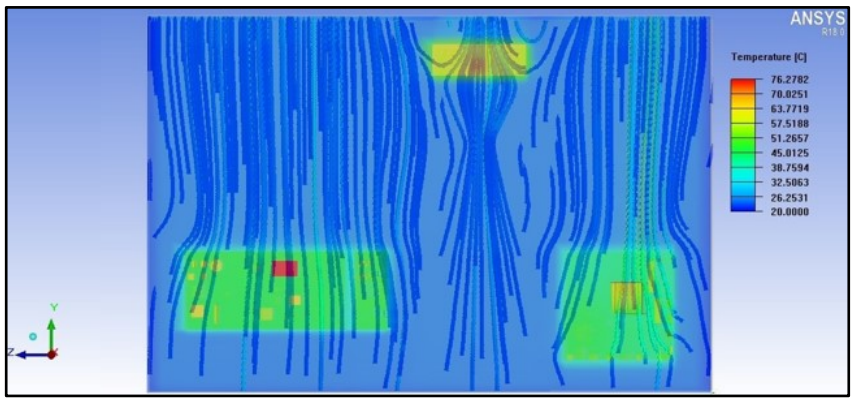
Şekil 5.1: Devre sıcaklığı ve hava akış vektörlerinin gösterimi.

5.1. Önerilen Tasarım

Hava akımının ısı transferi üzerinde önemli bir parametre olduğu doğrulanmıştır. Sistemde ısı transferinin verimli bir şekilde yapılması için hava akımını yönlendirerek her bir devre için taze hava beslemesi yapabilecek tasarım ve hava akış hızının artırılarak etkili bir soğutma yapılabileceği önerilmektedir. Önerilen sistem yalnızca, hava akışını yönlendirecek 1 adet kanaldan ibarettir. Kanal televizyonun tam arkasından bakıldığında bir lüle tasarımına sahip olup hava akışının en hızlı olduğu bölgenin lüle çıkış noktası olduğu literatür kaynaklarından bilinmektedir. Ayrıca bu tasarıma ek olarak görüntü işleme kartının da bu lülenin çıkış noktası olan televizyon üst bölümünde pozisyonlandırılması ile anakart ve güç sağlama ünitesinin de kanal geometrisini engellememesi için televizyon alt bölgesinde konumlandırılmaları gerekmektedir. Önerilen yeni tasarım Şekil 5.2'de sıcaklık ve hava akış vektörlerinin gösterimi Şekil 5.3'te verilmiştir.



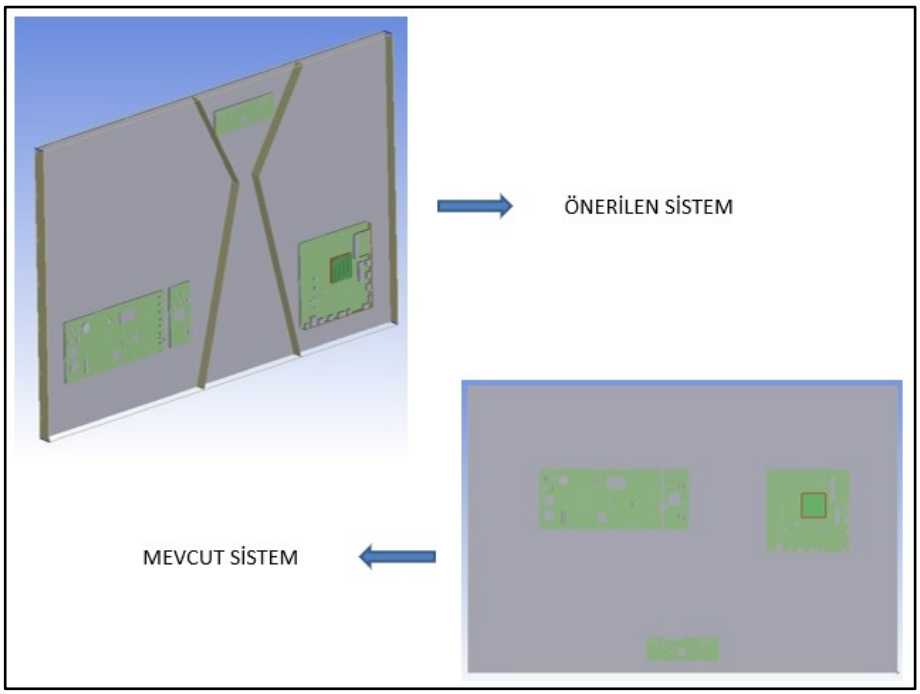
Şekil 5.2: Önerilen devre tasarımı.



Şekil 5.3: Devre sıcaklığı ve hava akış vektörlerinin gösterimi.

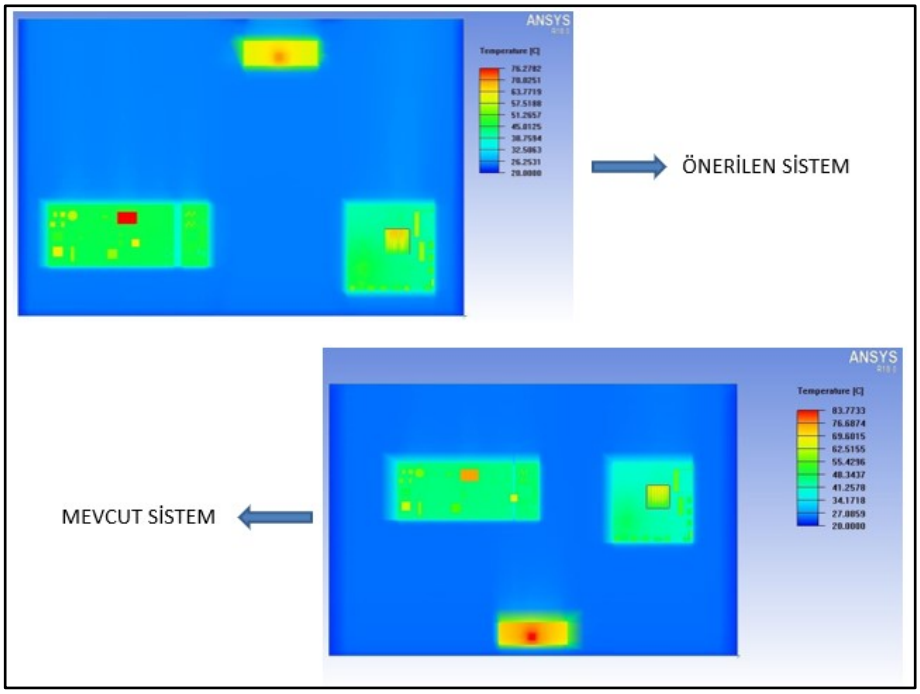
5.2. Elde Edilen Sonuç

Yapılan araştırmalar ve elde edilen sonuçlar bir araya getirildiğinde, elektronik devrelerin mevcut yerleşimi ile en alt kısımda yer alan ve görüntü işleme kartı olarak adlandırılan kartın en yüksek sıcaklık yayıcı olduğu, bu karttan geçen taze ve soğuk havanın, yine bu karttan almış olduğu ısı ile sıcaklığının artması ve üst bölümde yer alan anakart ve güç sağlama ünitesine doğru yöneldiği tespit edilmiştir. Bu yüzden üst devrelere ısınmış hava geldiğinden dolayı verimli bir soğutma yapılamadığının nedeni bu şekilde yorumlanmıştır. Önerilen sistem ile mevcut sistemin tasarımları Şekil 5.4'te verilmiştir.



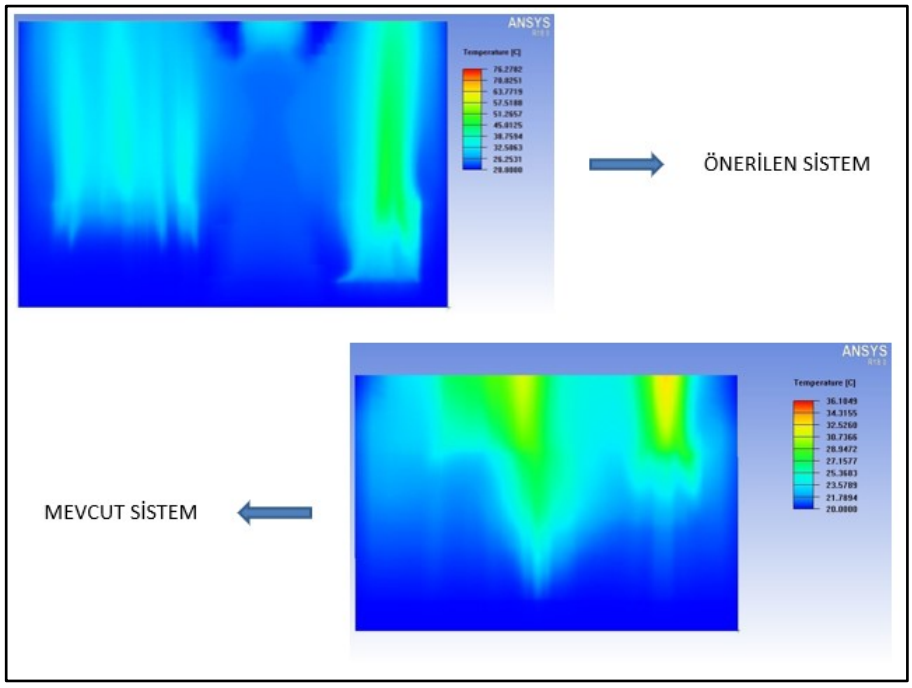
Şekil 5.4: İki sistemin devre kartı yerleşimleri.

Analiz sonuçları incelendiğinde, mevcut tasarımda 83,7 °C olan en yüksek sıcaklığın önerilen tasarım ile birlikte 76,2 °C'ye kadar düşürülebildiği görülmektedir. Bu değer, %8,9'luk bir sıcaklık iyileştirmesi olarak değerlendirilmiştir. Önerilen sistem ile mevcut sistemin devre sıcaklıklarının karşılaştırması Şekil 5.5'te verilmiştir.



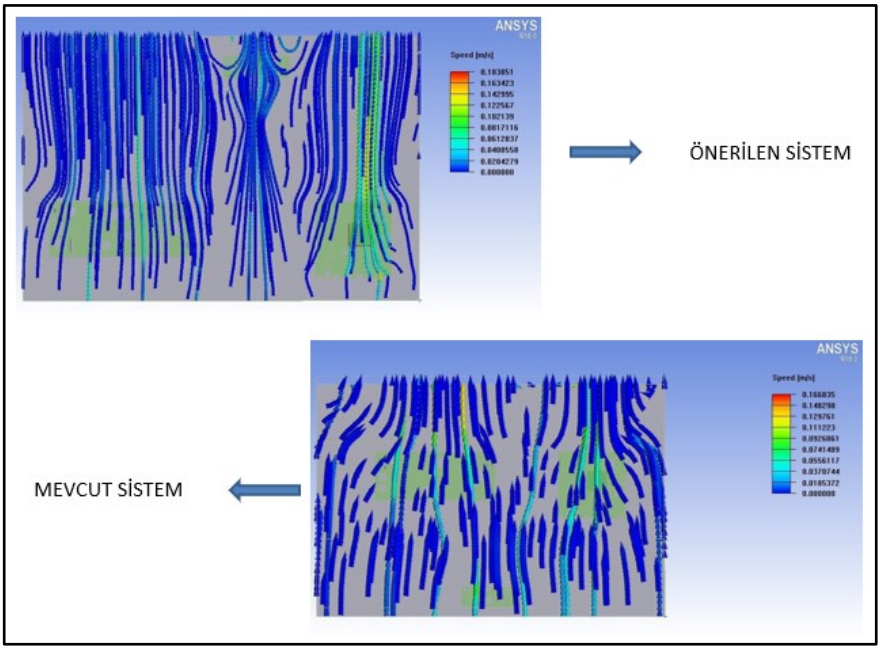
Şekil 5.5: İki sistemin devre yüzey sıcaklıkları.

Önerilen sistem ile mevcut sistemin ısının biriktiği bölgeler Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6: İki sistemin kabinlerinde ısının biriktiği bölgeler.

Önerilen sistem ile mevcut sistemin hava akışı hız vektörleri Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7: İki sistemin hava akımı vektörlerinin gösterimi.

Sonuç olarak; mevcut TV arka kabinine yeni bir tasarım yapılarak hava akışları yönlendirilmiş ve en çok ısınan devre kartı üzerinde birim zamanda daha fazla hava akımı geçişi sağlanarak ısı transferinde iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca eski tasarımda diğer devre kartlarının üzerinden geçerek taze olmayan havanın devreler üzerine iletilmesi de engellenerek bütün devrelerden taze hava akışı sağlanmış ve yazılım ile doğrulanmıştır.

KAYNAKLAR

Davalath J., Bayazitoglu Y., (1987), "Forced convection cooling across rectangular blocks", Journal of Heat Transfer, 109, 321-328.

Can M., Pulat E., (1994), "Cooling of Electronic Systems by Impinging Air Jets", Cooling of Electronic Systems (Eds. S.Kakaç, H.Yüncü, K.Hijikata)-NATO ASI Series, Serie E:Applied Sciences, Kluwer Academic Publishers, 258, 339-359.

Poulikakos D., Wietrzak A., (1990), "Turbulent forced convective cooling of microelectronic devices", International Journal of Heat and Fluid Flow, 11 (2), 105-113.

Igarashi T., Takasaki H., (1992), "Fluid flow around three rectangular blocks in a flatplate laminar boundary layer", Experimental Heat Transfer, 5, 17-31.

Zahn B.A., Stout R.P., Billings D., (1996), "A Thermal Comparative Study of a Ceramic Dual In-Line Pressed Microelectronics Package Using Both Computational Fluid Dynamics and Solid Modelling Techniques on the ANSYS Finite Element Analysis System", ANSYS Conference Proceedings, II, pp.371-380.

Zhao C.Y., Lu T.J., (2002), "Analysis of microchannel heat sinks for electronics cooling", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 45, pp. 4857-4869.

Etemoğlu A. B., İşman M. K., Pulat E., Can M., (2004), "Tek Yongalı Elektronik Cihazların Laminer ve Türbülanslı Akışta Soğutulmalarının Analizi", Mühendis ve Makina, 45-535: 18-22.

Kotcioğlu İ., Bölükbaşı A., (2003), "Düşey dikdörtgen kesitli bir kanalda farklı kanatçıklı yüzeylerde ısı transferinin incelenmesi", Fen ve Mühendislik Dergisi 5 (2), 89-102.

Sable S. J., Jagtap P. S., Patil P. R., Baviskar A., Barve S., (2014), "Enhancement of Natural Convection Heat Transfer on Vertical Heated Plate by Multiple V-Fin Array" IJRRAS, 5 (2), 123-128.

Jeon D., Byon C., (2017), "Thermal performance of plate fin heat sinks with dual-height fins subject to natural convection", International Journal of Heat and Mass Transfer, 113, 1086-1092.

Kwon H., Joo Y., Jin K. S., (2018), "Analytic approach to thermal optimization of horizontally oriented radial plate-fin heat sinks in natural convection", Energy Conversion and Management, 156, 555-567.

Joo Y., Lee I., Jin K. S., (2017), "Topology optimization of heat sinks in natural convection considering the effect of shape-dependent heat transfer coefficient", International Journal of Heat and Mass Transfer, 109, 123-133.

Li B., Byon C., (2015), “Investigation of natural convection heat transfer around a radial heat sink with a concentric ring”, International Journal of Heat and Mass Transfer, 89, 159-164.

Li B., Baik Y., Byon C., (2016), “Enhanced natural convection heat transfer of a chimney-based radial heat sink”, Energy Conversion and Management, 108, 422-428.

Li B., Jeon S., Byon C., (2016), “Investigation of natural convection heat transfer around a radial heat sink with a perforated ring”, International Journal of Heat and Mass Transfer, 97, 705-711.

Li B., Byon C., (2015), “Orientation effects on thermal performance of radial heat sinks with a concentric ring subject to natural convection”, International Journal of Heat and Mass Transfer, 90, 102-108.

Schmid G., Valladares-Rendon L.G., Yang T., Chen S., (2017), “Numerical analysis of the effect of a central cylindrical opening on the heat transfer of radial heat sinks for different orientations”, Applied Thermal Engineering, 125, 575-583.

Schmid G., Yang L., Yang T., Chen S., (2016), “Influence of inter-fin base length on thermal performance of free hanging horizontal base heat sinks”, Applied Thermal Engineering, 108, 1226-1236.

Chu C., Pan M., (2010), “Effective thermal emission on TFT-LCD TV panels for improving image quality”, Advances in Engineering Software, 41, 130-140.

Web 1, (2018), https://tr.wikipedia.org/wiki/Is%C4%B1_aktar%C4%B1m%C4%B1, (Erişim Tarihi: 09/09/2018)

Web 2, (2018), http://www.ugrad.math.ubc.ca/coursedoc/math100/notes/diffeqs/cool.html, (Erişim Tarihi: 11/09/2018)

Çengel Y.A., (2003), “Heat Transfer A Practical Approach”, 2nd Edition, McGraw-Hill.

Incropera F.P., DeWitt D.P., (2002), “Introduction to Heat Transfer”, 4th Edition, Wiley.

Özışık M.N., (1985), “Heat Transfer A Basic Approach”,McGraw-Hill.

Web 3, (2018), http://studyinggcsephys.blogspot.com/2015/10/46-describe-how-energy-transfer-may.html, (Erişim Tarihi: 14/06/2018)

Web 4, (2018), http://www.cradle-cfd.com/products/heatdesigner/index.html, (Erişim Tarihi: 14/06/2018)

Web 5, (2018), http://www.cradle-cfd.com/products/scstream/index.html, (Erişim Tarihi: 14/06/2018)

Web 6, (2018), http://www.cradle-cfd.com/products/sctra/, (Erişim Tarihi: 14/06/2018)

Web 7, (2018), http://www.cradle-cfd.com/products/scflow/index.html, (Erişim Tarihi: 14/06/2018)

Web 8, (2018), http://www.cradle-cfd.com/picls/, (Erişim Tarihi: 14/06/2018)

ÖZGEÇMİŞ

Volkan TUTAY 1993 yılında Adana'da doğdu. 2011 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2016 yılında 2.97 ortalama ile tamamlayarak aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. Yüksek Lisans ders dönemini ilk iki dönemde 3.93 ortalama ile tamamladıktan sonraki yıl sadece uzmanlık alan dersi adı altında yüksek lisans tezini danışman hocası Prof. Dr. Fevzi BEDİR ile birlikte yürüttü. 2017 yılının Ağustos ayından bu yana Proje Geliştirme ve Planlama Sorumlusu olarak Bursa'da yer alan Barida Makina Sanayi Ltd. Şti. firmasının Ar-Ge Bölümü'nde görev yapmaktadır.