

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**COVID-19 GİBİ SOLUNUM RAHATSIZLIKLARINA KARŞI**  
**KORUMA SAĞLAMAK İÇİN**  
**KULLANILAN ELEKTRİKLE GÜÇLENDİRİLMİŞ**  
**İNHALASYON MASKESİ TASARIMI**

**MUHAMMED TARIK ÇÖPOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE**  
**2023**

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**COVID-19 GİBİ SOLUNUM**  
**RAHATSIZLIKLARINA KARŞI KORUMA**  
**SAĞLAMAK İÇİN KULLANILAN**  
**ELEKTRİKLE GÜÇLENDİRİLMİŞ**  
**İNHALASYON MASKESİ TASARIMI**

**MUHAMMED TARIK ÇÖPOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI**  
**DOÇ. DR. HAKAN OFLAZ**

**GEBZE**  
**2023**

**T.R.**  
**GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY**  
**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DESING OF A POWERED INHALATION  
MASK USED TO PROTECT AGAINST  
RESPIRATORY DISORDERS LIKE  
COVID-19**

**MUHAMMED TARIK ÇÖPOĞLU**

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**

**THESIS SUPERVISOR  
ASSOC. PROF. DR. HAKAN OFLAZ**

**GEBZE**

**2023**



## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/01/2023 tarih ve 2023/6 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 01/01/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Muhammed Tarık ÇÖPOĞLU' nun tez çalışması Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE  
(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Hakan OFLAZ

ÜYE : Dr. Ahmet YAZAR

ÜYE : Dr. Recep ÖNLER

### ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

Bu çalışmada, günümüzde COVID-19 veya solunum yollarını tehdit edebilecek herhangi bir duruma karşı solunum sistemini koruyucu bir ekipman tasarımı, tasarımın akış ve yapı analizleri ve üretimi yapılmıştır. 2019 yılından başlayarak tüm dünyayı etkisi altında alan salgın döneminde, COVID-19 virüsünün yayılmasını önlemek amacıyla alınan tedbirlerden en önemlisinin doğru maske kullanımının olduğu görülmüştür. COVID-19 salgını öncesinde maskeler kişisel koruma ve meslek gereklilikleri alanlarında sıkça kullanılan önemli ürünler olmuşlardır. Maske çeşidinin ve sayısının yetersizliğinden insanlar maskenin işlev ve özelliklerine bakmaksızın ulaşabildikleri herhangi bir maske ürününü kullanma eğilimi göstermişlerdir. Amacı ve kapasitesi dışında kullanılan maskeler virüsün bulaşıcılığını artırmıştır. Ayrıca maskelerin filtrelemeden kaynaklı düşük hava emiş kapasiteleri, insanların solunum kalitelerini düşürerek çeşitli sağlık problemlerini ortaya çıkarmıştır. Tabiat açısından da tek sefer kullanılan maskeler ciddi çevre kirliliği oluşturmuştur. Bütün bu sorunlara çözüm üreten yeni nesil solunum maskesine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada uluslararası standartlar dikkate alınarak belirtilen sorunlara çözüm getirebilecek olan maske cihazının endüstriyel tasarımı, elektromekanik tasarımı, tasarımın akış ve yapı analizleri ve üretim süreçlere ele alınmış ve incelenmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan prototip cihaz belirlenen tasarım hedeflerini karşılamıştır.

**Anahtar Kelimeler: Maske, Giyilebilir teknoloji, Güç destekli solunumu koruyucu ekipman.**

## SUMMARY

In this study, a respiratory protective equipment design, its flow and structure analysis, and its production were made against COVID-19 or any situation that may threaten the respiratory tract today. In the epidemic period, which has affected the whole world starting from 2019, it has been observed that the most important of the measures taken to prevent the spread of the COVID-19 virus is the correct use of masks. Before the COVID-19 epidemic, masks were important products that are frequently used in the fields of personal protection and occupational requirements. Due to the inadequacy of the type and number of masks, people tended to use any mask product they could reach, regardless of the function and features of the mask. Masks used outside of its purpose and capacity have increased the transmission rate of the virus. In addition, the low air filtration capacities of the masks have reduced the respiratory quality of people and caused various health problems. In terms of environmental pollution, disposable masks have created serious contamination. There is a need for a new generation respiratory mask that solves all these problems. In the study, the industrial design, electromechanical design, flow and structure analysis of the design, and production processes of the mask device, which can solve the specified problems, are discussed and examined by considering international standards. The resulting prototype device met the specified design objectives.

**Key Words: Mask, Wearable technology, Powered respiratory protective equipment .**

# TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Doç. Dr. Hakan OFLAZ' a,

“TÜBİTAK 1005 - Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı” kapsamında “221M080” numaralı “Solunumu Tehdit Eden Etkenlere Karşı Yüksek Koruma Sağlayan Akıllı Solunum Maskesi” projesine ile maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu' na,

“221M080” numaralı “Solunumu Tehdit Eden Etkenlere Karşı Yüksek Koruma Sağlayan Akıllı Solunum Maskesi” proje ekibine,

ve göstermiş olduğu desteklerinden dolayı sevgili ailem Mustafa ÇÖPOĞLU, Rabiye ÇÖPOĞLU ve Ömer Faruk ÇÖPOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Covid-19 Salgını ve Virüsün Yayılma Yolları	1
1.2. Covid-19 Salgını Döneminde Alınan Önlemler	2
1.3. Salgın Döneminde Maske Kullanımı	3
1.4. Maske Kullanımında Karşılaşılan Problemler	4
1.5. Literatür Araştırması	7
1.6. Solunumu Koruyucu Ekipman Çeşitleri	8
1.7. Tezin Amacı ve Katkısı	10
2. GEREÇ VE YÖNTEM	11
2.1. Malzeme ve Ekipman Seçimi	11
2.2. Tasarım	23
2.2.1. Mekanik Tasarım	24
2.2.2. Elektronik Tasarım	30
2.2.3. Yazılım Geliştirme	34
2.3. Analiz	37
2.3.1. Filtre Basınç Düşüş Analizi	37
2.3.2. Maske Akış Analizi	38
2.3.3. Maske Yapı Analizi	40
2.4. Üretim ve Montaj	42
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	47
3.1. Filtre Basınç Düşüşü Testi Sonuçları	47
3.2. Maske Yapı Analizi ve Sonuçları	49

3.3. Maske Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizi ve Sonuçları	51
3.3.1. Nefes Alma Senaryosu	51
3.3.2. Nefes Verme Senaryosu	53
3.6 Tartışma	56
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	61



# SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

## Simgeler ve Kisaltmalar

## Açıklamalar

A	: Amper
mA	: Miliamper
mAh	: Miliamper Saat
V	: Volt
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
ft	: Fit
l	: Litre
sn	: Saniye
dk.	: Dakika
ppm	: Her Milyondaki Partikül Miktarı
Pa	: Paskal
Mpa	: Megapaskal
N	: Newton
C °	: Santigrat Derece
3B	: 3 Boyutlu
ABS	: Akrlonitril Bütadien Stiren
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım ( <i>Computer Aided Design</i> )
DC	: Doğru Akım
EN 12942	: Solunumla ilgili koruyucu cihazlar- Tam yüz maskeleri, yarım maskeler veya çeyrek maskelerle birlikte güç destekli filtre cihazları- Özellikler, deney ve işaretleme
FDM	: Ergiyik Biriktirmeli Modelleme ( <i>Fused Deposition Modelling</i> )
Li-Ion	: Lityum İyon
NIOSH	: Amerika Birleşik Devletleri Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü ( <i>National Institute for Occupational Safety &amp; Health</i> )
PCB	: Baskılı Devre Kartı ( <i>Printed Circuit Board</i> )
PLA+	Polilaktik Asit
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu ( <i>Pulse Width Modulation</i> )

RTV : Oda Sıcaklığında Tempkimeye Giren (*Room Temperature Vulcanisation*)  
TPU : Termoplastik Poliüretan



# ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1: COVID-19 Virüsünün yayılma yolları.	1
1.2: T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan COVID-19 virüsüne karşı 14 önlem.	2
1.3: Virginia Commonwealth Üniversitesi' nin yaptığı araştırmaya göre ülkelerin maske kullanım politikaları ve virüs kaynaklı ölüm oranları.	3
1.4 (A) Cerrahi maske, (B) toz maskesi.	4
1.5 Solunumu koruyucu ekipman kategorileri.	8
1.6 Güç desteksiz respiratörler. (A) Tek kullanımlık yarım yüz maskesi, (B) yarım yüz maskesi, (C) tam yüz maskesi.	9
1.7: Güç destekli respiratörler. (A) Güç destekli başlık tipi solunumu koruyucu ekipman, (B) güç destekli tam yüz maskesi, (C) Güç destekli yarım yüz maskesi.	9
2.1: (A) Örnek bir yüz parçası tasarımı.	12
2.2: Elektronik fan tipleri ve yapısal özellikleri.	13
2.3: Maske tasarımında kullanılan salyangoz fanların ana gövde üzerinde konumlandırılması ve solunum organlarına hava akışı yönlendirmesi. (A) Hava, (B) filtre, (C) elektronik fan, (D) solunum organları.	14
2.4: Maske tasarımında kullanılan valflerin açık ve kapalı durumları. (A) Açık durum, (K) kapalı durum, (B) bağlantı kablosu, (C) anahtar, (D) valf kapağı, (E) valf yüzeyini ifade etmektedir.	14
2.5: İç ortam karbondioksit miktarına göre ortam hava kaliteleri.	16
2.6: Maske gövdesi tasarımı. (A) Önden görünüm, (B) sol önden görünüm, (C) sağ önden görünüm, (D) arkadan görünüm.	18
2.7: Maske gövdesi tasarımının parçaları. (A) Ana gövde ön parça, (B) yüz parçası, (C) ana gövde arka parçası.	18
2.8: NIOHS tarafından yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan 5 kafa modelinden biri olan "Large" kafa modeli.	24

2.9:	Maske tasarımının eskiz çizim çalışmaları.	25
2.10:	Tasarımı tamamlanan yüz parçası.	26
2.11:	Maske içerisinde kullanılan tasarım elemanları. (A) Klepe, (B) elektronik fan, (C) karbondioksit sensörü, (D) USB-C soketi, (E) basma butonu, (F) sürgülü buton, (G) 18650 batarya.	26
2.12:	3B İnsan kafası modeli ve onu saran 3B kabuk model. (A) 3B insan kafası modeli, (B) 3B kabuk model.	27
2.13:	Şekil 2.13: Maske içerisindeki temel tasarım elemanlarının yerleşim planı. (A) Elektronik salyangoz fanlar, (B) bataryalar, (C) PCB kartı, (D) filtreler, (E) karbondioksit sensörü.	28
2.14:	Maske tasarımındaki temel tasarım elemanlarının dışındaki elemanların konumlandırılması. (A) Filtre kapakları, (B) On/Off sürgülü buton, (C) fan hız kontrol butonu, (D) USB-C soketi.	29
2.15:	Maske bağlantı aparatının montajının yapılacağı bölgeler. (A) Maske montajının üstten görünüşü, (B) maske montajının alttan görünüşü.	30
2.16:	Elektronik devre elemanları bağlantı şeması.	31
2.17:	PCB kartı tasarımı üzerinde elektronik devre elemanlarının konumları. (A) Sürgülü buton, (B) regülatör grubu bağlantı noktaları, (C) CH340G seri haberleşme modülü bağlantı noktaları, (D) IP2312 batarya şarj entegresi bağlantı noktaları, (E) LM1117 voltaj regülatörü bağlantı noktaları, (F) elektronik fan bağlantı pinleri, (G) ATmega328P mikro kontrolcü bağlantı noktaları, (H) HC-05 bluetooth modülü bağlantı noktaları, (İ) MH-Z19 karbondioksit sensörü bağlantı pinleri, (J) analog/dijital bağlantı pinleri, (K) fan hız kontrol basma butonu bağlantı pinleri.	32
2.18:	Arduino IDE yazılımı kullanılarak geliştirilen basma butonu ile hız kontrolü kodu.	35

- 2.19: MIT App Inventor yazılımı ile geliştirilen akıllı telefon 35  
uygulamasının arayüzü. (A) Solunum parametreleri, (B) otomatik  
fan hızı kontrolü, (C) yazılım ile fan hızı kontrolü, (D) bluetooth  
bağlantı butonu, (E) dakikada alınan nefes sayısı grafiği, (F)  
karbondioksit miktarı grafiği.
- 2.20: Arduino IDE yazılımı ile geliştirilen bluetooth haberleşmesi 36  
şifreleme kodu.
- 2.21: MIT App Inventor yazılımı ile geliştirilen bluetooth haberleşmesi 36  
şifre çözme kodu.
- 2.22: Filtre basınç düşüş testi mekanizması. (A) Mekanizma ana gövdesi 38  
ve gövdeyi anemometreye bağlayan ağızlık, (B) Filtreyi mekanizma  
ana gövdesine bağlayan ağızlık, (C) elektronik fan, (D) filtre, (E)  
filtre kapağı, (F) temsili anemometre.
- 2.23: Maske akış analizi birinci senaryo sınır koşullarının tanımlandığı 39  
yüzeyler. (A) Elektronik fanların sınır koşullarının tanımladığı  
yüzey, (B) burun deliklerinin sınır koşullarının tanımlandığı yüzey.  
(C) ağzın sınır koşullarının tanımlandığı yüzey. (D) klepenin sınır  
koşullarının tanımlandığı yüzey.
- 2.24: Maske akış analizi ikinci senaryo sınır koşullarının tanımlandığı 40  
yüzeyler. (A) Elektronik fanların sınır koşullarının tanımladığı  
yüzey, (B) burun deliklerinin sınır koşullarının tanımlandığı yüzey.  
(C) ağzın sınır koşullarının tanımlandığı yüzey. (D) klepenin sınır  
koşullarının tanımlandığı yüzey
- 2.25: Maske statik analizi için kullanılan modelin parçaları. (A) Silikon 41  
parça, (B) maske ana gövde parçasının yüze bakan kısmı, (C) maske  
ana gövde parçasının dışarı bakan kısmı.
- 2.26: Maske statik analizi sınır koşulları ve tanımlandığı yüzeyler. (A) 41  
Maskenin sol üstten görünüşü, (B) maskenin sol alttan görünüşü, (C)  
50 N kuvvet, (D) 3B uzayda sabitlenen yüzey.
- 2.27: Maske ana gövdesi parçalarının Ultimaker Cura yazılımı 42  
kullanılarak dilimlenmiş halleri. (A) Maske ana gövdesinin yüze  
bakan parçası, (B) maske ana gövdesinin dışarı bakan parçası.

2.28:	Maske filtre kapaklarının Ultimaker Cura yazılımı kullanılarak dilimlenmiş halleri, (A) Maske ön filtre kapağı, (B) maske yan filtre kapakları, (C) maske yüz parçası.	43
2.29:	Üretimi tamamlanan maske parçalarının görselleri. (A) PLA+ malzemesinden üretilen maske ana gövdesi parçaları (B) TPU malzemesinden üretilen maske yan filtre kapakları ve maske yüz parçası.	44
2.30:	Üretimi tamamlanan PCB kartının maske içerisindeki montajlı hali.	45
2.31:	Maskenin üretilmiş parçalarının yarı demonte hali. (A) Maske filtre kapakları, (B) maske ana gövde parçaları, (C) karbondioksit sensörü, (D) elektronik fanlar, (E) bataryalar, (F) maske yüz parçası, (G) PCB kartı.	46
2.32:	Maskenin montajı tamamlanmış hali. (A) Maskenin sağ üstten görünüşü, (B) maskenin sol üstten görünüşü, (C) maskenin arkadan görünümü, (D) maskenin önden görünümü.	46
3.1:	Filtresiz düzenekte 5V ve 8V gerilimde ölçülen ft <sup>3</sup> /dk. değerleri. (A) 5V gerilim, (B) 8V gerilim.	47
3.2:	Filtreli düzenekte 5V ve 8V gerilimde ölçülen ft <sup>3</sup> /dk. değerleri. (A) 5V gerilim, (B) 8V gerilim.	48
3.3:	Yapı analizinde kuvvetten doğan yer değiştirmeyi gösteren model.	49
3.4:	Yapı analizinde kuvvetten doğan mekanik gerilmeyi gösteren model.	50
3.5:	Yapı analizinde kuvvetten doğan mekanik stresi gösteren model.	50
3.6:	Maske akış analizi nefes alma senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün hacimsel olarak gösterimi. (A) 20 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (B) 10 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (C) 5 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (D) 1 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim.	52

- 3.7: Maske akış analizi nefes alma senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün akış çizgileri kullanılarak gösterimi. (A) Akış çizgilerinin sağ üstten görünümü, (B) akış çizgilerinin önden görünümü. 52
- 3.8: Maske akış analizi nefes alma senaryosu sonucunun ve maske tasarımının karşılaştırılması. (A) Maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün sagital düzlemde gösterimi, (B) montajı tamamlanmış maske tasarımının sagital düzlemdeki görünümü, (C) karbondioksit sensörü. 53
- 3.9: Maske akış analizi nefes verme senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün hacimsel olarak gösterimi. A) 20 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, B) 10 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, C) 5 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, D) 1 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim. 54
- 3.10: Maske akış analizi nefes verme senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün akış çizgileri kullanılarak gösterimi. (A) Akış çizgilerinin sağ üstten görünümü, (B) akış çizgilerinin önden görünümü. 54
- 3.11: Maske akış analizi nefes verme senaryosu sonucunun ve maske tasarımının karşılaştırılması. (A) Sagital düzlemde maske içerisinde hacimsel akışın akışkan hızı büyüklüğü olarak gösterimi. (B) montajı tamamlanmış maske tasarımının sagital düzlemdeki görünümü. (C) karbondioksit sensörü. 55

# TABLolar DİZİNİ

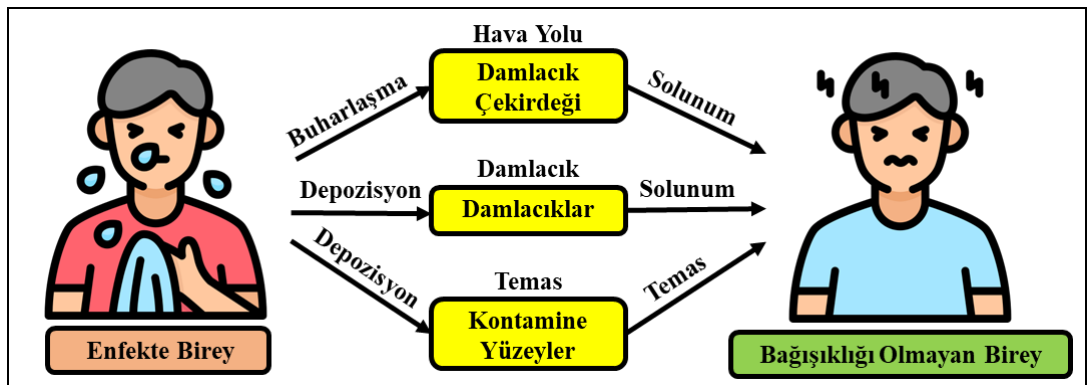
<b><u>Tablo No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: Maske içerisinde bulunması hedeflenen mekanik ve elektronik elemanlar.	11
2.2: Malzeme ve ekipman seçimi çalışması sonucunda seçimi yapılan malzeme ve ekipmanlar.	19
2.3: Elektronik tasarım elemanlarının görevleri ve bağlantıları	33
2.4 Maske akış analizi nefes alma senaryosu için sınır koşulları.	39
2.5 Maske akış analizi nefes verme senaryosu için sınır koşulları.	40



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Covid-19 Salgını ve Virüsün Yayılma Yolları

COVID-19 Dünya üzerindeki tüm insanların hayatlarında köklü değişikliklere sebep olmuş, yaşam normallerini kalıcı olarak değiştirmiştir. 2019 Aralık Ayı'nda tüm insanlığı etkisi altına alan COVID-19 virüsü ilk olarak Çin' in Wuhan kentinde görülmüştür [1]. İsmi yapısal olarak %80' e yakın benzerlik gösterdiği SARS-CoV-2 virüsünden almış, Corona Virus Disease of 2019 (COVID-19) olarak terminolojiye geçmiştir [2]. Sonrasındaki süreçte insandan insana olan temasla bulaşıcılık gösteren virüs, kısa bir süre içerisinde tüm dünyayı etkisi altına almıştır. COVID-19 virüsünün kısa bir zaman diliminde tüm dünyaya yayılması virüsün yüksek bulaşıcılığa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. COVID-19 virüsü, enfeksiyona yakalanmış bir bireyin hapşırması veya öksürmesi yoluyla yayılan damlacıkların ortama yayılmasıyla bulaşmaktadır [3]. Ortama yayılan damlacıkların, insanın solunum organları olan ağız, burun veya gözündeki mukoza bezlerine bulaşması ile virüs insan bünyesine bulaşır [4]. Buna ek olarak enfekte birinin virüs taşıyan damlacıkları kapı kolu, asansör düğmesi gibi taşıyıcı yüzeylere bulaştırması ve bu yüzeylerle temas eden insanların temaslı organlarını ağız, burun veya gözlerine götürmesi yolu ile de bulaşabilmektedir [5]. Virüsün yayılma yolları Şekil 1.1' de görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 1.1: COVID-19 Virüsünün yayılma yolları.

COVID-19 kadar geniş çaplı etkiye sahip olmasalar da SARS, MERS, Influenza (Domuz Gribi) gibi solunum yolu ile bulaşan hastalıklar geçtiğimiz yıllarda dünya

çapında büyük sağlık krizleri ortaya çıkarmışlardır. Bu salgınların ortak noktası, solunum yoluyla insandan insana bulaşıcılık göstermeleridir.

## 1.2. Covid-19 Salgını Döneminde Alınan Önlemler

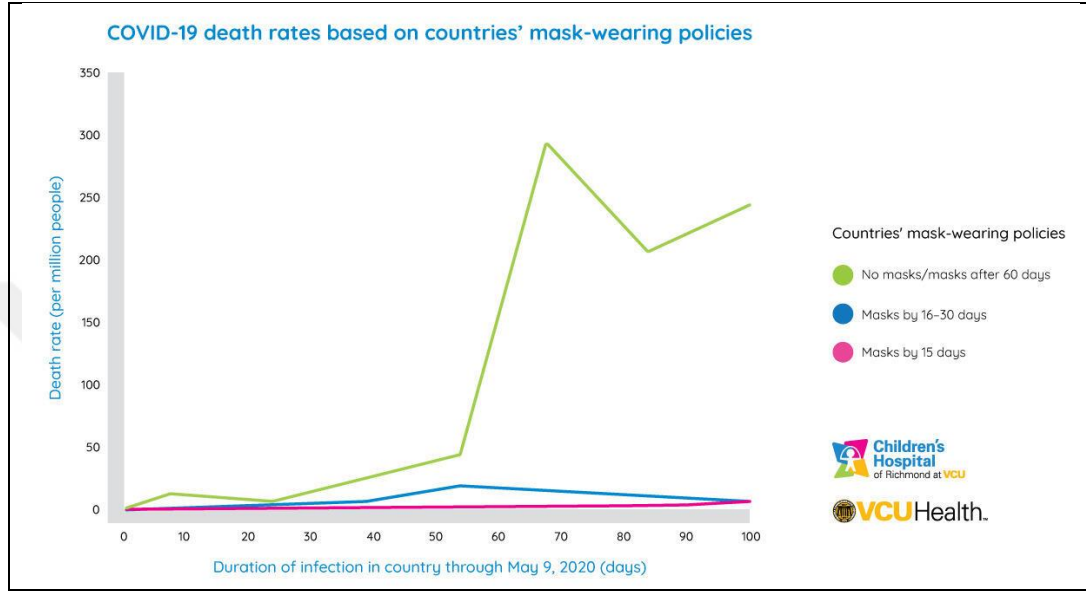
Salgın döneminde Covid-19 ile mücadele için gerek kişisel düzeyde gerekse toplum düzeyinde önlemler alınmıştır. Dünyanın birçok ülkesinde toplumsal olarak; sokağa çıkma yasakları, restoran ve kafelerin kapatılması, toplu taşımada düzenlemeler getirilmesi, konser ve festival gibi organizasyonların iptal edilmesi gibi birçok önlemin alındığı görülmüştür [6,7]. Şekil 1.2' de T.C. Sağlık Bakanlığının pandemi döneminde yayınladığı virüsten korunmak için 14 temel kural gösterilmektedir. Toplumsal önlemler her ne kadar salgının yayılmasını yavaşlatsa dahi, kişisel düzeyde önlemlerin bilinçli bireylerce uygulanması virüsün bulaşmasını asıl engelleyen faktördür. Bu önlemlere; sosyal mesafe, kişisel hijyen, yakın temastan kaçınma, virüslü biriyle temas eden kişinin kendini karantinaya alması ve hepsinden önemlisi maske kullanımı örnek verilebilir.



Şekil 1.2: T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan COVID-19 virüsüne karşı 14 önlem.

Doğru maske kullanımının COVID-19 ile mücadele de en kolay şekilde alınabilen ve en yüksek korumayı sağlayan önlem olduğu görülmüştür [8]. Bu bağlamda birçok ülkede kamu alanlarında, iş yerlerinde okullarda, ulaşım araçlarında maske takmak zorunlu hale getirilmiştir. Dahası, zorunlu alanlarda maske takmayan vatandaşlara cezai işlemler uygulanmış, maske kullanmanın önemine sıklıkla dikkat çekilmiştir. Maske kullanımının hayati öneme sahip olduğu salgın döneminin başlarında dünya genelinde maske tedarikinde sorunlar yaşanmış, maskeler fahiş fiyatlardan veya karaborsada satılan ürünler haline gelmiştir. Salgının ilerleyen günlerinde

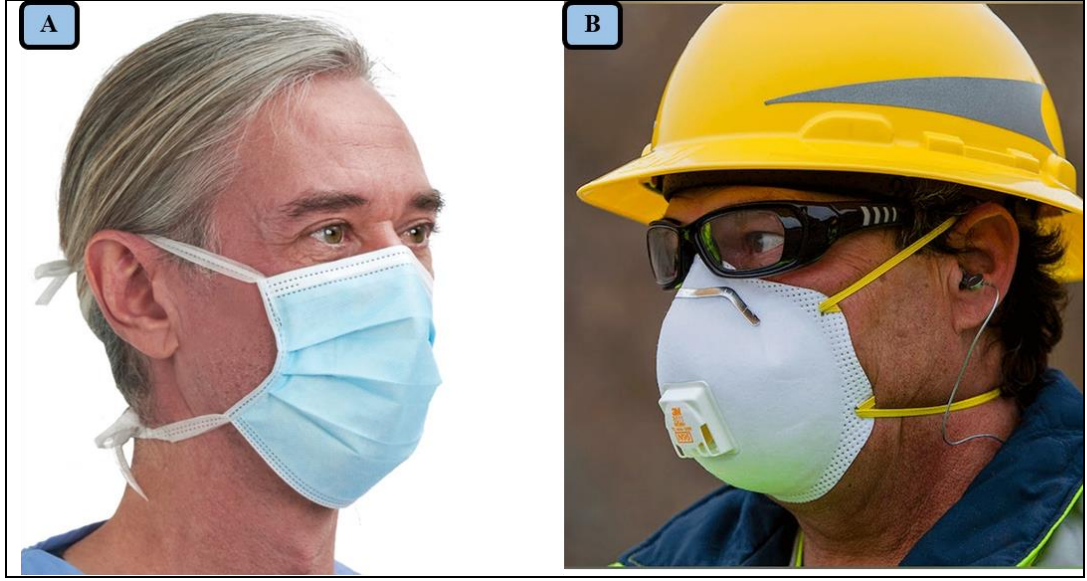
yaygınlaşan kullanım ile maske her yaştan insanın hayatına girmiş ve COVID-19 normalinin kaçınılmaz bir parçası olmuştur. Şekil 1.3' teki grafikte görüldüğü üzere maske kullanımının COVID-19 salgını süresince ve ilerleyen dönemlerde karşılaşılabilecek insan solunumunu hedef alan hastalık, virüs veya kimyasal tehditlerden korunmak için en iyi yöntemlerden biridir [9].



Şekil 1.3: Virginia Commonwealth Üniversitesi' nin yaptığı araştırmaya göre ülkelerin maske kullanım politikaları ve virüs kaynaklı ölüm oranları.

### 1.3. Salgın Döneminde Maske Kullanımı

COVID-9 salgını tüm dünyada ölümcül bir tehdit olmadan önce de maske ürünleri iş sağlığı güvenliği ve belli mesleklerde koruma amacıyla sıklıkla kullanılan önemli ürünler olmuşlardır. Bu kapsamda farklı kullanım alanları için o alanın gerekliliklerini sağlayabilecek maske ürünleri bulunmaktadır. Örnek olarak, hastanelerde ve özellikle ameliyathanelerde cerrahlar ve diğer sağlık görevlileri tarafından ortamdaki kontaminasyonu önleme amaçlı cerrahi maskeler kullanılmaktadır. Başka bir örnek, insan sağlığı için tehlike oluşturabilecek küçük tanecikli yapıların mevcut olduğu çalışma yerlerinde çalışanı bu etkenlerden korumak için toz maskeleri kullanılmaktadır. Şekil 1.4' te cerrahi maske ve toz maskesi örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 1.4: (A) Cerrahi maske, (B) toz maskesi.

#### 1.4. Maske Kullanımında Karşılaşılan Problemler

Salgının olduğu dönemde kitleler, maske ürünlerinin kullanım alanları ve sahip olduğu özellikleri dikkate almadan erişebildikleri her tür maske niteliğindeki ürünü kullanma yönelimi göstermişlerdir. Bu yönelimden kaynaklı olarak; maske takmanın bulaşıcılığı arttırması [10], düşük filtreleme sorunları [11], maskelerin solunum insanların performansının azalması [12], maske kullanımından doğan sağlık problemleri [13,19], maskelerin hayat konforunun düşürmesi [14,22], maskelerin sebep olduğu çevre kirliliği [15], maskelerin getirdiği estetik kaygılar [16,29] ve maske takarken insanların yaşadığı iletişim problemleri [17] gibi birçok sorun cereyan etmiştir.

Salgın döneminde maske kullanımından kaynaklanan problemlere verilebilecek en yaygın örneklerden biri sıkça kullanılan ve geçirgenliği çok yüksek bez maskelerin yol açtığı problemlerdir. Bez maskelerin gözenekleri çok geniş olduğundan küçük parçacıklı maddeleri filtrelemede başarısızdır. Virüs taşıyan damlacıklar kolayca bez kumaşının gözeneklerinden geçebileceğinden, bez maske giyen insan aslında çok düşük bir koruma altındayken kendini korunmuş olarak düşünür ve ihtiyatsızlığa düşebilir. Koruması çok düşük miktarda olan bez maske ile toplum içine karışan bireyler çok kolay bir biçimde enfekte olabilirler. İşin kötüsü, eğer bez maske takan kişi virüs taşıyorsa; virüs taşıyan damlacıkları çok kolay bir şekilde ortama yayabilir [10].

Benzer bir problem toplumca çok yüksek kalite bir ürün algısı olan N95 standardındaki valfli toz maskelerinde yaşanmaktadır. Valfli N95 maskeler, çok küçük boyutta parçacıkları filtreleyebilecek bir kumaş yapısına sahip maskeler olmalarıyla beraber; tek yönlü çalışan bir valf sistemine sahiptirler. Kişinin soluk alırken teneffüs ettiği havayı çok başarılı bir şekilde filtreleyebilse de tek yönlü çalışan valf, soluk verirken kişinin ortama verdiği havayı filtrelemez. Tek yönlü valf sistemine sahip N95 vb. maskeler, her ne kadar kullanıcıyı korusa da virüsün çevreye yayılmasına karşı hiçbir engel oluşturmadığından dünyanın birçok yerinde COVID-19' dan korunma amaçlı kullanımı yasaklanmıştır [18]. COVID-19 salgınında sıkça kullanılan cerrahi maskeler, bez maskeler ve N95 maskelerin ortak noktası, kullanım ömürlerinin çok daha üzerinde kullanılıyor olmalarıdır.

Maskeler bir filtre görevi gördükleri için içerilerinden geçen hava miktarı arttıkça filtreledikleri damlacık ve parçacıkların miktarı da artar ve zaman içerisinde filtrenin boşluklu yapısı tıkanmaya başlar [11]. Aynı maskenin gün boyu, hatta günlerce kullanılması maskenin işlevini tamamen yitirmesine sebep olur. Filtreleme özelliğini kaybetmiş ve filtresinin boşluklu yapısı tıkanmış olan maskeleri kullanan insanların nefes alıp vermede zorluk çektikleri görülmüştür. Öyle ki, birçok örnekte görüldüğü gibi insanlar; rahat nefes alabilmek için maskelerini burunlarının veya çenelerinin altına indirme gerekliliği duymuşlardır. Maskelerin nefes almayı zorlaştırmasından dolayı insanların gösterdiği bu davranış, virüsün bulaşıcılığını arttıran başka bir etkidir. Kullanılan maskelerin nefes alıp vermeyi zorlaştırması bir yandan insan sağlığına zararlı başka bir etkiyi ortaya çıkarmaktadır. Maske taktığı süre boyunca yavaş yavaş filtreleme özelliğini kaybeden maske, kullanıcıyı verdiği solüğün büyük bir kısmını kendi içerisinde hapseder. Karbondioksit olarak zengin olan ve maskeyi terk edemeyen hava, kişinin bir sonraki soluk alışında akciğerlerine dolar. Akciğerlerde gerçekleşen küçük kan dolaşımında kırmızı kan hücrelerinin vücuttan getirdiği karbondioksit hücrelerden ayrılır ve soluk olarak verilir; sonrasında alınan solukla kırmızı kan hücrelerine vücuttaki hücrelere dağılması için oksijen bağlanır. Bu bağlamda alınan solüğün oksijen miktarında zengin olması çok önemlidir. Keza, alınan soluk içerisinde karbondioksit miktarının çok fazla olmasıyla kırmızı kan hücrelerine oksijen yerine karbondioksit bağlanacağından; vücuttaki hücrelere yeterli oksijen ulaştırılamayacaktır. Maske kullanırken nefes almakta zorlanan kişilerin karşılaştığı kandaki oksijen yoğunluğunun azalması sağlık sorunlarına sebep olabilir [19].

Günümüzde yaygın kullanılan maskelerin sebep olduğu bir başka sağlık sorunu da ciltte alerji veya deformasyona dayalı yaralar oluşturmalarıdır. Uzun süre zarflarında kullanılan maskelerin yüze sıkıca sarması için kullanılan lastikler, kullanan kişinin derisinde yara veya kızarıklık oluşumuna sebep olabilmektedir [13]. Bunun yanında bazı bireylerin vücutlarının kullanılan maskelere alerjik tepki verdiği de görülmüştür. Son olarak maskeyi giyen insanların burun ve kulak uzuvları üzerine uygulanan sürekli baskı sebebiyle organların şekillerinde değişiklikler meydana gelebilmektedir [20]. Maske kullanımının sebep olduğu bu problemler ayrıca insanların hayat konforunu da azaltmaktadır. Maske kullanımının zorunlu hale geldiği COVID-19 salgını döneminde insanların kullanabileceği alternatif ürünler olmadığı için insanlar, yaşam konforları azalmış bir şekilde hayatlarına devam etmek zorunda kalmışlardır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan maskelerin çok büyük bir çoğunluğu kullan-at ürünler olduğundan ve COVID-19 sebebiyle çok büyük bir kitlenin kullanmasından dolayı; çevreyi ve doğayı tehdit eden bir durum söz konusudur [15]. İçerisinde bulunan salgın dönemi içerisinde kullanıldıktan sonra atılan maskelerin virüs taşıma olasılığı olduğundan dolayı, maskelerin geri dönüştürülmesi tehlike arz etmektedir. Virüsün aktifliğini kaybedeceği ısı ve kimyasal yöntemler kullanılabilmekte, fakat çevreye zararlı madde salınımına sebep olduğundan tercih edilmemektedir.

COVID-19 salgının başlangıcında görülmesi de ilerleyen dönemlerde tüm dünya üzerinde maskelerin estetik kaygıya sebep olduğu ve birer kozmetik ürünü haline geldiği görülmüştür [16]. Her gün bir ceket veya bir pantolon gibi giyilen maskelerin tekdüzeliğinden bunalan insanlar, tuttuğu takımların renklerine sahip veya farklı tasarımlarda maskeler kullanmaya başlamışlardır. Birçok tekstil firması ve moda tasarımcısı zaman içerisinde trende uyum sağlamış ve ortaya birçok farklı maske tasarımı çıkmıştır. Her ne kadar yapılan tasarımlar insanların maske satın alırken seçim yapabileceği ürün yelpazesini genişletse de yeni ürünlerin çok büyük bir kısmı bez maskeler üzerine yapılmış tasarım ve geliştirmelerden oluşmaktadır.

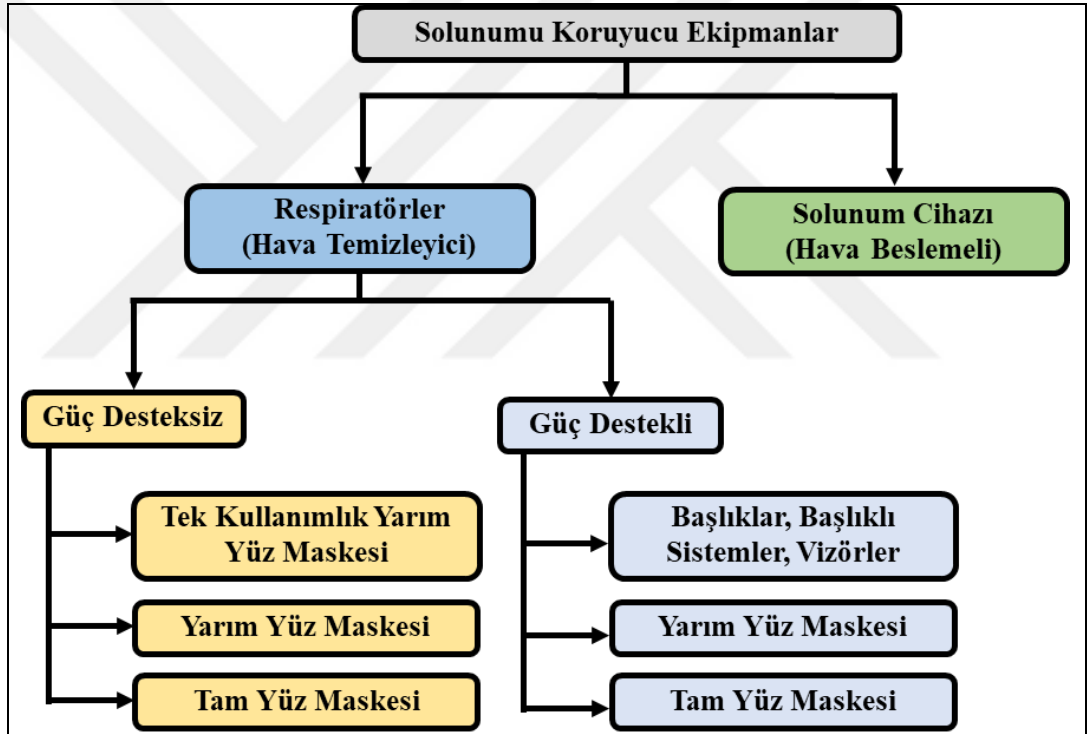
Yapılan gözlemlere göre maske takarken insanların yaşadığı en büyük zorluklardan biri de yüz yüze ve telefonla konuşmaktır [17]. Örneğin, yapılan telefon görüşmelerinde maske; kişinin sesini boğuklaştıran ve anlaşılabilir hale getiren nesne haline gelmekte, telefon görüşmesinin anlaşılabilir olması için maske çıkartılmaktadır.

## 1.5. Literatür Araştırması

Yaygın olarak kullanılan bez maskeler, cerrahi maskeler ve valfli N95 maskelerde karşılaşılan sorunlara çözüm getirebilmek adına COVID-19 salgını sürecinde gerek akademik gerek ticari birçok proje ve bazı ürünler ortaya çıkmıştır [21]. Yapılan bu çalışmalara örnekler verecek olursak; bir fan aracılığı ile havayı filtreden geçirerek maske içerisine üfleyen sistemler[22], dalgiç maskelerine filtre modülleri eklenerek çalışan sistemler[23], eklemeli imalat yöntemleri ile kişiye özel üretimi yapılan sistemler[24,25], bele takılan bir kemer yardımı ile taşınan filtreleme modülünün tamamen izole bir yüz maskesini filtrelenmiş hava ile besleyen sistemler[26], maskenin içerisine bir kablosuz mikrofon entegre edilerek iletişimi kolaylaştıran sistemler[27], Farklı tür kumaşlardan desen ve tasarımlar oluşturularak üretilen maskeler[16,28] vb. ürünler ortaya çıkmıştır. Bu değerli çalışmaların hepsi, COVID-19 salgını döneminde insanların maske kullanırken yaşadıkları zorlukları ele alarak farklı alanlarda çözüm getirmişlerdir. Yapılan her çalışma, her ne kadar belirli bir probleme çözüm getirmiş olsa da geniş bakış açısıyla bakıldığında her birinin eksikler içerdiği görülmektedir. Örnek olarak uluslararası bir teknoloji devi olan LG firmasının geliştirdiği LG Puricare Mask [29] ürünü ele alındığında; maskenin içerisinin sürekli olarak filtrelenmiş temiz hava ile beslendiği ve teknolojik, şık bir tasarıma sahip olduğu görülmektedir. Fakat maskenin kişinin verdiği soluğu filtrelemeden tek yönlü bir valf aracılığı ile maske dışına salıvermesi ve kısa pil ömrü; sırasıyla virüsün ortamda yayılması ve ürünün yalnızca kısa süreli kullanımlarla sınırlı olması gibi problemleri ortaya çıkartır. Başka bir örnek ele alındığında, Michigan Teknoloji Üniversitesi' ndeki bir araştırma grubunun yaptığı açık kaynak maske projesinin [26] uzun pil ömrüne sahip olması, sağlam bir yapıya sahip olması, kişinin ortamdaki izolasyonun çok iyi sağlanması ve açık kaynak olması gibi birçok başarılı özelliğe sahiptir. Ancak maske tasarımının hantal, estetik olmayan ve kullanımı zahmetli olması sebebiyle günlük kullanıma uygun olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmasında görülmüştür ki; özellikle COVID-19 salgını sonrasında ortaya çıkan ve maske işlevi gören ürünler belirli problemlere odaklanarak tasarlanmışlardır. Bu sebeple ortaya çıkan ürünlerin çok yönlülük konusunda eksiklikleri olduğu gözlemlenmiştir.

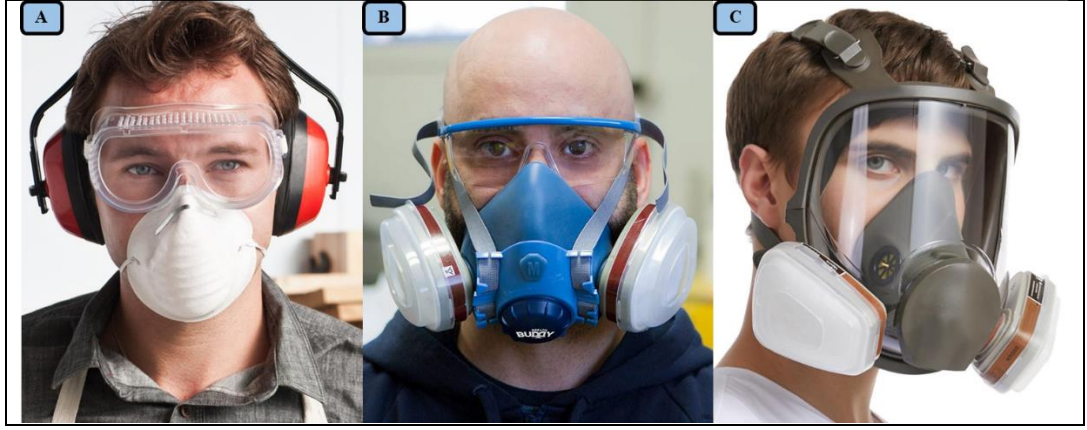
## 1.6. Solunumu Koruyucu Ekipman Çeşitleri

Solunumu koruyucu ekipmanlar incelendiğinde temel olarak iki kategoriye ayrılmaktadırlar; hava temizleyici cihazlar ve hava beslemeli cihazlar. Solunumu koruyucu ekipmanların sınıflandırılması Şekil 1.5’ te gösterilmiştir. Hava temizleyici cihazlar sahip oldukları çeşitli filtre teknolojileri sayesinde ortam havasını temizleyerek kullanıcıya tedarik ederler. Hava beslemeli cihazlar ise depolanmış temiz havayı kullanıcıya çeşitli yöntemlerle ulaştırma mantığı ile çalışır. Tez çalışması kapsamında COVID-19 gibi havadaki partiküller yolu ile yayılabilen hastalıklara karşı geliştirilen maske bir temizleyici maskedir.



Şekil 1.5: Solunumu koruyucu ekipman kategorileri.

Hava temizleyici maskeler de kendi aralarında ikiye ayrılmaktadırlar; güç desteksiz ve güç destekli maskeler. Güç desteksiz maskeler kullanıcının solunum organlarının oluşturduğu hava akışına ek olarak hava tedarigi sağlayabilen sistemlere sahip değildirler. Güç desteksiz maskeler kendi aralarında üç gruba ayrılmaktadırlar, tek kullanımlık maskeler, yarım yüz maskeleri ve tam yüz maskeleri. Güç desteksiz maskeleri ve çeşitleri Şekil 1.6’ da gösterilmiştir.



Şekil 1.6: Güç desteksiz respiratörler. (A) Tek kullanımlık yarım yüz maskesi, (B) yarım yüz maskesi, (C) tam yüz maskesi.

Güç destekli maskeler ise kullanıcıya elektronik fanlar gibi hava akışı sağlayan elemanlar kullanarak solunuma takviye hava akışı tedarik eden sistemlerdir. Güç destekli maskeler de kendi aralarına üç gruba ayrılmaktadır; başlıklı sistemler, yarım yüz maskeleri ve tam yüz maskeleri. Güç destekli maskeler ve çeşitleri Şekil 1.7' de gösterilmiştir.



Şekil 1.7: Güç destekli respiratörler. (A) Güç destekli başlık tipi solunumu koruyucu ekipman, (B) güç destekli tam yüz maskesi, (C) Güç destekli yarım yüz maskesi.

## 1.6. Tezin Amacı ve Katkısı

Tez çalışması neticesinde yapılan literatür taramasının ardından yaygın olarak kullanılan maskelerin artı ve eksi yönleri değerlendirilmiştir. Buna ek olarak COVID-19 salgını başlangıcından itibaren geliştirilmiş olan maske niteliği taşıyan ürünler ve çalışmalar incelenmiştir. İnsan solunum yollarını korumak amacıyla geliştirilecek olan bir maskenin sahip olması gereken özellikler etraflıca düşünülmüş ve yaygın olarak

kullanılan maskelerin üretiminde kullanılan standartlar incelenmiştir. Elde edilen bilgi ve yapılacak olan çalışmalar neticesinde tez çalışmasının ürünü olacak olan maske tasarımının sahip olması hedeflenen temel özellikler; maskenin solunum organlarını dış ortamdaki izole etmesi, maskenin solunum için yeterli miktarda hava girişi ve çıkışı sağlaması, maskenin alınan soluk ve verilen soluk ayırarak maske içerisinin devamlı olarak temiz hava ile beslenmesi, maskenin hem alınan hem de verilen solukun filtrelenmesi, maskenin solunuma destek olması için havayı elektrikli fanlar yardımı ile filtreden geçirmesi, maskenin filtrelerinin kartuş mantığı ile kolayca değiştirilebilmesi, maskenin alınan ve verilen soluk sayısı ile beraber solunum ritmini tespit etmesi, maskenin kendi içerisindeki karbondioksit yoğunluğunu ölçmesi, maskenin yaptığı ölçümlerle kullanıcıya solunum durumu ile ilgili bilgi vermesi, maskenin uzun süreli kullanımlara uygun olması ve maskenin şık, moda uygun bir tasarımı olması şeklinde sıralanmaktadır. Tüm bu özellikler geliştirilirken uluslararası bir standartlar olan EN 12942 ve NIOSH standartları (Amerika Birleşik Devletleri Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü) temel alınmıştır [30,31]. EN 12942 “Solunumla ilgili koruyucu cihazlar - Tam yüz maskeleri, yarım maskeler veya çeyrek maskelerle birlikte güç destekli filtre cihazları” standardı, bir yarım yüz maskesinin uluslararası olarak kullanılabilmesi için gerekli olan şartlar, maske üzerinde yapılması gereken deneyler ve bu deneylerin şartlarını belirtir. Bu tez çalışmasında geliştirilen güç destekli yarım yüz maskesinin içerisinde bulunduğu ürün kategorisinin tabii olduğu standart EN 12942 standardı olduğundan dolayı, geliştirme çalışmalarında bu standardın ortaya koyduğu şartlar göz önünde bulundurulmuştur. Bununla beraber NIOSH’ un yayınladığı dokümanlardan ve çalışmalardan da yararlanılmıştır.

Tez çalışmasında geliştirilen maskenin; mekanik tasarım, elektronik tasarım ve yazılım geliştirme çalışmaları yapılarak ortaya çıkarılmıştır. Mekanik çizimleri tamamlanmış olan maske, bilgisayar ortamında montajı tamamlanarak belirli sınır koşulları altında statik yapı ve hesaplamalı akışkanlar analizi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda stres yığılımları, akış analizleri ve total deformasyonlar incelenmiştir. Uygulanan olan sınır değerler, fiziksel ortamda maskenin maruz kalabileceği gerçek sınırlara yakın değerler olarak belirlenmiştir. Bu analiz çalışmalarının çıktılarına göre maske tasarımında yapılması gereken değişiklikler olup olmadığına karar verilmiştir.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Malzeme ve Ekipman Seçimi

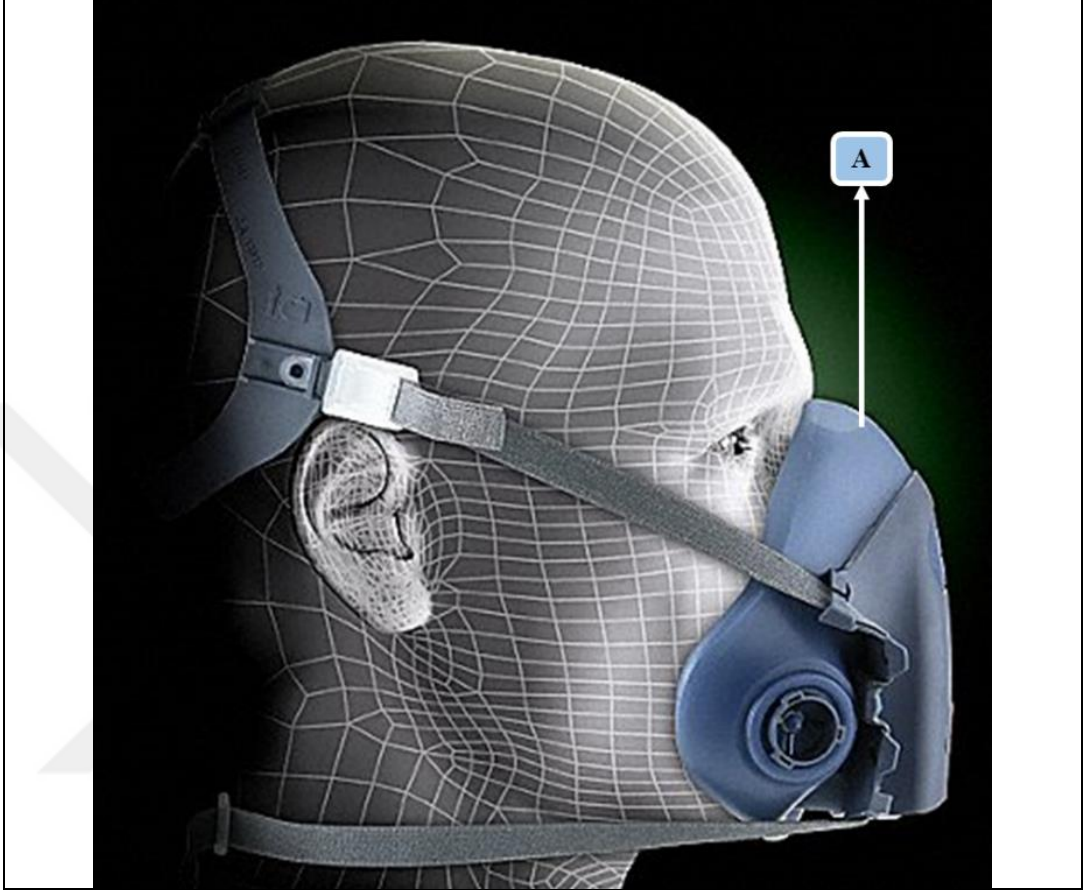
Maskenin geliştirme aşaması malzeme ve ekipman seçimi ile başlamıştır. Tez çalışması sonucunda ortaya çıkartılması hedeflenen maskenin sahip olacağı özellikler ve uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak bu özellikleri sağlayabilecek mekanik ve elektronik montaj elemanları incelenmiştir. Akıllı maskenin sahip olması gereken elemanlar Tablo 2.1’ de listelenmiştir.

Tablo 2.1: Maske içerisinde bulunması hedeflenen mekanik ve elektronik elemanlar.

No.	Mekanik ve elektronik elemanlar
1	Yüz ile maskenin temasını sızdırmaz şekilde sağlayan bir parça
2	Havadaki partikülleri filtreleyen kartuş filtreler
3	Filtrelerden geçen ve solunum organlarına doğru hareket eden hava miktarını arttıran elektrikli fanlar
4	Tek yönlü hava akışını düzenleyen sensörlü bir valf sistemi
5	Akıllı telefon bağlantısını sağlayan bir bluetooth modülü
6	Maske üzerinde kontrol sağlayan bir buton
7	Karbondioksit sensörü
8	Maskenin elektronik sisteminin açılması ve kapanmasını kontrol eden bir anahtar
9	Maskeye güç veren bir batarya
10	Bir batarya şarj ünitesi
11	Tüm elektronik elemanları kontrol edebilecek bir mikro kontrolcü
12	Maskenin tüm elemanlarını içerisinde sızdırmaz şekilde bulduran bir ana gövde
13	Ana gövdeyi kullanıcının kafasına bağlayan bir bağlantı aparatı

Tablo 2.1’ de belirtilen 1 numaralı parça, EN 12942 dokümantasyonunda yüz parçası olarak isimlendirilmektedir. Bu parçanın maskenin cilde temas eden kısmı olmasından dolayı keskin kenarlar ve çıkıntılara sahip olmaması gerekmektedir. Buna

ek olarak seçilen malzemenin ciltte tahrişe sebep olmaması ve insan sağlığına bir yan etkisi olmaması gerekmektedir. Şekil 2.1’ de örnek bir yüz parçası tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 2.1: (A) Örnek bir yüz parçası tasarımı.

Tez çalışması kapsamında geliştirilecek olan maskede malzeme olarak Termoplastik Poliüretan (TPU) kullanılmasına karar verilmiştir. TPU cilde temasta irritasyona sebep olmayan ve hali hazırda cilde temas eden ticari ürünlerde kullanılan bir malzemedir [32]. TPU malzemesinin bir diğer özelliği kolayca ulaşılabilir ve uygun fiyatlı olmasıdır. Tercih edilen malzeme aynı zamanda FDM 3B yazıcılar ile üretilebilir bir malzemedir.

Tablo 2.1’ de belirtilen 2 numaralı parça filtredir. Tez çalışması kapsamında geliştirilmesi hedeflenen maskede P-1 tipi bir partikül filtresinin kullanılması hedeflenmiştir. Bu partikül filtresi seçimi yapılırken hali hazırda yarım yüz maskelerinde kullanılan 3M 5911 P1 partikül filtresi tercih edilmiştir.

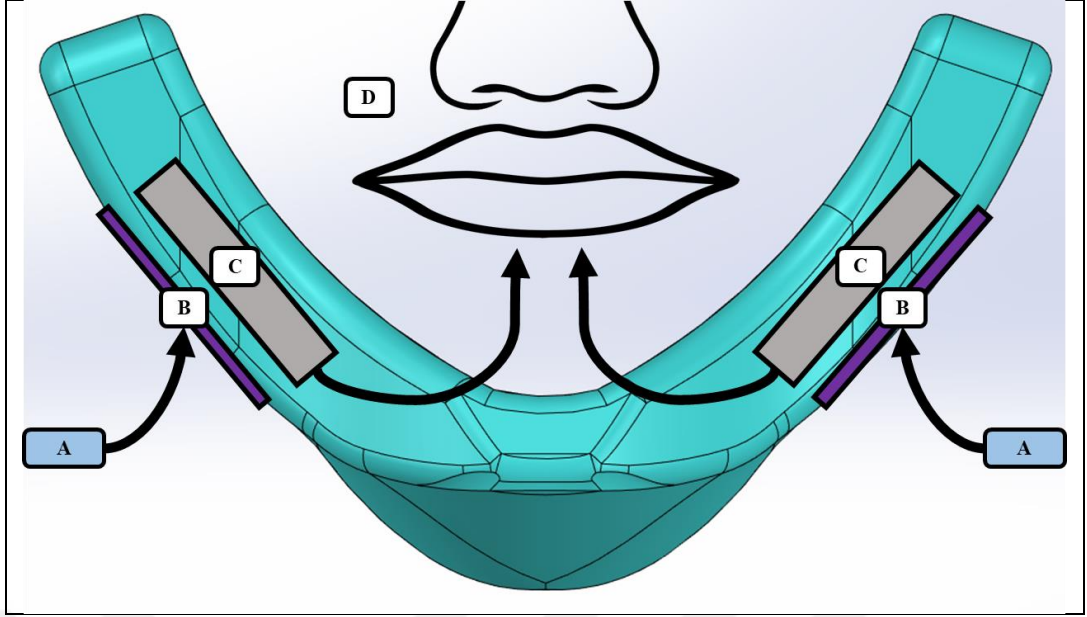
Tablo 2.1’ de belirtilen 3 numaralı parça elektronik fanıdır. NIOSH’ a göre sızdırmaz bir elektronik maske içerisindeki bir elektronik fanın 115 l/dk. akış sağlama

kapasitesine sahip olması gerekmektedir [31]. Bununla birlikte geliştirilen yarım yüz maskesinin muadillerinden daha büyük bir hacme sahip olmaması, aksine daha küçük bir hacme sahip olması hedeflendiğinden dolayı küçük boyutlu ve yüksek hava akışı sağlayabilen bir fan sistemine ihtiyaç duyulmuştur. Şekil 2.2’ te gösterilen Elektronik fan sistemleri ve kullanım alanları incelendiğinde, küçük alanda hava akışının dikey olarak yönlendirilmesi gereken ve küçük tasarım hacmine ihtiyaç duyulan uygulamalarda salyangoz fanların kullanıldığı gözlemlenmiştir [33].

Fan Tipi	Dış Yapı	Pervane	Akış Yönlendirmesi
Eksenel Fan			
Radyal Fan			
Salyangoz Fan			

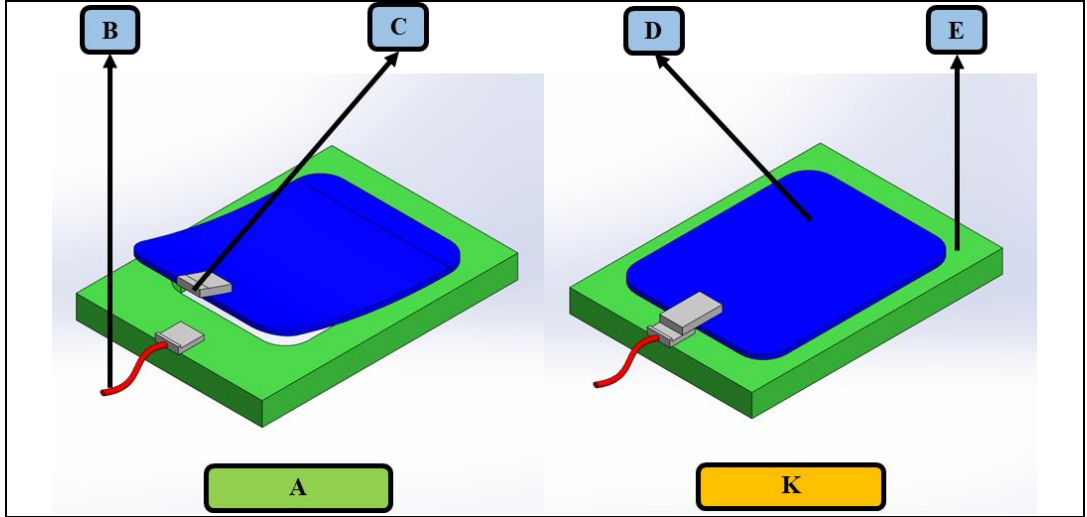
Şekil 2.2: Elektronik fan tipleri ve yapısal özellikleri.

Dikey akış yönlendirilmesi ve küçük tasarım hacmine ihtiyaç duyulan uygulamalar arasında dizüstü bilgisayar soğutma sistemleri, 3B yazıcı soğutma sistemleri örnek olarak verilebilir. Benzer tasarım özellikleri gerektiren yarım yüz maskesi tasarımında salyangoz fanların Şekil 2.3’ te gösterilen biçimde konumlandırılması ile hava akışının küçük hacim kaplayan bir fan sistemi ile solunum organları olan ağız ve burun deliklerine yönlendirilmesi hedeflenmiştir. Maskenin tasarımının sahip olacağı nihai ölçüler göz önünde bulundurularak ana gövde içerisine sığabilecek 70 mm x 70 mm x 13 mm hacim kaplayan, 3 pinli ve 5V gerilim değeri ile çalışan 2 adet salyangoz fan kullanılmıştır.



Şekil 2.3: Maske tasarımında kullanılan salyangoz fanların ana gövde üzerinde konumlandırılması ve solunum organlarına hava akışı yönlendirmesi. (A) Hava, (B) filtre, (C) elektronik fan, (D) solunum organları.

Tablo 2.1’ de belirtilen 4 numaralı parça bir valf sistemidir. Bu sistemin yalnızca bir yönlü hava akışına izin vermesi ve tersine akışta sızdırmazlık sağlaması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılmak üzere valf sistemleri araştırıldığında Şekil 2.4’ te gösterilen bir diyaframalı valf sisteminin kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 2.4: Maske tasarımında kullanılan valflerin açık ve kapalı durumları. (A) Açık durum, (K) kapalı durum, (B) bağlantı kablosu, (C) anahtar, (D) valf kapağı, (E) valf yüzeyini ifade etmektedir.

Valf sistemi sayesinde maske içerisinde nefes alıp verme sırasında oluşan akış düzenlenebilir. Nefes alma esnasında valf maske içerisinde ortam basıncından daha

düşük bir miktarda basınç oluştuğundan dolayı valf kapalı pozisyona geçer. Nefes verme esnasında maske içerisindeki basınç ortam basıncından yüksek olduğundan dolayı valf açık pozisyona geçer. Nefes alıp verme döngüsü ile çalışan valf sistemine bir elektronik anahtar sistemi eklenmiş ve bu şekilde maskeyi takan kişinin dakikadaki nefes alıp verme sayısının ölçülmesi hedeflenmiştir. Valf kapağının esnek bir yapıya sahip olması gerektiğinden dolayı bu esnekliği sağlayabilecek TPU malzemesi tercih edilmiştir.

Tablo 2.1’ de belirtilen 5 numaralı parça bir bluetooth devresidir. Bluetooth devresinin güvenli, hızlı ve düşük güç tüketimli bir haberleşme sağlaması gerekmektedir. Bu özellikler dikkate alınarak HC-05 Bluetooth modülünün kullanılması tercih edilmiştir. HC-05 hem “Master” hem de “Slave” modunu destekleyen bir cihaz olduğundan dolayı tez çalışmasında kullanılacak olan uygulama için yeterlidir. Çalışma akımı 50mA olan HC-05 modülü bu sayede düşük güç tüketimi ile kablosuz iletişim sağlayabilir.

Tablo 2.1’ de belirtilen 6 numaralı parça bir kontrol butonudur. Bu kontrol butonunun maske içerisinde bulunacak olan fanların hız kontrolünü sağlayabilmesi gerekmektedir. Bu gereksinimi sağlayabilmek için plastik başlı basma butonu seçilmiştir. Seçilen düğmenin basıldığında sağladığı mekanik geri bildirim, düğmenin göz teması olmadan basıldığının algılanmasına destek olmaktadır.

Tablo 2.1’ de belirtilen 7 numaralı parça karbondioksit sensörüdür. Bu sensörün kısa gecikmelerle ve düşük güç tüketimi ile ortamda bulunan karbondioksit konsantrasyonunu 0-2000 ppm arası değer aralığında ölçümleyebilmesi gerekmektedir. 2000 ppm ve üzeri karbondioksit konsantrasyonunun insan sağlığına zararlı olmasından dolayı bu değer aralığı tercih edilmiştir [34]. Şekil 2.5’ te iç ortam karbondioksit miktarına göre ortam hava kaliteleri kategorize edilmiştir. Bu özellikleri sağlayabilen sensörler araştırıldığında Tablo X’ te gösterilen MH-Z19 kızılötesi karbondioksit sensörünün kullanılması uygun görülmüştür. MH-Z19 3.6 ~ 5.5 V DC çalışma voltajına, ortalama 18 mA çalışma akımına, 0-5000 ppm karbondioksit konsantrasyonu ölçüm aralığına, 60sn gecikme süresine ve 3 dk. ön ısıtma süresine sahiptir.

Tablo 2.1’ de belirtilen 8 numaralı parça bir açma/kapama anahtarıdır. Bu anahtarın maskenin elektronik elemanlara giden gücü devreye sokabilme ve devreden çıkartabilmesi gerekmektedir. Bu sebeple 3 pin sürgülü Açma/Kapatma anahtarın kullanılmasına karar verilmiştir. Seçilen anahtarın Açma/Kapatma konumlarına

getirildiğinde sağladığı mekanik geri bildirim, anahtarın göz teması olmadan kullanıldığının algılanmasına destek olmaktadır.

Havalandırma Miktarının Arttırılması Gerekmetedir	↑	İç Ortam CO <sub>2</sub> Miktarı (ppm)	2600	Havalandırma Miktarı Kabul Edilemez
			2400	
			2200	Havalandırma Miktarı Çok Zayıf
			2000	
			1800	Havalandırma Miktarı Zayıf
			1600	Havalandırma Miktarı Yetersiz
			1400	
			1200	Havalandırma Miktarı Kabul Edilebilir
			1000	Havalandırma Miktarı İdeal
Havalandırma Miktarının Düşürülmesi Gerekmetedir	↓	İç Ortam CO <sub>2</sub> Miktarı (ppm)	800	Havalandırma Miktarı Çok Fazla
			600	
			400	Dış Ortam Sevitesi

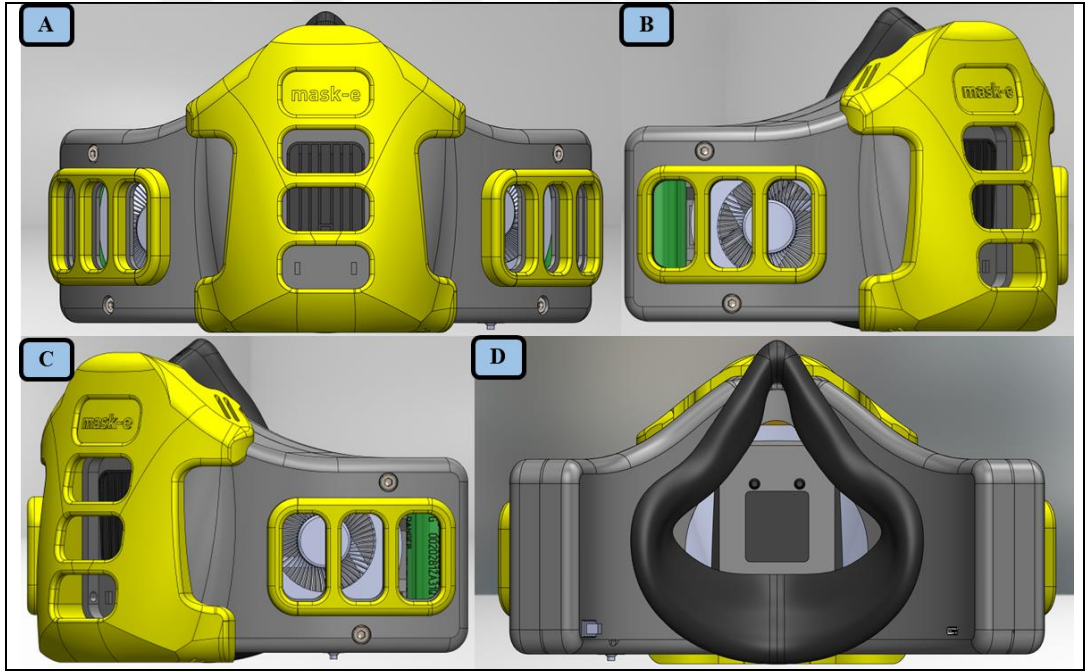
Şekil 2.5: İç ortam karbondioksit miktarına göre ortam hava kaliteleri.

Tablo 2.1' de belirtilen 9 numaralı parça bir bataryadır. Bataryanın kapasite/hacim oranı yüksek ve maskenin tasarım hacmi içerisine sığabilecek büyüklüğe sahip olması gerekmektedir. Bu ölçütler göz önünde bulundurulduğunda LG Chem 18650 3.7V 3500mAh Li-Ion pil kullanılmasına karar verilmiştir. 18 mm çapında ve 65 mm yüksekliğinde bir silindir hacminde olan pilin sahip olduğu 3500mAh kapasite onu benzer pillere kıyasla kapasite/hacim oranında öne çıkarmıştır.

Tablo 2.1' de belirtilen 10 numaralı parça bir batarya şarj ünitesidir. Maske içerisinde kullanılmasına karar verilen yüksek kapasiteli pillerin şarj edilebilmesi için yüksek akım sağlayabilen bir batarya şarj ünitesi kullanılması gerekmektedir. Bu kapsamda giriş gerilimi 4.5V-5V, şarj gerilimi 4.2V ve maksimum şarj akımı 3A olan IP2312 lityum batarya hızlı şarj ünitesinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 2.1’ de belirtilen 11 numaralı parça bir mikro kontrolcüdür. Maske içerisinde kullanılacak olan mikro kontrolcünün; elektronik komponentlerin yazılım ile kontrolü ve haberleşmesini sağlayabilmesi, düşük güç tüketimine, küçük boyutlara ve yeterli dijital/analog pin sayısına sahip olması gerekmektedir. Bu özelliklerin sağlanabilmesi için yapılan araştırmalar neticesinde ARDUINO Pro Mini isimli mikro kontrolcünün kullanılmasına karar verilmiştir. Seçilen mikro kontrolcü 5V çalışma gerilimine, 8 adet analog giriş pinine, 14 adet dijital giriş/çıkış pinine, 18mA-26mA aralığında çalışma akımına ve 33mm x 18mm x 1mm boyutlara sahiptir.

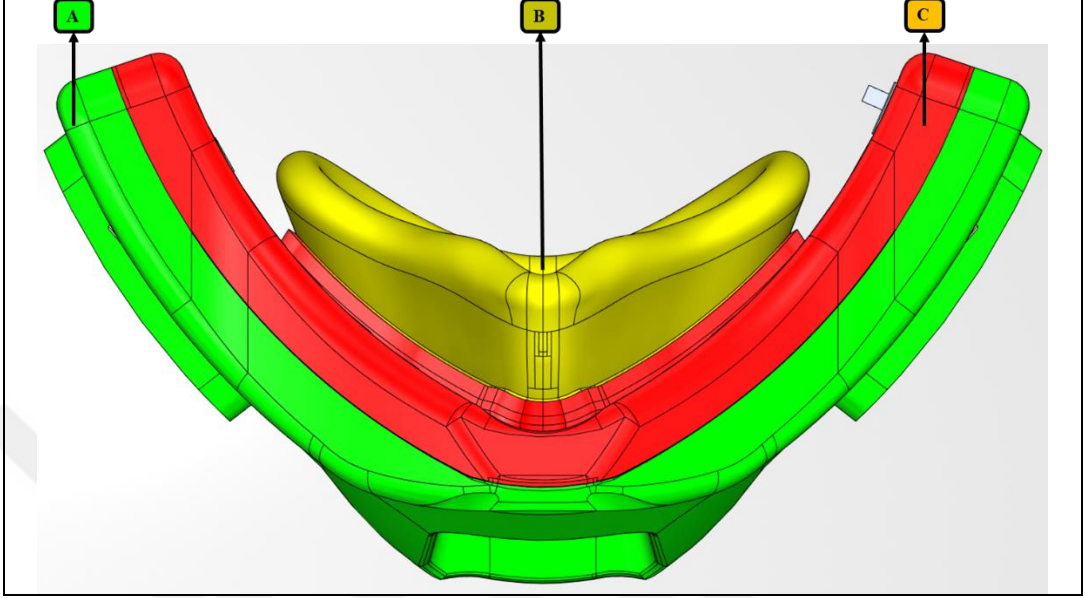
Tablo 2.1’ de belirtilen 12 numaralı parça maskenin ana gövdesidir. Bu parçanın maskenin tüm mekanik ve elektronik elemanları sızdırmaz bir biçimde içerisinde muhafaza etmesi gerekmektedir. Bununla beraber insan yüzünde düşük yer kaplaması, düşük ağırlıkta olması, görüşü engellememesi parçanın tasarımında önemli parametrelerdendir. Tüm bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda bir mekanik tasarım çalışması yapılmış ve Şekil 2.6’ da gösterilen maske ana gövdesi tasarımı yapılmıştır.



Şekil 2.6: Maske gövdesi tasarımı. (A) Önden görünüm, (B) sol önden görünüm, (C) sağ önden görünüm, (D) arkadan görünüm.

Ana gövdenin üretiminde PLA+ malzemesi kullanılmıştır. Bu malzemenin seçiminde 3B yazıcı ile üretilebilir olması, uygulama için yeterli mukavemete sahip olması ve doğada çözünebilir olması etkili olmuştur. Maske ana gövdesi Şekil 2.7’ te

gösterilen; ana gövde ön parçası, ana gövde arka parçası ve yüz parçası olmak üzere 3 parçadan oluşmaktadır. Bu üç parçanın sızdırmaz bir şekilde montajının sağlanması için RTV sıvı conta kullanılmasına karar verilmiştir.







Şekil 2.7: Maske gövdesi tasarımının parçaları. (A) Ana gövde ön parça, (B) yüz parçası, (C) ana gövde arka parçası.






Tablo 2.1’ de belirtilen 13 numaralı parça ana gövdeyi kullanıcının kafasına bağlayan bağlantı aparatıdır. Bu bağlantı aparatının kullanıcıya göre ayarlanabilmesi, maskenin kolay bir şekilde takılıp çıkartılabilmesine olanak sağlaması gerekmektedir. Bu özellikler göz önünde bulundurularak 15 mm genişliğinde ve 1,5 mm kalınlığında elastik kumaş kullanılmıştır.

Tablo 2.1’ te belirtilen maske tasarımında bulunan mekanik ve elektronik elemanlara karar verildikten sonra maskenin üretimi için gerekli ekipmanların seçimi yapılmıştır. Seçimi yapılan ekipman ve cihazlar Tablo 2.2’ de listelenmiştir. Tablo 2.2’ de malzeme ve ekipman özellikleri açıklanmıştır.


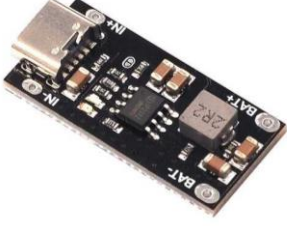
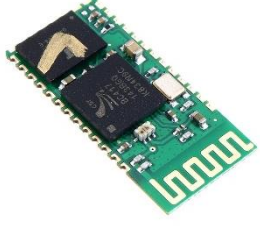


Tablo 2.2: Malzeme ve ekipman seçimi çalışması sonucunda seçimi yapılan malzeme ve ekipmanlar.

Malzeme/Ekipman Görseli	Malzeme/Ekipman İsmi	Malzeme/Ekipman Kullanım Amacı
	Ultimaker 2+ Extended FDM 3B Yazıcı	FDM eklemeli imalat yöntemi ile parça üretimi.
	CREALITY HALOT- SKY SLA 3B Yazıcı	SLA eklemeli imalat yöntemi ile parça üretimi.
	Havya/Sıcak Hava İstasyonu	Elektronik elemanların montajı.
	Akülü Vidalama Seti	Mekanik elemanların montajı.

Tablo 2.2: Devam.

	CEM DT619 Anemometre	Hacimsel akış ölçümü.
	Multimetre	Elektronik parametrelerin ölçülmesi.
	Güç Kaynağı	Elektronik devrelere gerilim ve akım sağlanması.
	3 Pin Soğutucu Salyangoz Fan	Maske içerisine hava akış takviyesi sağlanması.
	LG Chem 18650 3.7V 3500mAh Li-Ion Pil	Maske içerisindeki elektronik elemanlarına güç sağlanması

Tablo 2.2: Devam.

	<p>Arduino Pro Mini 2.7V-5V çalışma voltajı 16 MHz çalışma frekansı</p>	<p>Maske içerisindeki elektronik elemanların kontrolü.</p>
	<p>IP2312 Type-C 3A Lityum Batarya Hızlı Şarj Modülü</p>	<p>Maske içerisindeki bataryaların şarj edilmesi.</p>
	<p>HC05 Bluetooth Modülü</p>	<p>Maske içerisindeki mikro kontrolcünün kablosuz haberleşme yapabilmesine olanak sağlaması.</p>
	<p>MH-Z19 Kızılötesi Karbondioksit Ölçme Sensör Modülü</p>	<p>Maske içerisindeki karbondioksit miktarının ölçülmesi</p>
	<p>3 Pin Sürgülü On/Off Anahtar</p>	<p>Maske içerisindeki elektronik elemanlara bataryadan giden gücün devreye alınması ve devreden çıkartılması.</p>

Tablo 2.2: Devam.

	2 Pinli Plastik Başlı Buton	Maske içerisindeki mikro kontrolcüyü kontrol edilmesi.
	Renkli Montaj Kablosu	Elektronik elemanların montajı.
	PLA+ ve TPU 3B Yazıcı Filamenti	FDM eklemeli imalat yöntemi ile parça üretimi.
	Ultraviyole Işık Duyarlı Reçine	SLA eklemeli imalat yöntemi ile parça üretimi.
	Elastik Kumaş	Maskenin kullanıcının kafasına takılabilir olması için bağlantı sağlamak.

Tablo 2.2: Devam.

	<p>RTV Sıvı Conta</p>	<p>Üretilen parçaların sızdırmaz şekilde montajının yapılması.</p>
	<p>Eğme Seti</p>	<p>Üretilen parçalara üretim sonrası yüzey modifikasyon işlemlerinin yapılması.</p>
	<p>Zımpara Kağıtları</p>	<p>Üretilen parçalara üretim sonrası yüzey modifikasyon işlemlerinin yapılması.</p>
	<p>Sprey Astar ve Sprey Boya</p>	<p>Üretilen parçalara üretim sonrası yüzey modifikasyon işlemlerinin yapılması.</p>

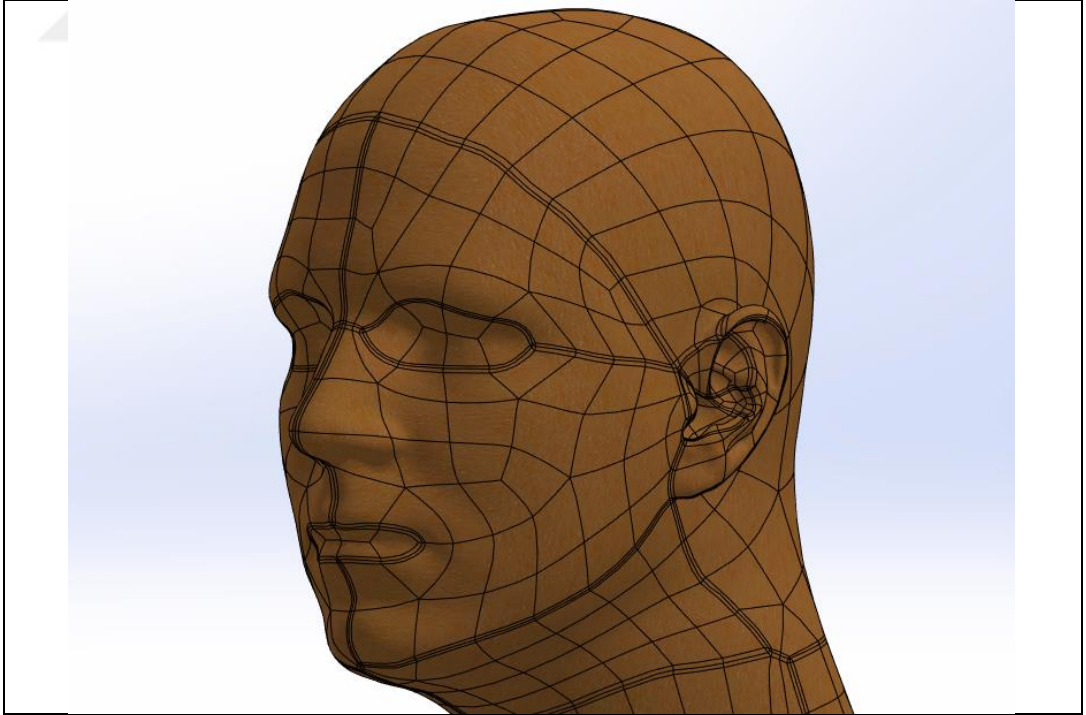
## 2.2. Tasarım

Maske tasarımı üç ana bölümden oluşmaktadır; mekanik tasarım, elektronik tasarım ve yazılım geliştirme. Bu bölümlerin her biri farklı çalışma paketleri olarak sınıflandırılrsa da birbirleri ile olan ilişkilerinden dolayı ayrı düşünülemez. Buna örnek olarak PCB (Printed Circuit Board) tasarımı örnek olarak verilebilir. PCB tasarımı elektronik tasarım bölümünün bir parçası olmasına rağmen mekanik tasarımdan bağımsız olarak tasarlanamaz. Tasarımı yapılacak olan PCB kartın hacmi, maske içerisinde çalışılan kısıtlı hacim içerisine sığabilmelidir. Bu sebepten dolayı PCB tasarımı maskenin mekanik tasarımı ile eş zamanlı ve ilişkili olarak planlanmıştır.

Farklı tasarım çalışmalarının birbirleri ile ilişkili bir şekilde yürütülecek bir biçimde tasarım çalışmalarına başlangıç yapılmıştır.

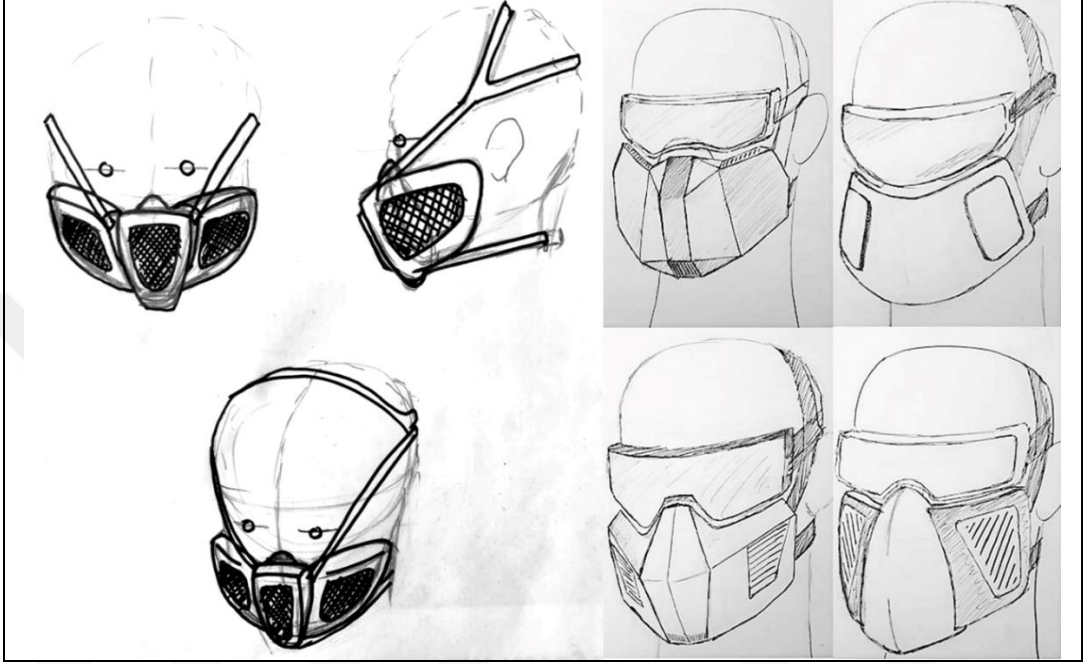
### 2.2.1. Mekanik Tasarım

Yarım yüz maskelerinin insan yüzüne kapsayabileceği limitli bir hacim ve yüzey alanı vardır. Örnek bir yarım yüz maskesinin görseli Şekil 1.6’ da, örnek bir güç destekli yarım yüz maskesinin görseli Şekil 1.7’ de gösterilmiştir. Mekanik tasarım çalışmaları, NIOHS tarafından yapılan kapsamlı çalışma neticesinde ortaya çıkan taranmış insan kafası modellemelerinin incelenmesi ile başlamıştır. NIOHS yaptığı ulusal çalışmada 3997 insanın taranmış kafa modellerini kullanarak bir veri tabanı oluşturmuştur. Bu veri tabanı üzerinden ortalama bir yetişkin Amerikan vatandaşının kafa ölçüleri olarak kabul edilen toplamda 5 adet farklı insan kafası modeli yayınlamıştır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen maskenin tasarım çalışmalarında NIOHS’ un yayınladığı kafa modelleri arasından “Large” isimli kafa modeli kullanılmıştır. Kullanılan insan kafası modeli Şekil 2.8’ te gösterilmiştir.



Şekil 2.8: NIOHS tarafından yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan 5 kafa modelinden biri olan “Large” kafa modeli.

Üzerinde modelleme çalışmaları yapılacak olan referans insan kafası modelinin belirlenmesinin ardından Şekil 2.9’ da gösterilen eskiz çizimleri yapılmıştır. Devamında tamamlanan eskiz çalışmaları arasından önünde ve yan yüzeylerinde filtre kapağı bulunan bir model üzerinde karar kılınmış ve Solidworks yazılımı üzerinden üç boyutlu tasarım çalışmalarına başlanmıştır.



Şekil 2.9: Maske tasarımının eskiz çizim çalışmaları.

Üç boyutlu tasarım çalışmalarının ilk aşaması insan yüzü modeline sızdırmaz bir biçimde oturabilecek esnek yüz parçasının tasarlanmasıdır. Bu aşamada öncelikle internet ortamında açık kaynak olarak paylaşılan maske tasarımları ve parçaları incelenmiştir. İncelenen modeller arasından yüz hatlarını sarabilecek ve eklemeli imalat yöntemleri ile kolay bir şekilde üretilebilecek olan bir model [35] kullanıma uygun bulunmuştur. Model üzerinde yapılan yüzey tasarımı çalışmaları ile indirilen model maske tasarımına uyarlanmıştır. Tasarımı tamamlanan yüz parçası Şekil 2.10’ da gösterilmiştir.

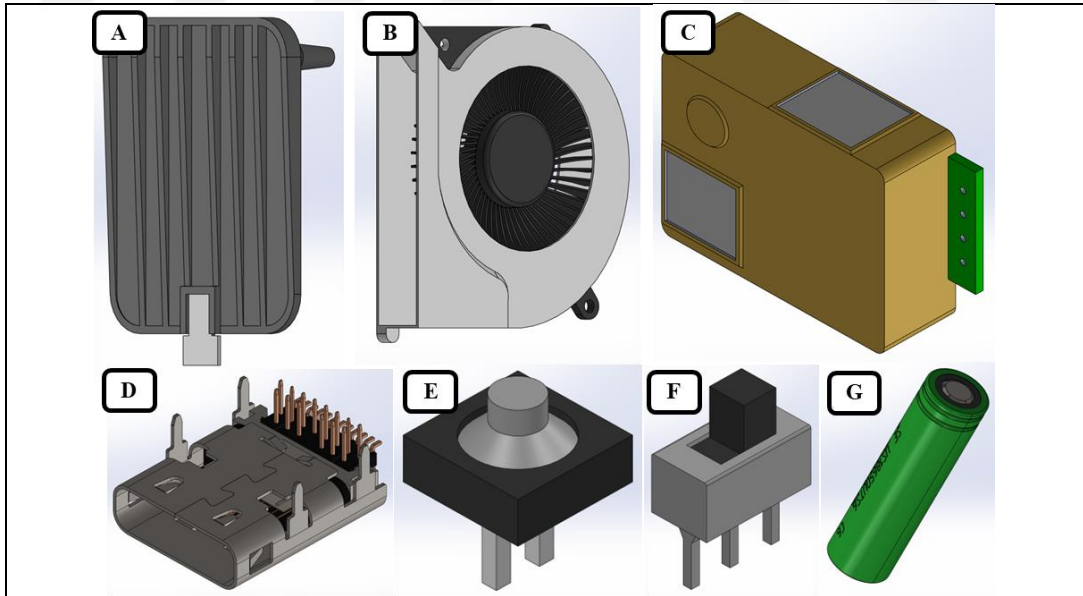
Yüz parçası tasarımının tamamlanmasından sonra ana gövde tasarımı ile mekanik tasarım çalışmalarına devam edilmiştir. Ana gövde tasarımı yapılırken tasarımın tüm mekanik ve elektronik elemanları bir arada bulundurabilecek; aynı zamanda da ergonomik, estetik, mukavim, düşük hacimli ve düşük ağırlıklı bir yapıya sahip olması hedeflenmiştir. Bu amaçla öncelikle elektronik fan, PCB kart, batarya ve diğer tasarım

elemanların bazılarının 3B çizimleri oluşturulmuş bazılarının ise açık kaynak olarak paylaşılan 3B modelleri kullanılmıştır [36,37].



Şekil 2.10: Tasarımı tamamlanan yüz parçası.

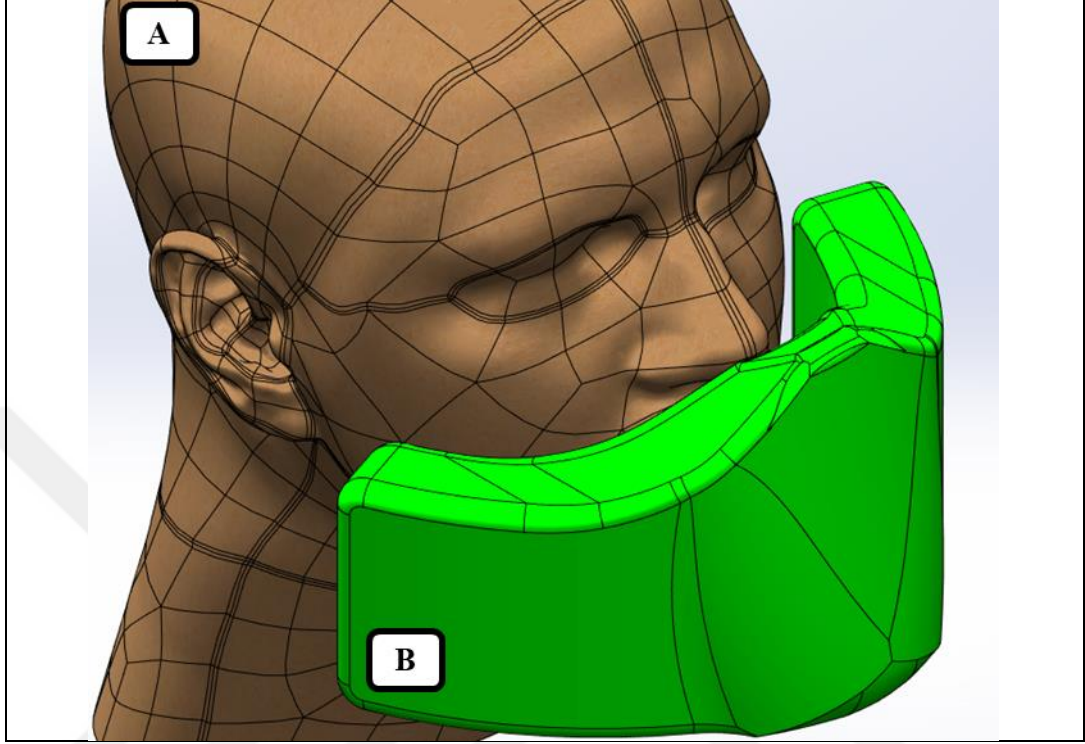
Çizimleri tamamlanan ve Şekil 2.11’ de gösterilen parçalar insan kafası modelin de bulunduğu 3B bir uzayda konumlandırılmaları için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.11: Maske içerisinde kullanılan tasarım elemanları. (A) Klepe, (B) elektronik fan, (C) karbondioksit sensörü, (D) USB-C soketi, (E) basma butonu, (F) sürgülü buton, (G) 18650 batarya.

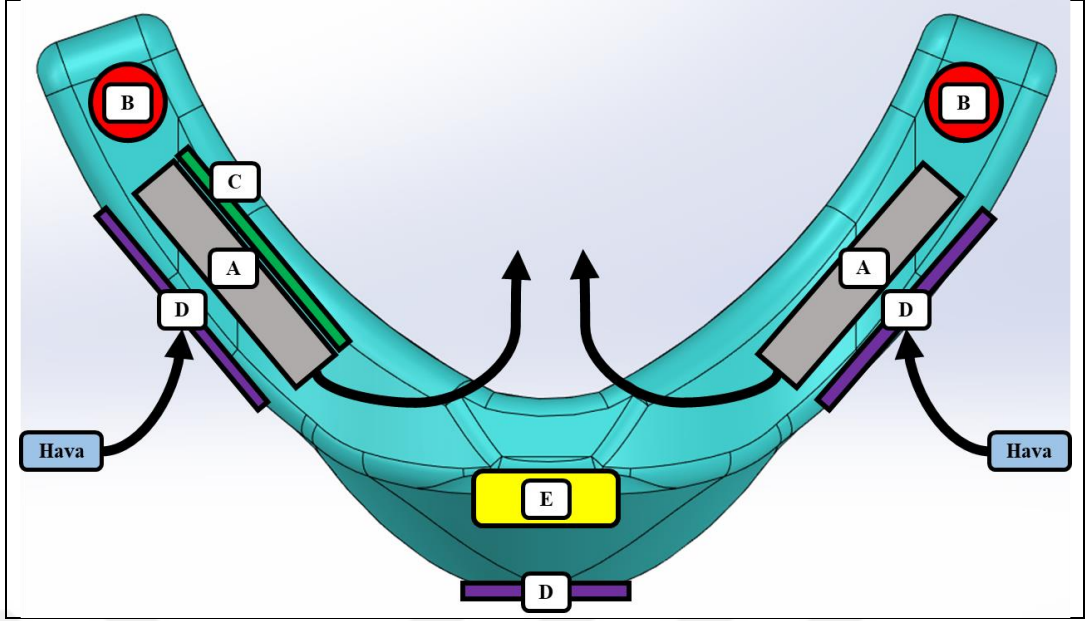
Maske tasarımına öncelikle tez çalışmasında kullanılmasına karar verilen insan kafası modelinin etrafını sarabilecek Şekil 2.12’te gösterilen 3B modelin tasarlanması

ile başlangıç yapılmıştır. Daha sonrasında model 2mm kalınlında bir kabuğa dönüştürülerek maske içerisinde bulunacak olan diğer tasarım elemanlarının konumlandırılmasına geçilmiştir.



Şekil 2.12: 3B İnsan kafası modeli ve onu saran 3B kabuk model. (A) 3B insan kafası modeli, (B) 3B kabuk model.

Maske tasarımında partikül filtreleri, elektronik fanlar, bataryalar, PCB kartı, kablolama ve klepe gibi elemanların maske üzerinde kapsadığı alanlar mekanik tasarım süreçlerini etkileyen parametrelerdir. Küçük bir tasarım hacminde çalışıldığından dolayı söz edilen elemanların yerleşim planı Şekil 2.13' teki gibi yapılmıştır. Maske içerisinde hava akışının yönünü belirleyeceğinden ve en büyük hacimli tasarım elemanı olduğundan dolayı öncelikle elektronik fanların konumlandırılması yapılmıştır. Fanlar, maske dışarısından gelen havanın önce filtrelerden geçebileceği ve sonrasında hava akışının yatay düzlemde 90° açı ile yönlendirilerek maske içerisindeki solunum organlarına ulaşabileceği bir biçimde konumlandırılmıştır. Bataryaların ikinci en büyük hacimli ve en yüksek kütleli tasarım elemanı olmasından dolayı ikinci adımda bataryaların konumlandırılması yapılmıştır.



Şekil 2.13: Maske içerisindeki temel tasarım elemanlarının yerleşim planı. (A) Elektronik salyangoz fanlar, (B) bataryalar, (C) PCB kartı, (D) filtreler, (E) karbondioksit sensörü.

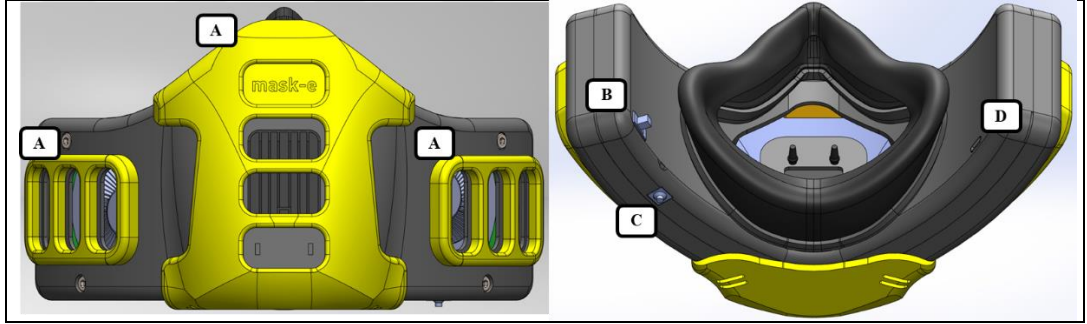
Bataryalar, maskenin yüze en yakın olan kısmında konumlandırılmış, böylece maskenin ağırlık merkezi yüze yaklaştırılmıştır. Ağırlık merkezinin yatay düzlemde yüze yaklaştırılması maskenin onu takan kişinin kafasında oluşacak kuvvetlerden doğan baskıyı azaltmak için yapılmıştır. Bir silindir şeklinde olan bataryaların dairesel yüzeyleri transvers düzleme paralel olacak bir biçimde hizalanmıştır. Sonrasında maskenin elektronik elemanlarını içerisinde barındıracak olan PCB kartının tasarımı ve konumlandırılması ile tasarıma devam edilmiştir.

PCB düzlemsel bir yapıya sahip olduğundan ve maske tasarımı yapısı itibari ile kavisli yüzeylere sahiptir. Bu sebeple maske içerisinde zaten hali hazırda konumlandırılması yapılmış olan elektronik fanların konumlarından ve mekanik tasarıma ekledikleri düzlemlerden faydalanılmıştır. Fanlar boyutlarından dolayı maske içerisinde konumlandırılabilmesi için yaklaşık olarak 70mm x 70 mm düzlemsel bir yüzeye ihtiyaç duymaktadır. Fanların konumlandırılmasından ortaya çıkan bu düzlemsel yüzeylerden biri kullanılarak 50mm x 50mm x 0.4mm ölçülerinde bir PCB kart tasarlanmasına karar verilmiş ve PCB kartın maske içerisinde konumu Şekil 2.13' te gösterilen biçimde belirlenmiştir.

Maskenin en temel fonksiyonu olan hava filtrelemeyi sağlayabilmek için maske üzerinde filtrelerin yerleştirilebileceği alanların bulunması gerekmektedir. Bu alanlar belirlenirken maske ana gövdesinin dışa bakan yüzeyler kullanılmıştır. Maskenin sağ

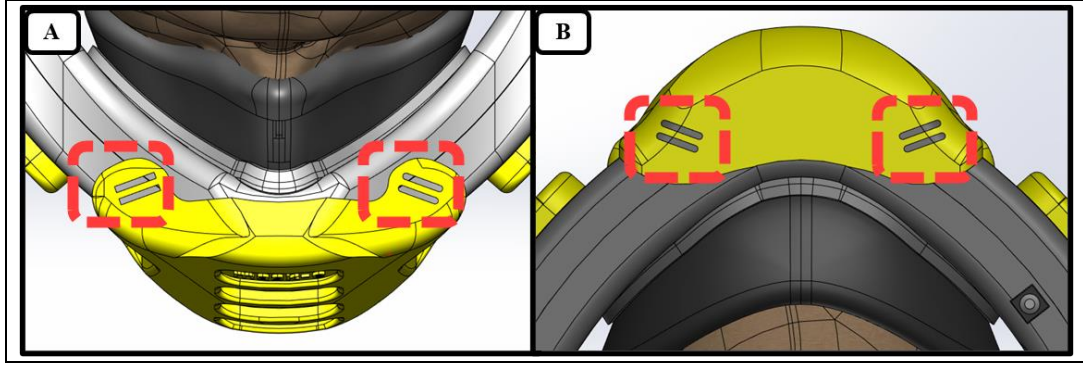
ve sol kısmına giren havayı temizleme amaçlı filtrelerin konumlandırılacağı hava girişleri, maskenin ön kısmına ise çıkan havayı temizleme amaçlı filtrelerin bulunacağı hava çıkışı konumlandırılması yapılmıştır. Son olarak maske içerisindeki havanın karbondioksit konsantrasyonunu ölçümlemek için insan yüzü ve maske gövdesi arasında kalan hava hacmi içerisine sensör konumlandırılması yapılmıştır. Filtrelerin konumları Şekil 2.13’ te gösterilmiştir.

Karbondioksit sensörünün direkt solunum organlarından veya fanlardan gelen havayı değil, insan yüzü ve maske gövdesi arasında kalan iç hacimdeki ortam havasını ölçmesi hedeflenmiştir. Bu sayede nefes alıp verme döngüsündeki anlık değişimlerden değil de ortamdaki ortalama karbondioksit konsantrasyonu ölçülmesi amaçlanmıştır. Sensör konumlandırmasının insan yüzü ve maske gövdesi arasında kalan iç hacimdeki yerine hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi kullanılarak karar verilmiştir. Yapılan analiz detaylı olarak Bölüm 3.3’te anlatılmıştır. Maske mekanik tasarımında ek olarak On/Off sürgülü butonunun, fan hız kontrol butonunun, USB-C soketinin ve filtre kapaklarının konumlandırılması yapılmıştır. Bu elemanların konumları maske tasarımında kritik rol almadığından dolayı Şekil 2.14’ te gösterildiği üzere maske üzerinde el ile kolay ulaşılabilir yerlere konumlandırılmışlardır.



Şekil 2.14: Maske tasarımındaki temel tasarım elemanlarının dışındaki elemanların konumlandırılması. (A) Filtre kapakları, (B) On/Off sürgülü buton, (C) fan hız kontrol butonu, (D) USB-C soketi.

Maske ana gövdesi tasarımında son olarak Ana gövdeyi kullanıcının kafasına bağlayan bağlantı aparatının montajının yapılacağı bölümünün tasarımı yapılmıştır. Şekil 2.15’ de kırmızı kesikli çizgiler ile gösterilen alanlarda maske bağlantı aparatının elastik kumaşının geçebileceği 15mm genişliğinde delikler açılmıştır.

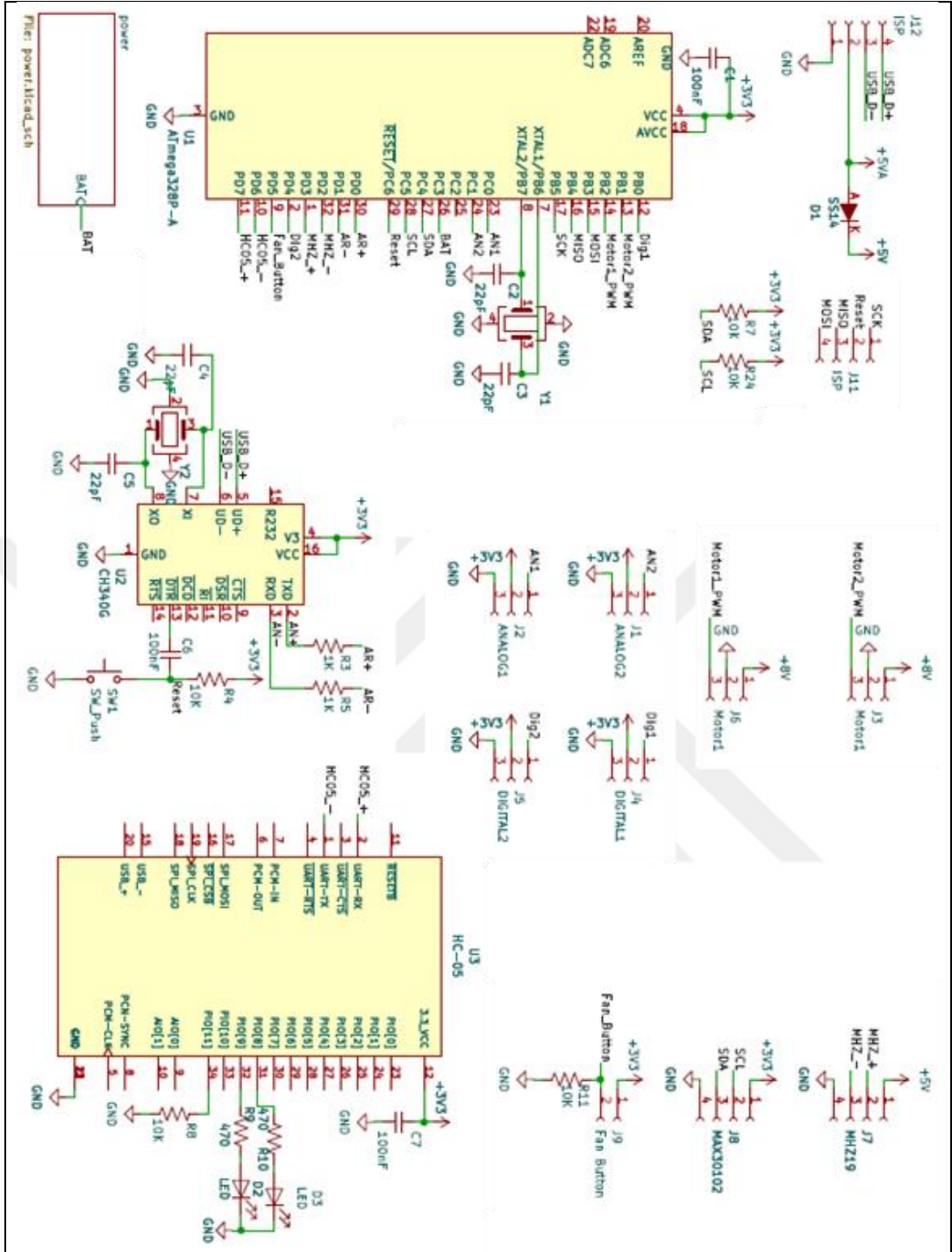


Şekil 2.15: Maske bağlantı aparatının montajının yapılacağı bölgeler. (A) Maske montajının üstten görünüşü, (B) maske montajının alttan görünüşü.

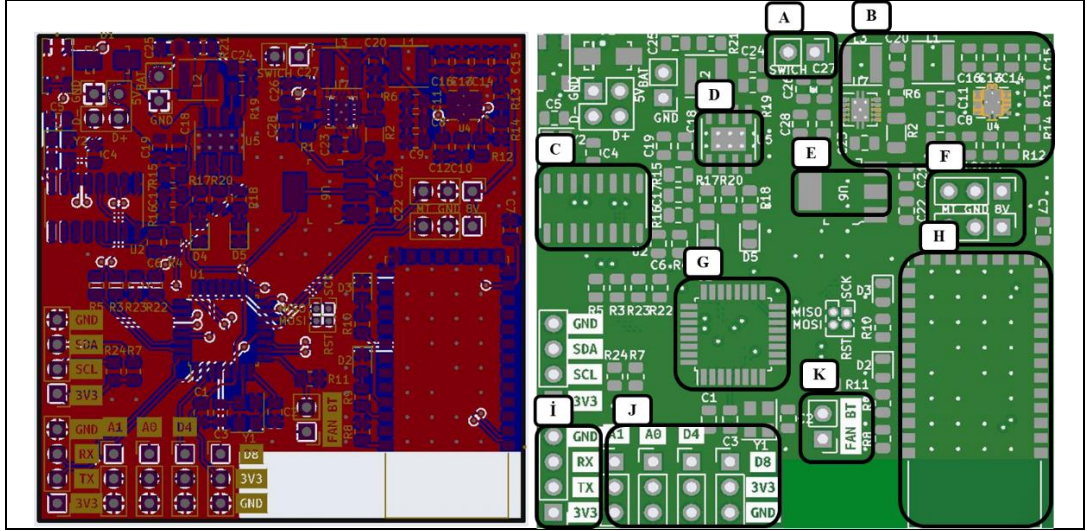
Tasarım çalışmaları süresince maskeye estetik bir görünüm kazandırma amaçlı endüstriyel tasarım çalışmaları yapılmıştır. Maske keskin hatlardan daha yumuşak ve dairesel hatlara kavuşturulmuştur. Bunun yanında 2 farklı renkten oluşan renk kombinasyonu ile sıradanlıktan uzak bir tasarıma kavuşturulmuş ve mekanik tasarım çalışmaları tamamlanmıştır.

## 2.2.2. Elektronik Tasarım

Maske için yapılan malzeme ve ekipman seçimi çalışmaları elektronik tasarım ve yazılım çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Maskenin sahip olması hedeflenen fonksiyonlara yönelik elektronik elemanların seçimi malzeme ve ekipman seçimi bölümünde tamamlanmıştır. Elektronik tasarım bölümünde, bu elektronik elemanların bir arada sistemli bir biçimde çalışabilmeleri için PCB kart tasarımı yapılmıştır. Kart tasarımı yapılırken KiCAD yazılımı kullanılmıştır ve tasarlanan devrenin simülasyonu da yine KiCAD yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 2.16' da hazırlanan devre şeması gösterilmiştir. Bu devre şeması kullanılarak Şekil 2.17' da gösterilen PCB kartı tasarımı tamamlanmıştır.



Şekil 2.16: Elektronik devre elemanları bağlantı şeması.



Şekil 2.17: PCB kartı tasarımı üzerinde elektronik devre elemanlarının konumları. (A) Sürgülü buton, (B) regülatör grubu bağlantı noktaları, (C) CH340G seri haberleşme modülü bağlantı noktaları, (D) IP2312 batarya şarj entegresi bağlantı noktaları, (E) LM1117 voltaj regülatörü bağlantı noktaları, (F) elektronik fan bağlantı pinleri, (G) ATmega328P mikro kontrolcü bağlantı noktaları, (H) HC-05 bluetooth modülü bağlantı noktaları, (İ) MH-Z19 karbondioksit sensörü bağlantı pinleri, (J) analog/dijital bağlantı pinleri, (K) fan hız kontrol basma butonu bağlantı pinleri.

Şekil 2.17’ de PCB kartının üzerindeki pin delikleri görülebilmektedir. Tasarımda pin deliklerinin büyük çoğunluğu sol alt köşedeki bölümde toplanarak kablolama ve montaj kolaylığı sağlayan bir tasarım elde edilmiştir. Buna ek olarak Şekil 2.17’ de PCB kartı tasarımının sağ alt bölümünün boş bırakıldığı görülmektedir. Bunun sebebi, bluetooth modülünün sağlıklı bir iletişim sağlayabilmesi için modülde bulunan antene gelen/giden sinyallerin engellenmemesini sağlamaktır. PCB kartı tasarımı yapılırken ATmega328P mikro kontrolcünün maske tasarımında kullanılmayan pinlerine tasarımda yer verilmemiştir. Bu yolla 50mm x 50mm x 4mm boyutlarında küçük hacimli bir kart tasarımı elde edilebilmiştir. Tasarımı tamamlanan PCB kartı üzerindeki elektronik eleman montaj bölgeleri ve karşılık gelen montaj elemanları Şekil 2.17’ de gösterilmiştir.

Malzeme ve ekipman seçimi bölümünde seçilen elektronik fanların NIOSH’ a göre sızdırmaz bir elektronik maske içerisinde 115 l/dk. akış sağlama kapasitesine sahip olması gerekmektedir. Fanların bu akışı sağlayabilecek kapasitede olup olmadıklarını test edebilmek ve fanların çalışma parametrelerini 115 l/dk. akış sağlayabilecek kapasiteye getirebilmek için filtre basınç düşüşü testi yapılmıştır. Yapılan çalışma Bölüm 3.3’ te detaylı olarak anlatılmıştır. Çalışma sonucunda 115

l/dk büyüklüğündeki hacimsel akışın sağlanabilmesi için tez çalışmasında kullanılan elektronik fanların 8V gerilim ile çalıştırılmaları gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu gerilimi sağlamak için bir voltaj regülatörü devresi tasarlanmıştır ve devreye entegre edilmiştir. Şekil 2.16' da gösterilen devre şeması üzerinde elektronik devre elemanlarının isimleri ve bağlantı noktaları detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Şemada bulunan devre elemanlarının isimleri ve görevleri Tablo 2.3' te açıklanmıştır.

Tablo 2.3: Elektronik tasarım elemanlarının görevleri ve bağlantıları.

Devre Elemanı	Açıklama
ATmega328P	Tüm elektronik komponentlerin yönetimini sağlayan mikro kontrolcü
AN1	Analog giriş pinidir. ATmega328P üzerinde PC0 pinine bağlıdır.
AN2	Analog giriş pinidir. ATmega328P üzerinde PC1 pinine bağlıdır.
DIG1	Dijital Giriş Pinidir. ATmega328P Üzerinde PB0 pinine bağlıdır.
DIG2	Dijital Giriş Pinidir. ATmega328P Üzerinde PD4 pinine bağlıdır.
Motor1_PWM:	Kullanılacak olan fanların sürücüsüdür. ATmega328P üzerinde PB2 pinine bağlıdır.
Motor2_PWM	Kullanılacak olan fanların sürücüsüdür. ATmega328P üzerinde PB1 pinine bağlıdır.
MH-Z19	Karbondioksit sensörüdür ve ATmega328P üzerinde PD2 ve PD3 pinlerine bağlıdır.
Fan_Button	Fan hızının manuel olarak kontrol edilebilmesi sağlayan butondur ve ATmega328P üzerinde PD5 pinine bağlıdır.
HC-05	Bluetooth haberleşme modülüdür. ATmega328P üzerinde PD6 ve PD7 pinlerine bağlıdır.

Tablo 2.3: Devam.

TPS61230DRC	Voltaj regülatörüdür. Bataryadan gelen 3.7-4.2V değişken gerilimi, 5V gerilime yükseltmek için kullanılmaktadır. Mikro kontrolcü ve karbondioksit sensörü gibi elektronik elemanların bağlı olduğu sistem beslemesine bağlıdır.
EG1218	Sistemi açıp kapatmak için kullanılır. Bataryanın beslemesine bağlıdır.
LM1117	Voltaj regülatörüdür. Bluetooth modülü için 5V olan gerilimi 3.3V'a düşürmek için kullanılmaktadır. 5V hattına bağlıdır.
IP2312	Lityum Batarya şarj modülüdür. Harici olarak USB C bağlantısı kullanılarak bataryaların şarj edilmesi amaçlanmıştır. Sisteme bağlı olan 18650 bataryaların pozitif ve negatif kutuplarına bağlıdır.
BAT	Sisteme güç sağlayan 18650 model bataryalardır. Pozitif kutupları PCB kartı pozitif besleme hattına, negatif kutupları PCB kartı üzerinde toprak hattına bağlanmaktadır.
CH340G	USB arayüz haberleşme birimidir ve ATmega328P üzerinde PD0 ve PD1 pinlerine bağlıdır.
TPS61087DRCT	Voltaj regülatörüdür. Bataryalardan alınan 3.7-4.2V arası değişken gerilimi 8V gerilime yükseltmek için kullanılır. Fanların beslemesine bağlıdır.

### 2.2.3. Yazılım Geliştirme

Maske içerisindeki elektronik fanlar, karbondioksit sensörü, klepe sensörü ve bluetooth modülü gibi elemanların çalışmasının kontrol edilebilmesi ve akıllı telefon ile bağlantı kurulabilmesi amacıyla yazılım geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Maske içerisinde kontrolü sağlanan temel elektronik eleman fanlardır. Elektronik fanlar üç farklı şekilde kontrol edilmektedir, maske üzerinde bulunan basma butonu ile, akıllı telefon uygulamasındaki sürgülü buton ile ve otomatik olarak. Tüm kontrol yöntemlerinde elektronik fanlara 185-255 değer aralığında PWM sinyalleri gönderilmiştir. Şekil 2.18' de Arduino IDE kullanılarak geliştirilen yazılım ile fanlar için yavaş, orta ve hızlı olmak üzere üç farklı hız ayarı tanımlanmıştır. Bu hız ayarlarını

kontrol etmek için basma butonunun sıfırdan her basıldığında fanların bir üst seviyeye geçeceği ve en üst seviye olan hızlı durumunda basıldığında fanları kapalı hale getirecek bir yazılım geliştirilmiştir. Akıllı telefon üzerinden de fan hızlarının kontrol edilebilmesi amacıyla MIT App Inventor yazılımı aracılığı ile Şekil 2.19’ da gösterilen akıllı telefon uygulaması geliştirilmiştir. Basit bir ara yüzü olan uygulama üzerinden akıllı telefon-maske bluetooth bağlantısı tek tuş ile sağlanabilmektedir. Ara yüzde bulunan sürgülü buton ve “Auto” butonu ile fan hızı ayarlanabilmektedir.

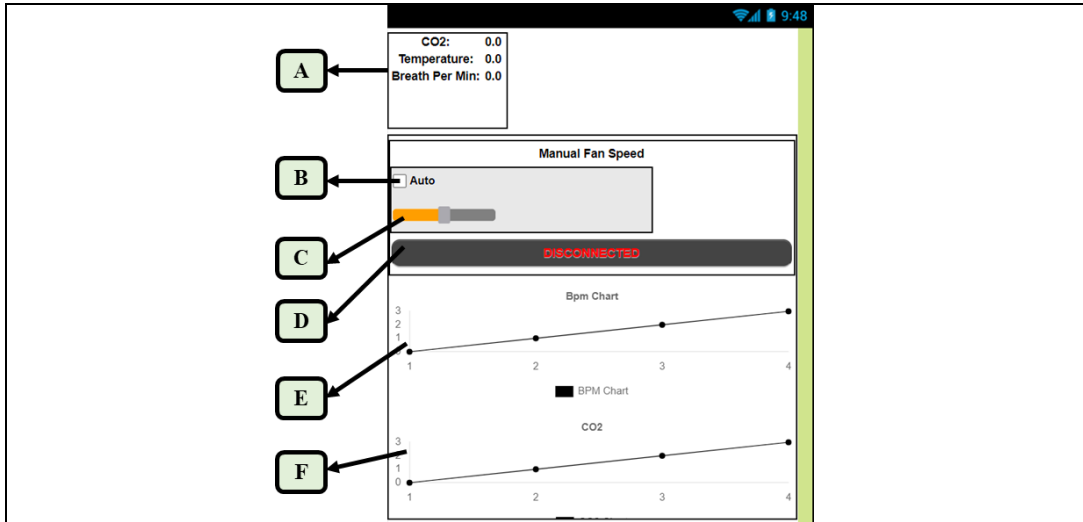
```
// --Basma butonu ile fan hız kontrolünün yapılması-----
fanButtonStatus = digitalRead(FAN_BUTTON);
if (fanButtonStatus == HIGH && fanButtonStatusPress == 0) {
  fanButtonStatusCounter ++;
  fanButtonStatusPress = 1;
}

if((fanButtonStatus == LOW) && fanButtonStatusPress == 1){
fanButtonStatusPress = 0;
}

if (fanButtonStatusCounter == 4) {
  fanButtonStatusCounter = 0;
}

if (fanButtonStatusCounter == 0) {
  gelen_veri = 0;
}else if (fanButtonStatusCounter == 1) {
  gelen_veri = 186;
}else if (fanButtonStatusCounter == 2) {
  gelen_veri = 200;
}else if (fanButtonStatusCounter == 3) {
  gelen_veri = 255;
}
// -----
```

Şekil 2.18: Arduino IDE yazılımı kullanılarak geliştirilen basma butonu ile hız kontrolü kodu.



Şekil 2.19: MIT App Inventor yazılımı ile geliştirilen akıllı telefon uygulamasının arayüzü. (A) Solunum parametreleri, (B) otomatik fan hızı kontrolü, (C) yazılım ile fan hızı kontrolü, (D) bluetooth bağlantı butonu, (E) dakikada alınan nefes sayısı grafiği, (F) karbondioksit miktarı grafiği.

Maskenin başka bir önemli fonksiyonu olan akıllı telefon ile kablosuz haberleşme, birbirleri ile koordinasyon halinde çalışan Arduino IDE kodu ve MIT App Inventor kodu ile sağlanmaktadır. Arduino IDE kodu Şekil 2.20’ de, MIT App Inventor kodu Şekil 2.21’ de gösterilmiştir.

```
// --Bluetooth ile telefon uygulamasına gönderilen verinin şifrelenmesi-----  
x1 = String(CO2_copy);  
x2 = String(Temp_copy);  
x3 = String(bpm);  
myblu.print("X|" + x1 + " ppm|" + x2 + " C" + "|" + x3 + " br/pm|" + "Y" + "|");  
myblu.println();  
// -----
```

Şekil 2.20: Arduino IDE yazılımı ile geliştirilen bluetooth haberleşmesi şifreleme kodu.

The image shows a MIT App Inventor code block for a timer event. The code is as follows:

```
when Clock1.Timer  
do  
  if BluetoothClient1.IsConnected  
  then  
    add items to list list get global bpm_labels  
    item "Bpm"  
    call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive > 0  
    then  
      set global input to call BluetoothClient1.ReceiveText  
      numberOfBytes -1  
      set global Received_data_list to split text get global input  
      at 1  
      if select list item list get global Received_data_list  
      index length of list list get global Received_data_list - 1 = "Y"  
      then  
        if select list item list get global Received_data_list  
        index 1 = "X"  
        then  
          set CO2Info.Text to select list item list get global Received_data_list  
          index 2  
          set TempInfo.Text to select list item list get global Received_data_list  
          index 3  
          set BpmInfo.Text to select list item list get global Received_data_list  
          index 4  
          set global input to ""  
          set global Received_data_list to create empty list  
        else  
          set ListPicker1.Text to "DISCONNECTED"  
          set ListPicker1.TextColor to red
```

Şekil 2.21: MIT App Inventor yazılımı ile geliştirilen bluetooth haberleşmesi şifre çözme kodu.

Bluetooth kablosuz haberleşmesinin gerçekleşebilmesi için öncelikle akıllı telefon uygulamasına gönderilmesi istenen verilen Şekil 2.20’ deki kod kullanılarak şifrelenmiştir. Şifrelenen bilgi sonrasında Şekil 2.21’ de gösterilen kod blokları kullanılarak çözümlenmiş ve kullanıcı arayüzüne yansıtılmak için hazır hale getirilmiştir.

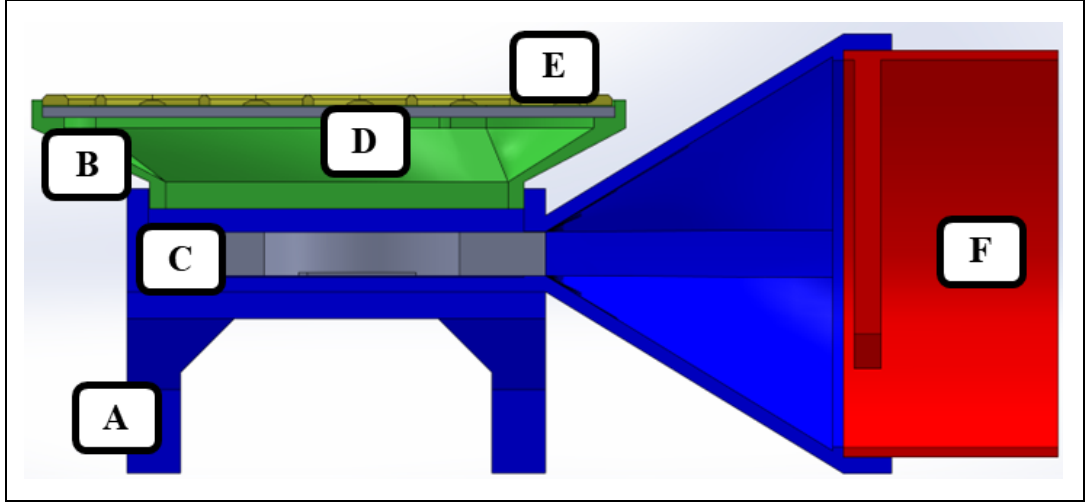
Maskenin diğerk fonksiyonları yazılım geliştirme çalışmalarıyla verilen örnek kodlara benzer bir biçimde geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 2.19' da gösterilen akıllı telefon uygulamasının arayüzünde; maske iç hacmindeki karbondioksit miktarı, maske iç hacminin sıcaklığı ve dakikada alınan nefes sayısı verileri sayısal ve grafiksel olarak sunulmuştur.

## 2.3. Analiz

Maske tasarımı sürecinde maskenin verimli bir şekilde filtrelenen havayı maskeyi takan kişinin solunum organlarına ulaştırabilmesi, maskenin darbelere karşı mukavim olabilmesi ve maske içerisindeki elektronik fan, klepe ve karbondioksit sensörü gibi elemanların uygun bir biçimde konumlandırılabilmesi için çeşitli analiz ve test çalışmaları yapılmıştır. Maske içerisinde bulunan elektronik fanların partikül filtreleri varlığında yeterli miktarda hava akışı sağlayabildiğinin test edilebilmesi için bir filtre basınç düşüş testi planlanmıştır. Maskenin ana gövdesi içerisinde bulunan elektronik fan, klepe ve karbondioksit sensörü elemanlarının konumlandırılması ve maske içerisindeki hava akışının değerlendirilebilmesi için maske akış analizi planlanmıştır. Maskenin tabi olduğu EN 12942 standardına göre başarılı bir şekilde basma testini geçebilmesi için maske yapı analizi testi planlanmıştır.

### 2.3.1. Filtre Basınç Düşüş Testi

Maskelerde kullanılan filtreler akış sırasında basınç düşüşüne sebep olmaktadır. Bu basınç düşüşünden dolayı fanların sağladıkları hacimsel akış kesintiye uğramaktadır [38]. Basınç düşüşünden dolayı oluşan akış kesintisi altında fanların istenen akış olan 115 l/dk. akışı sağlayabilmesi için tez çalışmasında kullanılan fanların çalışma parametrelerinin yeniden düzenlenmesi gerekmiştir. Bu parametreleri belirleyebilmek için bir filtre basınç düşüşü düzeneği kurulmuştur. Kurulan düzeneğin CAD tasarımı Şekil 2.22' de gösterilmiştir. Şekil 2.22' de kırmızı renk ile gösterilen "F" parçası hacimsel akış ölçümleyebilen bir anemometredir



Şekil 2.22: Filtre basınç düşüş testi mekanizması. (A) Mekanizma ana gövdesi ve gövdeyi anemometreye bağlayan ağızlık, (B) Filtreyi mekanizma ana gövdesine bağlayan ağızlık, (C) elektronik fan, (D) filtre, (E) filtre kapağı, (F) temsili anemometre.

Filtre basınç düşüş testinde elektronik fanın sağladığı akışı arttırıp azaltarak filtre varlığında en uygun akışın yakalanması hedeflenmiştir. Bunun için fanın sağladığı akışı arttırıp azaltabilmek için fanın çalışma gerilimi bir güç kaynağı yardımı ile düzenlenmiştir.

### 2.3.2 Maske Akış Analizi

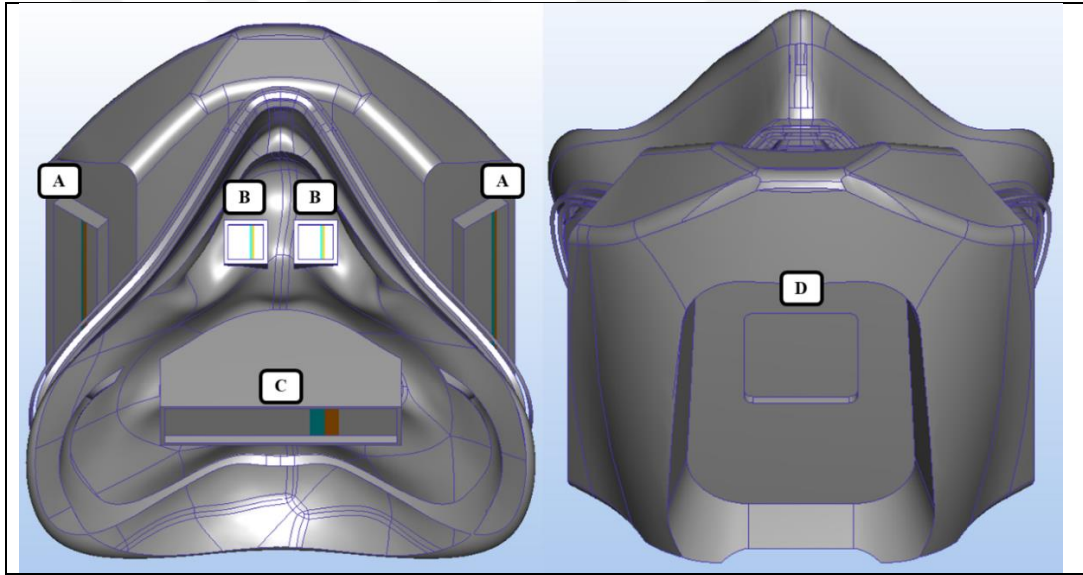
Maske akış analizi iki farklı senaryo için planlanmıştır. Senaryolar Autodesk CFD yazılımı kullanılarak modellenmiş ve analiz çalışmaları yapılmıştır. Akış analizi çözümlenmeleri sabit durumda 100 iterasyon ile gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryo nefes alma senaryosudur. Bu senaryoda elektronik fanlar maske iç hacmi içerisine doğru, solunum organları maske iç hacmi dışarısına doğru hava akışı sağlar. Birinci senaryoda klepe kapalı olduğundan dolayı klepede akış yoktur. İkinci senaryo nefes verme senaryosudur. Bu senaryoda elektronik fanlar ve sokunum organları maske iç hacmi içerisine doğru, hava akışı sağlar. Birinci senaryo için sınır koşulları Tablo 2.4' te, sınır koşullarının tanımlandığı yüzeyler Şekil 2.23' te gösterilmiştir.

Tüm senaryolar için maske iç hacmine hava, diğer maske parçalarına ABS malzemesi tanımlanmıştır. Maskenin nihai üretiminde enjeksiyon kalp yöntemi ve ABS malzemesi tercih edileceğinden dolayı malzeme tanımlamasında ABS seçilmiştir. Elektronik fanların her birinin 57.5 l/dk. hava akışı sağladığı bilinmektedir,

solunum organlarının sağladığı hava akışı ise yapılan araştırma sonucu 15 l/dk. [39] olarak kabul edilmiştir. Bu akış, analiz modeli için ağız bölümüne 7 l/dk. ve burun delikleri bölümlerine 2 x 4 l/dk. olarak dağıtılmıştır.

Tablo 2.4: Maske akış analizi nefes alma senaryosu için sınır koşulları.

Senaryo	Elektronik Fan-1	Elektronik Fan-2	Klepe	Ağız	Burun-1	Burun-2
Nefes Alma	Maske içerisine doğru <b>57.5 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç	Maske içerisine doğru <b>57.5 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç	Kapak kapalı. Tanımlanan akış yok	Ağız içerisine doğru <b>7 l/dk.</b> akış <b>0 Pa</b> basınç	Burun içerisine <b>4 l/dk.</b> akış <b>0 Pa</b> basınç	Burun içerisine <b>4 l/dk.</b> akış <b>0 Pa</b> basınç

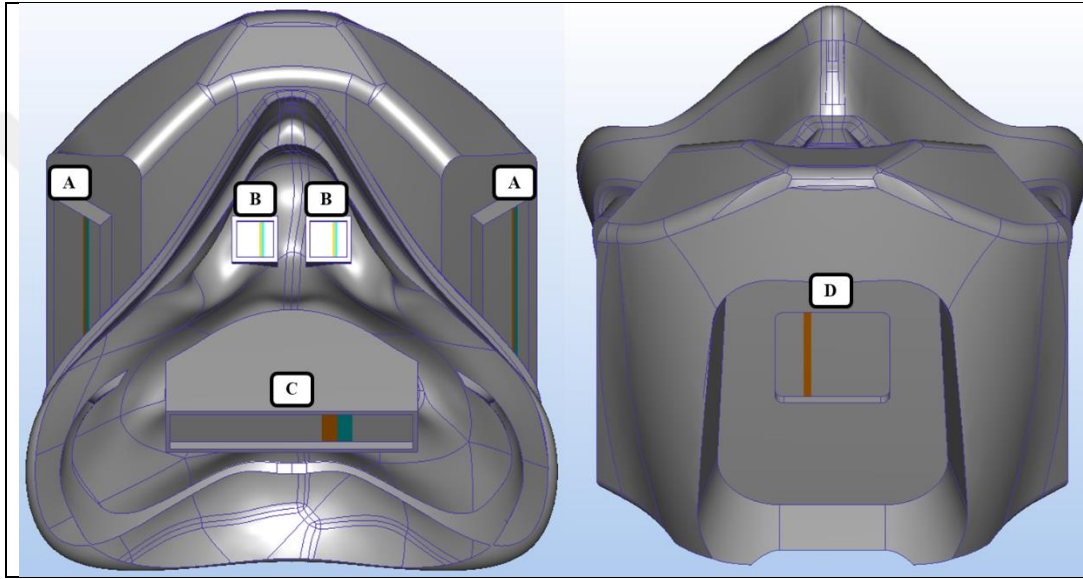


Şekil 2.23: Maske akış analizi birinci senaryo sınır koşullarının tanımlandığı yüzeyler. (A) Elektronik fanların sınır koşullarının tanımlandığı yüzey, (B) burun deliklerinin sınır koşullarının tanımlandığı yüzey. (C) ağızın sınır koşullarının tanımlandığı yüzey. (D) klepenin sınır koşullarının tanımlandığı yüzey.

İkinci senaryoda klepe açık olduğundan dolayı klepede akış vardır. İkinci senaryo için sınır koşulları Tablo 2.5' de, sınır koşullarının tanımlandığı yüzeyler Şekil 2.24' te gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Maske akış analizi nefes verme senaryosu için sınır koşulları.

Senaryo	Elektronik Fan-1	Elektronik Fan-2	Klepe	Ağız	Burun-1	Burun-2
Nefes Verme	Maske içerisine doğru <b>57.5 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç	Maske içerisine doğru <b>57.5 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç	Kapak açık. Tanımlanan akış yok. <b>0 Pa</b> basınç	Maske içerisine doğru <b>7 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç	Maske içerisine <b>4 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç	Maske içerisine <b>4 l/dk.</b> akış <b>1 Pa</b> basınç

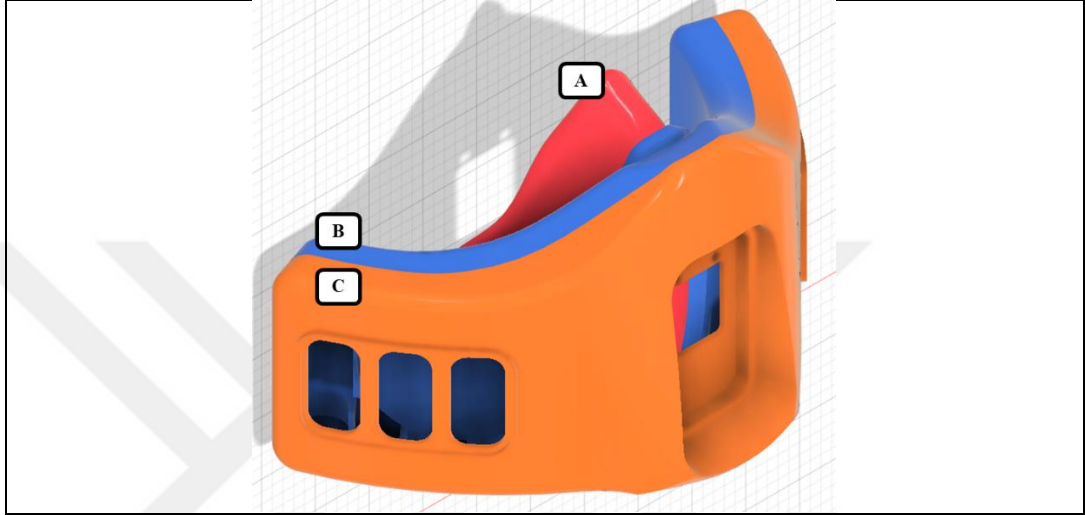


Şekil 2.24: Maske akış analizi ikinci senaryo sınır koşullarının tanımlandığı yüzeyler. (A) Elektronik fanların sınır koşullarının tanımlandığı yüzey, (B) burun deliklerinin sınır koşullarının tanımlandığı yüzey. (C) ağızın sınır koşullarının tanımlandığı yüzey. (D) klepenin sınır koşullarının tanımlandığı yüzey.

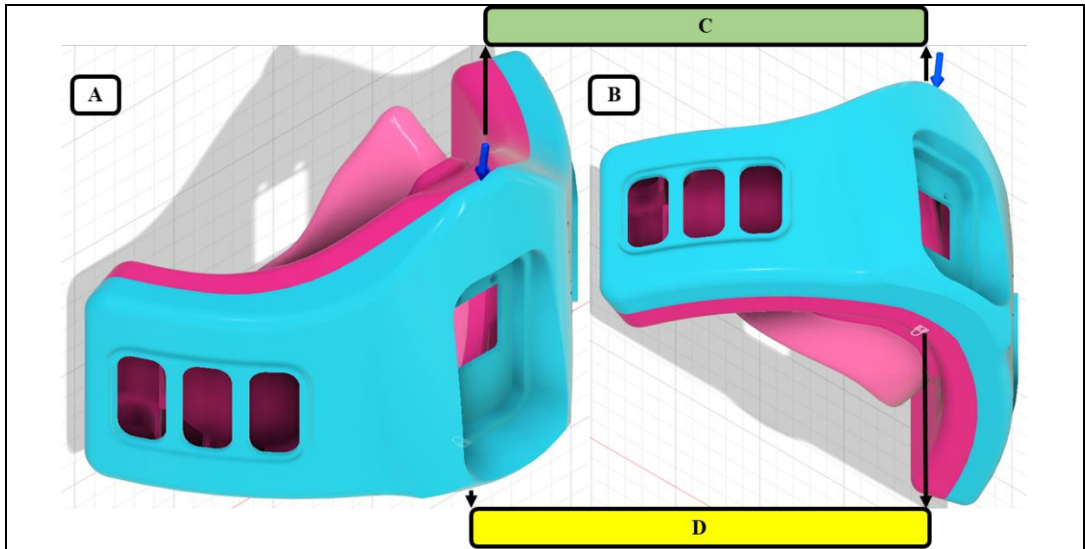
### 2.3.3 Maske Yapı Analizi

Maske yapı analizi için EN 12942 standart dokümanında tanımlanan ifade edilen parametreler göz önünde bulundurulmuştur. Standart dokümanında belirtildiğine göre, 100 mm çapında ve kalınlığı en az 10 mm olan iki adet dairesel plaka olduğu, plakalardan biri sabit ve diğeri de plaka düzlemine dik açılarda hareket etme özelliğine sahiptir. Hareketli plakanın, iki plaka arasına 50 N' luk bir kuvvet uygulama kapasitesi vardır. Bu parametreler kullanılarak Autodesk Fusion 360 yazılımı üzerinden statik yapı analizi yapılmıştır. Statik analiz için maskenin ana gövdesinin Şekil 2.25' de gösterilen 3B modeli kullanılmıştır. Analiz programında parça özellikleri

tanımlanırken yüz parçası için "Rubber silicone" malzemesi, maske ana gövdesi parçaları için "ABS plastic" malzemeleri kullanılmıştır. Maske modeli üzerinde tanımlanan sınır koşulları ve sınır koşullarının tanımlandığı yüzeyler Şekil 2.26' da gösterilmiştir. Maske ana gövdesinin alt yüzeyi Şekil 2.26' da gösterildiği gibi sabitlenmiş, üst yüzeyine Şekil 2.26' da gösterildiği gibi 50 N büyüklüğünde kuvvet uygulanmıştır.



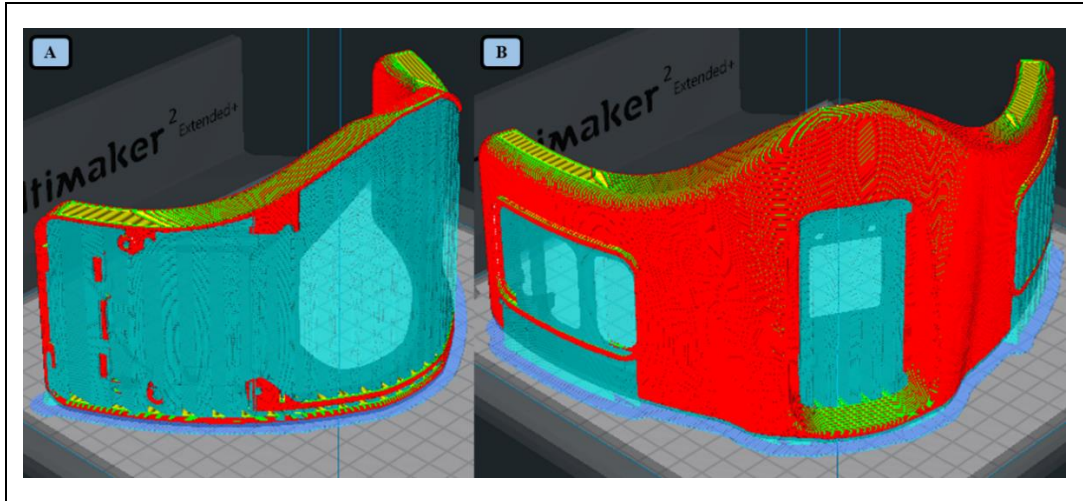
Şekil 2.25: Maske statik analizi için kullanılan modelin parçaları. (A) Silikon parça, (B) maske ana gövde parçasının yüze bakan kısmı, (C) maske ana gövde parçasının dışarı bakan kısmı.



Şekil 2.26: Maske statik analizi sınır koşulları ve tanımlandığı yüzeyler. (A) Maskenin sol üstten görünüşü, (B) maskenin sol alttan görünüşü, (C) 50 N kuvvet, (D) 3B uzayda sabitlenen yüzey.

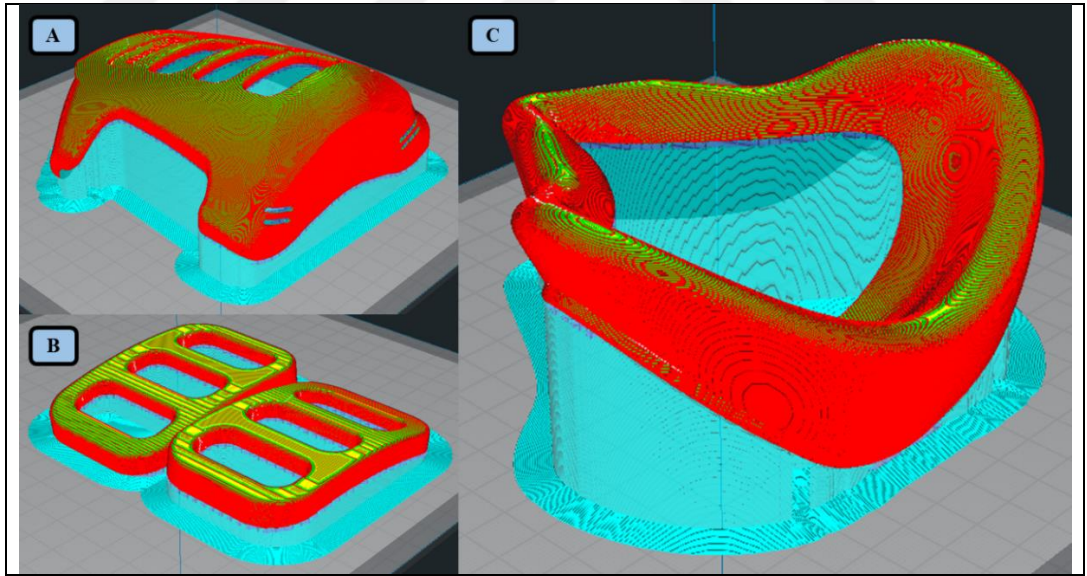
## 2.4. Üretim ve Montaj

Tüm tasarım çalışmalarının tamamlanmasının ardından üretim aşamasına geçilmiştir. Solidworks yazılımı üzerinden tasarlanan mekanik parçaların tamamı Ultimaker Cura yazılımı kullanılarak dilimlenmiş ve 3B baskıya uygun hale getirilmiştir. Üretim çalışmalarına öncelikle maske ana gövdesi üretimi ile başlanmıştır. Toplamda iki parçadan oluşan maske ana gövdesi 3B baskı yöntemi ile ve PLA+ malzemesi kullanılarak üretilmiştir. Parçaların baskılarının alınabilmesi için öncelikle dilimleme yazılımı kullanılarak üretim parametreleri belirlenmiştir. Yazıcı modeli Ultimaker 2 Extended+ olarak, nozzle çapı 0.4mm olarak seçilmiştir. Devamında dilimleyici ayarları üzerinde varsayılan ayarlar hedef baskı için modifiye edilmiştir. Baskı süresini kısaltabilmek için katman kalınlığı 0.3 mm olarak yeniden düzenlenmiştir. Ana gövde parçaları 2mm et kalınlığına sahip olduklarından ve içerisinde boşluklu yapı istenmediğinden dolgu oranı %100 olarak belirlenmiştir. Kullanılan malzeme PLA+ olduğundan dolayı 215 C ° nozzle sıcaklığı ve 60 C ° tabla sıcaklığı tercih edilmiştir. Ana gövde parçaları çıkıntılı yüzeylere sahip olduğundan dolayı baskı destek gerektirmektedir. Bu sebeple 50° ve yukarısındaki açılarda çıkıntılı yüzeye sahip bölgelere destek uygulaması yapılmıştır. Son olarak ilk katmanın tabla yüzeyine yapışkanlığını arttırmak için “Raft” özelliği aktif edilmiştir. Maske ana gövdesi parçalarının dilimleme görüntüleri Şekil 2.27’ de gösterilmiştir.



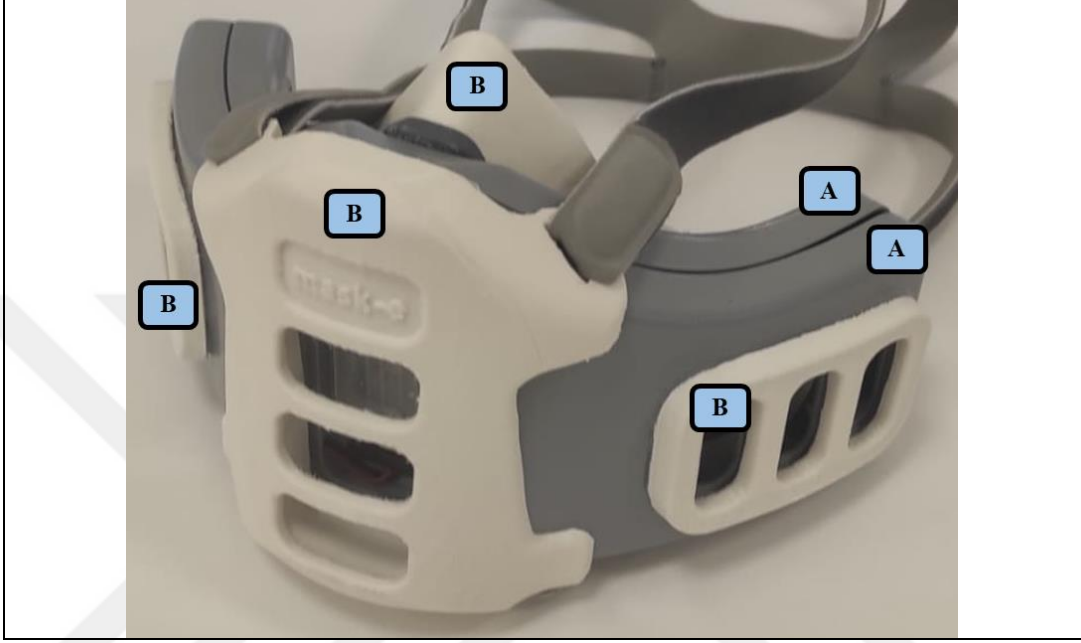
Şekil 2.27: Maske ana gövdesi parçalarının Ultimaker Cura yazılımı kullanılarak dilimlenmiş halleri. (A) Maske ana gövdesinin yüze bakan parçası, (B) maske ana gövdesinin dışarı bakan parçası.

Üretim çalışmalarına maske filtre kapakları ve yüz parçası ile devam edilmiştir. Toplamda dört parçadan oluşan maske filtre kapakları ve yüz parçası 3B baskı yöntemi ile ve TPU malzemesi kullanılarak üretilmiştir. Parçaların baskılarının alınabilmesi için öncelikle dilimleme yazılımı kullanılarak üretim parametreleri belirlenmiştir. Yazıcı modeli Ultimaker 2 Extended+ olarak, nozzle çapı 0.4mm olarak seçilmiştir. Devamında dilimleyici ayarları üzerinde varsayılan ayarlar hedef baskı için modifiye edilmiştir. Baskı süresini kısaltabilmek için katman kalınlığı 0.3 mm olarak yeniden düzenlenmiştir. Ana gövde parçaları 2mm et kalınlığına sahip olduklarından ve içerisinde boşluklu yapı istenmediğinden dolgu oranı %100 olarak belirlenmiştir. Kullanılan malzeme TPU olduğundan dolayı 230 C ° nozzle sıcaklığı ve 70 C ° tabla sıcaklığı tercih edilmiştir. Ana gövde parçaları çıkıntılı yüzeylere sahip olduğundan dolayı baskı destek gerektirmektedir. Bu sebeple 50° ve yukarısındaki açılarda çıkıntılı yüzeye sahip bölgelere destek uygulaması yapılmıştır. Son olarak ilk katmanın tabla yüzeyine yapışkanlığını arttırmak için “Brim” özelliği aktif edilmiştir. Maske filtre kapakları ve yüz parçası parçalarının dilimleme görüntüleri Şekil 2.28’ de gösterilmiştir.



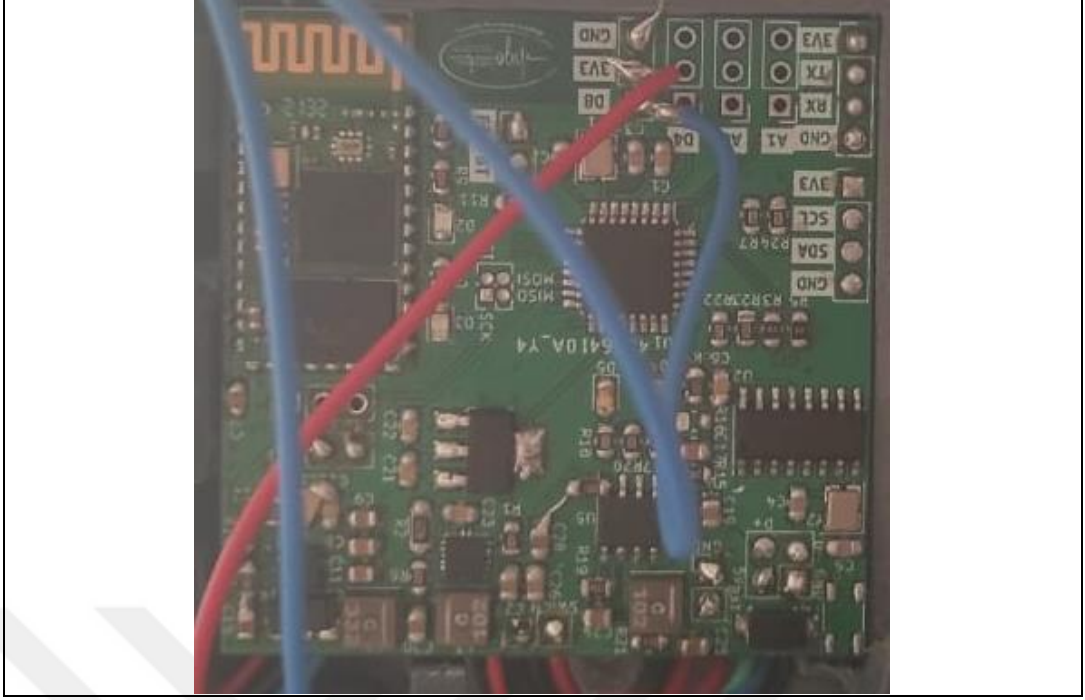
Şekil 2.28: Maske filtre kapaklarının Ultimaker Cura yazılımı kullanılarak dilimlenmiş halleri, (A) Maske ön filtre kapağı, (B) maske yan filtre kapakları, (C) maske yüz parçası.

3B baskı yapılırken endüstriyel tasarım çalışması neticesinde ortaya konulan renk kombinasyonunu sağlayabilmek için farklı her parça için farklı renk PLA+ filamentler kullanılarak baskı yapılmıştır. Ana gövde için gri rengi, yüz parçası ve filtre kapakları için beyaz renk tercih edilmiştir. Üretimi tamamlanan ve montajı yapılan parçalar Şekil 2.29’ da gösterilmiştir.



Şekil 2.29: Üretimi tamamlanan maske parçalarının görselleri. (A) PLA+ malzemesinden üretilen maske ana gövdesi parçaları (B) TPU malzemesinden üretilen maske yan filtre kapakları ve maske yüz parçası.

Elektronik elemanların yer aldığı PCB kartının tasarımın bitmesinin ardından kart tasarımı bir PCB üreticisine gönderilmiştir. PCB üreticisinden gelen kart üzerine havya ve sıcak hava tabancası kullanılarak elektronik elemanların dizimi yapılmıştır. Dizimi yapılan elektronik elemanlar, malzeme ve ekipman seçimi bölümünde seçilen elektronik modül ve kartlardan demonte edilerek elde edilmiştir. Üretim için gerekli olan diğer elektronik elemanlar da çeşitli yerlerden tedarik edilmiştir. PCB kartına bağlı olması gereken elektronik fanlar, anahtarlar, karbondioksit sensörü ve batarya gibi diğer elemanların montajı kablolama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Tüm kablolama ve lehimleme işlemleri elektronik tasarım çalışmaları neticesinde hazırlanan devre şemasından faydalanarak gerçekleştirilmiştir. Üretimi ve montajı tamamlanan PCB kartı Şekil 2.30’ da gösterilmiştir.



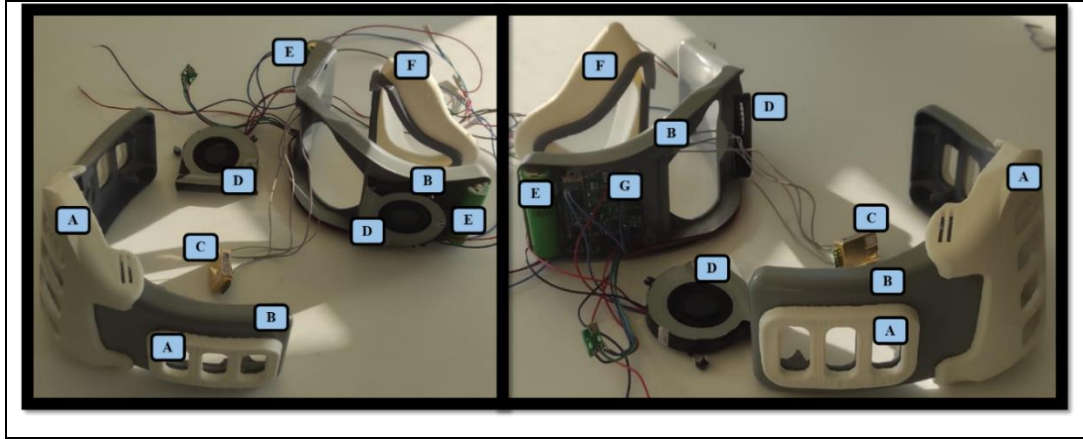
Şekil 2.30: Üretimi tamamlanan PCB kartının maske içerisindeki montajlı hali.

PCB kartı ve diğer tüm elektronik elemanların yerleştirilmesi planlanan alanlar, mekanik tasarım çalışması sonucunda oluşturulmuştur. Elektronik parçalar yerlerine hızlı yapıştırıcı kullanılarak ve herhangi bir montaj elemanından yardım alınmadan monte edilmişlerdir.

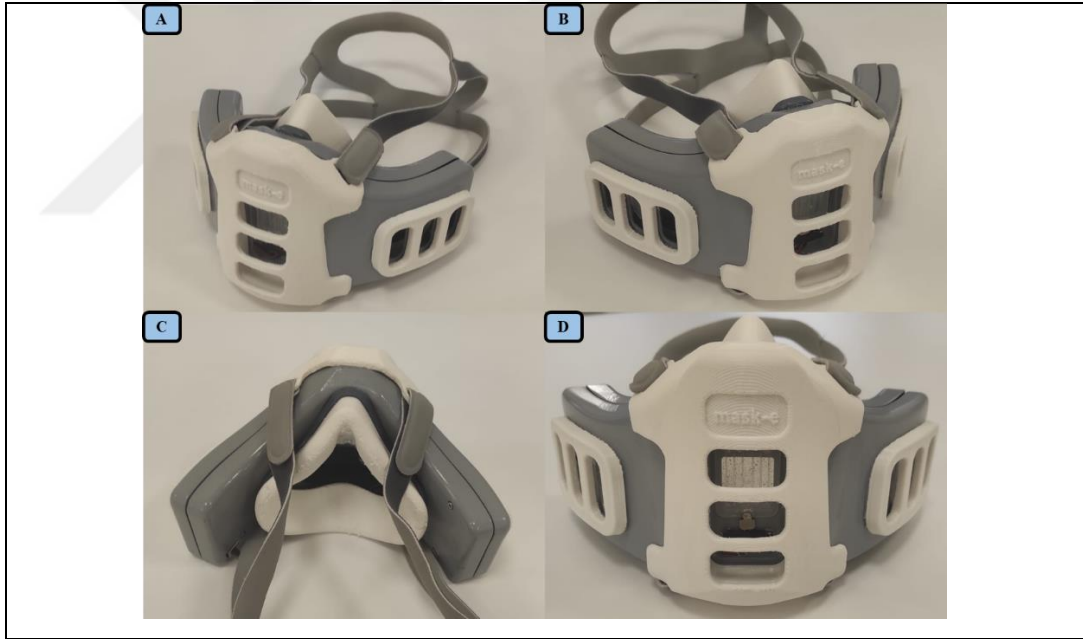
Şekil 2.29’da gösterilen parçalarının üretimi tamamlanan maskenin montajı yapılırken mekanik tasarımda parçaların yerlerine oturacağı yuvalar kullanılmıştır. Yuvalarına yerleştirilen elektronik ve mekanik elemanların maske üzerindeki demonte görünümü Şekil 2.31’ de gösterilmiştir. Getirecekleri fazladan hacim ve ağırlıktan kaçınmak için montaj elemanlarının kullanılması yerine birçok yerde montaj için sıkı geçme yöntemi kullanılmıştır. Maskenin dış ortamla ilişkisinin kesilmesi ve sızdırmaz özellikte olabilmesi için maske ana gövdesi parçalarının bağlantı yerlerine sıvı conta uygulaması yapılmıştır. Filtre kapaklarının maske ana gövdesine sıkı geçme olarak montajlanması da filtre bölümündeki sızdırmazlığı sağlamaktadır.

3B baskı yapılırken endüstriyel tasarım çalışması neticesinde ortaya konulan renk kombinasyonunu sağlayabilmek için farklı her parça için farklı renk PLA+ filamentler kullanılarak baskı yapılmıştır. Ana gövde için gri rengi, yüz parçası ve filtreler için beyaz renk tercih edilmiştir. Elektronik ve mekanik elemanların montajının tamamlanmasının ardından 4 kollu kafa bandının kolları ana gövde üzerinde bulunan

4 ayrı yuvadan geçirilerek montaj işlemi tamamlanmıştır. Şekil 2.32' de montajı tamamlanmış maske gösterilmektedir.



Şekil 2.31: Maskenin üretilmiş parçalarının yarı demonte hali. (A) Maske filtre kapakları, (B) maske ana gövde parçaları, (C) karbondioksit sensörü, (D) elektronik fanlar, (E) bataryalar, (F) maske yüz parçası, (G) PCB kartı.

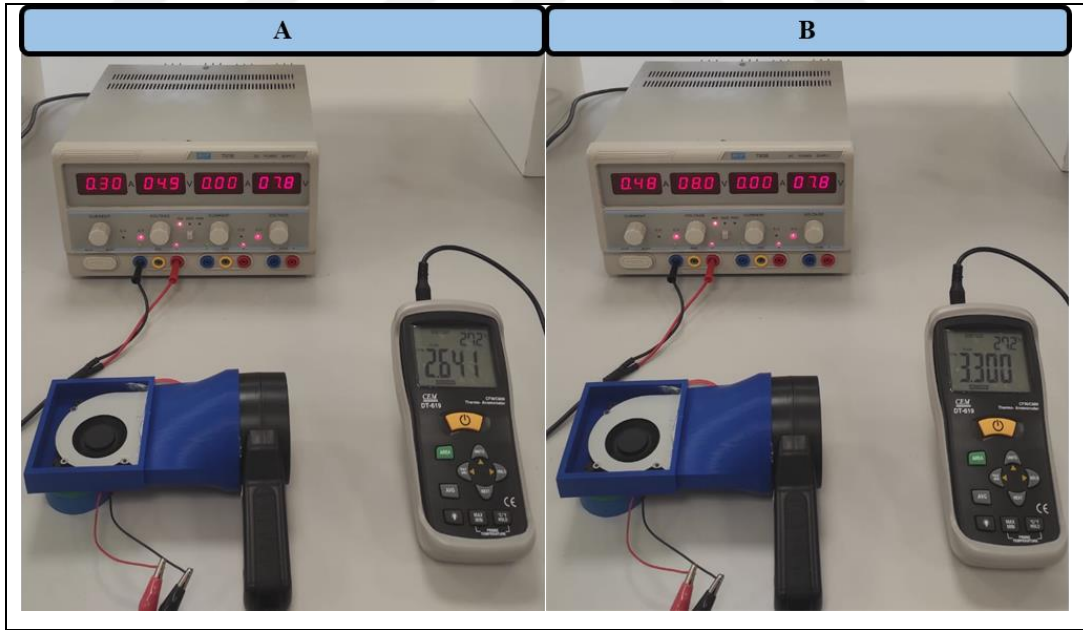


Şekil 2.32: Maskenin montajı tamamlanmış hali. (A) Maskenin sağ üstten görünüşü, (B) maskenin sol üstten görünüşü, (C) maskenin arkadan görünümü, (D) maskenin önden görünümü.

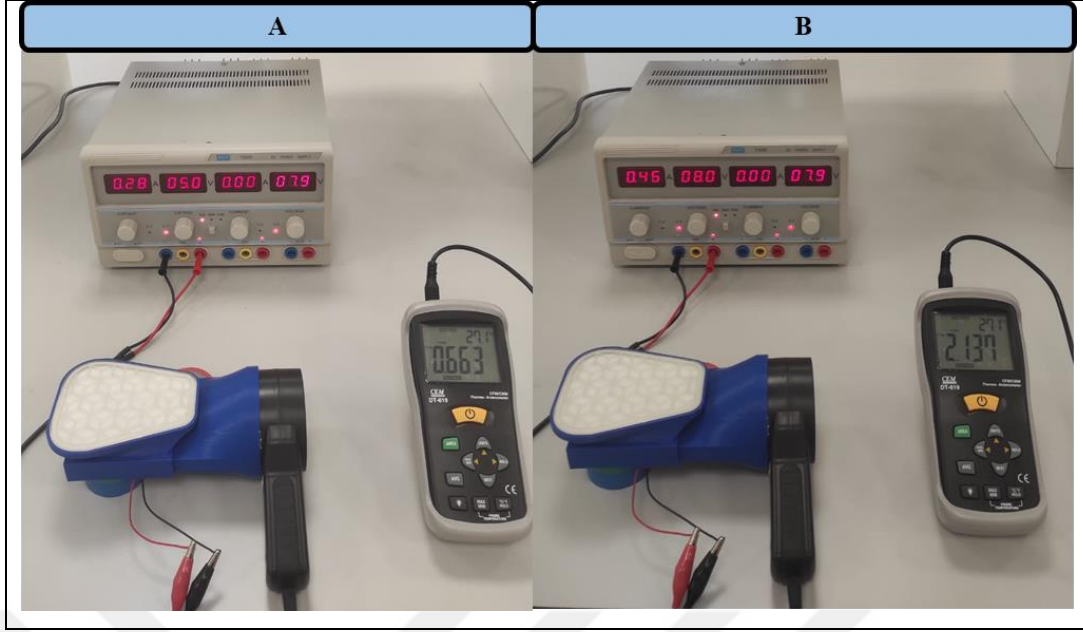
## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Filtre Basınç Düşüşü Testi Sonuçları

Filtre basınç düşüş testinde Şekil 3.1' te gösterilen düzende filtre kullanılmadan elektronik fanın 5V ve 8V gerilim altında sağladığı hacimsel akış ölçülmüştür. Kullanılan ölçüm cihazının kullandığı hacimsel akış birimi  $\text{ft}^3/\text{dk}$ . cinsinden olduğu için ölçümler  $\text{ft}^3/\text{dk}$ . cinsinden alınmıştır. Sonuç olarak filtresiz düzende elektronik fanın 5V gerilim altında  $2.64 \text{ ft}^3/\text{dk}$ ., 8V gerilim altında  $3.30 \text{ ft}^3/\text{dk}$ . hacimsel akış sağladığı Şekil 3.1' de gösterilmiştir. Filtre varlığında oluşan basınç düşüşünün fanların sağladığı hacimsel akışa etkisini gözlemleyebilmek için Şekil 3.2' de gösterilen şekilde düzeneğe filtre takılmış ve elektronik fanın 5V ve 8V gerilim altında sağladığı hacimsel akış  $\text{ft}^3/\text{dk}$ . cinsinden ölçülmüştür. Sonuç olarak filtreli düzende elektronik fanın 5V gerilim altında  $0.67 \text{ ft}^3/\text{dk}$ ., 8V gerilim altında  $2.14 \text{ ft}^3/\text{dk}$ . hacimsel akış sağladığı Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Filtresiz düzende 5V ve 8V gerilimde ölçülen  $\text{ft}^3/\text{dk}$ . değerleri. (A) 5V gerilim, (B) 8V gerilim.



Şekil 3.2: Filtreli düzenekte 5V ve 8V gerilimde ölçülen  $ft^3/dk.$  değerleri. (A) 5V gerilim, (B) 8V gerilim.

Maske tasarımında kullanılan 2 adet elektronik fanın toplamda 115 l/dk. hacimsel akış sağlaması gerekmektedir. Buna göre yapılan filtre basınç düşüş testinde kullanılan fanın filtre varlığında en az 57.5 l/dk. hacimsel akış sağlaması gerekmektedir. Filtre basınç düşüşü testinde alınan  $ft^3/dk.$  cinsinden hacimsel akış ölçümleri

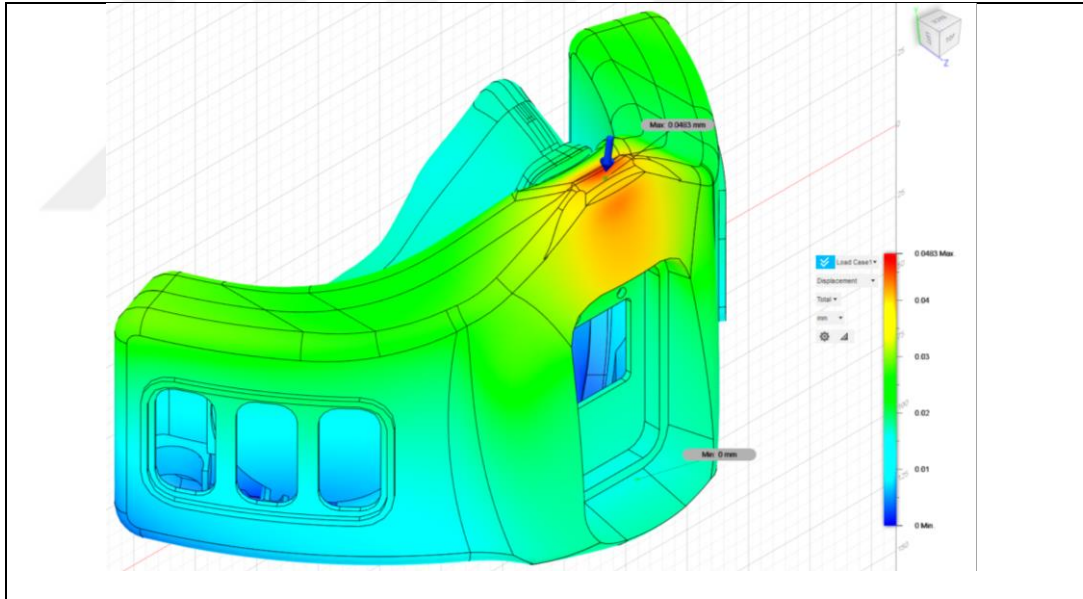
Filtre Yok 5V Gerilim:	$2,64 \text{ ft}^3/dk. = 74,76 \text{ l/dk.}$	
Filtre Yok 8V Gerilim:	$3,30 \text{ ft}^3/dk. = 93,45 \text{ l/dk.}$	
Filtre Var 5V Gerilim:	$0,67 \text{ ft}^3/dk. = 18,97 \text{ l/dk.}$	(4.1)
Filtre Var 8V Gerilim:	$2,14 \text{ ft}^3/dk. = 60,60 \text{ l/dk.}$	

şeklinde l/dk. cinsine çevrilmiştir. Yapılan test sonucunda 8V gerilimde çalıştırılan elektronik fanın filtre varlığında 60,60 l/dk. hacimsel akış sağlayabilme kapasitesinde olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen akış 57,5 l/dk. değerinden büyük olduğundan dolayı, fanların 8V gerilim ile çalıştırıldıklarında maske içerisinde kullanılmak için yeterli kapasitede olduklarına karar verilmiştir.

### 3.2. Maske Yapı Analizi ve Sonuçları

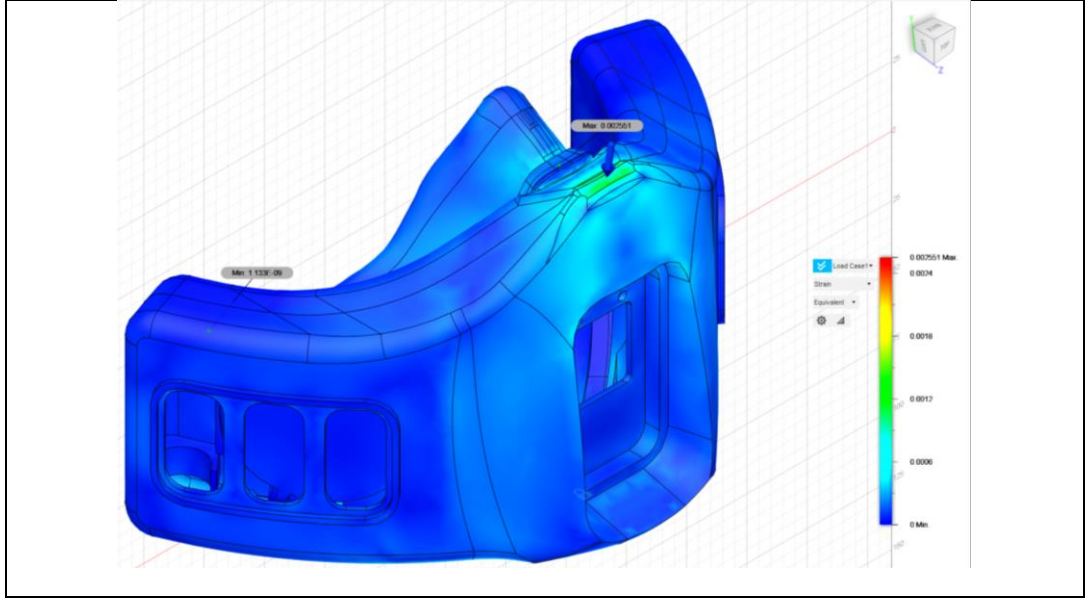
Yapılan analiz sonucunda maskenin uluslararası bir standart olan EN 12942 standardı dokümanında yer alan basma testinden başarılı bir şekilde geçip geçemeyeceği araştırılmıştır. ABS malzemesi kullanılarak üretilen bir maske ana gövdesinin 50 N büyüklüğünde bir mekanik kuvvete nasıl tepki vereceği gözlemlenmiştir. ABS malzemesinin seçilmesinin temel nedeni, tez çalışması sonucunda geliştirilen maskenin nihai üretiminde ABS malzemesi kullanılmasının hedeflenmesidir.

Maske yapı analizinin sonuçları üç ayrı parametreye göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılan parametrelerden birincisi parçanın üzerine uygulanan kuvvet karşısında yapısal olarak gözlemlenen yer değiştirme miktarıdır. Bölgesel olarak yer değiştirmeyi gösteren analiz sonucu Şekil 3.3' te gösterilmiştir.



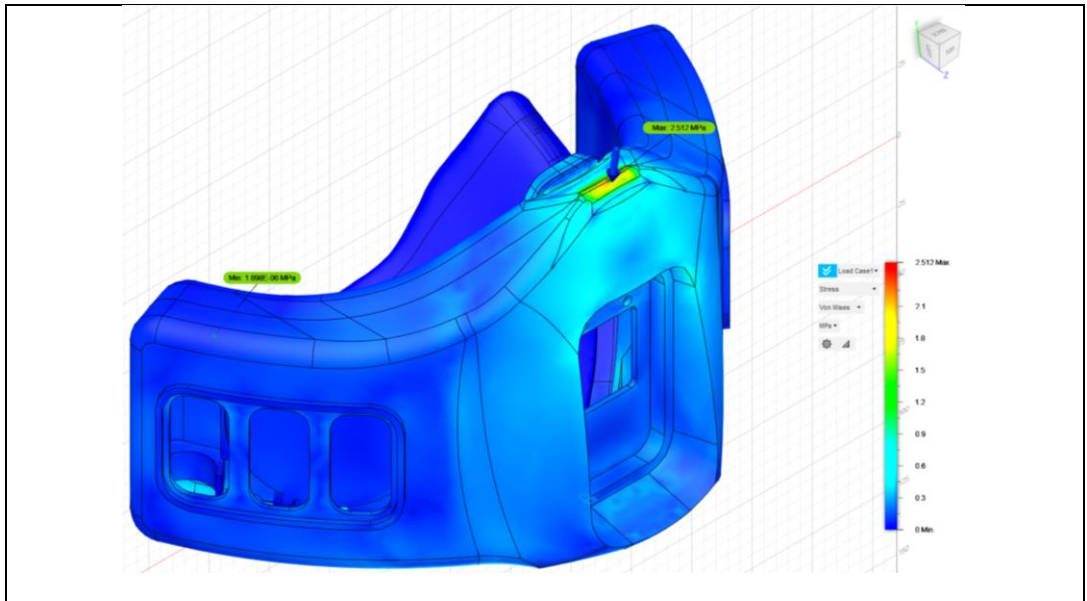
Şekil 3.3: Yapı analizinde kuvvetten doğan yer değiştirmeyi gösteren model.

Şekil 3.3' te maksimum yer değiştirme 0,05 mm olarak kırmızı renk ile, minimum yer değiştirme 0 mm olarak koyu mavi renk ile ifade edilmiştir. Bölgesel olarak oluşan mekanik gerilmeyi gösteren analiz sonucu Şekil 3.4' te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Yapı analizinde kuvvetten doğan mekanik gerilmeyi gösteren model.

Şekil 3.4’ te maksimum mekanik gerilme yüzdelik ifade biçimiyle %0,003 olarak kırmızı renk ile, minimum mekanik gerilme yüzdelik ifade biçimiyle %0 olarak koyu mavi renk ile ifade edilmiştir. Maksimum yer değiştirmenin 0,05 mm ve maksimum gerilmenin %0,003 olduğu analiz sonucunda, akma sınırındaki uzama gerilimi sınır değerleri %0,62 - %30,00 aralığında olan ABS malzemesinden üretilen maske ana gövdesinin kalıcı hasara uğramayacağı öngörülmektedir [40]. Bölgesel olarak mekanik stres dağılımını gösteren analiz sonucu Şekil 3.5’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Yapı analizinde kuvvetten doğan mekanik stresi gösteren model.

Şekil 3.5’ de maksimum mekanik stres 2,5 MPa olarak kırmızı renk ile, minimum mekanik stres 0 MPa olarak koyu mavi renk ile ifade edilmiştir. Maksimum mekanik stres değerinin 2,5 MPa olduğu analiz sonucunda, akma sınırındaki gerilme direnci sınır değerleri 13.0 MPa – 65.0 MPa aralığında olan ABS malzemesinden üretilen maske ana gövdesinin kalıcı hasara uğramayacağı öngörülmektedir [40].

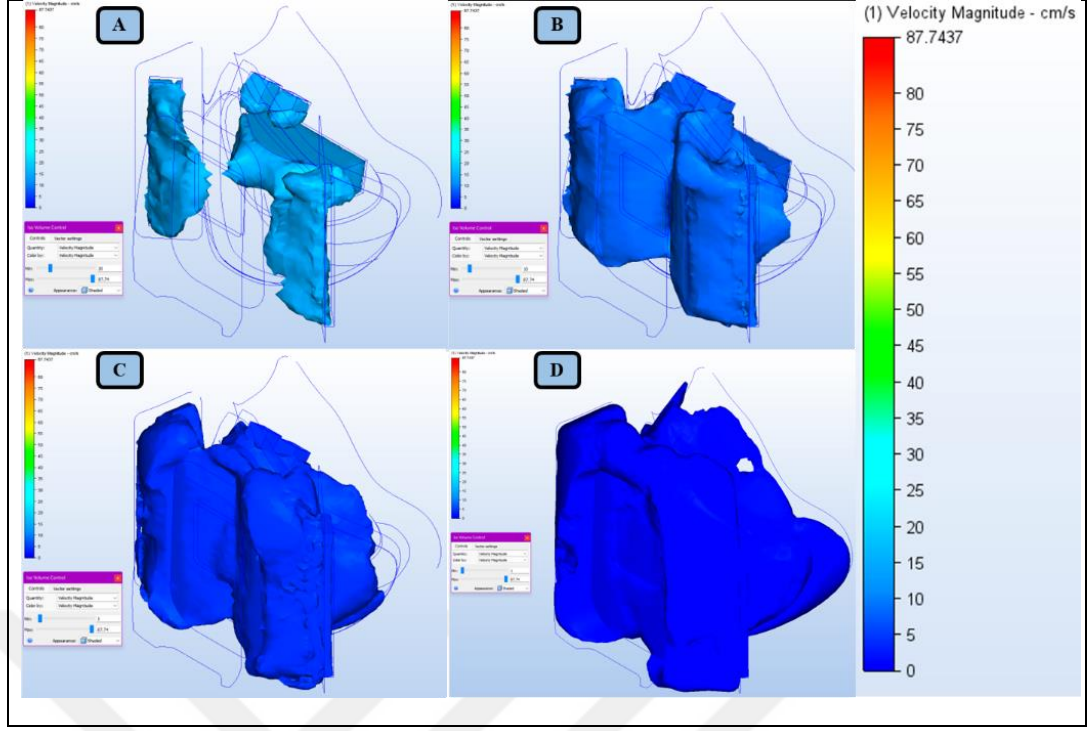
### **3.3. Maske Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizi ve Sonuçları**

Maske hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi sayesinde; maske içerisine yerleştirilen elektronik fanlar ve karbondioksit sensörü gibi elemanların maske içerisindeki akışı nasıl etkilediği ve akıştan nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemler maske içerisindeki havanın akış hızı baz alınarak gerçekleştirilmiş ve yorumlanmıştır.

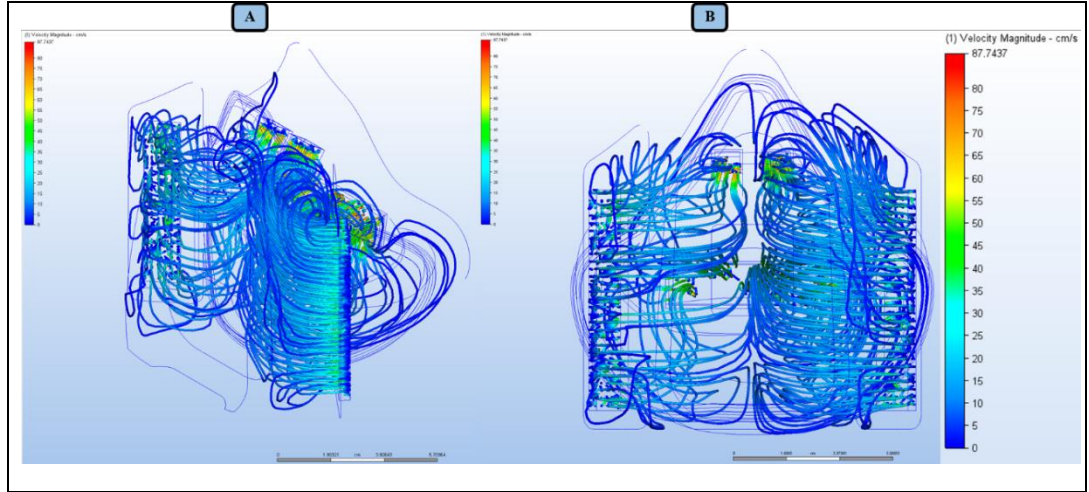
#### **3.3.1 Nefes Alma Senaryosu**

Nefes alma senaryosunda maske içerisinde akış halinde olan havanın kapalı hacim içerisindeki farklı bölgelerde farklı hızlarla akmakta olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.6’ da 20 cm/sn, 10 cm/sn, 5 cm/sn, 1 cm/sn hızlarında hareket eden havanın maske içerisinde hangi bölgelerde hareket halinde olduğu gösterilmiştir.

Şekil 3.7’ de maske içerisinde hareket halinde olan havanın hızı akış çizgileriyle ifade edilmiştir. Şekil 3.7’ de koyu mavi renkli bölümler 0 cm/s hızında, kırmızı renkli bölümler 87.74 cm/s hızında akışı ifade etmektedir.



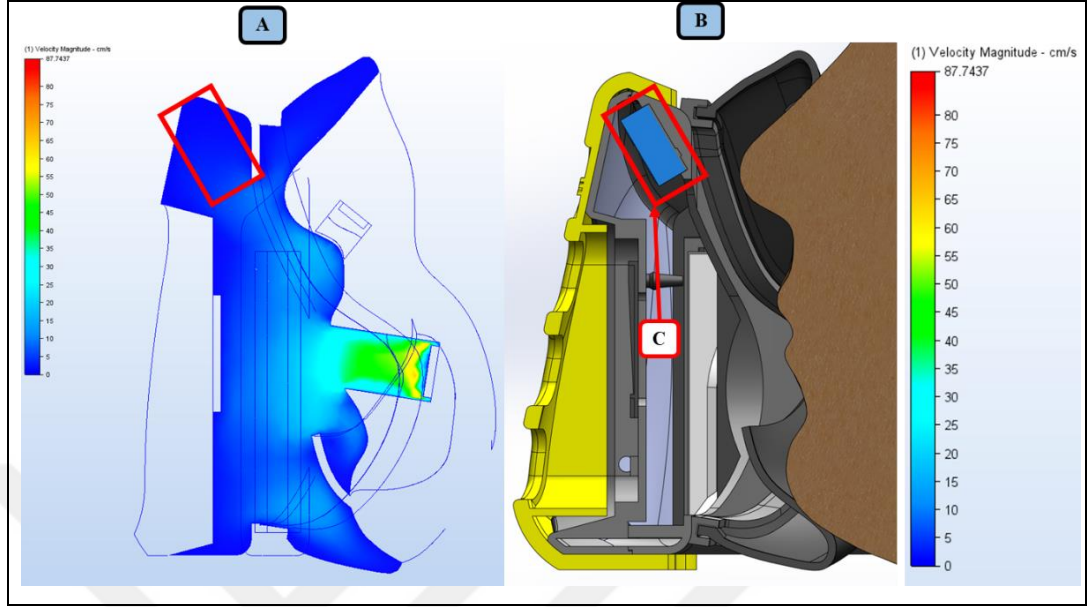
Şekil 3.6: Maske akış analizi nefes alma senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün hacimsel olarak gösterimi. (A) 20 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (B) 10 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (C) 5 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (D) 1 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim.



Şekil 3.7: Maske akış analizi nefes alma senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün akış çizgileri kullanılarak gösterimi. (A) Akış çizgilerinin sağ üstten görünümü, (B) akış çizgilerinin önden görünümü.

Şekil 3.8' de maske içerisinde hareket halinde olan havanın hızı sagittal kesit alınarak düzlemsel biçimde ifade edilmiştir. Şekil 3.8' de koyu mavi renkli bölümler 0 cm/s hızında, kırmızı renkli bölümler 87.74 cm/s hızında akışı ifade etmektedir. Şekil

3.8’ de aynı zamanda maske tasarımının montajlı halinin sagital kesiti alınmıştır ve karbondioksit sensörü konumlandırılması kırmızı kutu içerisinde gösterilmiştir.

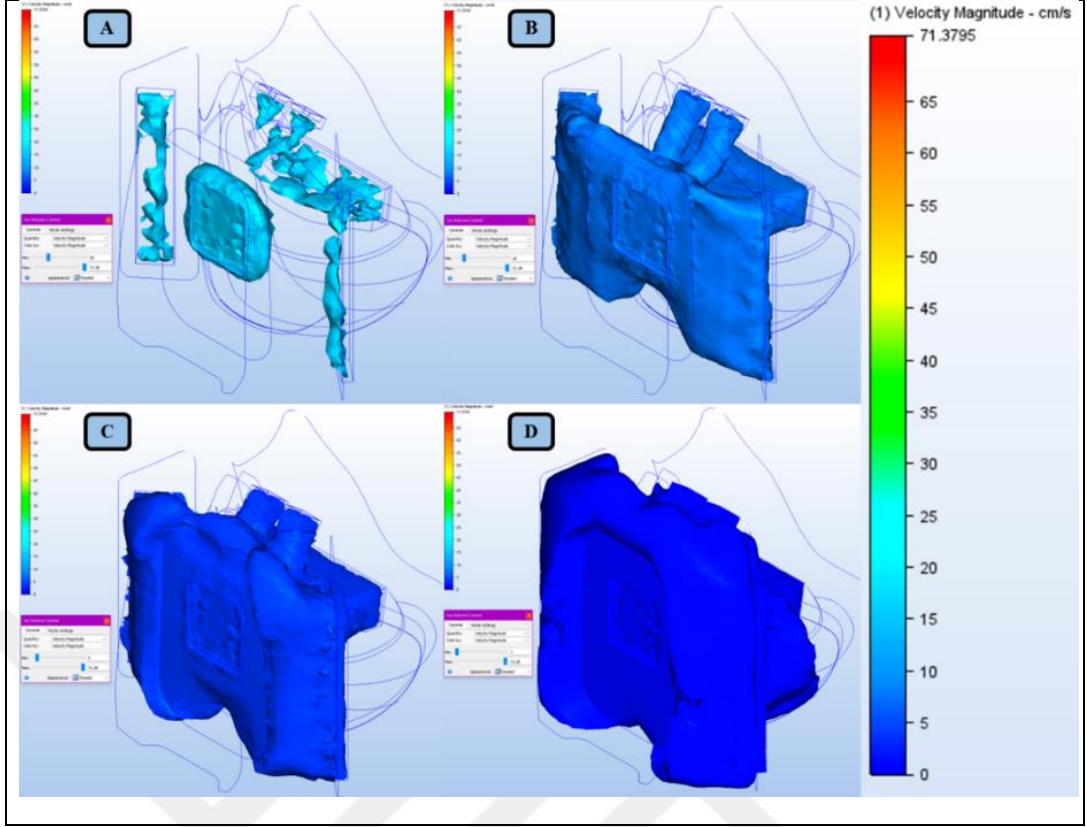


Şekil 3.8: Maske akış analizi nefes alma senaryosu sonucunun ve maske tasarımının karşılaştırılması. (A) Maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün sagital düzlemde gösterimi, (B) montajı tamamlanmış maske tasarımının sagital düzlemdeki görünümü, (C) karbondioksit sensörü.

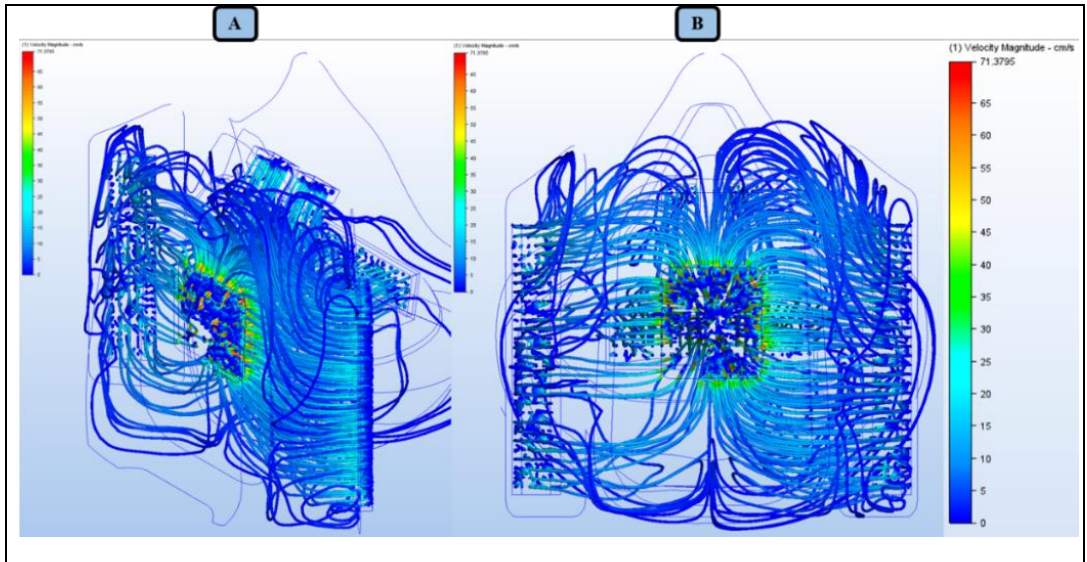
### 3.3.2 Nefes Verme Senaryosu

Nefes verme senaryosunda maske içerisinde akış halinde olan havanın kapalı hacim içerisindeki farklı bölgelerde farklı hızlarla akmakta olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.9’ da 20 cm/sn, 10 cm/sn, 5 cm/sn, 1 cm/sn hızlarında hareket eden havanın maske içerisinde hangi bölgelerde hareket halinde olduğu gösterilmiştir.

Şekil 3.10’ da maske içerisinde hareket halinde olan havanın hızı akış çizgileriyle ifade edilmiştir. Şekil 3.10’ da koyu mavi renkli bölümler 0 cm/s hızında, kırmızı renkli bölümler 71,34 cm/s hızında akışı ifade etmektedir.

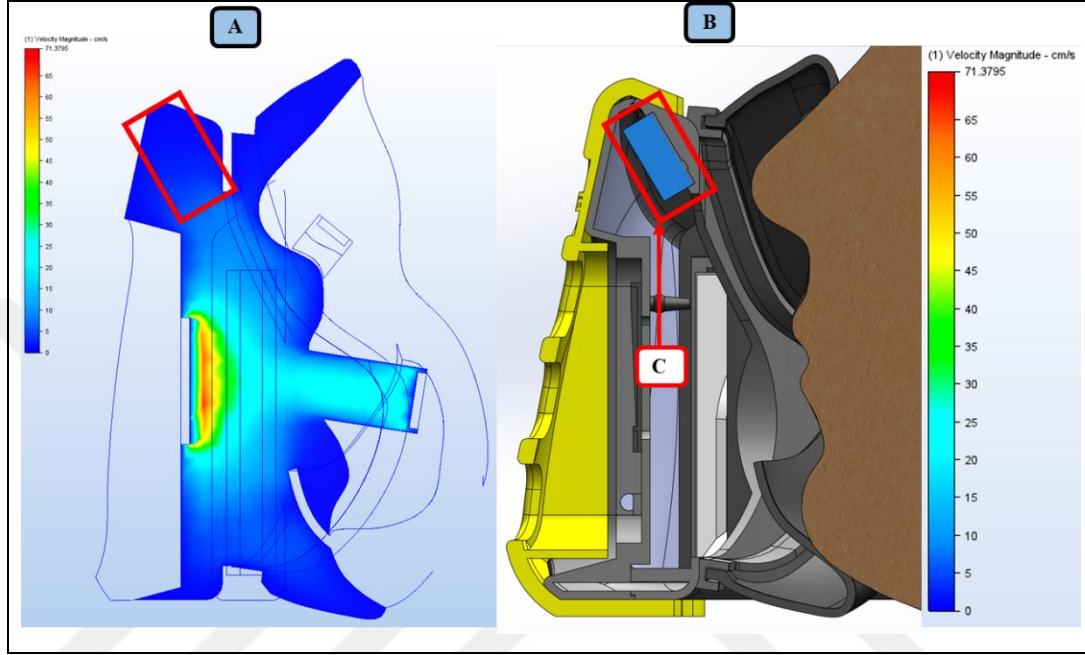


Şekil 3.9: Maske akış analizi nefes verme senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün hacimsel olarak gösterimi. (A) 20 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (B) 10 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (C) 5 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim, (D) 1 cm/sn ve daha yavaş akışı ifade eden hacimsel gösterim.



Şekil 3.10: Maske akış analizi nefes verme senaryosunda maske içerisinde hacimsel akış hızı büyüklüğünün akış çizgileri kullanılarak gösterimi. (A) Akış çizgilerinin sağ üstten görünümü, (B) akış çizgilerinin önden görünümü.

Şekil 3.11’ de maske içerisinde hareket halinde olan havanın hızı sagital kesit alınarak düzlemsel biçimde ifade edilmiştir. Şekil 3.11’ de koyu mavi renkli bölümler 0 cm/s hızında, kırmızı renkli bölümler 71,34 cm/s hızında akışı ifade etmektedir. Şekil 3.11’ de aynı zamanda maske tasarımının montajlı halinin sagital kesiti alınmıştır ve karbondioksit sensörü konumlandırılması kırmızı kutu içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 3.11: Şekil 3.1: Maske akış analizi nefes verme senaryosu sonucunun ve maske tasarımının karşılaştırılması. A) Sagital düzlemde maske içerisinde hacimsel akışın akışkan hızı büyüklüğü olarak gösterimi. B) montajı tamamlanmış maske tasarımının sagital düzlemdeki görünümü, (C) karbondioksit sensörü.

Akış analizi çalışması sonuçlarından Şekil 3.7 ve Şekil 3.10’ da gösterilen akış çizgileri incelendiğinde, nefes alma ve nefes verme senaryolarında maske içerisindeki akışta herhangi bir türbülans veya dengesizlik ile karşılaşılması değildir. Nefes alma senaryosunda elektronik fanlardan gelen hava akışı doğrudan solunum organlarına doğru bir yol izlemiştir. Nefes verme senaryosunda solunum organlarından çıkan hava, elektronik fanlardan gelen hava ile doğrudan çıkış klepesine doğru yol izlemiştir. Akış analizi aynı zamanda maske içerisindeki karbondioksit sensörü konumlandırılmasında rol oynamıştır. Şekil 3.6 ve Şekil 3.9’ da farklı hızlardaki hava akış hızlarının maske içerisindeki hacimsel konumları ifade edilmiştir. Bu sonuçlara bakarak maske içerisinde 1 cm/sn hızında ve daha yavaş hareket eden havanın maske iç hacminin üst taraflarında olduğu gözlemlenmiştir. Maske iç hacminin üst kısımlarındaki düşük

hızdaki hava akışı Şekil 3.8 ve Şekil 3.11’ de gösterilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde maske iç hacminin sagittal düzleminde en düşük hava akış hızının kırmızı kutu ile işaretlenen iç hacmin üst kısmında olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlemler göz önünde bulundurularak karbondioksit sensörü konumlandırılması Şekil 3.8 ve Şekil 3.11’ de gösterilen kırmızı kutu içerisindeki alana yapılmıştır.

### 3.6. Tartışma

Bu çalışmada salgın döneminde maske ürünlerinin kullanımının artması ile ortaya çıkan problemler incelenmiş ve COVID-19 gibi solunum rahatsızlıklarına karşı koruma sağlamak için kullanılabilir elektrik güçlendirilmiş inhalasyon maskesi geliştirilmiştir. Maske geliştirme sürecinde uluslararası bir standart olan EN 12942 standardı göz önünde bulundurularak tasarım ve revizyon çalışmaları yapılmıştır. Buna ek olarak NIOHS standartları da incelenmiş, çalışmanın bazı alanlarında EN 12942 standardının kapsamadığı bölümlerde NIOHS standartlarından destek alınmıştır. Maske geliştirme sürecinde; mekanik tasarım, elektronik tasarım ve yazılım geliştirme gibi birden fazla disiplinin iç içe olduğu bir çalışma yöntemi izlenmiştir. Tüm tasarım süreçlerinde bilgisayar yazılımlarından faydalanılarak üretim öncesi testler gerçekleştirilmiş ve prototipleme süreçleri hızlandırılmıştır. Özellikle yapılan yapı analizi ve hesaplamalı akışkanlar analizleri maske mekanik tasarımı sürecinde kritik rol oynamış ve tasarım parametrelerin belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Yapılan analiz çalışmaları neticesinde maske tasarımının beklenen mukavemete ve maske içi hava akışının beklenen düzende olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak hedeflenen tasarım parametrelerine sahip olan bir maske prototipi üretilebilmiştir.

Geliştirilen maske, dakikadaki nefes alıp verme sayısı ve nefesteki karbondioksit miktarı gibi hayatsal verileri ölçümleyebilme kabiliyetine sahiptir. Güncel teknolojiler incelendiğinde; nabız, uyku kalitesi, vücut sıcaklığı vb. çeşitli yaşamsal parametreler küçük boyutlu ve girişimsel olmayan sensör teknolojileriyle ölçümlenebilmektedir. İlerleyen çalışmalarda çeşitli sensör teknolojileri maske tasarımına eklenerek daha yaşamsal verilerin daha kapsamlı bir biçimde ölçülmesini ve kullanıcıya sunulmasını sağlayabilecek bir maske geliştirilebilir. Buna ek olarak maskenin yapay zeka desteği ile maske içerisindeki elektronik elemanların en etkin ve verimli biçimde kullanılabilmesi, mekanik güçlendirme ve endüstriyel tasarım çalışmalarının iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Yuki K., Fujiogi M., Koutsogiannaki S. (2020). COVID-19 pathophysiology: A review. *Clinical immunology* (Orlando, Fla.), 215, 108427.
- [2] Ksiazek T. G., Erdman D., Goldsmith C. S., Zaki S. R., Peret, T., Emery S., Tong S., Urbani C., Comer J. A., Lim W., Rollin P. E., Dowell S. F., Ling A. E., Humphrey C. D., Shieh W. J., Guarner J., Paddock C. D., Rota P., Fields B., DeRisi J., ... SARS Working Group (2003). A novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome. *The New England journal of medicine*, 348(20), 1953–1966.
- [3] Lotfi M., Hamblin M. R., Rezaei N. (2020). COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 508, 254–266.
- [4] Web 1, (2020), <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html> (Erişim Tarihi 17/01/2021)
- [5] Web 2, (2021), <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted> (Erişim Tarihi 10/01/2021)
- [6] Web 3, (2020), <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/kovid-19-kisitlamalari-hayata-gecirildi/2050809> (Erişim Tarihi 11/02/2021)
- [7] Web 4, (2020), <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/koronavirus-salgini-nedeniyle-asyada-konser-ve-etkinlikler-iptal-ediliyor-/1723502> (Erişim Tarihi 10/01/2021)
- [8] Li T., Liu Y., Li M., Qian X., Dai S. Y. (2020). Mask or no mask for COVID-19: A public health and market study. *PloS one*, 15(8), e0237691.
- [9] Web 5, (2020), [https://news.vcu.edu/article/Early\\_face\\_mask\\_policies\\_curbed\\_COVID19s\\_spread\\_according\\_to](https://news.vcu.edu/article/Early_face_mask_policies_curbed_COVID19s_spread_according_to) (Erişim Tarihi 11/08/2021)
- [10] MacIntyre C. R., Seale H., Dung T. C., Hien N. T., Nga P. T., Chughtai A. A., Rahman B., Dwyer D. E., Wang Q. (2015). A cluster randomised trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers. *BMJ open*, 5(4), e006577.
- [11] Tcharkhtchi A., Abbasnezhad N., Zarbini Seydani M., Zirak N., Farzaneh S., Shirinbayan M. (2021). An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration. *Bioactive Materials*, 6(1), 106–122.

- [12] Fikenzer S., Uhe T., Lavall D., Rudolph U., Falz R., Busse M., Hepp P., Laufs U. (2020). Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical research in cardiology : official journal of the German Cardiac Society*, 109(12), 1522–1530.
- [13] Zuo Y., Hua W., Luo Y., Li L. (2020). Skin reactions of N95 masks and medial masks among health-care personnel: A self-report questionnaire survey in China. *Contact dermatitis*, 83(2), 145–147.
- [14] Scheid J. L., Lupien S. P., Ford G. S., West S. L. (2020). Commentary: Physiological and Psychological Impact of Face Mask Usage during the COVID-19 Pandemic. *International journal of environmental research and public health*, 17(18), 6655.
- [15] Jung S., Lee S., Dou X., Kwon E. E. (2021). Valorization of disposable COVID-19 mask through the thermo-chemical process. *Chemical Engineering Journal*, 405, 126658.
- [16] Web 6, (2020), <https://www.nytimes.com/2020/04/22/fashion/coronavirus-fashion-face-masks.html> (Erişim Tarihi 16/03/2021)
- [17] Web 7, (2020), <https://myhearingcenters.com/blog/why-do-masks-make-it-so-difficult-to-communicate/> (Erişim Tarihi 13/04/2021)
- [18] Web 8, (2020), <https://www.fastcompany.com/90496717/what-is-a-mask-valve-and-why-are-cities-banning-them> (Erişim Tarihi 13/01/2021)
- [19] Beder A., Büyükkoçak U., Sabuncuoğlu H., Keskil Z. A., Keskil S. (2008). Preliminary report on surgical mask induced deoxygenation during major surgery. *Neurocirugia (Asturias, Spain)*, 19(2), 121–126.
- [20] Zanotti B., Parodi P. C., Riccio M., De Francesco F., Zingaretti N. (2020). Can the Elastic of Surgical Face Masks Stimulate Ear Protrusion in Children?. *Aesthetic plastic surgery*, 44(5), 1947–1950.
- [21] Chao F. L. (2020). Face mask designs following novel Coronavirus. *Journal of public health research*, 9(1), 1770.
- [22] Khoo D., Yen C. C., Chow W. T., Jain P., Loh N. W., Teo W. W., Koh C. (2020). Ultra-portable low-cost improvised powered air-purifying respirator: feasibility study. *British journal of anaesthesia*, 125(2), e264–e266.
- [23] Kroo L., Kothari A., Hannebelle M., Herring G., Pollina T., Chang R., Peralta D., Banavar S. P., Flaum E., Soto-Montoya H., Li, H., Combes K., Pan E., Vu K., Yen K., Dale J., Kolbay P., Ellgas S., Konte R., Hajian R., ... Prakash M. (2021). Modified full-face snorkel masks as reusable personal protective equipment for hospital personnel. *PloS one*, 16(1), e0244422.

- [24] Swennen G., Pottel L., Haers P. E. (2020). Custom-made 3D-printed face masks in case of pandemic crisis situations with a lack of commercially available FFP2/3 masks. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 49(5), 673–
- [25] Imbrie-Moore A. M., Park M. H., Zhu Y., Paulsen M. J., Wang H., Woo Y. J. (2020). Quadrupling the N95 Supply during the COVID-19 Crisis with an Innovative 3D-Printed Mask Adaptor. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 8(3), 225. S
- [26] Hubbard B. R., Pearce J. M. (2020). Conversion of self-contained breathing apparatus mask to open source powered air-purifying particulate respirator for fire fighter COVID-19 response. *HardwareX*, 8, e00129.
- [27] Web 9, (2022), <https://ca.style.yahoo.com/the-worlds-first-bluetooth-face-mask-is-now-available-heres-how-to-shop-the-new-mask-fone-193728897.html> (Erişim Tarihi 16/02/2021)
- [28] Web 10, (2020), <https://www.bbc.co.uk/news/world-52691164> (Erişim Tarihi 17/02/2021)
- [29] Web 11, (2020), [https://www.lg.com/hk\\_en/puricare/lg-ap300awfa](https://www.lg.com/hk_en/puricare/lg-ap300awfa) (Erişim Tarihi 19/02/2021)
- [30] Web 12, (2000), <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?053107106111065067115113049116090107100056052055108081090071086075069085047110067109075073081116103090081086073108065117084119099122084057065101073115111088056051072117085055120112073084079067> (Erişim Tarihi 10/05/2021)
- [31] Web 13, (2018, Ekim), <https://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdx.html> (Erişim Tarihi 05/01/2022)
- [32] Haryńska A., Gubanska I., Kucinska-Lipka J., Janik H. (2018). Fabrication and Characterization of Flexible Medical-Grade TPU Filament for Fused Deposition Modeling 3DP Technology. *Polymers*, 10(12), 1304.
- [33] Web 14, (2018), [https://techcompass.sanyodenki.com/en/training/cooling/fan\\_basic/002/index.html](https://techcompass.sanyodenki.com/en/training/cooling/fan_basic/002/index.html) (Erişim Tarihi 07/02/2022)
- [34] Web 15, (2020), <https://iskid.org.tr/ichavakalitesi/ichava-kalitesi/ic-hava-kalitesi- nedir/ic-hava-kalitesi-nasil-saglanir/> (Erişim Tarihi 09/07/2022)
- [35] Web 16, (2020), <https://grabcad.com/library/evo-ii-breathing-mask-respirator-with-non-return-valves-and-replaceable-p3-nanofilters-1> (Erişim Tarihi 05/04/2021)
- [36] Web 17, (2022), <https://grabcad.com/library/usb-connector-type-c-female-1> (Erişim Tarihi 09/09/2022)

- [37] Web 18, (2021), <https://grabcad.com/library/18650-cell-2> (Erişim Tarihi 15/09/2022)
- [38] Monjezi M., Jamaati H. (2021). The effects of face mask specifications on work of breathing and particle filtration efficiency. *Medical engineering & physics*, 98, 36–43.
- [39] Pleil J. D., Ariel Geer Wallace M., Davis M. D., Matty C. M. (2021). The physics of human breathing: flow, timing, volume, and pressure parameters for normal, on-demand, and ventilator respiration. *Journal of breath research*, 15(4), 10.1088/1752-7163/ac2589.
- [40] Web 19, (2018), <https://plasticmolder.com/2018/05/16/abs-properties/> (Erişim Tarihi 10/09/2022)



## ÖZGEÇMİŞ

Muhammed Tarık ÇÖPOĞLU, 2014 yılında başladığı İstanbul Medipol Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümünü 2019 yılında başarıyla tamamlayarak 2020 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2021 yılından bu yana Gebze Teknik Üniversitesi Biyomühendislik Bölümünde araştırma görevlisi ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenen “221M080” numaralı “Solunumu Tehdit Eden Etkenlere Karşı Yüksek Koruma Sağlayan Akıllı Solunum Maskesi” projesinde araştırmacı olarak çalışmaktadır.