

Bekir AKCA

TIP MİKROBİYOLOJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ

2023



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TIP FAKÜLTESİ
MİKROBİYOLOJİ ANABİLİM DALI



**COVID 19 PANDEMİ SÜRECİNDE KULLANIMI ARTAN
TIBBİ MASKELERİN YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ
VE KARŞILAŞTIRILMASI**

Bekir AKCA

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

BURSA-2023





**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TIP FAKÜLTESİ
MİKROBİYOLOJİ ANABİLİM DALI**



**COVID 19 PANDEMİ SÜRECİNDE KULLANIMI ARTAN
TIBBİ MASKELERİN YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ
VE KARŞILAŞTIRILMASI**

Bekir AKCA

ORCID 0000.000*.**.**27**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**DANIŞMAN:
Prof. Dr. Cüneyt ÖZAKIN**

BURSA-2023

ETİK BEYANI

**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “COVID 19 Pandemi Sürecinde Kullanımı Artan Tıbbi Maskelerin Yapısal Olarak İncelenmesi ve Karşılaştırılması” adlı çalışmanın, proje safhasından sonuçlanmasına kadar geçen bütün süreçlerde bilimsel etik kurallarına uygun bir şekilde hazırlandığını ve yararlandığım eserlerin kaynaklar bölümünde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir ve beyan ederim.

Bekir AKCA
22.09.2023

TEZ KONTROL ve BEYAN FORMU

19 / 10 / 2023

Adı Soyadı: Bekir AKCA

Anabilim Dalı: Tıp Mikrobiyoloji

Tez Konusu: Covid 19 Pandemi Sürecinde Kullanımı Artan Tıbbi Maskelerin Yapısal Olarak İncelenmesi ve Karşılaştırılması

<u>ÖZELLİKLER</u>	<u>UYGUNDUR</u>	<u>UYGUN DEĞİLDİR</u>	<u>AÇIKLAMA</u>
Tezin Boyutları	☒	☐	
Dış Kapak Sayfası	☒	☐	
İç Kapak Sayfası	☒	☐	
Kabul Onay Sayfası	☒	☐	
Sayfa Düzeni	☒	☐	
İçindekiler Sayfası	☒	☐	
Yazı Karakteri	☒	☐	
Satır Aralıkları	☒	☐	
Başlıklar	☒	☐	
Sayfa Numaraları	☒	☐	
Eklerin Yerleştirilmesi	☒	☐	
Tabloların Yerleştirilmesi	☒	☐	
Kaynaklar	☒	☐	

Danışman Onayı

Unvanı Adı Soyadı: Prof. Dr. Cüneyt ÖZAKIN

İmza:

İÇİNDEKİLER

Dış Kapak	
İç Kapak	
ETİK BEYANI	II
KABUL ONAY SAYFASI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEZ KONTROL ve BEYAN FORMU	III
İÇİNDEKİLER	IV
TÜRKÇE ÖZET	V
İNGİLİZCE ÖZET	VI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Geçmişten Günümüze Maskelerin Tarihçesi	2
2.2. Covid-19 Pandemisi Sırasında Maske Kullanımı	3
2.3. Maske Özellikleri, Türleri ve Kullanım Alanları	5
2.4. Maske Üretiminde Kullanılan Lifler	7
2.5. Maske Üretiminde Kullanılan Yöntemler	10
2.6. Maske Performans Testleri ve Standartları	13
2.6.1. Tıbbi Maskelere Uygulanan Testler ve Standartları	15
2.6.2. Solunum Maskelerine Uygulanan Testler ve Standartlar.....	16
2.7. Konu ile İlgili Literatür Taraması	19
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	21
3.1. Deneylerde Kullanılan Maskeler.....	21
3.2. Deneylerde Kullanılan Cihaz ve Standartlar	22
4. BULGULAR	27
4.1. Maskelerin Kalınlık Değerlendirmesi	27
4.2. Maskelerin Gramaj Değerlendirmesi	28
4.3. Maskelerin Hava Geçirgenliği Değerlendirmesi.....	29
4.4. Maskelerin Isıl Direnç Değerlendirmesi	30
4.5. Maskelerin Su Buharı Geçirgenliği Değerlendirmesi	31
4.6. Maskelerin Kopma Mukavemeti Değerlendirmesi	32
4.7. Maskelerin BFE Değerlendirmesi.....	34
4.8. Maskelerin DBF Değerlendirmesi	35
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	36
6. KAYNAKLAR	38
7. SİMGELER VE KISALTMALAR	42
8. EKLER.....	43
9. ÖZGEÇMİŞ.....	44
10. TEŞEKKÜR	45

TÜRKÇE ÖZET

Dünya çapında birçok ulusal ve uluslararası iş sağlığı ve güvenliği kuruluşu tarafından çalışanları tehlikeli aerosol parçacıklarına karşı korumak amacıyla önerilen tıbbi ve solunum maskeleri, COVID-19 pandemisi ile birlikte toplumda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Pandemi sırasında artan talep doğrultusunda piyasada bulunan maskelerin kalitelerinde de standartlar açısından uygunsuz durumlar görülebilmektedir. Bu tez çalışmasının amacı, COVID-19 pandemisi döneminde piyasadan temin edilen maskelerin yapısal ve performans özellikleri test etmek ve birbirleri ile kıyaslamaktır.

Maskelerin katmanları ayrı ayrı ve tüm katmanlar bir arada olacak şekilde maskelerin kalınlıkları, gramajları, hava geçirgenlikleri, ısı geçirgenlikleri, su buharı geçirgenlikleri, kopma mukavemetleri, patlama mukavemetleri, BFE'leri ve DBF'leri uygun standartlar kullanılarak ölçülmüştür.

Yapılan ölçümler sonucunda BFE değeri yüksek olan Çok iyi grubu maskelerinin hava geçirgenliğinin düşük olduğu, yine BFE değeri yüksek olan maskelerde ısı direncin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, yapılan tez çalışmasında maskelerin BFE ile ilişkilendirilebilir farklı özellikte verilere sahip olduğu görülmüştür. Gelecek çalışmalar ile bu özellikler açısından literatür daha da aydınlatılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Tıbbi maske, kalınlık, hava geçirgenliği, bakteri filtrasyon etkinliği, diferansiyel basınç (nefes alabilirlik).

İNGİLİZCE ÖZET

Structural Investigation and Comparison of Medical Masks Increasing in Use During the Covid 19 Pandemic Process

Medical and respiratory masks, which are recommended by many national and international occupational health and safety organizations worldwide to protect workers against hazardous aerosol particles, have started to be widely used in the community with the COVID-19 pandemic. In line with the increasing demand during the pandemic, the quality of the masks available in the market may be inappropriate in terms of standards. The aim of this thesis is to test and compare the structural and performance characteristics of masks supplied from the market during the COVID-19 pandemic.

The thickness, weight, air permeability, thermal permeability, water vapor permeability, tensile strength, bursting strength, BFE and DBF of the masks were measured using appropriate standards, with the layers of the masks separately and all layers together.

As a result of the measurements, it was determined that the air permeability of Çok iyi group masks with high BFE values was low and the thermal resistance was higher in masks with high BFE values.

As a result, in the thesis study, it was seen that the masks have different characteristics that can be associated with BFE. Future studies should further enlighten the literature in terms of these properties.

Keywords: Medical mask, thickness, air permeability, bacterial filtration efficiency, differential pressure (breathability).

1. GİRİŞ

Sağlık çalışanları, hastaya yapılan bakım ve tedavi sırasında oluşan çeşitli aerosollere maruz kalmaktadır. Bu yolla taşınan bakteriyel veya viral enfeksiyonların sağlık çalışanına bulaşması hayati tehlike oluşturur. Dünya çapında birçok ulusal ve uluslararası iş sağlığı ve güvenliği kuruluğu, tıbbi maske ve solunum maskelerini sağlık çalışanlarını tehlikeli aerosol parçacıklarına maruziyete karşı korumanın önemli bir unsuru olarak değerlendirmektedir. Son yıllarda küresel olarak yaşanan COVID-19 pandemisi ile farklı durumlarda kullanılacak maskelerin özellikleri ve standartları önemli bir tartışma konusu haline gelmiştir. Standartlara uygun olarak üretilen bu maskeler zararlı aerosollere karşı yaygın olarak kullanılmakta ve uygun şekilde takıldığında da kullanıcıyı korumaktadır. Bu maskeler, günümüzde bakteriyel ve viral enfeksiyonların bulaşını önlemek için sağlık hizmeti verilen alanlarda ve toplumda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Özellikle tıbbi ve solunum (respiratör) maskeleri, COVID-19'un sağlık kuruluşlarında yayılmasına karşı mücadelede kullanılan önemli kişisel korunma ekipmanları arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalar, tıbbi maskeler ve solunum maskelerinin doğru şekilde kullanıldığında SARS-CoV'a karşı korunmada etkinliğini doğrulamaktadır. Sağlık hizmeti verilen alanlarda belirlenmiş risklere göre kullanılan tıbbi maske ve solunum maskelerinin enfeksiyon riskini %85 azalttığı bildirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, COVID-19 pandemisi döneminde kullanılan ve piyasadan temin edilen maskelerin yapısal ve performans özellikleri test edilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Geçmişten Günümüze Maskelerin Tarihçesi

Tarih boyunca veba, kolera, çiçek hastalığı, İspanyol gribi, HIV/AIDS, Ağır Akut Solunum Yolu Yetersizliği Sendromu (SARS), Ortadoğu Solunum Sendromu (MERS), domuz gribi gibi birçok salgın hastalık görülmüştür. Ticaret ağları, yolculuklar, insan-hayvan etkileşimleri gibi unsurlar nedeniyle bu salgın hastalıkların yayılımı hızlanmış ve kolaylaşmıştır (Akın & Gözel, 2020; Çetin & Kara, 2020). Şekil 2.1’de gösterildiği gibi, 14. yüzyılda başlayan veba salgınları sonrası can kayıplarının %90’lara kadar çıkması ile birlikte insanlar korunmak için kuş gagasına benzer maskeler kullanmışlardır (Akın, 2014).



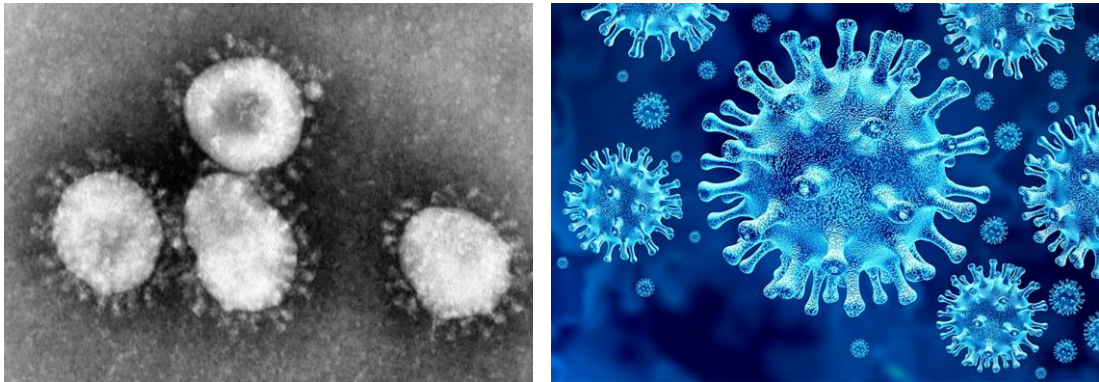
Şekil 2.1. Bubonik (hıyarcıklı) veba günlerinde kuş gagası maske
(<https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-53310847>)

Johann von Mikulicz Radecki, ilk defa gazlı bezden yapılmış bir maskeyi 1897 yılında tanıtmış ve ameliyatlarında bu maskeyi kullanmıştır (Akın & Gözel, 2020). 1910-1911 yıllarında Çin’de başlayan veba salgınında, Dr. Wun Lien-Teh gazlı bezlerin arasına pamuk yerleştirerek hava süzme özelliği olan maskeler yapmış ve maskelerin kullanımı teşvik edilmiştir (Akın, 2014). Yakın tarihimizde ise 2002 yılında Çin’de başlayıp 26 ülkeye yayılan “Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirüs (SARS-CoV)” salgınında, toplumda maske kullanımı tekrar gündeme gelmiştir (Wilder-Smith & Lee, 2020). Karl Ziegler ve Giulio Natta, pek çok sanayi alanında kullanılan ve maskelerin de ana hammaddelerinden biri olan polipropilen (PP) polimerini geliştirme çalışmalarına 1954 yılında başlamışlardır (Lee & Hoong, 2014). Farklı üretim tekniklerinin geliştirilmesi sonucu çapı 10 mikrondan küçük mikro liflerin üretilmesi ile PP polimeri koruyucu maskelerde ana hammadde olarak

kullanılmaya başlanmıştır (Wilder-Smith & Lee, 2020). 2002 yılında Çin’de başlayıp 26 ülkeye yayılan “Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirüs (SARS-CoV)” salgınında toplumda ve hastane çalışanların da maske kullanımı tekrar gündeme gelmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2020).

2.2. Covid-19 Pandemisi Sırasında Maske Kullanımı

Çin’in Hubei Eyaleti, Wuhan şehrinde, 31 Aralık 2019 tarihinde, etiyolojisi bilinmeyen pnömoni olguları ortaya çıkmıştır. Pnömoni etkeni, 7 Ocak 2020’de yeni bir koronavirüs olarak tanımlanmıştır. Hastalık insandan insana bulaşma özelliği nedeniyle hızla yayılmıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2020). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 11 Mart 2020’de küresel pandemi ilan edilmiştir (World Health Organization, 2020). Ülkemizdeki ilk vaka ise 11 Mart 2020 tarihinde görülmüştür (Türkiye Bilimler Akademisi, 2020). Korona virüsler, tek zincirli, pozitif polariteli, zarflı RNA virüsleridir. Pozitif polariteli oldukları için RNA’ya bağımlı RNA polimeraz enzimi içermezler, ancak genomlarında bu enzimi kodlarlar. Yüzeylerinde çubuksu uzantıları vardır. Şekil 2.2’de gösterildiği gibi virüsün isimlendirilmesinde, mikroskopik görüntüsünde bulunan bu uzantılardan (taçlı yapı) esinlenilmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020).



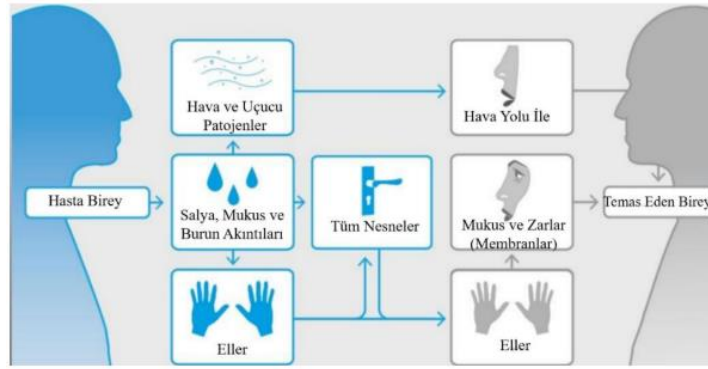
Şekil 2.2. Coronavirüs elektron mikroskobu görüntüsü

(<https://www.idcmjournal.org/coronavirus-history>)

(<https://news.sanfordhealth.org/coronavirus-disease-2019-covid-19/sanford-sab-185-treatment>)

DSÖ tarafından tanımlanan bu yeni virüse, SARS-CoV-2 ismi verilirken virüsün neden olduğu hastalığa ise COVID-19 adı verilmiştir (Türkiye Bilimler Akademisi, 2020). Şekil 2.3’te virüsün bulaşma yolları gösterilmiştir. Virüs temel olarak hastaların öksürük, hapşırık gibi yollarla saçtığı damlacıklar ile bulaşmaktadır

(T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2020). Virüs, aerosollerde en az üç saat asılı kalabilmektedir (Van Doremalen & Munster, 2020). Hastalar, asemptomatik olsa da virüsü bulaştırabilmektedirler. Ortalama inkübasyon süresinin 5-6 günden bazı vakalarda 14 güne kadar uzayabileceği gözlenmiştir (Backer & Wallinga, 2020). COVID-19 enfeksiyonu olan bir kişiden etkenin bulaşma riski maruziyet türüne ve süresine, önlemlerin kullanımına ve bireysel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (McIntosh & Bloom, 2023).



Şekil 2.3. Virüslerin bulaşma yolu (Bahadır 2021)

Pandemide hastanelerde görevli tüm personel için kişisel koruyucu ekipmanların (KKE) önemi oldukça artmıştır. Bununla birlikte, KKE'lar arasında maskeler, bu dönemin sembolü olmuştur. Hastanelerdeki tüm süreçlerde, hastaların ve hastane personelinin izolasyonunu sağlamak amacıyla KKE kullanımı otoriteler tarafından önerilmektedir (Kalkancı & Dizbay, 2020; Türken & Köse, 2020).

DSÖ, COVID-19 pandemisinde bulaşı önlemek ve koruyuculuğu en üst düzeyde sağlamak amacıyla maske kullanımının hayati önem taşıdığını belirtmiştir (WHO, 2020). Bu süreçte maske kullanımının hızla artması nedeniyle maskeye ulaşmak zorlaşmıştır. Pandemi sürecinin seyri öngörülemediğinden kullanılan maskelerin sterilizasyon ve dekontaminasyon gibi işlemler sonrasında tekrar kullanımlarına ilişkin tartışmalar ortaya çıkmıştır. Ancak konuyla ilgili yeterli kanıt ulaşılamamıştır (Zhang & Qin, 2021).

2.3. Maske Özellikleri, Türleri ve Kullanım Alanları

DSÖ, Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (CDC) ve T.C. Sağlık Bakanlığı kılavuzlarında yayınlanan KKE'lar listesinde tıbbi (cerrahi) maske, N95/FFP2 respiratör maske, alt-üst forma takımı, tek kullanımlık veya yıkanabilir önlük, tulum, bone, eldiven, yüz koruyucu ve gözlük yer almaktadır.

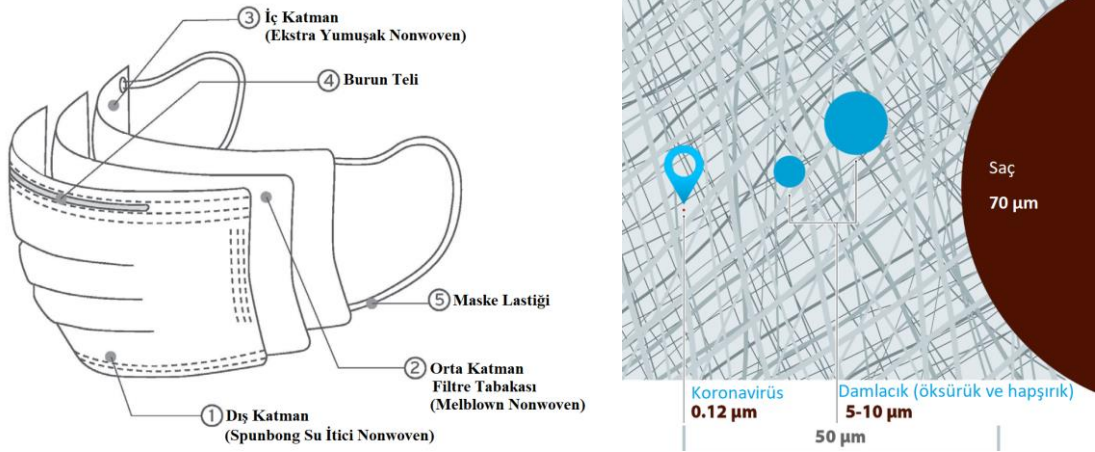
Yüz maskeleri tekstil (bez) maskeler ve tıbbi yüz maskeleri (medikal/cerrahi) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Tekstil grubu maskelerin kullanımı, daha çok ağız-burun temasını önlemek, büyük boyutlu toz ya da polenlerden korunmak amaçlıdır. Tıbbi yüz maskeleri, bireyin damlacık saçmasını önlemek, kontamine sıvı ya da aerosollerin sıçramasına karşı korumak ve enfeksiyonların yayılım riskini azaltmak için kullanılmaktadır. Yüz maskeleri takanı değil, çevreyi ya da karşı taraftaki kişiyi koruyan ekipmanlardır (Kırman, 2020; T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Türk Standartları Enstitüsü, 2020). Sadece çevreyi değil, aynı zamanda maskeyi takan bireyi de koruyan maskeler 'respiratör' olarak sınıflandırılmış maskelerdir. Bunlar, Partikül filtrelemeli yüz maskesi (Filtering Face Piece, FFP) ve N95 maskelerdir. Amerikan İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü Standartlarına göre N95, N99 ve N100 olarak sınıflara ayrılırken, Avrupa Normlarında EN 149 A1'e göre FFP1, FFP2 ve FFP3 olarak sınıflanmaktadır. FFP2 ve FFP3 ventilsiz maskeler hem giyeni hem çevreyi korurken, ventilli maskeler giyeni korur ancak çevreyi korumaz. Bu nedenle ventilli maskelerin hastalar tarafından kullanılması engellenmelidir. Sağlık personeli ventilli FFP2/FFP3 maske kullandığı zaman, enfekte sağlık personelinin çevreye partikül salınımının önüne geçilmesi için üzerine tıbbi (cerrahi) maske takılması önerilmektedir (Offeddu & Tam, 2017). Bu maskelerden FFP2 (N95) partiküllerin %95'ini, FFP3 (N99) ise %99'unu yakalayabilmektedir. Bu partiküller, 0,5 µm'den küçüktür ve aerosol olarak isimlendirilirler. Hastaneler gibi yüksek-orta riskli bulaş ortamlarında sağlık personeli için N95 ve tıbbi maske gibi maskelerin kullanımı önerilmektedir (18). Maskelerin önerilen kullanım süreleri tıbbi maskeler için 4 saat ve FFP maskeler için 8 saat kesintisiz kullanım şeklindedir. Ancak maskenin hasar görmesi ya da bulaş meydana gelmesi gibi durumlarda değiştirilmesi gerekmektedir (Garcia & Sullivan, 2020). Farklı maske türleri, Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Farklı maske türleri

(<https://elpano-in.medium.com/a-guide-to-understanding-various-types-of-covid-19-masks-a88e323e1c49>)

Tıbbi maskeler, Şekil 2.5'te gösterildiği gibi çoğunlukla üç tabakadan oluşan kompozit yapılardır. En içte polipropilen (PP) spunbond nonwoven (dokusuz yüzey) bir yüzey, orta katta PP meltblown nonwoven yüzey, en dış katmanda ise yine PP spunbond nonwoven yüzey bulunmaktadır. Nonwoven yüzeylerin en büyük avantajı, geniş yüzey alanına sahip olduklarından filtre (özellikle HEPA (High-efficiency particulate air filter) filtrasyon için) amaçlı kullanıma uygun olmasıdır. Tıbbi maskelerin tüm katmanları su itici özellikte olup 15-30 g/m² olması gerekmektedir. Orta katman filtrasyondan sorumlu olduğu için daha fazla lif içermelidir. En az iki olmak üzere genelde üç katlı olan bu maskeler ultrasonik dikiş ile birleştirilmektedir. Kulak tutunma lastikleri ya da bağcıkları ile yüze sabitlenirler (Kırman, 2020). Maske yüzeylerinde doğal veya sentetik lifler ve bunların karışımları kullanılmaktadır. Tıbbi alanda doğal liflerden pamuk, sentetik liflerden polyester ve bu iki lifin karışımları hammadde olarak tercih edilir. Üretim yöntemi olarak spunbond, meltblown ve spunbond/meltblown/spunbond (SMS) kompozit yapılar yaygın olarak kullanılmaktadır (Gönül, 2013; Kellie, 2016).



Şekil 2.5. Tıbbi maske katmanları

Şekil 2.6’da gösterildiği gibi solunum maskeleri tıbbi maskeye göre daha kalın olup dış yüzey, destek tabaka (ısı yalıtımı sağlayan nonwoven/pamuk tabaka), filtre tabakaları (Elektrostatik yüksek filtreleme tabakası, meltblown nonwoven) ve iç katman (cilt uyumlu, ekstra yumuşak, nefes alabilen nonwoven) olarak tasarlanmıştır (Zhou & Ijaz 2018).



Şekil 2.6. Solunum maske örneği

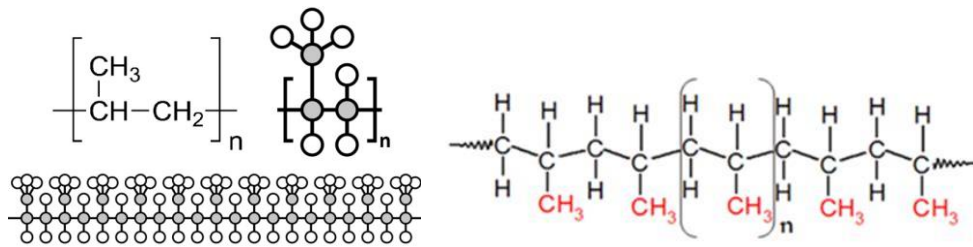
2.4. Maske Üretiminde Kullanılan Lifler

Maske üretiminde en sık tercih edilen polimer, PP’dir. Spunbond veya Meltblown yöntemleriyle nonwoven yüzey elde etmek amacıyla polietilen (PE), poliamid (PA), poliüretan (PUR), polistiren, polibütilentereftalat (PBT), polietilentereftalat (PET) gibi polimerler de kullanılabilir (Dutton, 2008). Şekil 2.7’de gösterildiği gibi PP, ticari olarak önem kazanmış stereo-regüler yapıdaki ilk polimerdir (Mather, 2005). PP, K. Ziegler’in poliprolen monomerinin polimerizasyon çalışmasının ardından ilk olarak 1954’te G. Natta tarafından üretilmiştir. Petrolden elde edilen ve toksik olmayan propilen $-\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3-$ monomerlerinin katılma reaksiyonu sonucu ile elde edilen yarı kristalin termoplastik yapıdadır. Polimerleşme,

100°C’de ve 20-30 atm basınç altında Ziegler-Natta katalizörleriyle gerçekleşir. Polimerizasyon, bir katılma reaksiyonu olup monomer haldeki moleküllerin tek tek ve hızlıca zincire katılması şeklinde gerçekleşir (Büyükakıncı, 2005; Hutten, 2007).

Oda sıcaklığında yüksek mukavemet ve ısı özelliklerine sahiptir. Rezilyansı yüksek olan lifler, 0,90-0,91 g/cm³ yoğunluk ile sentetik lifler arasındaki en düşük değere (en hafif) sahiptir. Bu özelliği lifin kütsel konforunu arttırmaktadır. Lifler düz, pürüzsüz ve mumsu bir görünüme sahiptir (Mather, 2005). Ayrıca kolay işlenebilirliği sayesinde istenilen kesit formunda üretilerek yüksek tuşe ve dökümlülük özellikleri kazandırılabilir (Shen, 2005). Kesikli monofilament, multifilament ve bikomponent gibi çeşitli formlara getirilebilir. İyi mekanik özelliklere sahip olan lif mukavemeti, 4-6 g/denye arasındadır. Özel koşullar için 13-14 g/denye mukavemet değerine sahip lifler de elde edilmektedir. Mukavemet değerinin yanı sıra iyi esneme yeteneği vardır. Yüksek mukavemeti ve iyi esneme özelliği ile lifler monofilament halde %15-25, multifilament halde %20-35 oranında kopma uzaması gösterebilir. Lif yüzeyinin pürüzsüz olması, esneme ve mukavemet özelliklerinin yüksek olması sonucu sürtünme dayanımı da yüksektir. Bu sayede liflerin pilling (boncuklanma) eğilimleri oldukça düşüktür. Özgül ısısı 0,46 cal/g°C’dir (1 gr lifin ısısını 10°C artırabilmek için harcanan enerji miktarı). Nem alma özelliği neredeyse yoktur. Suyu karşı oldukça dayanıklıdır ve hidrofob bir liftir. Lifler suyu içine almadığı için nem tutma oranı %0,1’in altındadır. Bu özelliği sayesinde ter ve su molekülleri, kumaşı buhar formunda aşabilir. Suyu sevmemesi nedeniyle su geçirmez kumaşlarda, hava geçirgenliği sayesinde ise yüksek performans istenen spor kıyafetleri üretiminde kullanımı söz konusudur. Su alımı düşük olan liflerinin yaş ve kuru mekanik özellikleri aynıdır. Liflerin emicilik özelliği, kılcal ıslanma sayesinde telafi edilebilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı halılarda, ev tekstillerinde, giysilerde, araba tekstillerinde, filtrelerde, halat ve ağlarda, jeotekstillerde, hijyenik ürünlerde ve tıbbi tekstillerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Erdem, 2009; Mather, 2005). Lifler, yüksek yalıtım ve düşük ısı iletkenliğine sahiptir, ısıyı çok az geçirirler, çok hızlı kururlar. PP lifleri, poliester (PES) ve PA gibi akrabalarına karşı oldukça yüksek kimyasal dayanım değerlerine sahiptir. Pamuk ve yün gibi doğal liflere karşı üstünlüğü ise mükemmeldir. Asitlerin, alkalilerin ve nemin life etkisi neredeyse yoktur. Kuvvetli asit çözeltisi içerisinde 1 hafta gibi bir sürede hiç etkilenmez. PES ise bu sürede çözünerek bozulur.

Klor, PP life etki etmez ve 1 hafta süre boyunca temas etse dahi lif sararmaz. 200°C'deki derişik klorür asidi içerisinde değişikliğe uğramadan uzun süre kalabilir, ancak PA ise çözünür. Tüm bunlara karşın yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit, liflerin bozunmasına ve gün ışığı ve oksijeninin lif üzerinde zararlı etkilerinin daha güçlü olmasına neden olur. Mineral ve bitkisel yağlar ile etkileşime girdiğinde şişme meydana gelir. Suyu bünyesine alması da bazı yağlardan kısmen etkilenir. Organik solvent çözücülere karşı dayanıklı olup PP'yi çözebilen bilinen bir solvent yoktur. Bu özelliklerinin yanı sıra, sıcak veya kaynar tetrakloreten, ksilen veya toluen ile kolayca çözünür. Lif formundan iplik haline getirebildiği gibi erime sıcaklığının düşük olması ile lifler arası ısı bağlanmanın kolay olması nedeniyle günümüzde asıl nonwoven yüzey üretiminde kullanılmaktadır (Zang, 2007). Jeotekstil üretiminde yaygın olarak kullanılmasının birincil sebebi, düşük maliyetidir. İkinci bir avantajı ise yarı kristalin yapısından dolayı asitlere, alkalilere, çamaşır suyuna ve çoğu çözücülere karşı yüksek dirence sahip olmasıdır. PP lifleri 160-170°C'de erir, 140-150°C'de yumuşar, 120°C ve altındaki sıcaklıklarda ise özelliklerini korur (Büyükkakıncı, 2005). Ayrıca lif nemi emmez, bakteri, küf, böcek ve mantarlara karşı dirençlidir (Sheng, 2005). Bunların yanı sıra ultraviyole (UV) dayanımı düşüktür ve oksitlenmeye açık bir yapısı vardır. İşlem sırasında ultraviyole ışığa karşı direncini geliştirmek amacıyla klor içerikli katkı maddeleri ve stabilizatörler ilave edilmelidir. PP içerikli nonwoven yüzeylerin öne çıktığı bir diğer kullanım alanı ise filtrasyon endüstrisidir. Kimyasallara, neme ve çürümeye dayanıklılığı nedeniyle bu alanda oldukça fazla tercih edilmektedir. Dünya çapında en büyük üreticisi Çin olmakla birlikte ülkemizde ise en çok Gaziantep'te üretilmektedir (Atabek, 2009).



Şekil 2.7. Polipropilen kimyasal yapısı

2.5. Maske Üretiminde Kullanılan Yöntemler

Nonwoven yüzeyler, filtrasyon amacıyla en çok tercih edilen tekstil yüzeyleri arasındadır. Nonwoven yüzeylerin en büyük avantajı, geniş yüzey alanına sahip olduklarından filtre (özellikle HEPA filtrasyon için) amaçlı kullanıma uygun olmasıdır. Bu yüzeyler bakteri, toz, gaz, hava, sıvı gibi birçok alanın filtrasyon gerekliliklerini sağlayacak şekilde üretilebilmektedir. Nonwoven filtreler temiz oda filtreleri, sıvı ve gaz filtrasyonu, otomotiv filtreleri, ameliyat maskeleri gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Duran, 2012).

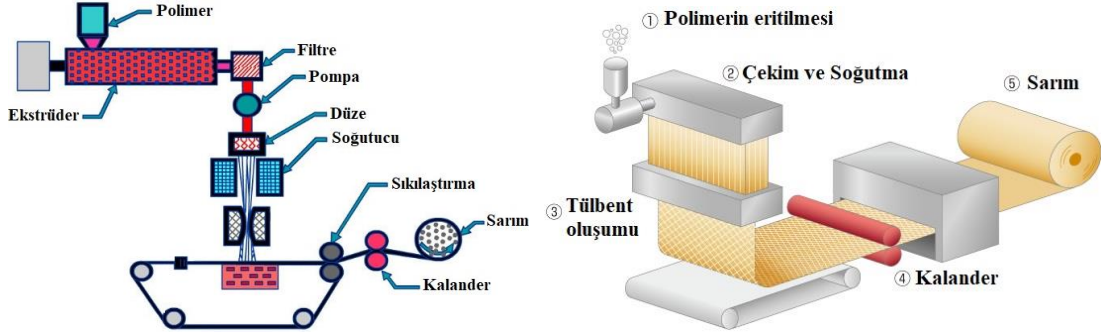
Maske yüzey üretimindeki gelişmelere paralel olarak hammadde kullanımına bakıldığında hemen hemen tüm lif grupları ile çalışma yapılabilmesine karşın, genellikle PP ve PES lifleri üzerine odaklanılmıştır. Dolayısıyla bu liflerden üretimin yapılabildiği filamentlerden tülbent yüzey üretim yöntemleri önem kazanmıştır. Spunbond ve Meltblown teknolojileri filamentlerden tülbent yüzey üretiminde kullanılan iki yöntemdir. Her iki yöntemde de polimer ekstruderde eritilmekte ve düzelerden çekilmektedir. Aralarındaki farklılık, üretim değişkenlerinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 2.8’de gösterildiği gibi spunbond, 1960’lı yılların ortalarından itibaren kullanılmaya başlanan nonwoven yüzey üretim yöntemidir. Birçok son ürün pazarında kendini kanıtlamış bu işlem, başlangıçta oldukça karmaşık ve büyük parasal yatırımlara gereksinme gösteren bir sistem olarak değerlendirilmiştir. 1980’li yıllardan itibaren sistemin geliştirilmesiyle yaygınlaşması hız kazanmıştır. Spunbond üretim sürecinde, eritilen polimer hazneden çekilir ve hızlıca soğutulur. Venturi tüp içerisindeki akış, filamentlerin dağıtıcı çemberden geçerek havalanıp aynı zamanda karmaşılaşmasına neden olur. Bu lifler hareketli bant üzerinde biriktirilir. Hareketli bant altında bulunan emiş sayesinde lifler yüzeyde toplanır. Kalender (sıcak metal silindir) yardımıyla ısıl fiksaj ile yüzey düzgünlüğü sağlanır. Fikse olmuş tülbent, top halinde sarılır (Hutten, 2007).

Spunbond yöntemine göre üretilen ürünlerin özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Elde edilen lif çapı 1-50 μm arasındadır. Tercih edilen çap aralığı, 15-35 μm ’dir.
- Elde edilen tülbent yüzey kalınlığı, 0,1-1,5 mm arasında olabilmektedir.
- Tülbent gramajı, 5-2.000 g/m² aralığında değişmektedir.

➤ Elde edilen tülbent yüzey, katmanlı ve pürüzlü bir yüzeye sahiptir (Kut & Mehmet, 2002).

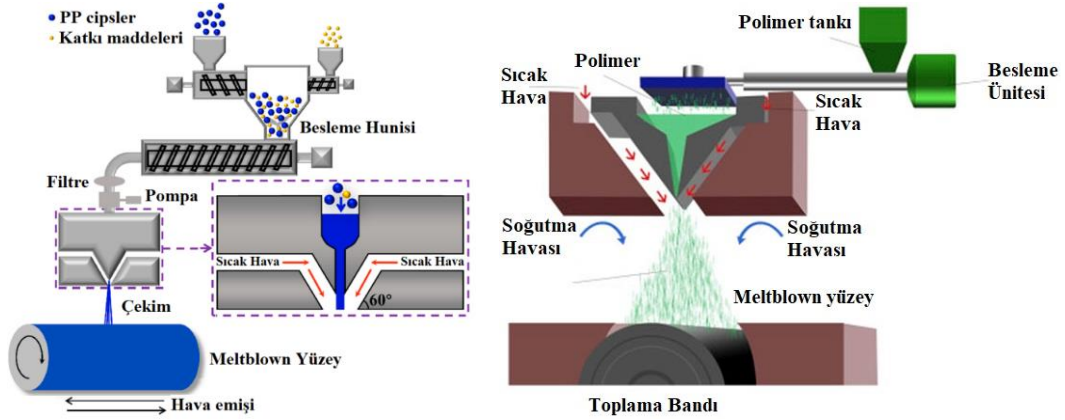


Şekil 2.8. Spunbond üretim tekniği

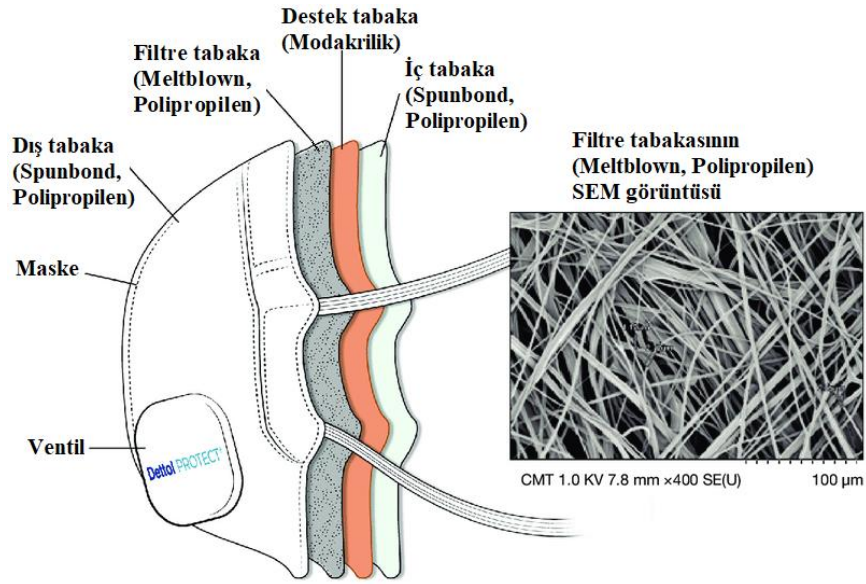
Meltblown işlemi, spunbond işleminden daha eski bir yöntem olmasına karşın 1950'li yılların başlarında geliştirilmiş ve 1970'li yılların başlarında ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 2.9'da gösterildiği gibi eritilen termoplastik polimer, bir ekstruderden geçirilerek yüksek hıza (basınç) sahip sıcak hava yardımı ile filamentler halinde inceltir ve gelişigüzel bir konumda taşıma bandı üzerine yatırılarak kendiliğinden fiksaj olayı gerçekleştirilir. İşlem spunbond üretim tekniği ile benzerlik gösterir. Donanımlar küçük modifikasyonlarla her iki işlemde de kullanılabilir. Elde edilen meltblown tülbentlerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Çapı son derece düşük mikro lifler üretilabilmektedir. 0,1-15 μm aralığında değişen çaplarda filament eldesi mümkündür.
- Tülbent gramajı 4-1.000 g/m^2 aralığında değişmektedir.
- Elde edilen tülbent yüzey yumuşak tutumludur.
- Filtreleme ve absorblama yeteneği spunbond yüzeylerden daha iyidir (27, 28).

Şekil 2.10'da gösterildiği gibi meltblown yüzeyler bariyer olarak filtreleme ve emme özellikleri nedeniyle hem sıvı hem de gaz filtrasyonu amaçlı özellikle koruyucu yüz maskeleri, tek kullanımlık önlükler, ameliyat eldivenleri, steril sargılar, hijyenik pedler, sigara filtreleri, HEPA filtrelerinde, batarya ayraçları ve kapasitörlerde izolasyon malzemesi olarak kullanılmaktadır (Aslan & Kaplan, 2010; Ajmeri & Ajmeri, 2016; Geus, 2016; Lee & Han, 2010; Tipper & Guillemois, 2016).



Şekil 2.9. Meltblown üretim tekniği
(<https://www.wedomachine.com/tr/about-the-melt-blown-fabric-machine-process>)



Şekil 2.10. N95 maske katmanları (Zhou & Ijaz 2018)

Spunbond ve meltblown ile birçok polimer kullanılmasına karşın, PP ticari olarak en yaygın kullanılan polimer olmuştur. PP yanı sıra PET, PA, PUR, termoplastik elastomerler, PE, etilen kopolimerleri gibi polimerler de kullanılmaktadır. Günümüzde spunbond yüzeyler otomobillerde yer halılarında, bagaj, iç kapı paneli ve koltuk kaplamalarında kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe erozyon kontrolü, demiryolu yataklarının stabilizasyonu, çatılarda kullanılmaktadır. Derinin kuru kalmasına ve rahatlık hissi uyandırmasına yardım eden bir yapı olmasından dolayı çocuk bezleri ve yetişkin pedlerinde kaplama materyali olarak kullanımı son yıllarda önemli oranda artmıştır. Bu, temelde, derinin kuru kalmasına ve rahatlık hissi uyandırmasına yardım eden bir yapı olmasından kaynaklanmaktadır.

Bunun yanında, diğer üretim tekniklerine göre maliyet açısından da daha avantajlıdır. Tıbbi kullanım için nefes alabilirlik, sıvı penetrasyonuna dayanım, döküntü içermeyen yapı, sterilize edilebilirlik ve bakterilere dayanım gibi özelliklerinden dolayı da tercih edilmektedir. Bu yönüne göre üretilen yüzeyler tıbbi steril paketlerde de kullanılmaktadır.

2.6. Maske Performans Testleri ve Standartları

Bir maskenin koruyucu olabilmesi için ulusal ve uluslararası standartlarda belirtilen özellikleri karşılaması gereklidir. Maske ambalajlarının üzerindeki bilgiler açık ve anlaşılır olmalıdır. Bilgiler kullanıcıların bulunduğu ülkenin resmi dilinde olmalıdır. Ambalaj üzerinde firma adı, maske tipi, ilgili standardın numarası, tabi olduğu sınıflama, tek kullanım veya tekrar kullanılabilir olup olmadığı, depolama şartları gibi bilgiler bulunmalıdır (Türk Standartları Enstitüsü, 2010).

Üretilen maskelerin ülkemizde kullanıma sunulabilmesi için ulusal ya da uluslararası standartları karşılamalı ve bu standartlara uygun olduğu belgelenmelidir. Bu standartlar, CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi), ASTM (Amerikan Test ve Materyal Topluluğu) ve ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) gibi kuruluşlar tarafından belirlenmektedir. Ülkemizde bu standartları belirleyen yetkili kuruluş Türk Standartları Enstitüsü (TSE) olup Avrupa Birliği (EN)'ne kayıtlı ve EN tarafından onaylanmış yetkili bir kuruluştur (www.tse.org). Avrupa Birliği ülkelerine pazarlanan tüm maskeler, CE (Conformité Européen) işareti taşımalı ve EN standartlarını karşılamalıdır. Tıbbi maskeler için EN 14683:2019+AC, solunum maskeleri için ise EN 149+A1 2010 standartlarını karşılamış olmaları gerekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise ASTM tarafından tıbbi maskeler için önerilen F2100, respiratör maskeler için "The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)" 42 CFR 84 test standartları sağlanmalıdır. Çin'de tıbbi maskeler için YY 0469, respiratör maskeler için GB2626-2006 standartları sağlanmalıdır (Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, 2019; National Institute for Occupational Safety and Health, 2020; National Standard of The People's Republic of China, 2020). Bu standartlar, nonwoven yüzeylerin temel yapısal parametrelerinin ölçüm yöntemleri (kumaş kalınlığı, birim alan başına kütle, kumaş yoğunluğu, kumaş homojenliği, gözenek oranı, gözenek boyutu ve gözenek boyutu dağılımı) gibi konuları içerir.

Bu yüzeylerin yapısal özellikleri ISO 9073 ve ASTM D1117-01 standartlarında tanımlanmıştır. Nonwoven yüzeylerin performans testlerinde ise nefes alabilirlik, sıvı iticilik ve bariyer özellikleri, tehlikeli parçacıklara karşı koruma (sıvı/katı aerosol, kuru veya ıslak temas), güç tutuşurluk ve dayanıklılık gibi özellikler değerlendirilmektedir (Sağlık Hizmeti, 2020).

Tıbbi maske, kullanıcının ağzı ve burnu ile yakın çevredeki potansiyel kontaminantlar arasında fiziksel bir bariyer oluşturan ve yüze gevşek oturan tek kullanımlık bir kişisel korunma malzemesi olarak tanımlanır. Öksürme, hapşıрма veya konuşma yoluyla üretilen damlacıklar, damlacık yoluyla bulaşı ifade etmektedir. Uygun koruyucu malzeme kullanarak damlacık maruziyetini ortadan kaldırmak veya azaltmak ve sağlık çalışanları arasında mikroorganizmaların transferini önlemek mümkündür. Ancak tıbbi maskeler, tüm mikroorganizmalardan ve diğer kirleticilerden tam koruma sağlamaz (Kellie, 2016).

Avrupa’da kullanılacak bir tıbbi maskenin değerlendirilmesi, EN 14683 standardına göre yapılmalıdır. Bu standart, tıbbi kullanımlarda sağlık çalışanından hastaya veya hastadan sağlık çalışanına mikroorganizma bulaşmasını sınırlamaya yönelik yapım, tasarım, performans gereksinimleri ve test yöntemlerini tanımlar (Tipper & Guillemois, 2016).

Test edilen parametreler, bakteri filtrasyon etkinliği (BFE), diferansiyel basınç farkı (DBF), sıçrama direnci ve mikroorganizma yükü şeklindedir. Tıbbi maskeler Tip I, Tip II ve Tip IIR olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. BFE, en az %95-98 aralığında olan maskeler Tip I sınıfına girer ve düşük seviye bariyer kabul edilip, hastalar için tavsiye edilir. BFE, %98 ve üzeri olan maskeler Tip II ve Tip IIR olarak kabul edilir ve sağlık çalışanları için tavsiye edilir. Tip II ve Tip IIR maskeler arasındaki ayırım, penetrasyona karşı dirençlerine göre yapılır. Orta seviye bariyer kabul edilen Tip II maskeler, 120/mmHg, yüksek seviye bariyer kabul edilen Tip IIR maskeler ise 160/mmHg penetrasyona karşı direnç değerlerine sahiptir (Kırman, 2020).

Nonwoven yüzeylerin yapısal özellikleri (kumaş kalınlığı, kumaş yoğunluğu, birim alana düşen kütle, kumaş gözenek alanı gibi) ASTM D1117-01 ve ISO 9073 standartları tarafından belirtilmiştir (Mao, 2017).

Şekil 2.11’de gösterildiği gibi iyi bir maskeden beklenen performans, mikroorganizmaların alınan ve verilen havada filtre edilebilmesi, alerjik olmaması,

rahat nefes alınıp verilebilmesi, ergonomik olması ve ucuz olmasıdır. Pandemi döneminde ise maskelerin özellikle damlacık ve aerosol yakalayabilme özelliği öne çıkmıştır. Maske performans testleri özellikle bu konularda yoğunlaşmıştır (Beesoon & Perwuelz, 2020).



Şekil 2.11. Yüz maskelerinde uygulanan performans testleri (Forouzandeh, 2018)

2.6.1. Tıbbi Maskelere Uygulanan Testler ve Standartları

Tıbbi maskelere uygulanan testler ve standartlar, Tablo 2.1’de verilmiştir. BFE, tıbbi maskelerin bariyer olarak bakteri geçişine karşı etkinliğinin bir göstergesidir. Şekil 2.12’de BFE test donanımı gösterilmiştir. Test sonucu, maske yüzeyinden geçen koloni oluşturan birim (kob) sayısının, bakteriyel uyarımlı aerosolde bulunan kob sayısına olan yüzdesi olarak hesaplanır. Aerosol partikül boyutu, $0,3\pm 0,3$ μm olmalıdır. Tıbbi maskeler için BFE en az %95 olmalı, yüksek koruma maskelerinde ise en az %98 olmalıdır (Türk Standartları Enstitüsü, 2019). BFE testi için yaklaşık 10^7 kob *Staphylococcus aureus* bakterisi kullanılır (Shimasaki & Shinohara, 2018).

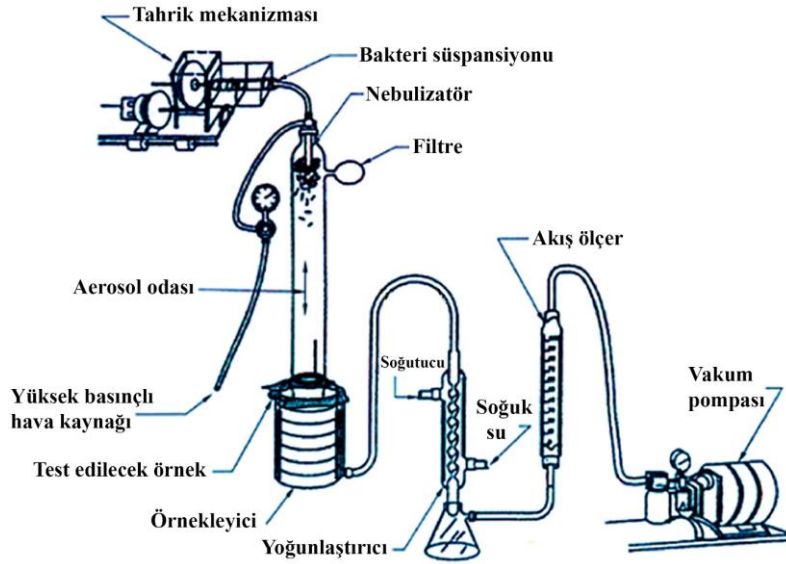
DBF performans testi, maske solunabilirliğinin göstergesidir. Uygun hava akışı, nem ve sıcaklık şartlarında maskenin iki tarafındaki basınç farkının belirlenmesidir.

Sıçrama direnci, belirli bir basınç ile fişkırtılan yapay kanın geçişine karşı tıbbi yüz maskesinin dayanabilme özelliğidir. Bu test sadece Avrupa standartlarında Tip IIR maskelerde yapılır. Tıbbi maske tip isminde bulunan ‘R’ sıçrama direncini belirtmektedir. ASTM standartlarına göre düzey Sınıf 1 maskelerde 80 mmHg, düzey 2 maskelerde 120 mmHg, düzey 3 maskelerde de 160 mmHg olması gerekmektedir.

Mikrobiyal temizlik düzeyi, maske üzerinde canlı mikroorganizma bulunup bulunmadığını gösteren test standardıdır. Maske üzerindeki biyoyük gramda 30 kob’dan küçük veya eşit olmalıdır (Türk Standartları Enstitüsü, 2019).

Tablo 2.1. Medikal yüz maskeleri için kullanılan tüm standartlar ve değerleri

Standart/Test	Amerika Birleşik Devletleri			Avrupa Birliği			Çin	
	ASTM 2100			EN 14683:2019+AC			YY 0469	
	Düzyey	Düzyey	Düzyey	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf I	Sınıf II
	I	II	III	I	II	IIR		
BFE (%)	≥ 95	≥ 98	≥ 98	≥ 95	≥ 98	≥ 98	≥ 95	≥ 99
DBF (PA/cm ²)	< 5	< 6		< 40	< 40	< 60	< 50	< 50
Sıçrama direnci (mmHg)	80	120	160	Gerekli değil		≥ 120	Gerekli değil	120
Mikrobiyal temizlik		Gerekli değil		≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 100	≤ 100
Düzyeyi (kob/g)								



Şekil 2.12. BFE test donanımı (Forouzandeh, 2018)

2.6.2. Solunum Maskelerine Uygulanan Testler ve Standartlar

Solunum maskelerine uygulanan testler ve standartlar, Tablo 2.2’de verilmiştir. Solunum maskeleri kullanıcıyı kirletici ve hastalık yapıcı damlacıklara karşı korur. Solunum maskeleri, Amerika’da NIOSH standardına göre N95, N99 ve N100 olarak adlandırılır. Avrupa Birliği Standartlarına göre FFP1, FFP2 ve FFP3 olarak, Çin’de ise KN90, KN95 ve KN100 olarak adlandırılmaktadırlar. Respiratör maskeler, teste tabi tutulduklarında çok küçük (yaklaşık 0,3 mikron boyutta) partiküllerin en az %95’ini engelleyebilmelidir (FDA, 2022).

Respiratör maskeler sadece toz, duman değil, bunların yanı sıra *Mycobacterium tuberculosis* bakterisi ya da influenza virüsleri gibi mikroorganizmaları da filtrelemektedir (Offeddu & Tam, 2017).

Tablo 2.2. Respiratör yüz maskeleri için kullanılan tüm standartlar ve değerleri

Standart/Test	Amerika NIOSH-42C, FR 84			Avrupa Birliği EN 149-A1:2010			Çin GB2626-2006		
	N95	N99	N100	FFP1	FFP2	FFP3	KN90	KN95	KN100
BFE (%)	≥ 95	≥ 99	≥ 99,97	≥ 80	≥ 94	≥ 99	≥ 90	≥ 95	≥ 99,7
Toplam içe sızdırma (TİS) (%)	Her kullanıcı için Fit gerekli			< 22	< 8	< 2	< 10	< 8	< 2
Soluk alma direnci (SAD) (Pa)	≤ 343			< 210			< 240		
Soluk verme direnci (SVD) (Pa)	≤ 245			< 300			≤ 250		
Karbondiyoksit içeriği (%)	Uygulanabilir değil			≤ 1			≤ 1		

Respiratör yüz maskelerinin BFE değerlendirilmesinde kullanılan aerosollerin çapı yaklaşık 0,1-0,6 µm olmalıdır. Respiratör maskelerin BFE oranı en az %80 ve yüksek koruyucu maskelerin BFE oranı ise en az %98 olmalıdır. Yüksek koruma maskeleri ise en az %98 BFE'ye sahip olmalıdır.

Partikül filtrasyon etkinliği ile respiratör yüz maskelerinin µm boyutundaki partikül ve virüsleri ne oranda filtrelediği ölçülmektedir. Testte EN standardı için 0,1 ile 0,5 µm arasında NaCl aerosolleri, ASTM F2100-11 standardı için ise 0,1 µm *S. aureus* bakterisi aerosolde kullanılır. Filtre malzemesinden uzaklaştırılan kirletici miktarının yüzdesel değeri olarak tanımlanır.

Basınç farkı testi, santimetre kare başına ölçülen milimetre hava cinsinden nefes alabilirliğin bir ölçümüdür. Maskenin iki tarafındaki basınç farkı belirlenmesi ile hesaplanır, hava geçirgenliği yani maske ile hangi oranda nefes alınabileceğini gösterir. Basınç farkı değeri arttıkça, maske ile nefes almak daha da zorlaşır.

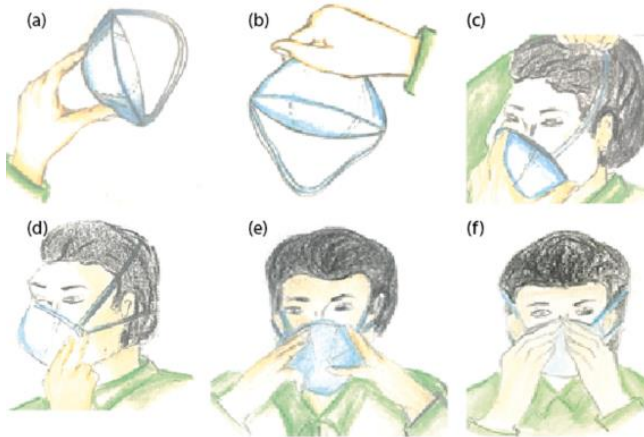
Solunum direnci, soluk alıp verme direncini ölçmektedir. Dakikada 30, 95 ve 160 L sürekli hızla akan hava akışına karşı direnci ölçmektedir.

Toplam ie sızdırma (TİS), maskenin yüze uyumunu değerlendirmek amacıyla uygulanır. Tipik yüz özelliklerine sahip kişiler arasından on kişi seçilerek NaCl aerosol ile test gerçekleştirilir.

Solunan havanın karbondioksit içeriği, bu test için solunum maskesi sıkı bir biçimde ve hava sızdırmazlığı sağlanarak “Sheffield” deney kafasına takılır. Hava solunum makinesinden temin edilmeli ve teneffüs edilip dışarı verilen havanın karbondioksit içeriği hacimce %5 olmalıdır. Ortam CO₂ seviyesinin ölçülen değeri %0,1’den daha düşük ise sonuçlar kabul edilebilir olarak değerlendirilir.

Alevlenebilirlik, belirli bir mesafeden 3-5 saniye boyunca yanan aleve maruz bırakılarak maskenin yanmaya karşı dayanıklılığının test edildiği bir yöntemdir.

şekil 2.13’te gösterildiği gibi uyum testi, maskenin veya solunum cihazının yüze ne kadar iyi oturduğunu incelemek için negatif veya pozitif basınc yöntemleriyle hem nitel hem de nicel yöntemleri inceler (Türk Standardları Enstitüsü, 2010).



şekil 2.13. Uyum testi

2.7. Konu ile İlgili Literatür Taraması

Günümüzde cerrahi yüz maskeleri yaygın olarak nonwoven kumaşlardan spunbond veya meltblown tekniği ile kompozit yapılar olarak üretilmektedir.

Leonas ve arkadaşları altı tıbbi maskenin kumaş özelliklerini (ağırlık, kalınlık, gözenek boyutu ve sentetik kan geçişine karşı direnç) ölçmüş ve bu özellikler ile BFE arasındaki ilişkiyi incelemişler. Sonuç olarak tıbbi maskelerin gözenek boyutu ile BFE arasında ilişki bulmuşlardır (Leonas & Jones, 2003).

Yapılan bir çalışmada dış katmanı, filtre tabakası ve iç katmanı olan yüz maskeleri iki katmandan oluşan yüz maskelerinden daha iyi nefes alabilirlik düzeyi sağlamış ve maskenin etkililiğinin orta tabakada kullanılan filtre tabakasının küçük partiküllerin geçişini durdurması ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Shen, 2005).

SARS-CoV-2, MERS-CoV ve SARS-CoV salgınları sırasında Chu ve arkadaşlarının yaptıkları meta-analizde, solunum maske ve çok katmanlı cerrahi maskelerin, tek katmanlı maskelerden daha koruyucu olduğu bildirilmiştir (Chu & 2020). Maskelerin etkililiği ile ilgili yapılan çalışmalarda maskelerin ağırlık, gözenek boyutu, sentetik kan akışına karşı direnci, kalınlık ve bakteriyel filtrasyon verimliliği gibi kriterlere göre etkili olma oranlarının değiştiği gösterilmiştir (Leonas & Jones, 2003, Patel & Smaldone, 2016, Pu & Ning, 2018). Bir maskenin koruyucu olabilmesi için her katmanında aşağıda anlatılacak olan standartları karşılaması gereklidir. Maske katman sayısı üretim tekniklerine göre değişmektedir.

Pourchez ve arkadaşları tarafından BFE testlerini modernize etmek amacıyla, 100 mm'lik petri kaplarını 90 mm'lik tek kullanımlık petri kapları ile değiştirmenin etkisi ve koloni sayımı için otomatize koloni sayacı cihazının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda tek kullanımlık 90 mm'lik petri kaplarının kullanılabileceğini ve otomatik yüksek çözünürlüklü koloni sayacı kullanılarak koloni sayımı yapılabileceği gösterilmiştir (Pourchez & Verhoeven, 2021).

Whyte ve arkadaşları, BFE testlerinin sofistike olması nedeniyle partikül filtrasyon etkinliği (PFE) testinin BFE hakkında tahmin yürütmeye yararlı olabileceği düşüncesiyle tıbbi maskelerde BFE ve PFE uyumunu incelemişlerdir. Sonuç olarak BFE ve PFE arasında korelasyon görülmüş ancak PFE değerleri daha yüksek

saptanmıştır. Yeni çalışmalar ile bu karşılaştırmanın çalışılarak verilerin desteklenmesi gerektiğinden bahsetmişler (Whyte ve ark. 2022).

Ayodeji ve arkadaşları pandemi de maskeye erişimin yetersiz olduğu dönemde kullanılan el yapımı maskeleri ASTM F3502-21 standardına göre değerlendirmişlerdir. Çoğu numune standardın ön gördüğü değerlerden uzak bulunmuş ancak maske katmanları arttırıldıkça filtrasyon etkinliğinin daha da arttığı saptanmıştır (Ayodeji, O. J., Hilliard, T. A. & Ramkumar, S. 2022).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Deneyisel çalışmalarda kullanılan materyaller aşağıdaki gibi incelenmiştir:

- Maskeler
- Deneylerde kullanılan cihaz ve standartlar

3.1. Deneylerde Kullanılan Maskeler

Deneyler için Covid-19 pandemi süresince piyasada satılan maskelerden farklı zamanlarda ve farklı markalara ait 94 adet maske toplanmış, EN 14683 standardında belirtilen şekliyle BFE testleri çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek Tablo 3.1’de gösterildiği gibi beş kategoriye ayrılmıştır. Bu kategoriler; Çok İyi (%98 ve üzeri, standarttaki karşılığı Tip2 olarak tanımlanmıştır), İyi (%95-97,99 arası, standarttaki karşılığı Tip1 olarak tanımlanmıştır), Orta (%90-94,99 arası), Kötü (%70-89,99 arası) ve Çok Kötü (%69,99 ve altı) olarak belirlenmiştir.

Kategorilerin sınırları, EN 14683 standardına göre belirlenmiştir. Ancak elde edilen verilerde standartları karşılamayan maskelerin azımsanmayacak sayıda olduğu görüldüğünden Tip2 ve Tip1 dışında kalan maskeler de kendi içinde üç kategoriye ayrılmıştır. Oluşturulan kategorilere göre sınıflandırılan maskeler içerisinde her kategoriden rastgele on adet maske seçilmiş ve toplamda 50 adet maske çalışmaya konu edilmiştir. Seçilen maskeler BFE testleri farklı zamanda tekrarlanarak doğrulaması yapılmıştır. Sonuçlar, ileri tetkik uygulananlar sarı renkle işaretlenerek Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Medikal yüz maskelerinin sınıflandırılması

Kategori BFE (%)	Kategori BFE (%)	Kategori BFE (%)	Kategori BFE (%)	Kategori BFE (%)
1 Çok İyi 99,8	11 İyi 97,1	21 Orta 92,6	31 Kötü 77,8	41 Çok Kötü 65,6
2 Çok İyi 99,7	12 İyi 97,5	22 Orta 91,1	32 Kötü 77,1	42 Çok Kötü 69,5
3 Çok İyi 100,0	13 İyi 97,9	23 Orta 93,0	33 Kötü 84,4	43 Çok Kötü 69,0
4 Çok İyi 99,8	14 İyi 96,5	24 Orta 92,4	34 Kötü 87,8	44 Çok Kötü 69,4
5 Çok İyi 99,7	15 İyi 95,2	25 Orta 91,6	35 Kötü 70,6	45 Çok Kötü 64,7
6 Çok İyi 99,4	16 İyi 95,6	26 Orta 93,8	36 Kötü 77,5	46 Çok Kötü 67,3
7 Çok İyi 99,9	17 İyi 97,0	27 Orta 90,5	37 Kötü 89,0	47 Çok Kötü 60,4
8 Çok İyi 99,8	18 İyi 96,0	28 Orta 92,5	38 Kötü 88,4	48 Çok Kötü 69,3
9 Çok İyi 99,9	19 İyi 97,7	29 Orta 92,8	39 Kötü 89,1	49 Çok Kötü 64,5
10 Çok İyi 99,7	20 İyi 95,3	30 Orta 94,3	40 Kötü 71,9	50 Çok Kötü 69,3

3.2. Deneylerde Kullanılan Cihaz ve Standartlar

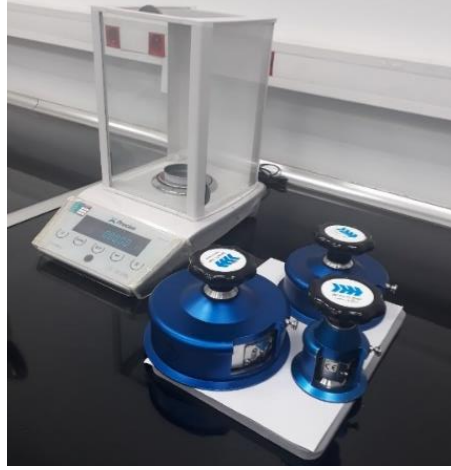
Ölçümlerin tümü, EN ISO 139 standardına göre 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nemde gerçekleştirilmiştir. Numuneler ölçümlerden önce en az 1 gün kondisyonlu laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Katmanları ayrı ayrı ve tüm katmanlar bir arada olacak şekilde maskelerin kalınlıkları, gramajları, hava geçirgenlikleri, ısı geçirgenlikleri, su buharı geçirgenlikleri, kopma mukavemetleri, patlama mukavemetleri, BFE'leri ve DBF'leri uygun standartlar kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar, elde edilen 5 ölçümün ortalamasıdır.

Maskelerin kalınlıkları, Bursa Uludağ Üniversitesi (BUÜ) Mühendislik Fakültesi (MF) Tekstil Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı (TMBL)'nda bulunan ve Şekil 3.1'de gösterilen James H. Heal kalınlık ölçüm aleti ile EN 9073-2 deney standardına göre milimetre (mm) olarak ölçülmüştür. Numunelere 5 grf kuvvet uygulanmıştır.



Şekil 3.1. James H. Heal kalınlık ölçüm aleti

Maskelerin gramajları, BUÜ-MF-TMBL'nda bulunan ve Şekil 3.2'de gösterilen Precisa marka hassas terazi ile EN 29073-1 deney standardına göre g/cm² olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.2. Precisa hassas terazi

Maskelerin hava geçirgenlikleri, BUÜ-MF-TMBL’nda bulunan ve Şekil 3.3’te gösterilen SDL Atlas M021A marka hava geçirgenliği test cihazı ile ISO 9237 deney standardına göre numunelerin üst ve alt yüzeyi arasındaki basınç farkı 200 Pa ve deney alanı 5 cm² olacak şekilde l/m².sn olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.3. SDL Atlas M021A hava geçirgenliği test cihazı

Maskelerin ısı dirençleri, BUÜ-MF-TMBL’nda bulunan ve Şekil 3.4’te gösterilen Alambeta ısı geçirgenlik test cihazı ile plakalar arasında 10°C’lik sıcaklık farkında ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Alambeta ısı iletkenlik test cihazı

Maskelerin su buharı geçirgenliği, BUÜ-MF-TMBL’nda bulunan ve Şekil 3.5’te gösterilen Permetest su buharı geçirgenlik test cihazı ile yüzde (%) olarak ölçülmüştür. Ölçümler sırasında numunelerin arka yüzeyinde 1 m/sn’lik hava akımı oluşturulmuştur.



Şekil 3.5. Permetest su buharı geçirgenlik test cihazı

Maskelerin kopma mukavemetleri, BUÜ-MF-TMBL’nda bulunan ve Şekil 3.6’da gösterilen Shimadzu AG-HX marka üniversal mukavemet test cihazı ile ISO 29073-3 deney standardına göre Newton (N) olarak ölçülmüştür. Çene mesafesi, 100 mm ve çene hızı 100 mm/dk olacak şekilde deneyler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Shimadzu AG-HX marka universal mukavemet test cihazı

Maskelerin BFE ve DBF (nefes alabilirlik)'larına yönelik testler, BUÜ, Tıp Fakültesi (TF), Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı (TMAD) Antimikrobiyal Etkinlik Laboratuvarı (AETL)'nda gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmelerde test organizması olarak *S. aureus* (ATCC 6538) bakteri ile çalışılmıştır. Mikroorganizma kültürlerinin saklanması -40°C'de çalışan Juan VX 100 ve -20°C'de çalışan Şenocak marka derin dondurucular, bu kültürlerin canlandırılmasında Columbia marka kanlı agar besiyeri, bakteri yoğunluğunun belirlenmesi için %0,9'luk izotonik (sodyum klorür), 5x15 cm'lik düz tabanlı cam tüpler ve BD Crystal Spec/Becton Dickinson marka spektrofotometre, seri sulandırmalar için 100 ve 1000 µL'lik Eppendorf marka mikropipetler, Nichiryo marka dispenser ve 5x15 cm'lik yuvarlak tabanlı cam tüpler, kültürlerin besiyerlerine ekimi için Columbia marka kanlı agar kullanılmıştır. Testler sırasında kullanılan metal aletlerin, kavanozların, beherlerin, tüplerin ve kumaş numunelerinin sterilizasyonunda Nüve OT 4060 marka otoklav ve kurutma adımı Nüve marka Pastör fırını kullanılmıştır.

Maske özelliklerinin ölçümünde kullanılan cihaz ve standartlar, Tablo 3.2'de özetlenmiştir.

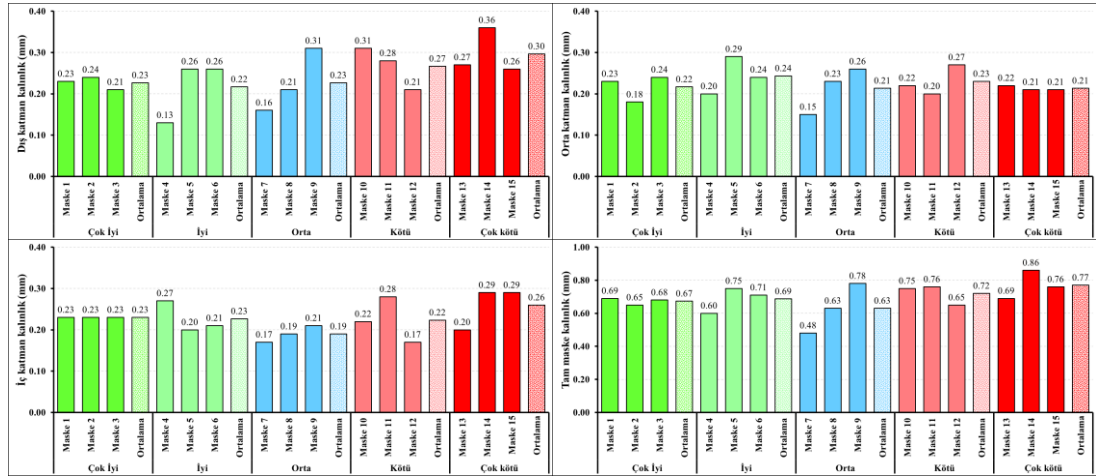
Tablo 3.2. Maske özellikleri ölçümünde kullanılan standartlar

Ölçüm	Standart	Düzenek / Cihaz	Ölçüm Yeri
Kalınlık	EN 9073-2	James H. Heal Kumaş Kalınlık Ölçüm Aleti	BUÜ MF TMBL
Gramaj	EN 29073-1	James H. Heal Kumaş Kesme Şablonu	
Hava geçirgenliği	ISO 9237	SDL Atlas M021A Hava Geçirgenliği Test Cihazı	
Isıl geçirgenlik	ISO 11092	Alambeta Isıl Geçirgenlik Test Cihazı	
Su buharı geçirgenliği	ISO 11092	Alambeta Isıl Geçirgenlik Test Cihazı	
Kopma mukavemeti	ISO 9073-3	Shimadzu AG-HX Mukavemet Test Cihazı	
BFE	EN 14683	---	BUÜ TF
DBF	EN 14683	---	TM AD AETL

4. BULGULAR

4.1. Maskelerin Kalınlık Değerlendirmesi

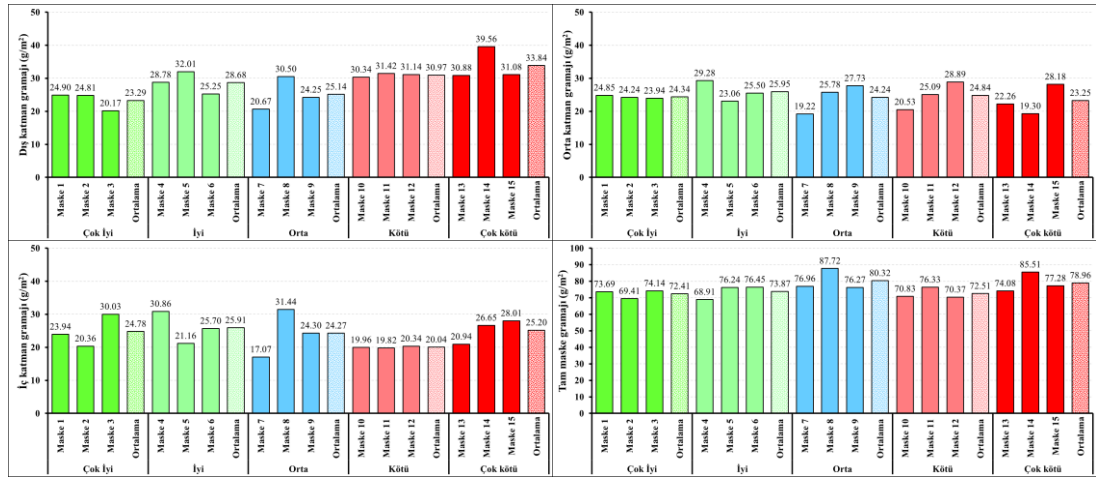
Şekil 4.1’de verilen maskelerin kalınlıkları incelendiğinde, dış ve iç katmanların spunbond esaslı, orta katmanların ise meltblown veya spunbond esaslı dokusuz yüzeyler olduğu tespit edilmiştir. Çok İyi ve İyi kodlu maskelerin dış katmanlarının diğer grup maskelere göre daha ince olduğu görülmektedir. Maskelerin orta katman (meltblown veya spunbond esaslı dokusuz yüzey) kalınlıkları birbirlerine yakın bulunmuştur. Orta katmanı meltblown esaslı olan maskelerde kalınlığı arttıkça, doğal olarak BFE üzerinde olumlu etkisi de artacaktır. Çok Kötü kodlu maskelerin dış katmanlarının en kalın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Kötü ve Çok Kötü kodlu maskelerin tam maske kalınlıklarının (tüm katmanların toplamı), diğer grup maskelere göre daha yüksek değerlere sahip olduğu ve orta katmanda spunbond esaslı dokusuz yüzey kullanıldığı belirlenmiştir. Bu tür özelliklere sahip maskelerin üretilmesi, daha kalın maskelerin daha iyi olacağı-koruyacağı şeklindeki tüketici algısı odaklı olabilir.



Şekil 4.1. Maskelerin kalınlık değerleri

4.2. Maskelerin Gramaj Değerlendirmesi

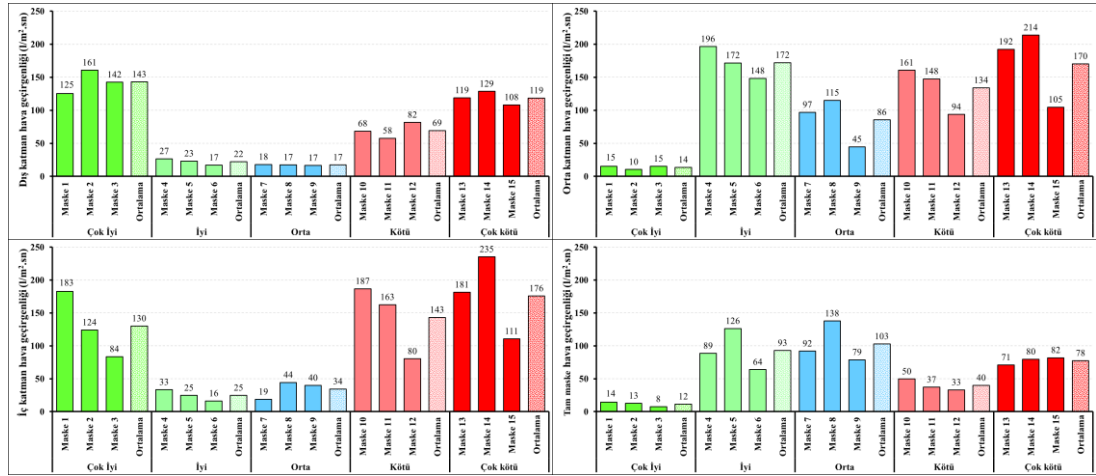
Şekil 4.2’de verilen maskelerin gramajları incelendiğinde, kalınlık sonuçlarına benzer eğilimler görülmektedir. Kötü ve Çok Kötü kodlu maskelerin dış katman gramajlarının diğer grup maskelere göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Maskelerin orta ve iç katman gramajları ise, birbirlerine yakın bulunmuştur. Çok iyi ve İyi kodlu maskelerin tam maske gramajlarının diğer grup maskelere göre daha düşük değerlere ve Çok Kötü kodlu maskelerin gramajlarının ise en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Gramaj değerleri arasındaki farkın, belirgin bir şekilde dış maske katmanlarından kaynaklandığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Maskelerin gramaj değerleri

4.3. Maskelerin Hava Geçirgenliği Değerlendirmesi

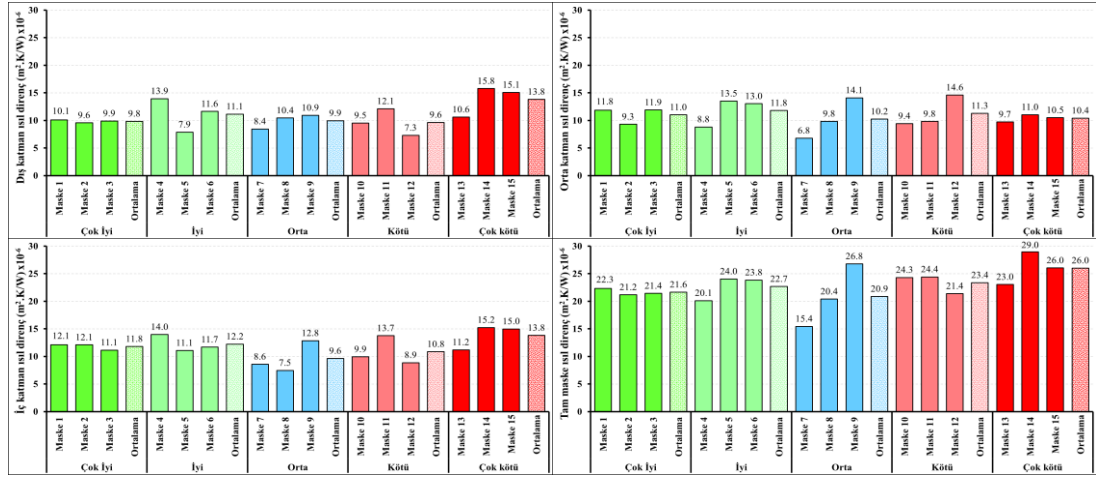
Şekil 4.3'te verilen maskelerin hava geçirgenlikleri incelendiğinde, maske katmanları arasında farklılıklar görülmektedir. İyi ve Orta kodlu maskelerin hava geçirgenlikleri en düşük değerlere sahip olmasına karşın diğer grup maskelerin değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bununla birlikte, diğer grup maskelerin orta katman hava geçirgenlik değerleri birbirine yakın iken, Çok iyi kodlu maskelerin en düşük hava geçirgenlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu eğilim, tam maske hava geçirgenlik değerlerinde de görülmektedir. En düşük hava geçirgenlik değerleri, Çok iyi kodlu maskelerde elde edilmiştir. Hava geçirgenlik değerlerindeki farkın, belirgin bir şekilde orta maske katmanlarından kaynaklandığı görülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, iç ve dış katman hava geçirgenlikleri yüksek ve orta katman hava geçirgenlikleri düşük olan maskelerin BFE değerlerinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Maskelerin hava geçirgenliği değerleri

4.4. Maskelerin Isıl Direnç Değerlendirmesi

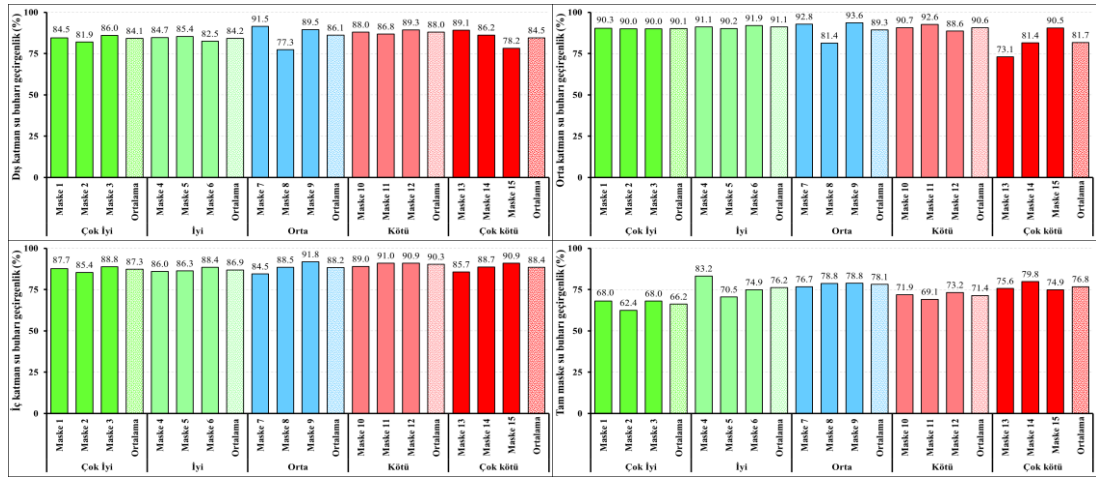
Şekil 4.4’te verilen maskelerin ısı dirençleri incelendiğinde, maske katmanları arasında belirgin farklılıklar görülmemektedir. Genel olarak “Kötü” ve “Çok Kötü” kodlu maskelerin diğerlerinden daha yüksek ısı direnç değerine sahip olduğu, bu nedenle kullanıcıların ağız bölgesinde meydana gelecek ısı artışların daha zor azaltılacağı, bu nedenle daha konforsuz hissedileceği görülmektedir.



Şekil 4.4. Maskelerin ısı direnç değerleri

4.5. Maskelerin Su Buharı Geçirgenliği Değerlendirmesi

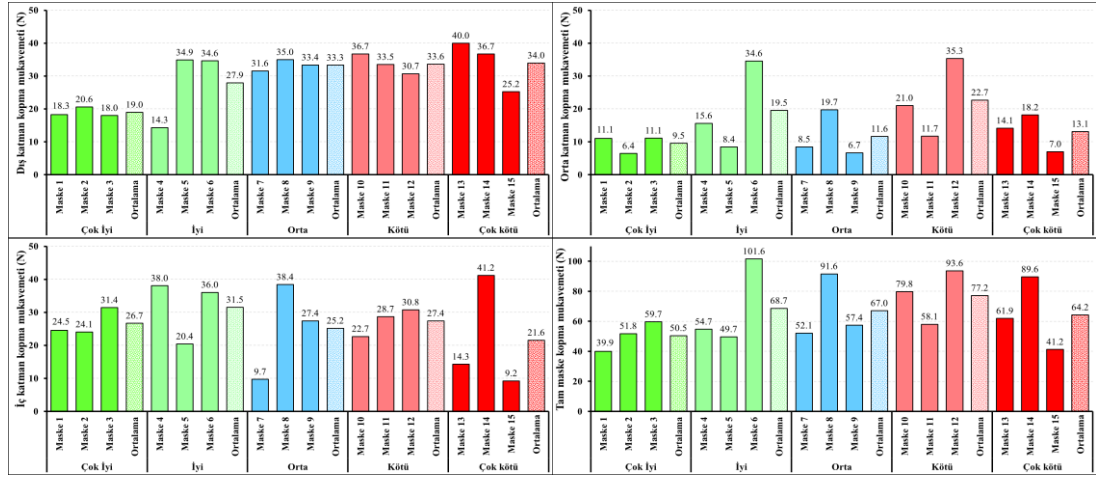
Şekil 4.5'te verilen maskelerin su buharı geçirgenlikleri incelendiğinde, su buharı geçirgenliği ile hava geçirgenliği değerleri arasında benzerlikler bulunmuştur. Çok Kötü kodlu maskelerin dış ve orta katman su buharı geçirgenlikleri en düşük olsa da tüm maskelerin tam maske değerleri birbirine yakın ölçülmüştür. Bununla birlikte, dış, orta ve iç katman su buharı geçirgenlikleri ortalama değerlere sahip olan Çok iyi kodlu maskelerin toplam su buharı geçirgenliklerinin ilginç bir şekilde en düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu tür maskelerde, uzun süreli kullanım sonrasında konforsuz hissi ortaya çıkabilir. Maske katmanlarının tek başına su buharı geçirgenlikleri iyi olmasına rağmen, üç katman bir araya geldiğinde su buharı geçirgenliklerinde azalma görülmektedir.



Şekil 4.5. Maskelerin su buharı geçirgenlik değerleri

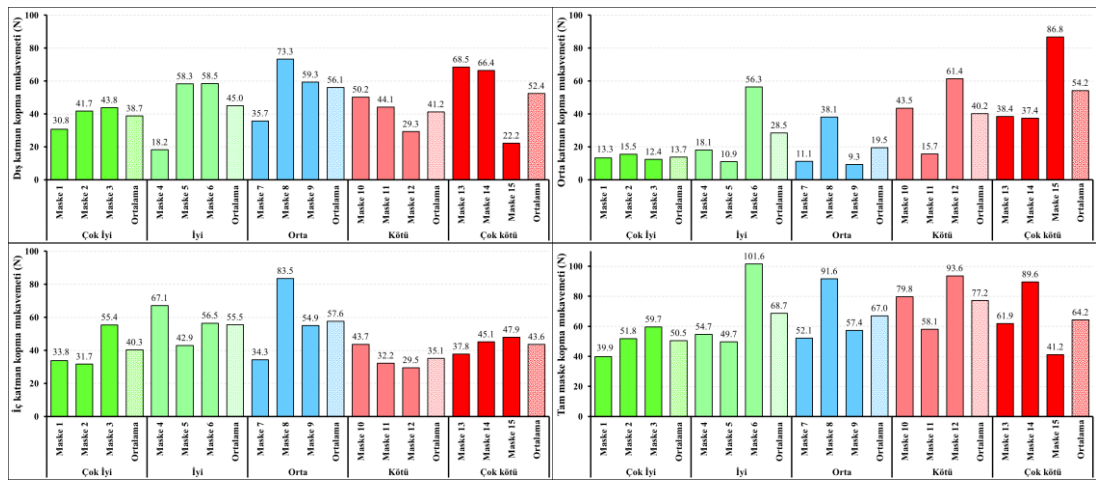
4.6. Maskelerin Kopma Mukavemeti Değerlendirmesi

Şekil 4.6’da verilen maskelerin boyuna yöndeki kopma mukavemetleri incelendiğinde, dış ve iç katmanların daha yüksek kopma mukavemetine, orta katmanın (filtrelemenin gerçekleştiği) ise düşük kopma mukavemetine sahip oldukları görülmektedir. Orta katmanda, çoğunlukla meltblown esaslı ürünler kullanıldığı söylenebilir. Grupların içinde ve gruplar arasında değerlerde varyasyonlar olduğu belirlenmiştir. Bu varyasyonlar, spunbond ve meltblown hattındaki standart olmayan üretimlerden kaynaklanabilir.



Şekil 4.6. Maskelerin boy yönünde kopma mukavemeti değerleri

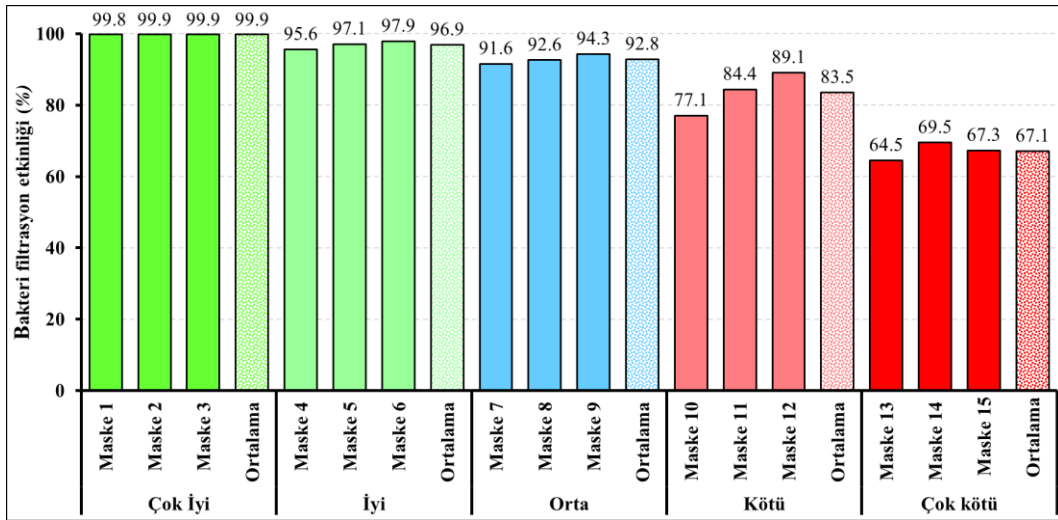
Şekil 4.7’de verilen maskelerin enine yöndeki kopma mukavemetleri incelendiğinde, boyuna yöndeki kopma mukavemeti analiz sonuçları ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Dış ve iç katmanların daha yüksek kopma mukavemetine, orta katmanın (filtrelemenin gerçekleştiği) ise düşük kopma mukavemetine sahip oldukları görülmektedir. Orta katmanda, çoğunlukla meltblown esaslı ürünler kullanıldığı söylenebilir. Grupların içinde ve gruplar arasında değerlerde varyasyonlar olduğu belirlenmiştir. Bu varyasyonlar, spunbond ve meltblown hattındaki standart olmayan üretimlerden kaynaklanabilir.



Şekil 4.7. Maskelerin en yönünde kopma mukavemeti değerleri

4.7. Maskelerin BFE Değerlendirmesi

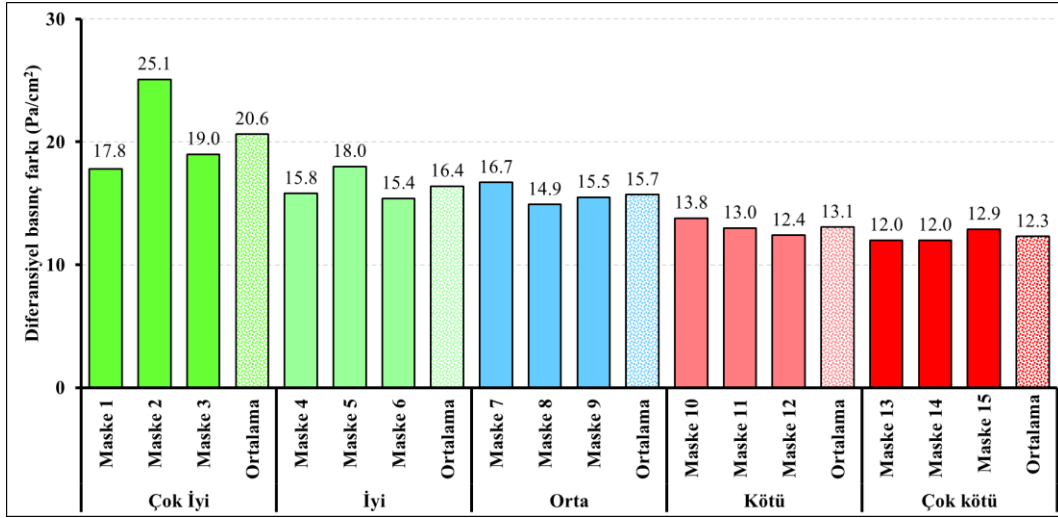
Şekil 4.8’de verilen maskelerin EN 14683 standardında belirtilen şekliyle bakteriyel filtrasyon etkinliği ve her kategorinin ortalamaları gösterilmiştir. Çok İyi ve İyi kategorisinde bulunan maskelerin BFE değerlerinin %95,6 ve üzerinde olduğu saptanmıştır. Kötü ve Çok Kötü maskelerin BFE değerlerinin ise %89,1-64,5 aralığında olduğu saptanmıştır. Standartta göre Tip1 ve Tip2 kriterlerini karşılayan maskelerde orta katmanın meltblown olduğu ve bu katman varlığının BFE sonuçları üzerinde belirleyici olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmanın ana motivasyon kaynağı, BFE sonuçlarına göre maskelerin sınıflandırılması ve bu standardın uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır. Bununla birlikte ekipman, uzmanlık gerektirmesi ve biyogüvenlik koşullarının sağlanması gibi test standardının uygulanabilirliğindeki zorluklar sebebiyle mevcut yöntemin geliştirilmesi veya alternatif test yönteminin araştırılması önerilmektedir.



Şekil 4.8. Maskelerin BFE değerleri

4.8. Maskelerin DBF Değerlendirmesi

Şekil 4.9’da verilen maskelerin EN 14683 standardına göre hesaplanan diferansiyel basınç değerleri ve her kategorinin ortalamaları gösterilmiştir. Çok İyi ve İyi kategorisinde bulunan maskelerin DBF değerlerinin 15,4-25,1 Pa/cm² aralığında olduğu ve Kötü ve Çok Kötü maskelerin değerlerinin ise 12,0-13,8 Pa/cm² aralığında olduğu saptanmıştır. BFE sonuçlarına benzer şekilde, standarda göre Tip1 ve Tip2 kriterlerini karşılayan maskelerde orta katmanın meltblown olduğu ve bu katman varlığının DBF sonuçları üzerinde belirleyici olduğu gözlenmiştir. Maskelere ait tüm değerler, Ek 1’de verilmiştir.



Şekil 4.9. Maskelerin DBF değerleri

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünya çapında birçok ulusal ve uluslararası iş sağlığı ve güvenliği kuruluşu tarafından çalışanları tehlikeli aerosol parçacıklarına karşı korumak amacıyla önerilen tıbbi ve solunum maskeleri, COVID-19 pandemisi ile birlikte toplumda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Pandemi sırasında artan talep doğrultusunda piyasada bulunan maskelerin kalitelerinde de standartlar açısından uygunsuz durumlar görülebilmektedir. Bu tez çalışmasının amacı, COVID-19 pandemisi döneminde piyasadan temin edilen maskelerin EN 14683 standardına göre uygunluğunu ve yapısal özelliklerini test etmek ve birbirleri ile kıyaslamaktır.

Maskelerin katmanları ayrı ayrı ve tüm katmanlar bir arada olacak şekilde maskelerin kalınlıkları, gramajları, hava geçirgenlikleri, ısı geçirgenlikleri, su buharı geçirgenlikleri, enine ve boyuna yönde kopma mukavemetleri, BFE'leri ve DBF'leri uygun standartlar kullanılarak ölçülmüştür.

İlk olarak maskelerin kalınlık, gramaj, ısı direnç, su buharı geçirgenliği, en ve boy yönünde kopma mukavemeti değerlerinde belirgin farklar görülmemiştir.

Maskelerin hava geçirgenlik değerleri incelendiğinde, orta katmanın meltblown olmasının hava geçirgenlik değerlerini azalttığı ve bu maskelerin de Çok İyi kategoride yer aldığı belirlenmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda BFE değeri yüksek olan Çok İyi grubu maskelerinin hava geçirgenliklerinin düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte maskelerin BFE değerleri ile ısı direnç değerleri arasında doğrudan bir ilişki kurulamamıştır. Genel olarak, BFE özelliği yüksek olan maskelerin ısı geçirgenlik değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, Kötü ve Çok Kötü grubundaki maskelerin daha kalın yapıda olmalarından kaynaklanmış olabilir. Benzer sonuçlar, Ayodeji ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada da görülmüştür. Bu çalışmada, el yapımı maskeler ASTM F3502-21 standardı ile değerlendirmiş ve çoğu numune standardın ön gördüğü değerlerden uzak bulunmuştur. Bununla birlikte, maske katmanları arttırıldıkça filtrasyon etkinliğinin daha da arttığı saptanmıştır (Ayodeji, O. J., Hilliard, T. A., & Ramkumar, S. 2022).

Sonuç olarak, çalışmamızda maskelerin BFE ile ilişkilendirilebilir farklı özellikte verilere sahip olduğu görülmüştür. Gelecek çalışmalar ile bu özellikler açısından literatür daha da aydınlatılmalıdır.

Çalışmanın güçlü yönleri:

Pandemi sürecinde sosyal mesafe kısıtlamaları, mobil alışveriş sektörünün dinamizmi, ulusal çapta maske üreticilerinin büyük bir kısmına ulaşarak çalışmanın sınırlı bir coğrafi bölgeden ziyade ulusal çapta veri havuzu oluşturulmasına olanak tanımıştır.

Çalışmanın kısıtları:

Genel tarama sürecini saymazsak toplamda çalışılan 15 maskenin her biri için 23 test yapılması zaman, ekipman, uzmanlık ve maliyet gerektirdiğinden analize konu olan örnek sayısının az olmasına sebep olmuştur.

6. KAYNAKLAR

- Ajmeri, J. R. & Ajmeri, C. J. (2016). Developments in the use of nonwovens for disposable hygiene products. In *Advances in Technical Nonwovens* (pp. 473-496). Woodhead Publishing.
- Akın H. (2014) *Antikçağ'dan Yeniçağ'a delilik, melankoli ve cinlenme- Avrupa'da aykırı olma halleri üzerine tarihsel bir inceleme* [Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Akın L & Gözel M. G. (2020). Understanding dynamics of pandemics. *Turk J Med Sci*. 50:515-9.
- Ayodeji, O. J., Hilliard, T. A., & Ramkumar, S. (2022). Particle-size-dependent filtration efficiency, breathability, and flow resistance of face coverings and common household fabrics used for face masks during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research*, 16(1), 11.
- Aslan S & Kaplan S. (2010) Filtrasyon tekstilleri: Kullanılan hammaddeler, üretim yöntemleri ve kullanım alanları. *Tekstil ve Mühendis*.17:27-37.
- Atabek Yiğit E. (2009). *Polipropilen Elyafının Boyanabilirliğinin İncelenmesi*. [Doktora Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Backer, J. A., Klinkenberg, D., & Wallinga, J. (2020). Incubation period of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections among travellers from Wuhan, China, 20-28 January 2020. *Eurosurveillance*, 25(5), 2000062.
- Beesoon, S., Behary, N., & Perwuelz, A. (2020). Universal masking during COVID-19 pandemic: Can textile engineering help public health? Narrative review of the evidence. *Preventive medicine*, 139, 106236.
- Büyükakıncı B. Yeşim. (2005). *Özel Yöntemlerle Polipropilen Elyafın Boyanması* [Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Chu, D. K., Akl, E. A., Duda, S., Solo, K., Yaacoub, S., Schünemann, H. J. & Reinap, M. (2020). Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 395(10242), 1973-1987.
- Çetin, C., & Kara, A. (2020). Global surveillance, travel, and trade during a pandemic. *Turkish journal of medical sciences*, 50(9), 527-533.
- Dönmez, U., Kurt, H. A., & Atıcı, A. (2019). Nonwoven kumaşların kalender yöntemiyle birleştirilmesinde kalender sıcaklığı ve kumaş katman sayısının kumaş performansına etkisi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 7(3), 765-775.
- Duran, D. (2012). Investigation of the physical characteristics of polypropylene meltblown nonwovens under varying production parameters. *Thermoplastic Elastomers. London, UK: InTech Open Publication*, 243-260.
- Dutton, K. C. (2009). Overview and analysis of the meltblown process and parameters. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 6(1).
- Dünya Sağlık Örgütü, COVID-19 hastalığında maske kullanımına ilişkin öneriler, Dünya Sağlık Örgütü, Erişim Tarihi: 05.06.2020. Erişim Adresi: www.ttb.org.tr/userfiles/files/WHO-maske.pdf.
- Erdem, N., Erdoğan Ü. H., Akşit, A., (2009), Nano-kompozit Polipropilen Filamentlerin Üretimi ve Özellikleri, *Tekstil ve Mühendis*, 15, 69, 14-24.
- Food and Drug Association (FDA). N95 respirators and surgical masks and face masks. Erişim Tarihi: 08.05.2022. Erişim Adresi: www.fda.gov/medical-

- devices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-face-masks-and-barrier-face-coverings.
- Forouzandeh, P., O'Dowd, K., & Pillai, S. C. (2021). Face masks and respirators in the fight against the COVID-19 pandemic: An overview of the standards and testing methods. *Safety science*, 133, 104995.
- Garcia Godoy, L. R., Jones, A. E., Anderson, T. N., Fisher, C. L., Seeley, K. M. L., & Beeson, E. A. (2020) Facial protection for healthcare workers during pandemics: a scoping review. *BMJ Glob Health*. 5 (5): e002553.
- Geus, H. G. (2016). Developments in manufacturing techniques for technical nonwovens. In *Advances in Technical Nonwovens* (pp. 133-153). Woodhead Publishing.
- Gönül G. (2013). Dokusuz yüzey üretiminin hammadde teknik kullanım özellikleri ve alanları yönünden incelenmesi [Ankara: Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü].
- Hutten, I. M. (2007). *Handbook of nonwoven filter media*. Elsevier.
- Kalkancı, A., Baş, S., Bostan, B., Bay, F., Metin, Ü., Özden, G., ... & Dizbay, M. (2020). COVID-19 Pandemi Döneminde Sağlık Çalışanlarında Kişisel Koruyucu Ekipman Yönetimi: Gazi Üniversitesi Hastanesi Enfeksiyon Kontrol Komitesi Uygulamaları. *Gazi Medical Journal*, 31.
- Kellie G, Introduction to technical nonwovens. In: Kelie G (ed). *Advances in Technical Nonwovens 1st ed*. UK: Woodhead Pupliching, 2016:1-17.
- Kırman C. Yüz maskeleri. TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası, COVID-19 Krizi Dönemi, Erişim Tarihi: 10.04.2020. Erişim Adresi: www.tmo.org.tr/images/editorimages/y%c3%9c%20maskeler%c4%b0%20genel%20b%4%b0lg%c4%b0lend%c4%b0rme.pdf.
- Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, 1 Mayıs 2019 tarih ve 30761 Sayılı Resmi Gazete. Erişim Tarihi: 08.05.2022. Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190501-5.htm>
- Kut, D & Orhan, M. (2002). Eğirmeli Bağlantı Spunbond ve Eriyik Üfleme Melt Blown Tekniklerine Göre Yapılan Dokusuz Yüzeylerde Üretim Olanaklarının Karşılaştırılması. *Tekstil Teknik*, Ağustos:02, 132-139.
- Lee, K. H., Wong, D. T. K., Ho, T. M., & Hoong, N. K. (2014). Dr Wu Lien-teh: modernising post-1911 China's public health service. *Singapore medical journal*, 55(2), 99.
- Lee, B. O., Ko, J. A., & Han, S. W. (2010). Characteristics of PP/PET bicomponent melt blown nonwovens as sound absorbing material. In *Advanced Materials Research* (Vol. 123, pp. 935-938). Trans Tech Publications Ltd.
- Leonas, K. K., Jones, C. R., & Hall, D. (2003). The relationship of fabric properties and bacterial filtration efficiency for selected surgical face masks. *JTATM*, 3, 1-8.
- Mao, N. (2017). Nonwoven fabric filters. In *Fibrous filter media* (pp. 133-171). Woodhead Publishing.
- Mather, R.R., (2005), Polyolefin Fibers, in *Synthetic Fibres: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin*, 235-292, Ed. McIntyre J. E., Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Use of respirators and surgical masks for protection against healthcare hazards (internet). Erişim

- Tarihi: 05.06.2020. Erişim Adresi: www.cdc.gov/niosh/topics/healthcarehsp/respiratory.html.
- National Standard of The People's Republic of China, GB 2626-2006 Respiratory protective equipment. Erişim Tarihi: 05.06.2020. Erişim Adresi: www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GB2626-2006.
- Offeddu, V., Yung, C. F., Low, M. S. F., & Tam, C. C. (2017). Effectiveness of masks and respirators against respiratory infections in healthcare workers: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Infectious Diseases*, 65(11), 1934-1942.
- Patel, R. B., Skaria, S. D., Mansour, M. M., & Smaldone, G. C. (2016). Respiratory source control using a surgical mask: an in vitro study. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 13(7), 569-576.
- Pu, Y., Zheng, J., Chen, F., Long, Y., Wu, H., Li, Q., ... & Ning, X. (2018). Preparation of polypropylene micro and nanofibers by electrostatic-assisted melt blown and their application. *Polymers*, 10(9), 959.
- Pourchez, J., Peyron, A., Montigaud, Y., Laurent, C., Audoux, E., Leclerc, L., & Verhoeven, P. O. (2021). New insights into the standard method of assessing bacterial filtration efficiency of medical face masks. *Scientific Reports*, 11(1), 5887.
- Shen, H. (2005). Repellent finish and layering order studies of surgical face masks [Doctoral dissertation, University of Georgia].
- Shimasaki, N., Okaue, A., Kikuno, R., & Shinohara, K. (2018). Comparison of the filter efficiency of medical nonwoven fabrics against three different microbe aerosols. *Biocontrol science*, 23(2), 61-69.
- Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R. W., Parameswaran, S., & Ramkumar, S. S. (2005). Electrospinning of nanofibers. *Journal of applied polymer science*, 96(2), 557-569.
- T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü COVID-19 (SARS-CoV-2) enfeksiyonu rehberi. Bilim Kurulu Çalışması, 14 Nisan 2020.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Türk Standartları Enstitüsü "Yıkanebilir bez maskeye standart". 11 Mayıs 2020.
- Tipper, M., & Guillemois, E. (2016). Developments in the use of nanofibres in nonwovens. In *Advances In Technical Nonwovens* (pp. 115-132). Woodhead Publishing.
- Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 14683:2019+AC, Eylül 2019, ICS 11.140, Tıbbi yüz maskeleri-gereklilikler ve deney yöntemleri. Erişim Tarihi: 08.05.2022. Erişim Adresi: www.tse.org.
- Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 149 + A1 Temmuz 2010 ICS 13.340.30 2. Baskı, solunumla ilgili koruyucu cihazlar-parçacıklara karşı koruma amaçlı filtreli yarım maskeler-özellikler, deneyler ve işaretleme. Erişim Tarihi: 05.06.2020. Erişim Adresi: www.tse.org.
- Türken, M., & Köse, Ş. (2020). COVID-19 transmission and prevention. *The Journal of Tepecik Education and Research Hospital*, 30 (Supp: 2), 36-42.
- Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) (2020). Covid-19 küresel salgın değerlendirme raporu 3. Ankara.
- Uptodate. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Epidemiology, virolog, clinical features, diagnosis, and prevention. Erişim Tarihi: 05.06.2020. Erişim Adresi: www.uptodate.com/contents/covid-19-epidemiology-virology-and-prevention).

- Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., ... & Munster, V. J. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England journal of medicine*, 382(16), 1564-1567.
- Whyte, H. E., Montigaud, Y., Audoux, E., Verhoeven, P., Prier, A., Leclerc, L., ... & Pourchez, J. (2022). Comparison of bacterial filtration efficiency vs. particle filtration efficiency to assess the performance of non-medical face masks. *Scientific Reports*, 12(1), 1188.
- Wilder-Smith, A., Chiew, C. J., & Lee, V. J. (2020). Can we contain the COVID-19 outbreak with the same measures as for SARS? *The lancet infectious diseases*, 20(5), e102-e107.
- World Health Organization. WHO announces COVID-19 outbreak a pandemic. 2020.
- Zhang, R., Xu, Q., Bai, S., Hai, J., Cheng, L., Xu, G., & Qin, Y. (2021). Enhancing the filtration efficiency and wearing time of disposable surgical masks using Teng technology. *Nano Energy*, 79, 105434.
- Zhou, S. S., Lukula, S., Chiossone, C., Nims, R. W., Suchmann, D. B., & Ijaz, M. K. (2018). Assessment of a respiratory face mask for capturing air pollutants and pathogens including human influenza and rhinoviruses. *Journal of thoracic disease*, 10(3), 2059.

7. SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
a	Kırmızı ya da yeşil renk eksen
b	Sarı ya da mavi renk eksen
cm	Santimetre
cP	SentiPoise
dk	Dakika
h	Renk Doygunluğu
kDa	Kilo Dalton
kob	Koloni oluşturan birim
L	Parlaklık
ml	Mililitre
nm	Nanometre
rpm	Dönüş/devir sayısı
sa	Saat
X	Kırmızı renk
Y	Yeşil renk
Z	Mavi renk
Δa^*	a^* değerleri arasındaki fark
Δb^*	b^* değerleri arasındaki fark
ΔL^*	L^* değerleri arasındaki fark
ΔE	Toplam renk farkı
μm	Mikrometre
°C	Celsius derece
%	Yüzde
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
ATCC	Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu
BUÜ	Bursa Uludağ Üniversitesi
BTÜ	Bursa Teknik Üniversitesi
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CHL	Kloroform
DCM	Diklormetan
DSC	Diferansiyal taramalı kalorimetri cihazı
DMF	Dimetilformamid
EDS	Elektron dispers fotometri
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
FTM	Sıvı tiyoglikolat besiyeri
MeOH	Metil alkol
PAN	Poliakrilonitril
PEG	Polietilen glikol
PEO	Polietilen oksit
PCL	Polikaprolakton
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
TMBL	Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı

8. EKLER

EK 1

Maskelere ait ölçüm değerleri

Kategori	Maske No	DBF (PA/cm ²)	BFE %	Orta katman meltblown	Kalınlık (mm)				Ağırlık (g/m ²)				Hava geçirgenliği (l/m ² .sn)				Isıl direnç (m ² .K/W)x10 ⁶				Su buharı geçirgenliği (%)				Boy yönünde kopma mukavemeti (N)				En yönünde kopma mukavemeti (N)			
					İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam	İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam	İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam	İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam	İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam	İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam	İç katman	Orta katman	Dış katman	Toplam
BFE 98 ve üzeri: Pekiyi																																
Çok iyi	1	17,2	99,8	var	0,23	0,23	0,23	0,69	23,94	24,85	24,9	73,69	183	15	125	14	12,1	11,8	10,1	22,3	87,7	90,3	84,5	68	24,5	11,1	18,3	39,9	33,8	13,3	30,8	39,9
Çok iyi	2	18,8	99,9	var	0,23	0,18	0,24	0,65	20,36	24,24	24,81	69,41	124	10	161	13	12,1	9,3	9,6	21,2	85,4	90	81,9	62,4	24,1	6,4	20,6	51,8	31,7	15,5	41,7	51,8
Çok iyi	3	16,9	99,9	var	0,23	0,24	0,21	0,68	30,03	23,94	20,17	74,14	84	15	142	8	11,1	11,9	9,9	21,4	88,8	90	86	68	31,4	11,1	18	59,7	55,4	12,4	43,8	59,7
BFE 95-97,99: İyi																																
İyi	4	14,9	95,6	var	0,27	0,2	0,13	0,6	30,86	29,28	28,78	68,91	33	196	27	89	14	8,8	13,9	20,1	86	91,1	84,7	83,2	38	15,6	14,3	54,7	67,1	18,1	18,2	54,7
İyi	5	15,7	97,1	var	0,2	0,29	0,26	0,75	21,16	23,06	32,01	76,24	25	172	23	126	11,1	13,5	7,9	24	86,3	90,2	85,4	70,5	20,4	8,4	34,9	49,7	42,9	10,9	58,3	49,7
İyi	6	15,8	97,9	var	0,21	0,24	0,26	0,71	25,7	25,5	25,25	76,45	16	148	17	64	11,7	13	11,6	23,8	88,4	91,9	82,5	74,9	36	34,6	34,6	101,6	56,5	56,3	58,5	101,6
BFE 90-94,99: Orta																																
Orta	7	16,5	91,6	yok	0,17	0,15	0,16	0,48	17,07	19,22	20,67	76,96	19	97	18	92	8,6	6,8	8,4	15,4	84,5	92,8	91,5	76,7	9,7	8,5	31,6	52,1	34,3	11,1	35,7	52,1
Orta	8	13,2	92,6	var	0,19	0,23	0,21	0,63	31,44	25,78	30,5	87,72	44	115	17	138	7,5	9,8	10,4	20,4	88,5	81,4	77,3	78,8	38,4	19,7	35	91,6	83,5	38,1	73,3	91,6
Orta	9	15,5	94,3	var	0,21	0,26	0,31	0,78	24,3	27,73	24,25	76,27	40	45	17	79	12,8	14,1	10,9	26,8	91,8	93,6	89,5	78,8	27,4	6,7	33,4	57,4	54,9	9,3	59,3	57,4
BFE 70-89,99: Kötü																																
Kötü	10	12,1	77,1	yok	0,22	0,22	0,31	0,75	19,96	20,53	30,34	70,83	187	161	68	50	9,9	9,4	9,5	24,3	89	90,7	88	71,9	22,7	21	36,7	79,8	43,7	43,5	50,2	79,8
Kötü	11	13,8	84,4	yok	0,28	0,2	0,28	0,76	19,82	25,09	31,42	76,33	163	148	58	37	13,7	9,8	12,1	24,4	91	92,6	86,8	69,1	28,7	11,7	33,5	58,1	32,2	15,7	44,1	58,1
Kötü	12	14,8	89,1	yok	0,17	0,27	0,21	0,65	20,34	28,89	31,14	70,37	80	94	82	33	8,9	14,6	7,3	21,4	90,9	88,6	89,3	73,2	30,8	35,3	30,7	93,6	29,5	61,4	29,3	93,6
BFE 69,99 ve altı: Çok kötü																																
Çok Kötü	13	12,9	64,5	yok	0,2	0,22	0,27	0,69	20,94	22,26	30,88	74,08	181	192	119	71	11,2	9,7	10,6	23	85,7	73,1	89,1	75,6	14,3	14,1	40	61,9	37,8	38,4	68,5	61,9
Çok Kötü	14	12,0	69,5	yok	0,29	0,21	0,36	0,86	26,65	19,3	39,56	85,51	235	214	129	80	15,2	11	15,8	29	88,7	81,4	86,2	79,8	41,2	18,2	36,7	89,6	45,1	37,4	66,4	89,6
Çok Kötü	15	12,9	67,3	yok	0,29	0,21	0,26	0,76	28,01	28,18	31,08	77,28	111	105	108	82	15	10,5	15,1	26	90,9	90,5	78,2	74,9	9,2	7	25,2	41,2	47,9	86,8	22,2	41,2

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bekir AKCA
Doğum Yeri ve Tarihi :
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Ankara, Aydınlikevler Lisesi (1994-1997)
Lisans : Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü (2000-2006)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Leomed AŞ. (2007-2010)
Pera AŞ (2010-2013)
Dirim Tıp AŞ (2013-)

İletişim (e-posta) :

10. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi ve tez süreçlerimde kaybolduğum zamanlarda yol göstericim danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cüneyt ÖZAKIN' a teşekkür ederim.

Tez yazım sürecimi yöneten ve tezime katkı sunma fırsatı veren değerli Ağabeyim Prof. Dr. Mehmet ORHAN' a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında büyük emeği olan, alan tecrübelerini benimle paylaşan, yüksek lisans süreçlerini birlikte kat ettiğimiz, vatanını milletini seven ve görevini en iyi şekilde yapan Biyoteknoloji Doktora Öğrencisi Sayın Özlem IŞIK' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tanıştığımız günden beri desteğini esirgemeyen değerli Hocam Sayın Doç. Dr. Nazmiye Ülkü TÜZEMEN' e teşekkür ederim.

İleri tetkik çalışılmalarının testlerini gerçekleştiren Tekstil Mühendisliğinden Sayın Dr. Mehmet TİRİTOĞLU hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Teze konu olan DBF cihazının geliştirilmesinde bilgi emek ve zamanını esirgemeyen Sayın Dr. Hasan Basri KUL' a teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca katkı ve desteklerini istediğimde sunmak için tereddüt etmeyeceklerini bildiğim Prof. Dr. Beyza ENER', Prof. Dr. Harun AĞCA, Doç. Dr. Oktay ALVER, Doç. Dr. Melda PAYASLIOĞLU ve Doç. Dr. İmran SAĞLIK' a teşekkür ederim.