

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOKUSUZ YÜZEY KUMAŞLARIN FİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİNİ VE TASARIMINI ANALİZ EDEREK  
CERRAHİ MASKE VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ZEMZEM MUSTOFA SEİD**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**DOKUSUZ YÜZEY KUMAŞLARIN FİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİNİ VE TASARIMINI ANALİZ EDEREK  
CERRAHİ MASKE VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ZEMZEM MUSTOFA SEİD**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi  
tarafından 2021FEBE070 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**ZEMZEM MUSTOFA SEİD**

## ÖZET

**DOKUSUZ YÜZEY KUMAŞLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİ VE  
TASARIMINI ANALİZ EDEREK CERRAHİ  
MASKE VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ZEMZEM MUSTOFA SEİD  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. YÜKSEL İKİZ)**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

Cerrahi filtrasyon verimliliği, kullanılan malzemelerin özellikleri ve tasarımından etkilenir. Bu projede cerrahi maskelerin üretiminde yaygın kullanılan dokusuz yüzey kumaşların performansı etkileyen özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla biri dokusuz yüzey kumaş üreten, diğeri bu tür kumaşları kullanarak cerrahi maske üreten iki firmadan, tümü %100 PP olan çok sayıda kumaş numunesi toplanmıştır. Toplanan kumaşlardan 4 meltblown ve 7 spunbond seçilerek GSM, kalınlık, gözeneklilik, kaplama faktörü, yüzey düzgünlüğü, elyaf çapı, hava geçirgenliği, PFE filtrasyon verimlilikleri ve basınç düşme değerleri ölçülmüştür. PFE filtrasyon verimliliği ve basınç düşme değerlerini tahminleme için oluşturulan regresyon denklemlerinde düzeltilmiş  $R^2$  değeri sırasıyla 0,633 ve 0,871 olarak bulunurken en önemli parametre olarak gözeneklilik öne çıkmıştır. Daha sonra SMS yapısında çok katmanlı yapıların PFE ve basınç düşme değerleri ölçülmüş ve tek katlı performans değerleri kullanılarak teorik değerleri hesaplanmıştır. Ölçülen ve teorik değerler arasında korelasyon katsayıları sırasıyla 0,963 ve 0,985 olarak bulunmuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Cerrahi maske, filtrasyon, basınç düşmesi, PFE, BFE

## **ABSTRACT**

### **INCREASING SURGICAL MASK EFFICIENCY BY ANALYSING PHYSICAL PROPERTIES AND DESIGN OF NONWOVEN FABRICS.**

**MSC THESIS**

**ZEMZEM MUSTOFA SEİD**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:PROF. DR. YÜKSEL İKİZ)**

**DENİZLİ, AUGUST 2022**

Surgical filtration efficiency is affected by the properties and design of the materials used. In this project, the properties affecting the performance of nonwoven fabrics, which are widely used in the production of surgical masks, were investigated. For this purpose, a large number of fabric samples, all of which are 100% PP, were collected from two companies, one producing nonwoven fabric and the other producing surgical masks using such fabrics. By choosing 4 meltblown and 7 spunbond from the collected fabrics, average GSM, thickness, porosity, homogeneity, fiber diameters, air permeability, PFE filtration efficiency and pressure drop values were measured. Multi-layer surgical mask samples, which are thought to provide higher performance, were prepared using the measurement results and PFE tests were performed. Using these results, 3 layers of 3 surgical mask samples were prepared and BFE tests were performed and the fabric properties and filtration efficiency were statistically examined.

**KEYWORDS:** Surgical masks, filtration, pressure drop, PFE, BFE

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Yüz Maskesinin Tarihçesi.....	1
1.2 Yüz Maskesinin Kullanım Alanları .....	4
1.3 Yüz Maskesi Türleri .....	6
1.3.1 Solunum Maskeleri .....	6
1.3.2 Tıbbi Olmayan Yüz Maskeleri.....	8
1.1 Cerrahi Maskeler.....	10
1.1.1 Cerrahi Maske Standardı ve Sınıflandırmaları.....	10
1.1.2 Standart ve Yönergeler .....	12
1.1.3 Cerrahi Maske Üretim Malzemeleri ve Yöntemleri .....	15
1.1.3.1 Materyal .....	15
1.1.3.2 Üretim Teknolojisi .....	17
1.1.4 Cerrahi Maskenin Bileşenleri .....	20
1.1.5 Katmanların Bileşimi .....	22
1.1.6 Partikül Madde (PM) .....	22
1.1.7 Yüz Maskesinin Filtreleme Mekanizması.....	25
1.1.8 Yüz Maskesi Verimliliği.....	27
1.1.9 Maske Tasarımı.....	27
1.1.10 Filtre Performansını Etkileyen Faktörler .....	28
1.1.10.1 Kumaş Özellikleri .....	31
1.1.10.2 Üretim Yöntemi .....	35
<b>2. YÖNTEM</b> .....	<b>38</b>
2.1 Materyal .....	38
2.2 Metod .....	38
<b>3. BULGULAR</b> .....	<b>41</b>
3.1 Tek Katmanlı Yapıların Fiziksel Özellikleri.....	41
3.1.1 Elyaf/Polimer Tanımlama .....	41
3.1.2 Kumaş Ağırlığı.....	42
3.1.3 Elyaf Çapı .....	42
3.1.4 Dokusuz Yüzey Kumaşların Kaplama Faktörü ve Yüzey Düzgünlüğü.....	44
3.1.5 Kumaş Kalınlığı .....	46
3.1.6 Gözeneklilik.....	47
3.1.7 Hava Geçirgenliği .....	47

3.2	Tek Katmanlı Yapıların Filtrasyon Performansı ve Fiziksel Özellikler ile Uyumu .....	49
3.2.1	Tek Katmanlı Yapıların Filtrasyon Performansı.....	49
3.2.2	Tek Katmanlı Yapıların İstatistiksel Analizi .....	51
3.3	Çok Katmanlı Yapıların Partikül Filtrasyon Verimliği ve Basınç Düşmesi.....	53
3.4	Üç katmanlı yapıların BFE verimliliği.....	56
<b>4.</b>	<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>57</b>
<b>5.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>69</b>
<b>7.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>92</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: 1877'de oluşturulan “Nearly” duman maskesi .....	2
Şekil 1.2: Solunum maskesi sınıflandırması.....	7
Şekil 1.3: Nanolifler ile parçacıkların yakalanması. (a) ve (b) yüzey adsorpsiyonu ve (c) durdurma ile .....	18
Şekil 1.4: Meltblown'un şematik diyagramları .....	19
Şekil 1.5: Spunbond şematik diyagramı .....	20
Şekil 1.6: Cerrahi maske bileşenleri .....	21
Şekil 1.7: Partikül boyutları yüz maskesi ile filtrelenebilir .....	23
Şekil 1.8: Yüz maskeleri partikül filtrasyonu .....	24
Şekil 1.9: (A) Filtreleme mekanizmaları , (B) toplama verimliliği .....	25
Şekil 1.10: Cerrahi maske tasarımı .....	28
Şekil 3.1: Spunbond ve meltblown kumaşların ağırlığı.....	42
Şekil 3.2: Meltblown nonwoven kumaşın SEM görüntüsü .....	43
Şekil 3.3: Image J kullanılarak spunbond fiber çapının ölçülmesi .....	43
Şekil 3.4: Spunbond ve meltblown kumaşların ortalama elyaf çapı.....	44
Şekil 3.5: Spunbond ve asdfasdfsdfmeltblown kumaşların mikroskopik görüntüsü.....	44
Şekil 3.6: Adobe Photoshope ile ortalama piksel değeri ve dağılımının hesaplanması .....	45
Şekil 3.7: Spunbond ve meltblown kumaşların piksel ve dağılım değerleri .....	46
Şekil 3.8: Spunbond ve meltblown kumaşların kalınlığı.....	47
Şekil 3.9: Hava geçirgenliği test cihazının şematik diyagramı.....	48
Şekil 3.10: Spunbond ve meltblown kumaşların hava geçirgenlikleri .....	48
Şekil 3.11: Spunbond ve meltblown kumaşların fiziksel özelliklerinin %CV'si.....	49
Şekil 3.12: Tek katmanlı spunbond ve meltblown kumaşların partikül filtrasyon verimlilikleri ve basınç düşmesi değerleri .....	50
Şekil 3.13: Çok katmanlı yapıların filtrasyon performansları .....	53

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> FFP maskenin sınıflandırması.....	8
<b>Tablo 1.2:</b> Farklı standartlarda farklı tipteki yüz maskelerinin tablo filtreleme verimliliği. ....	9
<b>Tablo 1.3:</b> Avrupa standardı EN 14683 2019 göre cerrahi maske sınıflandırması.....	11
<b>Tablo 1.4:</b> ABD standardı ASTM F 2100-07 göre tıbbi yüz maskes sınıflandırması.....	12
<b>Tablo 1.5:</b> Cerrahi maskelerin uluslararası sertifikasyonu için test standartları ve rehberi.....	13
<b>Tablo 1.6:</b> Cerrahi maskeler için en sık kullanılan polimerlerin özellikleri.....	16
<b>Tablo 1.7:</b> Meltblown ve spunbond arasındaki .....	20
<b>Tablo 2.1:</b> Dokusuz yüzey kumaşlara uygulanan test standartları ve cihazları. ....	40
<b>Tablo 3.1:</b> Tek katmanlı dokusuz yüzey kumaşların fiziksel özellikleri.....	41
<b>Tablo 3.2:</b> Tek katlı yapıların filtrasyon performansı. ....	50
<b>Tablo 3.3:</b> Basınç düşmesinde anlamlı korelasyon katsayısına sahip parametreler ile yapılan regresyon analizi sonuçları.....	51
<b>Tablo 3.4:</b> PFE için anlamlı korelasyon katsayısına sahip parametreler ile yapılan regresyon analizi sonuçları .....	52
<b>Tablo 3.5:</b> S2 ve M4 kodlu kumaşların çok katmanlı yapılarının filtrasyon performansları. ....	53
<b>Tablo 3.6:</b> SMS yapıların teorik ve pratik filtrasyon performansları .....	54
<b>Tablo 3.7:</b> Ölçülen ve teorik basınç düşmeleri arasındaki korelasyon sonuçları .....	55
<b>Tablo 3.8:</b> Ölçülen ve teorik PFE arasındaki korelasyon sonuçları .....	55
<b>Tablo 3.9:</b> EN'ye dayalı üç katmanlı BFE test sonucu.....	56

## SEMBOL LİSTESİ

<b>PFE</b>	: Particle filtration efficiency / Partikül filtrasyon verimliliği
<b>BFE</b>	: Bacteria filtration efficiency/ Bakteri filtrasyon verimliliği
<b>SMS</b>	: Spunbond - Meltblown-Spunbond
<b>S</b>	: Spunbond
<b>M</b>	: Meltblown
<b>WHO</b>	: World health organization / Dünya Sağlık Örgütü
<b>NIOSH</b>	: National Institute for Occupational Safety and Health / Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü
<b>OSHA</b>	: Occupational Safety and Health Administration / İş Güvenliği ve Sağlığı İdares
<b>KOSHA</b>	: Korean Occupational Safety and Health Administration/ Koreli İş Güvenliği ve Sağlığı İdares.
<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials / Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
<b>FDA</b>	: Food and Drug Administration/ Gıda ve İlaç İdaresi
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization / Uluslararası Standardizasyon Örgütü
<b>NFPA</b>	: National Fire Protection Association / Ulusal Yangından Korunma Derneği
<b>AATCC</b>	: American Association of Textile Chemists and Colorists / Amerikan Tekstil Kimyagerleri ve Renk Uzmanları Derneği.
<b>CE</b>	: Conformité Européenne (fransızca) / Avrupa Uygunluğu
<b>UL</b>	: Underwriters' Laboratories / Sigortacı Laboratuvarlar
<b>EN</b>	: European Standards / Avrupa Standartları
<b>SARS</b>	: Severe acute respiratory syndrome/ Severe acute respiratory syndrome
<b>MPPS</b>	: Most penetrating particle size / en nüfuz eden parçacık boyutu
<b>HEPA</b>	: High efficiency particulate absorbing filter / Yüksek verimli partikül emici filtre
<b>ESAMB</b>	: Electrostatic-assisted meltblown/Elektrostatik destekli meltblown
<b>SEM</b>	: Scanning electron microscope/ taramalı elektron mikroskop
<b>PPE</b>	: Personal protective equipment / kişisel koruyucu donanım

## ÖNSÖZ

Başta rol model danışmanım Prof. Dr. Yüksel İKİZ'e sadece bu projede değil, hayatım boyunca verdiği destek, sabrı, motivasyonu, anlayışı ve coşkusu için en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendimi güçlü ve umutlu hissettirdiğiniz için şimdiden teşekkür ederim. Siz olmasaydı bu çabanın hiçbir değeri olmazdı.

Nonwoven kumaş numunelerini temin eden Mogul Tekstil-Gaziantep ve İbrahim Yıldız Tekstil-Denizli fabrikasına teşekkür ediyorum. Dr. Öğr. Üyesi Serkan AKOĞUL'a veri analizinde yardımcı olduğum için teşekkür ediyorum.

Bana verdikleri muazzam destek, sevgi, güç, fedakârlık ve umut için aileme özel ve yürekten teşekkürler. Arkadaşlarıma en derin şükranlarımı sunmak isterim. Desteğiniz ve cesaretlendirmeniz kâğıt üzerinde ifade edebileceğimden daha değerliydi.

Yüksek lisans projesi kapsamında bu teze maddi destek sağlayan Bilimsel Araştırma Projesi'ne (BAP) teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Yüz Maskesinin Tarihçesi

Yüz maskesi, kullanıcının ağız ve burnu ile yakın çevredeki potansiyel kirleticiler arasında fiziksel bir bariyer oluşturan, gevşek oturan, tek kullanımlık bir malzemedir (Akduman ve Kumbasar 2018). Tıbbi prosedürler sırasında kullanıcının yüzünü, en azından ağız ve burnun mukoza alanları dahil olmak üzere kan ve diğer vücut sıvılarıyla temastan korumak için oluşturulmuş bir kişisel koruyucu giysidir (Jayswal 2020).

Çalışma ortamı koşullarına, hastalık türüne veya diğer tıbbi gereksinimlere bağlı olarak farklı maske türleri kullanımına karar verilir. Örneğin itfaiyeciler veya maden işçileri, solunum cihazı ile donatılmış seçici maskeler kullanmalıdır. Bununla birlikte, kullanıcıyı bulaştan önlemek ve çeşitli tehlikeli gazlardan, küçük parçacıklardan ve havadaki partikül maddelerden (yani bakteri, virüs) korumak için her tür maske kullanılır. Ayrıca başkalarına bulaşmaya karşı da koruma sağlar (Pandit ve diğ. 2021). Gerçekten de uygun şekilde kullanıldığında ve atıldığında etkili olabilir.

Yüz maskeleri, işçilerin tehlikeli kimyasalları solumasını önlemek için kurşun madenlerinde ıslak bir bez kullanıldığı 8. yüzyıldan beri kullanılmaktadır. 14. yüzyılda pamuklu bez yüz maskesinin hava yoluyla hastalık bulaşmasına (yani Mançurya Plakına) karşı etkili olduğu gösterilmiştir (Khan ve diğ. 2022). Ancak tıbbi amaçlı kullanımları, Amerika Birleşik Devletleri'nde Mycobacterium tuberculosis (TB) enfeksiyonlarının yaygınlaştığı 1980'lere kadar ortaya çıkmamıştır (Gosch ve diğ. 2013). Şekil 1.1'de gösterildiği gibi "Nearly" duman maskesi olarak bilinen ilk yangın respiratörlerinden biri 1877'de oluşturuldu (Cohen ve Birkner 2012).

Cerrahi maskelerin ilk kaydedilen kullanımı, ağızı kapatan tek kat gazlı bez ile 1897'de Polonyalı Cerrah Jan Mikulicz Radecki'den gelmiştir. Aynı yıl, Flügge, ağızın

rulo gazlı bez şeritleriyle kapatıldığı maskeler geliştirmiştir. Huebner, 1898'de iki kat gazlı bez kullanmanın tek kattan daha etkili olduğunu önermiştir.

Ağız ve buruna bakteri bulaşmasını önlemek için Cerrahi yüz maskesinin kullanımı, cerrahi maskenin tarif edildiği aynı yıl Fluegge tarafından gösterilmiştir (Spooner 1918).



**Şekil 1.1:** 1877'de oluşturulan “Nearly” duman maskesi

1900'lerin başından beri cerrahi yüz maskeleri, açık yaralarda çalışanların oluşturduğu nazal ve oral kaynaklı bakterilerden korunması için yaygın olarak kullanılmaktadır (Oberg ve Brosseau 2008).

Hamilton, 1905'te Streptococcus'un "Görünmez Balgam" yoluyla yayılmasıyla ilgili bir makale yayınladı. Önce kızıl hastalığının damlacık enfeksiyonu yoluyla bulaştığı fikrini ortaya attı ve maske kullanımını savundu ve steril pansuman yaparken hemşireler tarafından takılmasını önerdi. Ayrıca doktorların konuşurken, ders verirken vb. ağız ve burundan gelen ağır damlacık enfeksiyonu nedeniyle ameliyat sırasında maske takmalarını tavsiye etti. O zaman bu, muhtemelen cerrahların maske takması yönündeki ilk tavsiyelerden biriydi. Cerrahların cerrahi maske kullanmaya tam olarak ne zaman ve nerede başladıkları kesin olarak bilinmemektedir (Resident 1920). Lord Moynihan, 1906'da operasyonlar sırasında da maske kullanımını önerdi.

Bununla birlikte, maskelerin koruyucu bir araç olarak kullanımı 1915'te Meltzer'in infantil felçli hastaların ve onlarla ilgilenen görevlilerin yüzünü örtmek için ince ağız gazlı bez kullanılmasını tavsiye etmesiyle başladı (Spooner 1918).

Ocak 1918'de, Chicago'daki Durland Hastanesi'nden Dr. George H. Weaver, difteri hastalarının refakatçilerinin çift katlı gazlı bez maske taktıkları iki yıllık bir süre boyunca hiç difteriye yakalanmadıklarını bildirdi. Daha önce bu büyük bir sorundu. Ayrıca maskelerin steril edilmeden ikinci kez kullanılmaması, nemlendiğinde steril başka bir maske ile değiştirilmesi ve ellerin maskeye temas etmemesi gerektiğini tavsiye ederek çok önemli öngörülerde bulundu (Weaver 1918).

Doust ve Lyon, iki katmanlı cerrahi yüz maskelerinin tek katmanlı yüz maskelerine kıyasla kullanıcıya daha iyi koruma sağladığı rolünü gözlemlemiştir (Chellamani ve diğ. 2013). 1919'da Weaver, Doust ve Lyon'un gerçekleştirdiği şartlarda testler yaparak hemen hemen aynı sonuçlara sahip bir makale yayınladı. İnç başına 44X40 iplikli ince örgülü gazlı bezin, inç başına 28X30 iplik bulunan bezden daha verimli olduğunu bildirdi. Vardığı sonuç, maskelerin etkinliğinin, ağız yakınlığı ve gazlı bezin kalınlık sayısı ile doğru orantılı olduğuydu (Weaver 1919).

1920'lerin sonunda, gazlı bez yüz maskelerinin kullanımı yaygınlaştı. Yüz maskelerinin cerrahi yaraların enfeksiyonunu önlemedeki değerini doğrulayan ek veriler Walker tarafından 1930'da, Meleney tarafından 1935'te ve Hart ve Davis tarafından 1937'de yayınlandı. Davis ayrıca sadece ağıza maske takmanın yetersiz olduğunu ve operasyon süresi uzadıkça kontaminasyon riskinin de arttığını bildirdi (Spooner 1918).

1930'da Walker salgın dönemlerinde hastahane enfeksiyonlarında da artış olduğunu gözlemledi. Operasyon personelinin %50'sinin taşıyıcı olduğunu ve etkili maske veya maskeleme teknikleri kullanmadıklarını tespit etti. İyi bir teknik kullanarak ince gözenekli gazlı bez maskeler elde etti ve enfeksiyon temizlenene kadar taşıyıcıları ameliyathaneden uzak tutmayı başardı (Resident 1920).

1930'lara gelindiğinde, maskeler için özel gereksinimler oluşturuldu; (1) düşük maliyetli ve yıkanabilir olması, (2) rahat olması, ağız ve burnu kapatması ve gözlüklerin buğulanmasına neden olmaması ve (3) organizmaların materyal üzerinden geçişine izin vermemesi (Dowd ve diğ. 2020).

1960'larda tek kullanımlık kalıplanmış maskeler geliştirildi, ardından polipropilen ve ya fiberglas filtreler içeren maskeler geldi. Filtreli maskelerin ve kağıt bazlı maskelerin daha da geliştirilmesiyle, yeni filtre bazlı maskelerin daha etkili olduğu kanıtlandı. 1970'lerde kullanılan tüm maskelerin neredeyse %75'i tek kullanımlıktı. Günümüzde müslin veya gazlı bez maskesi kullanımı nadiren görülmektedir (Dowd ve diğ. 2020).

## 1.2 Yüz Maskesinin Kullanım Alanları

2008'de Avustralya'daki evlerde genel toplulukta grip kontrolü için yüz maskelerinin randomize kontrollü bir çalışması yapılmıştır. Çalışma, uyum yüksek olduğunda, yüz maskesi takan denek grubunun, yüz maskesi olmayan gruba kıyasla grip ve benzeri hastalıklara karşı %80 daha fazla koruyucu etkinliğe sahip olduğunu bulunmuştur (MacIntyre ve diğ. 2008).

Yüz maskeleri Güney Kore, Japonya, Çin ve Tayland gibi Uzakdoğu ülkelerinde hava kirliliği veya SARS ve H1N1 gibi erken ortaya çıkan solunum yolu hastalıklarından ötürü kullanımı oldukça yaygındır (Mohebi ve diğ. 2018).

Ortaya çıkmasından sonra şiddetli akut solunum sendromu koronavirüsü (SARS-cov-2) dünyaya yayıldı ve çok sayıda ülke yüz maskelerinin kullanılmasını zorunlu kıldı. Bir virüsün yayılmasını azaltmak için, maske kullanılmaması cezalandırıldı (Mohebi ve diğ. 2018). SARS-cov-2 hava yoluyla bulaşmayı sınırlamak için en etkili yöntemlerden birinin yüz maskesi kullanımı olduğu sonucuna varıldı (He ve diğ. 2021).

WHO, COVID-19'u düşündüren herhangi bir semptomu olan kişilerin, semptomlar hafif olsa bile, potansiyel COVID-19 semptomlarıyla kendilerini iyi hissetmeye başlar başlamaz tıbbi maske takmalarını, kendilerini izole etmelerini ve tıbbi yardım almalarını tavsiye etmektedir. Semptomlar şunları içerebilir: ateş, öksürük, yorgunluk, iştahsızlık, nefes darlığı ve kas ağrısı (WHO 2020).



Pekin’de yürütülen başka bir gözlemsel çalışmada, yüz maskelerinin kullanımının SARS-cov-2 hanehalkı üyesinin bulaşmasına karşı %79 etkili olduğu öne sürülmüştür (Wang 2020). Halka açık alanlarda yüz maskesi kullanımı, özellikle bölgesel ve küresel pandemi durumlarında solunum yolu virüslerinin yayılmasını azaltmada ve önlemede önemli faydalar sunar (Gupta ve diğ. 2020).

Chu ve diğ. (2020) tarafından yürütülen bir araştırmada, halka açık yerlerde yüz maskelerinin kullanılmasının birincil ve ikincil bulaşma riskini azaltabileceğini göstermektedir. SARS-cov-2'nin kişiden kişiye bulaşmasını azaltmak için üç farklı önleyici tedbir sosyal mesafeyi korumak, yüz maskeleri kullanmak ve göz korumasıdır (yani koruyucu giysiler kullanmak ve doğrudan temastan kaçınmak). Çalışma, yalnızca üç SARS iletimini (SARS-cov-2 değil) ve sağlık hizmeti ortamları dışında yüz maskeleri kullanmanın etkinliğini gözden geçirdi. Vaka çalışmasının kontrolü, SARS-cov-2 bulaşması durumunda uygulanacak kadar güvenilir değildir. Bununla birlikte, yüz maskesi, halka giderken sürekli olarak maske takan bir kişi için enfeksiyon riskini %70 oranında azaltabilen etkili bir kişisel koruyucu araçtır (Wu ve diğ. 2004).

Sağlıklı insanlar tarafından maske kullanımının yaygın dezavantajları arasında, bir yüz maskesinin manipülasyonu ve ardından kontamine ellerle temas nedeniyle artan kendi kendine kontaminasyon riski yer alır; bu, tıbbi olmayan maskeler ıslak veya kirliyen değiştirilmezse meydana gelebilir. Bu, mikroorganizmaların çoğalmasını kolaylaştırabilir. Maske tipine göre; baş ağrılarına ve nefes alma güçlüklerine, yüzdeki cilt lezyonlarına, tahriş edici dermatite veya kötüleşen akneye, özellikle dudak okumaya güvenen sağır kişiler için net bir şekilde iletişim kurma zorluğuna, halka açık yerlerde artan çöplere yol açan uygunsuz maske atma, sokak temizlikçilerine ve çevreye bulaşma riskine neden olabilir. Özellikle çocuklar için, zihinsel hastalığı olanlar, bilişsel bozukluğu olan yaşlılar, astım veya kronik solunum veya solunum problemleri olanlar, yüz travması veya yakın zamanda ağız çene-yüz cerrahisi geçirmiş olanlar ve yaşayanlar için sıcak ve nemli ortamlarda kullanmayı zorlaştırır (WHO 2020).

### 1.3 Yüz Maskesi Türleri

Yüz maskeleri, araştırmacılar tarafından üretim süreci, filtrasyon verimliliği, hammadde bileşimi ve kullanım amacına göre sınıflandırılmaktadır. Genellikle solunum, tıbbi / cerrahi maske ve tıbbi olmayan şeklinde üç kategoride değerlendirilmesi yaygın kabul görür.

#### 1.3.1 Solunum Maskeleri

Solunum maskeleri, bir aerosol içinde solunan havadaki kirleticileri gidermek için filtreler kullanan kişisel koruyucu donanım (PPE)'lerdir. Bakteriler ve virüsler dahil olmak üzere havadaki partiküllere maruz kalmaktan koruyabilir. Kullanıcının yüzüne sıkıca yapışacak şekilde tasarlanmıştır.

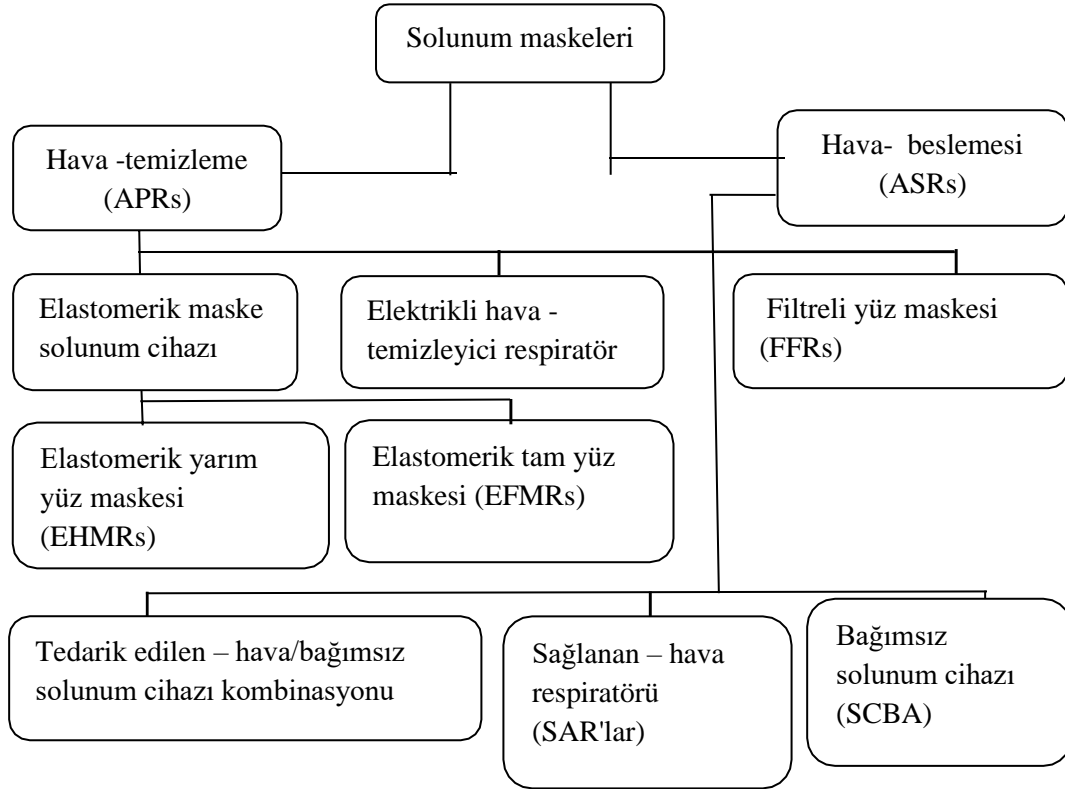
Gazlara, buharlara ve biyolojik ajanlar dahil partiküllere karşı koruma için değiştirilebilir filtrelere sahip solunum maskeleri mevcuttur. Solunum için kullanılan filtre, korumanın gerekli olduğu kirletici türüne uygun olmalıdır. Aerosolize biyolojik ajanlara ve /veya partiküllere karşı koruma sağlayan bir solunum maskesi, kullanıcıyı gazlara veya zararlı buharlara karşı korumaz. Aynı zamanda, gaz filtreleri ile donatılmış solunum cihazları biyolojik ajanlara karşı koruma sağlamayabilir. Solunum maskeleri, 0,01 mikron kadar küçük partiküller için %95 - %99 filtreleme verimliliğine sahiptir (Pandit ve diğ. 2021).

Solunum maskeleri filtreler gibi gaz, buhar ve biyolojik ajanları içeren partiküllere karşı koruma amaçlı kullanılabilir. Bu tür solunum maskeleri, içinden solunan havadaki partikülleri gidermek için filtreler kullanır. N, R ve P tanımlamaları, filtrenin yağ direncini ifade eder. N-Yağa dayanıklı değil, P - bir şekilde yağa dayanıklı ve R - Yağa dayanıklı yüz maskeleri havayı temizleyen solunum maskelerine örnektir. N95, N99 ve N100 sırasıyla %95, %99 ve %100 filtrasyon ve rimliliğine sahiptir P ve R de aynı sınıflandırma tipine sahiptir. Ancak ASR'ler ayrı bir kaynaktan temiz solunum havası sağlar. Bu respiratörler, çalışanları havadaki birçok kirleticiden (partiküller, gazlar ve buharlar) ve bazı durumlarda oksijen eksikliği olan

atmosferlerden korur (CDC 2019). Tablo 1.1 FFP maskenin sınıflandırması  
göstermektedir (EN 149:2001).

Genel olarak, Şekil 1.2’de görüldüğü gibi, solunum maskesi, özel kullanımlarına ve filtre tiplerine göre, hava temizleme (APR’ler) ve solunum sistemi besleme (ASR’ler) olarak ikiye ayrılabilir. APR’ler gazları, buharları, aerosolleri veya havadaki kirleticilerin bir kombinasyonunu çıkarmak için filtreler, kartuşlar veya bidonlar kullanır. Elektrikle çalışmayan solunum cihazları – havayı filtreden çekmek için kullanıcının nefes almasına güvenir.

Elektrikli solunum cihazları – temiz hava sağlamak için havayı filtreden geçirmek için bir motor kullanır (WHO 2020).



**Şekil 1.2:** Solunum maskesi sınıflandırması

Filtreli yüz maskeleri (FFP) de ağız ve burnu kapatan ve maskenin kendisi gibi çeşitli filtre malzemelerinden yapılan solunum maskesi çeşitleridir. Verimlilik, nefes alabilirlik, yapısal stabilite ve biyoyumluluk için minimum performans kriterlerini belirleyen EN 149-2001 standardına uygun oldukları onaylanmıştır. Sınıflandırma sistemi üç FFP sınıfından oluşmaktadır (Massimiliano 2020).

**Tablo 1.1:** FFP maskenin sınıflandırması

Sınıf	Filtre penetrasyon limiti (95 L/dk hava akışında)	Solunum direnci			
		İçe sızıntı	Basınç düşmesi(mbar)		
			30 L/dk	95 L/dk	160 L/dk
<b>FFP1</b>	80%	<22%	0.6	2.1	3.0
<b>FFP2</b>	94%	<8%	0.7	2.4	3.0
<b>FFP3</b>	99%	<2%	1.0	3.0	3.0

Ayrıca Çin'in ABD N95'lerine “eşdeğer” olan solunum maskesi standardı KN95'ler de var. Avrupa (FFP2), Avustralya (P2), Kore (KMOEL) ve Japonya (DS) için maske standartları da çok benzer.

### 1.3.2 Tıbbi Olmayan Yüz Maskeleri

Halk için veya sağlıkla ilgili olmayan ortamlarda kullanılan bir tür yüz maskesidir. Tıbbi olmayan maske ne solunum maskesi gibi partiküllerden koruyucudur ne de tıbbi/cerrahi maske gibi bir bariyer işlevi görür. Damlacıkların ve tükürüğün yayılmasını sınırlamaya yardımcı olur. Tıbbi olmayan maskeler, farklı kumaş kombinasyonlarından ve katman dizilerinden yapılabilir ve çeşitli şekillerde mevcuttur. Bu kombinasyonların çok azı sistematik olarak değerlendirilmiştir ve mevcut tıbbi olmayan maskeler arasında tek bir tasarım, malzeme seçimi, katmanlama veya şekil yoktur. Sınırsız kumaş ve malzeme kombinasyonu, değişken filtreleme ve nefes alabilirlik ile sonuçlanır (WHO 2020).

Sağlık tesislerinin dışında, ve /veya sosyal mesafenin zor olabileceği maruz kalma riskinin düşük olduğu durumlarda giyilmelidirler. Bez maske, tıbbi olmayan maskeye bir örnektir ve tıbbi olarak personel koruyucu ekipman olarak onaylanmamıştır. Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri, cerrahi maskelerin bez maskelerin üzerine takılmasını tavsiye ediyor, ayrıca COVID-1'e karşı iyi çalıştığı belirtiliyor ( Wang ve diğ. 2020).

**Tablo 1.2:** Farklı standartlarda farklı tipteki yüz maskelerinin tablo filtreleme verimliliği.

Maske Tipi	Standartlar	Filtrasyon verimliliği	
Tıbbi / Cerrahi / prosedürl maske	ABD: ASTM F2100	Seviye 1	Seviye 2
		3.0 mikron: $\geq 95\%$	3.0 mikron: $\geq 95\%$
		0.1 mikron: $\geq 95\%$	0.1 mikron: $\geq 95\%$
	Avrupa: EN 14683	Tip I	Tip II
		3.0 mikron: $\geq 95\%$	3.0 mikron: $\geq 95\%$
		0.1 mikron: X	0.1 mikron: X
Solunm maskesi	ABD: NIOSH (42 CFR 84) ve Çin: GB2626	N95/KN95	N99/KN99
		0,3 Mikron: $\geq 95\%$	0,3 Mikron: $\geq 99\%$
	Avrupa: EN 149:2001	FFP1	FFP2
		0,3 Mikron: $\geq 80\%$	0,3 Mikron: $\geq 94\%$
Tıbbi olmaya nmaske	Kanada'da tıbbi olmayan maskeler için herhangi bir standart veya düzenleme bulunmamaktadır. Bazı uluslararası standartlar mevcuttur (Avrupa'da AFNOR, ABD'de ASTM) .		
3,0 Mikron: Bakteri Filtrasyon Verimliliği standardı (BFE). 0,1 Mikron: Partikül Filtrasyon Verimliliği standardı (PFE). Yakalanacak parçacık; X: Gereklik yok.			

Aslında tıbbi olmayan yüz maskesi, sertifikalandırılmamış olsa da önemlidir. Yüz maskesi üreticileri, ürün kalitesini FDA, ASTM , ISO vb. altında belgelendirmeli ve orada etiketlemelidir. Sertifikalı tıbbi maske tanımı pakette belirtilir (Universitat Konstanz 2022.). Farklı standartlarda yüz maskesinin karşılaştırılması Tablo 1.2'de verilmektedir (Khan ve diğ. 2022).

Ancak, tıbbi olmayan maske standardı Fransız Standardizasyon Derneği (AFNOR Group) tarafından filtrasyon (minimum %70 katı partikül filtrasyonu veya damla filtrasyonu) ve nefes alabilirlik (maksimum 0,6 mbar/cm<sup>2</sup> basınç farkı) açısından minimum performansı tanımlamak için geliştirilmiştir (veya COVID-19 bağlamında maske kullanımına ilişkin maksimum mbar soluma direnci ve 3 mbar maksimum nefes verme direnci) (Sağlık ve diğ. 2020).

## 1.1 Cerrahi Maskeler

Cerrahi maskeler, mikroorganizmalar (örn. virüsler ve bakteriler) içerebilen büyük partiküllerin (damlacıklar, sıçramalar, spreylar gibi) burun ve ağza ulaşmasını engellemek için kullanılır. Öncelikle hastaların tükürük ve solunum salgılarına maruz kalmasını en aza indirerek hastaları sağlık çalışanlarından korumayı amaçlasalar da, genellikle yüz cildinde sıkı bir sızdırmazlık oluşturmazlar ve bu nedenle insanları hava yoluyla bulaşan bulaşıcı hastalıklardan korumaları önerilmez. Bu nedenle, cerrahi maskeler yalnızca sıvı geçirmezlik yoluyla enfeksiyona karşı koruma sağlamak için düşünülmüştür. Cerrahi maskelerin partiküllere (0.04–1.3  $\mu\text{m}$ ) karşı sağladığı koruma, N95 maskelerden 8–12 kat daha azdır (Lee ve diğ. 2016). Cerrahi maskeler tek kullanımlıktır ve sterilizasyon edilmeleri önerilmemektedir (Sağlık ve diğ. 2020).

Cerrahi maskeler >%95 filtrasyon etkinliği ile 0,3 mikron çapında partikülleri ve mikroorganizmaları filtreleyebilir, ancak 0.1 mikron çapındaki partiküller için %30 filtrasyon verimine sahiptir, dolayısıyla mikroplardan tam koruma sağlamadığını gösterir. Örneğin Corona virüsün çapı 0,06-0,14 mikrondur (Fr ve diğ. 2016).

Cerrahi maskeler ayrıca genel halk içinde, koşulların kötü olduğu ve en az bir metrelik fiziksel mesafenin korunamadığı (toplu taşıma gibi) kalabalık ortamlarda, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu ortamlarda (örneğin mülteci kampları, kamp benzeri ortamlar, sıkışık koşullarda yaşayan insanlar) kullanılabilir. COVID-19 enfeksiyonu olduğundan şüphelenilen veya teyit edilen bir hastaya bakan sağlık çalışanları, maskeye ek olarak temas ve damlacık önlemleri de almalıdır (WHO 2020).

### 1.1.1 Cerrahi Maske Standardı ve Sınıflandırmaları

Cerrahi maske performansı, ASTM F2100, EN 14683 veya filtrasyon verimliliği kapasitesini, uygun nefes alabilirliği ve isteğe bağlı sıvı penetrasyon direncini hesaba katan eşdeğer standartlar kullanılarak değerlendirilir.

Cerrahi maskeler TS EN 14683 standardına göre CE (Avrupa yönetmeliğine uygunluk) onaylı olmalıdır ve Tablo 1.3'de gösterildiği gibi sınıflandırılmalıdır (Johnny 2022).

**Tablo 1.3:** Avrupa standardı EN 14683 2019 göre cerrahi maske sınıflandırması

<b>Tipler</b>	<b>BFE (%)</b>	<b>Fark basınç / nefes alabilirlik</b>	<b>Sentetik kan penetrasyon testi</b>	<b>Mikron altı parçacıkları yakalama yeteneği</b>
<b>Tip-I</b>	≥95%	< 40 Pa/cm <sup>2</sup>	Gerekli değil	≤ 30 CFU/g
<b>Tip-IR</b>	≥95%	< 60 Pa/cm <sup>2</sup>	≥120 mmHg	≤ 30 CFU/g
<b>Tip-II</b>	≥98%	< 40 Pa/cm <sup>2</sup>	Gerekli değil	≤ 30 CFU /g
<b>Tip-IIR</b>	≥98%	< 60 Pa/cm <sup>2</sup>	≥120 mmHg	≤ 30 CFU/g

- BFE: bir malzemenin mikroorganizmaların transferine yeterli bir bariyer sağlama yeteneğinin önemli bir ölçüsüdür. (yani, bir malzemenin aerosol haline getirilmiş bakterilerin geçişini engelleme yeteneğini göstermektedir).
- Basınç farkı: Bir cerrahi yüz maskesinin içinden akan havaya karşı direncini belirler; basınç düşüşü aynı zamanda nefes alabilirlik (yani, havanın maskeden ne kadar kolay geçtiğini göstermektedir).
- Sentetik kan penetrasyonu: yüz maskesi malzemelerinin sentetik sıvı penetrasyonuna direnme yeteneklerine göre sıralanmasını sağlar. (Halyard 2022).
- Bioburden (Mikron altı parçacıkları yakalama yeteneği): üretim hattının temizliğini ve üretim sonrası temizleme ve paketlenme hatlarının etkinliğini değerlendirir (Boi ve diğ 2022).

Hastalar, hastalığın enfekte kişiden başkalarına yayılmasını önlemek için Tip I maske takmalıdır. Sağlık hizmeti sağlayıcıları için bir Tip II veya Tip II tıbbi maske tavsiye edilir (hem enfeksiyonun bulaşmasını önlemek hem de insanları enfekte hastalar tarafından üretilen bulaşıcı damlacıklardan korumak için). Ameliyathaneler için Tip II tıbbi maske önerilir. Düşük, orta ve yüksek seviyeli bariyer maskeleri sırasıyla Tip I, II ve II maskeleri ile temsil edilmektedir (Sağlık ve diğ. 2020).

Cerrahi yüz maskeleri, ASTM F 2100-07 bariyer niteliklerine göre Tablo 1.4'de görüldüğü gibi sınıflandırılır. Seviye 1 en düşük bariyerdir, seviye 2 ikinci en yüksek bariyerdir ve seviye 3 en yüksek bariyerdir (ASTM F 2100-07).

**Tablo 1.4:** ABD standardı ASTM F 2100-07 göre tıbbi yüz maskes sınıflandırması

<b>Özellikleri</b>	<b>Level 1 / Düşük bariyer</b>	<b>Level 2 / orta bariyer</b>	<b>Level 3 / Yüksek bariyer</b>
Bakteriyel filtrasyon verimliliği (%)	≥ 95	≥ 98	≥ 98
Fark basıncı, mm H <sub>2</sub> O/Cm <sup>2</sup>	< 4.0	< 5.0	< 5.0
% 0.1 mikronda mikron altı partikül filtrasyon verimliliği	≥ 95	≥ 98	≥ 98
Sentetik kanın penetrasyonuna karşı direnç (mmHg)	80	120	160
Geçiş sonucu alev yayılması için mm Hg cinsinden minimum basınç	1. sınıf	2. sınıf	3.sınıf

FAD'a göre, 1. sınıf ve 2. sınıf cerrahi yüz maskelerinin yapımında yanıcı malzemeler kullanılabilir (Kalkhoran, Sara; Benowitz, Neal; Rigott 2018). Partikül filtrasyon verimliliği (PFE), malzemenin mikron altı partiküllere ne kadar iyi direnç olduğunu göstermektedir. Temelde BFE ile aynı konsepttir, ancak testler farklı şekilde gerçekleştirilir. Seviye 1 Sıvı, sprej veya aerosolün olmayacağı düşük riskli durumlar içindir. Seviye 2 maskeleri, hafif veya orta derecede aerosol, sıvı ve spreje karşı bir bariyer sağlar. Seviye 3 yüz maskeleri, 160 mmHG sıvı direnci ile aerosol, sıvı ve spreje olası yoğun maruz kalma içindir (Brittany 2022).

### 1.1.2 Standart ve Yönergeler

FDA yönergelerine göre, üreticiler cerrahi maske performansını sıvı direnci, diferansiyel basınç, yanıcılık ve filtre verimliliği dahil olmak üzere dört kategoride göstermelidir. Partikül filtrasyon verimliliği (PFE) nötrleştirilmemiş 0,1 m aerosol ve 28,3 L/dk akış hızı kullanılarak ve bakteri filtrasyon verimliliği (BFE) nötrleştirilmemiş  $3 \pm 0,3$  m Staphylococcus aureus aerosolü ve 6-8 akış hızı kullanılarak ölçülür. FDA, filtre etkinliği için minimum değerler belirlemez (Oberge ve Brosseau 2008).



Türkiye Devlet Malzeme Ofisi (Devlet Malzeme Ofisi) tıbbi maske standartlarına göre maske, polipropilenin de kullanılabildiği 3 kat dokusuz malzemedan yapılmalı ve 6 ila 8 saat sürekli kullanıma uygun olmalıdır. Ayrıca anti alerjik olmalıdır (Sağlık ve diğ. 2020).

**Tablo 1.5:** Cerrahi maskelerin uluslararası sertifikasyonu için test standartları ve rehberi.

Ülke	Performans standardı	Kabul edilebilir ürün sınıfı	Standartlar/ rehberlik belgeleri	Koruma faktörü $\geq 10$
Avustralya	AS/NSZ 1716:2012	P3 P2	AS/NSZ 1715:2009	Evet
Brezilya	ABNT/NBR 13698:2011	PPF3 PPF2	Fundocentro CDU 614.894	Evet
Çin	GB 2626-2006	KN100 KP100 KN95 KP95	GB/T 18664- 2002	Evet
Avrupa	EN 149-2001	FFP3 FFP2	EN 529:2005	Evet
Japonya	JMHLV-2000	DS/DL3 DS/DL2	JIS T8150:2006	Evet
Kore	KMOEL- 20177-64	Özel 1	KOSHA GUIDE	Evet
Meksika	NOM-116- 2009	N100, P100, R100 N99, P99, R99 N95, P95, R95	NOM 116	Evet
ABD-NIOSH şartları	NIOSH onaylı 42 CFR 84	N100, P100, R100 N99, P99, R99 N95, P95, R95	OSHA 29CFR1910.134	Evet

NIOSH ve OSHA gibi devlet kurumları, maskeler gibi ürünlerin son kullanıcıları için koruma ihtiyaçlarını belirlemesinin ardından ISO ve NFPA gibi kuruluşlar bu koruma gereksinimleri etrafında performans kriterlerini belirler. Ardından ASTM, UL veya AATCC gibi test yöntemi kuruluşları, bir ürünün güvenli olduğundan emin olmak için standart yöntemler oluşturur. Bir şirket, bir ürünü güvenli olarak belgelendirmek istediğinde, ürünlerini CE veya UL gibi bir sertifikasyon kuruluşuna sunar, bu kuruluş daha sonra ürünü kendisi test eder veya akredite bir

üçüncü taraf test tesisi kullanır. Mühendisler, test sonuçlarını performans özelliklerine göre değerlendirir ve geçerse kuruluş, ürünün güvenli olduğunu göstermek için ürüne damgasını basar (Brittany 2022). Ülkelere göre oluşturulan standart test yöntemleri ve sınıflandırması Tablo 1.5’de sunulmuştur.

Tıbbi maske tipi konusunda karar vericiler aşağıdaki özellikleri göz önünde bulundurmalıdır; Malzeme türleri; Filtrasyon verimliliği, dokumanın sıklığına, elyaf veya iplik çapına ve dokusuz yüzey malzemeler söz konusu olduğunda, spunbond, meltblown veya elektrostatik şarj olabilen üretim prosesine bağlıdır (Liao ve diğ. 2020).

Katman sayısı: Kullanılan kumaşa bağlı olarak tıbbi maskeler için en az üç katman gereklidir. Maskenin en içteki tabakası kullanıcının yüzü ile temas halindedir. En dış katman çevresel etkilere maruz kalır (Citation 2006).

Kullanılan materyalin kombinasyonu: En iç katman hidrofil bir malzeme (örneğin pamuk veya pamuk karışımları); En dış katman kullanıcının burnuna ve ağızına nüfuz eden harici kontaminasyonu sınırlayabilen hidrofob bir malzeme (örneğin, polipropilen, polyester veya bunların karışımları); orta katman polipropilen gibi hidrofob sentetik dokusuz yüzey bir malzeme veya filtrasyonu artırabilen damlacıkları tutabilen pamuklu bir malzeme (He ve diğ. 2021).

Maske şekli: Maske şekilleri düz katlama veya farklı şekillerde kullanıcının burnuna, yanaklarına ve çenesine tam oturacak şekilde tasarlanmıştır. Maskenin kenarları yüze yakın olmadığında ve hareket ettiğinde, örneğin konuşurken, iç/dış hava kumaştan filtrelenmek yerine maskenin kenarlarından içeri girer. Filtrelenmemiş havanın maskenin içine ve dışına hareket ettiği sızıntılar, maskenin boyutuna ve şekline bağlanabilir (Lee ve diğ. 2016).

Kumaşın kaplanması: Kumaşın mum gibi bileşiklerle kaplanması bariyeri artırabilir ve maske sıvısına karşı dirençli hale gelebilir; bununla birlikte, bu tür kaplamalar istemeden gözenekleri tamamen tıkayabilir ve maskenin nefes almasını zorlaştırabilir. Azaltılmış nefes alabilirliğe ek olarak, filtrelenmemiş havanın nefes

veriş sırasında maskenin kenarlarından kaçması daha olasıdır. Bu nedenle kaplama tavsiye edilmez (WHO 2020).

**Maske bakımı:** Maskeler sadece bir kişi tarafından kullanılmalı ve başkalarıyla paylaşılmamalıdır. Islak veya gözle görülür şekilde kirliyse tüm maskeler değiştirilmelidir; ıslak maske uzun süre kullanılmamalıdır. Maskenin ön kısmına dokunmadan maskeyi çıkarmak, maskeyi çıkardıktan sonra göz ve ağza dokunmamak gerekir. Maske ya atılmalı ya da yıkanıp temizlenene kadar saklanabileceği sızdırmaz bir torbaya konulmalıdır. Hemen ardından el hijyeni uygulanmalı.

### **1.1.3 Cerrahi Maske Üretim Malzemeleri ve Yöntemleri**

#### **1.1.3.1 Materyal**

Cerrahi yüz maskeleri için en yaygın kullanılan malzemeler sentetik termoplastik polimerlerdir. Daha pürüzsüz bir morfolojiye, daha düzgün bir nano gözenek yapısına ve boyutuna sahiptirler, daha ucuzdurlar ve daha iyi bir bağlanma kabiliyetine sahiptirler (Armentano ve diğ. 2021).

Polipropilen (PP) ve polietilen (PE), polyester, poliüretan ve polietilen, poliamid, naylon ve polikarbonat gibi poliolefin reçineleri, dokunmamış yüz maskelerinin üretiminde kullanılan polimerlerden bazılarıdır (Limited 2011). Bu polimerlerin özellikleri Tablo 1.6'de verilmiştir (Khan ve diğ. 2022).

Polipropilen ağ, dielektrik nitelikleri, üretim kolaylığı, düşük maliyeti ve bulunabilirliği nedeniyle en yaygın kullanılan polimer türüdür (Cohen ve Birkner 2012). Ayrıca, PP'nin hidrofobik bir eğilime ve stabil bir kumaş düzenine sahip olması, onu maskenin dış ve iç katmanları için uygun hale getirir (Prudhvi Krishna ve diğ. 2021) . Ayrıca hem meltblown hem de spunbond ürünlerde üretim yapmak için esnektir (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>).

**Tablo 1.6:** Cerrahi maskeler için en sık kullanılan polimerlerin özellikleri

Polimerler	Ürün	Özellikleri
Polipropilen (PP)	Spunbond ve meltblown	Düşük yoğunluğu ve özgül ağırlığı, kuru partikülleri filtreleyebilme özelliği, yüksek kimyasal (alkali ve asit) direnci, işleme kolaylığı, geri dönüştürülebilirliği, değiştirilebilir doğal hidrofobitesisi, iyi mekanik mukavemeti, aşınma direnci nedeniyle düşük maliyetli, tüm sentetik kumaşlar arasında en hafif ağırlık, ve mikro gözenek dağılımı homojenliği, PP'yi yüz maskeleri üretimi için umut verici bir seçenek haline getirir.
Poliyeten (PE)	Meltblown	Yüksek yoğunluklu PE, düşük yoğunluklu PE ve lineer düşük yoğunluklu PE dahil olmak üzere farklı yoğunluklarda PE elde edilebilir. İyi kimyasal direnç, hafiflik ve hidrofobik özellikleri vardır. PP'nin yüksek kesme hassasiyeti ve daha yüksek erime sıcaklığı nedeniyle PE'nin ekstrüde edilmesi PP'den daha kolaydır
Polyesterler (PET)	Spunbond	Daha yüksek çekme modülü, mukavemet ve ısı kararlılığı, ancak PP'den daha düşük maliyetli ve geri dönüşümü daha zor.
Naylon 6 ve 6-6	Spunbond	Fiber hafifliği ve yüksek erime sıcaklığı (260 °C), ancak su emilimi nedeniyle yüz maskeleri için uygun değildir

Dokunmamış polipropilenin geniş fiber yüzey alanı, üretim sırasında partikülleri elektrostatik olarak yakalamak ve /veya fiziksel olarak filtrelemek için şarj edilebilir, bu nedenle N95 maskelerine olan yüksek talep, COVID-19 salgını sırasında polipropilen filtre malzemesi üretim akışını etkilemiştir.

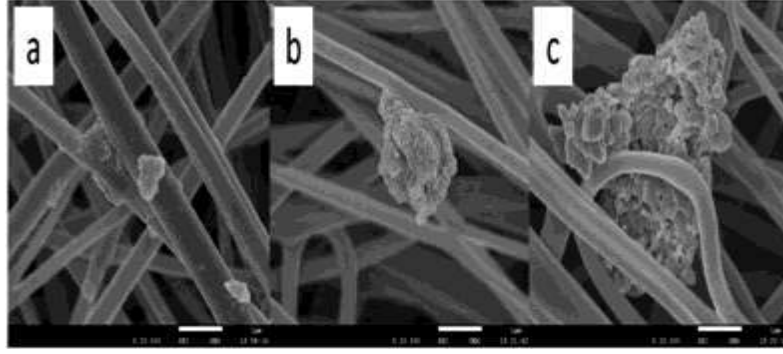
Ayrıca ıslak filtrasyon uygulamalarında kullanılan nonwoven polipropilen, sıhhi ürünlerde; tek kullanımlık çocuk bezleri, bebek bezleri, medika uygulaması; tıbbi sterilizasyon sargıları, jeotekstiller, dokunmamış mobilya yapım kaplamaları ve halı vb. Kolayca tedarik edilebilir ve yeniden kullanılabilir, birçoğu yüksek filtreleme yeteneklerine katkıda bulunan elektret yükünden yoksundur (Bagheri ve diğ. 2021).

Polipropilen kronik pelvik ağrısına neden olmaktadır. Polipropilenden biyolojik olarak daha kabul edilebilir/biyomalzeme alternatiflerine geçişi sağlamak için, selüloz kullanılarak iyi tanımlanmış nano topografiye sahip bir nano lifli ağ üretme hedefiyle Avrupa araştırmaları yürütülmüştür. Madde olarak transgenik bütün bitkilerinden elde edilen insan rekombinant kolajen ve biyolojik parçalanabilen poli-kaprolakton veya polilaktik/poliglolik asit kullanılmaktadır (Morris ve Murray 2020).

### **1.1.3.2 Üretim Teknolojisi**

Hava filtrasyon uygulamalarında en sık kullanılan tekstil ortamı dokusuz yüzey kumaşlardır. Bu kumaşların yapısı ve filtrasyon etkinliği Şekil 1.3'de gösterilmiştir (Li ve diğ. 2016). Kullanıcı, mümkün olan en iyi uyumu, mükemmel hava geçirgenliğini, yumuşaklığı, hafifliği ve cilt uyumluluğunu içeren rahatlık bekler (Limited 2011).

Filtrasyon amaçlı dokusuz yüzey kumaşlar çoğunlukla nanoliflerden yapılıdır. Nanoliflerin boyutu  $\leq 100$  nm olan küçük bir çapa sahip olabilir, bu da onların büyük bir yüzey-alan-hacim oranına, son derece küçük gözenek boyutlarına ve üstün mekanik özelliklere sahip olmalarını sağlar (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>). Nanoliflerin benzersiz özellikleri sayesinde, dokusuz yüzey kumaşlar düşük hava geçirgenliğine ve daha yüksek filtrasyon verimliliğine sahiptir (Şekil 1.3). Dokusuz yüzey kumaşlar ayrıca dokuma kumaşlara kıyasla daha düşük üretim maliyetlerine sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı çoğunlukla yüksek performanslı filtrasyonda uygulanabilirler.



**Şekil 1.3:** Nanolifler ile parçacıkların yakalanması. (a) ve (b) yüzey adsorpsiyonu ve (c) durdurma ile

Kuru serme, ıslak serme ve eğirerek serme üretim prosedürlerinin tümü, dokusuz yüzey kumaşlar üretmek için kullanılır. Spunlaid, spunbond ve meltblown olmak üzere ikiye ayrılırken, kuru serme işlemi taraklama ve havalı serme olarak ikiye ayrılır.

Spunlaid ağ oluşturma konsepti 1950'lerin sonlarında Avrupa ve ABD'de geliştirildi. Prensipte olarak, spunbond ve meltblown yapılar benzerdir, ancak teknolojiler, kumaş yapısı ve özellikleri arasında önemli bir fark vardır. Bu nedenle, bu işlemler 1950'lerin sonundaki başlangıcından bu yana paralel olarak büyümüştür ve bazı uygulamalar için, ayrıca laminatlar, trilaminat (örn. SMS) ve diğer çok katmanlı kumaşlar kullanılır (Cohen ve Birkner 2012).

### ***Meltblown Dokusuz Yüzey Kumaş***

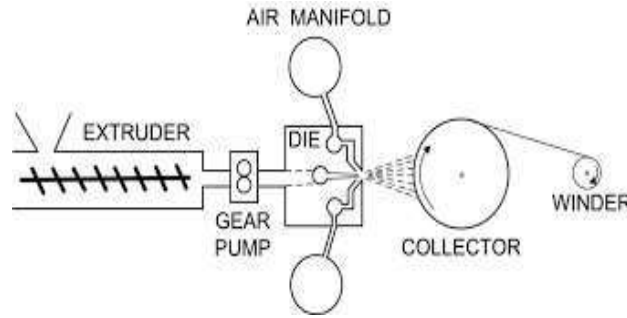
Meltblown dokusuz yüzey kumaşlar, polipropilen, polyester, poliüretan, naylon, polietilen ve polikarbonat gibi sentetik termoplastik polimerlerden yapılırlar (Yesil ve Bhat 2017). Polipropilen mikro ve nano liflerin ekstrüde edildiği ve birbirine dolandığı, aerosol partiküllerini çekebilen ve tutabilen elektrostatik yüklü ortamlarla sonuçlanan bir yöntemdir (Kulyk ve diğ. 2021).

Polimer, birkaç yüz küçük delik içeren doğrusal bir kalıptan ekstrüde edilir. Meltblown dokunmamış kumaşın üretim süreci şekil 1.4'te açıklanmıştır (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>b</sup>). Eriterek şişirme işleminde spunbonding işleminden farklı olarak, yakınsak sıcak hava akışları (kalıp burun parçasının üst ve alt taraflarından çıkan), son derece ince çaplı lifler (1-5 mikron) oluşturmak için ekstrüde edilmiş polimer

akışlarını hızla zayıflatır, küçük gözenek boyutlu dokunmamış kumaşlar oluşturabilir (Jayswal 2020). Zayıflatılmış lifler daha sonra yüksek hızlı hava ile bir toplayıcı konveyör üzerine üflenir, böylece ince lifli, kendinden yapışkanlı dokunmamış bir meltblown ağ oluşturur (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>). Cerrahi yüz maskeleri, solunum maskeleri, sıvı filtreleme, gaz filtreleme, kartuş filtreler ve temiz oda filtreleri üretilir (Jayswal 2020).

Meltblown ağdaki elyaflar, toplayıcı üzerine biriktirilmeden önce elyafları çekme yönteminin bir kombinasyonu ile bir arada tutulur ve bu nedenle ağlar, düşük ila orta mukavemet sergiler.

Pürüzsüz bir dokuya sahip olması ve bu nedenle spunbondtan daha zayıf olması, mukavemet ve sürdürülebilirlik sağlamasından dolayı kumaşın destekleyici olarak spunbond gibi ekstra malzemeye ihtiyacı vardır (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>).



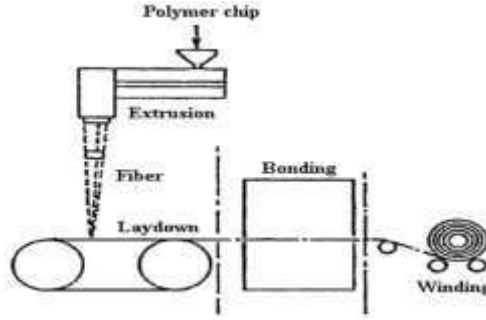
**Şekil 1.4:** Meltblown'un şematik diyagramları

### ***Spunbond Dokunmamış Kumaş***

Spunbond dokusuz yüzey üretim süreci ilk kez 1950'lerde Dupont tarafından ABD'de geliştirildi ve teriminin 1960'ların başında Dupont tarafından belirlendiği düşünülmektedir. Spunbond kumaşların üretimi, aynı anda dört entegre işlemin kontrolüdür.

Spunbond dokunmamış kumaşın üretim süreci şekil 1.5'de açıklanmıştır (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>b</sup>). İşlemin son adımı ağ konsolidasyonu veya bağlama aşamasıdır, dolayısıyla spunbond jenerik terimidir. Sıcak kalender nokta bağlama, spin bağlamada önemli bir aşamadır, çocuk bezi olarak tek kullanımlık ürünler, sıhhi ürünler ve bunlara bazı örnekler tıbbi ürünler bu yöntemle elde edilir. Meltblown yöntemi ile poliolefinler gibi polyesterler ve poliamidler de cerrahi maske imalatında

yaygın olarak kullanılır. Meltblown ve spunbond yapılar geleneksel olarak poliolefinlerden, özellikle polipropilenden yapılmıştır (Cohen ve Birkner 2012).



Şekil 1.5: Spunbond şematik diyagramı

Yumuşaklığı ve düşük mukavemeti nedeniyle PP spunbond, meltblown cerrahi maskelerin orta tabakası için destekleyici bir ağ olarak kullanılır. İç ve dış kısımları aşınma ve diğer mekanik hasarlardan korumak için kullanılır. Meltblown dokunmamış kumaşların %66,6'sı genellikle eğilerek bağlanmış dokunmamış kumaşlarla desteklenir. (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>). Spunbond ve meltblown yüzeyler arasındaki fark Tablo 1.7'da verilmiştir farklar (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>b</sup>).

Tablo 1.7: Meltblown ve spunbond arasındaki

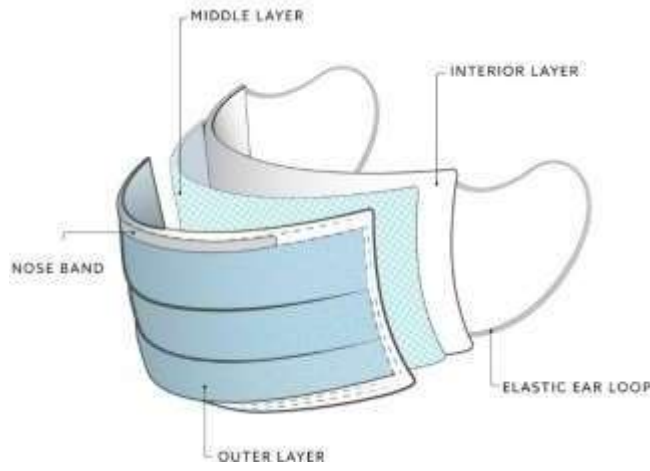
Parametreler	Meltblown	Spunbond
Elyaf Çapı	2-7 $\mu m$	15 -50 $\mu m$
GSM	8 - 350 $g/m^2$	5 - 800 $g/m^2$
Tek lif boyunca lif çapı	Düzgün	Düzgün değil
Mukavemet	Düşük ila orta	Yüksek

#### 1.1.4 Cerrahi Maskenin Bileşenleri

Cerrahi maskeler normalde ip ve burun telli üç kat polipropilen dokunmamış kumaştan oluşurken, solunum maskeleri, solunum cihazına şekil ve kalınlık vermek için ortada modakrilik bir destek tabakası bulunan dört kat filtreden yapılıdır (Dowd ve diğ. 2020). Şekil 1.6 yaygın kullanılan bir cerrahi maskenin bileşenlerini göstermektedir (Twintech Industry 2022).



İç ve en dış katmanlar hidrofobik PP spunbond'dan yapılmıştır. Orta tabaka ise spunbond tabakalardan daha az boşluk içeren bir mikro lifli PP meltblown'dan yapılmıştır. Patojenlerin ve zararlı partiküllerin girmesine karşı geçirimsiz bir bariyer sağlamaya yardımcı olur. Yüz maskesinin asıl filtreleme mekanizmasıdır. Dış ve iç katmanlar, kullanıcının nefes verme neminden nemi emmek için spunbond bir polipropilen emici malzemedan yapılmıştır. Dış katmanların, sıvıların maskeye nüfuz etmesini önleyen, Streptococcus pyogenes ve metisiline dirençli Staphylococcus aureus'u öldüren ve ayrıca H1N1 ve H5N1 influenza suşlarını ve diğer virüsleri devre dışı bırakan hidrofobik bir katmana sahip olduğu gösterilmiştir (Spennemann 2022).



**Şekil 1.6:** Cerrahi maske bileşenleri

Kullanıcının dudaklarına ve burnuna en yakın olan iç tabaka genellikle kimyasal işlem görmez. Anti-alerjik, yumuşak ve yatıştırıcı olmalı, cildi tahriş etmemelidir ve nefes alma, öksürme ve tükürme yoluyla üretilen sıvıları emmeli, kullanıcının verdiği nefesteki nemi toplamalıdır (Kulyk ve diğ. 2021).

Halatlar spandeks ve polyesterden yapılmıştır ve giymesi oldukça rahattır. Kullanıcının kulaklarına takabileceği veya kafasına bağlayabileceği bir çizgi, şerit veya plaka şeklindedir (Huang ve diğ 2007). Yuvarlak elastik halatların çapı 2,5 ila 2,8 mm arasındayken, düz elastik halatların genişliği 3,5 ila 4 mm arasında değişmektedir. Kullanıcıya tam oturmasını sağlamak için burun teli, standart genişliği 3 mm olan alüminyum veya plastik PE'den oluşur (şekil 1.6).

### 1.1.5 Katmanların Bileşimi

Maskenin özel mukavemeti, mükemmel aşınma direnci, tiftiksiz özellikleri ve kan, diğer vücut sıvıları, alkol, su vb. gibi birçok sıvıya karşı etkili bariyer özellikleri için iki spunbond dokusuz yüzey kumaş arasına bir orta meltblown dokusuz yüzey malzeme sıkıştırılır. Bu, meltblown kumaşların doğası gereği zayıf, yumuşak, mikro gözenekli ve yumuşak olması nedeniyle yapılır. (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>). Gelişmiş enfeksiyon kontrolü, sterilite ve filtrasyon verimliliği sağlayarak hastaların ve tıbbi personelin güvenliğini sağlarlar (Limited 2011).

Brock ve Meitner, 1977'de Kimberly-Clark Corporation'da ilk Spunbond - Meltblown-Spunbond (SMS) kompozisyon teknolojisini icat etmiştir. Örnekte, buluş sahipleri (Brock ve Meitner), kompozitin "özellikle arzu edilen mukavemet özelliklerine sahip olduğunu" belirtmektedir. Spunbond-Meltblow-Spunbond (SMS) veya Spunbond-Meltblown-MeltblownSpunbond (SMMS), Spunbond-Spunbond-Meltblown-Meltblown-Spunbond (SSMMS) en popüler kombinasyon yapılarıdır (Brock ve diğ. 2006).

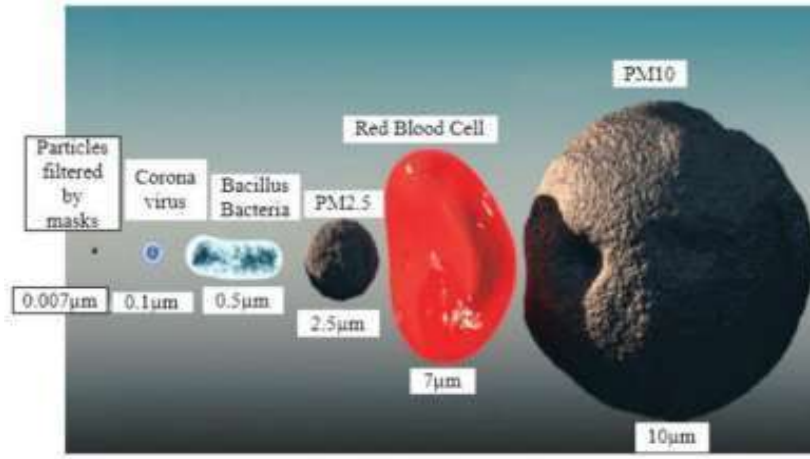
Cerrahi bir yüz maskesi üretiminde hem güçlü hem de nefes alabilen meltblown mikro gözenekli bir yapı üretmek zordur; ancak SMS yapısı bu mekanik zorlukların üstesinden gelir (Spennemann 2022). 10 - 70 g/m<sup>2</sup> arası ağırlıktaki SMS ürünleri en yüksek koruma seviyesine sahiptir ve yumuşaklıkları ve rahatlıkları önemli ölçüde iyileştirilmiştir (Limited 2011). Ayrıca, günümüzün sterilizasyon sargıları genellikle ince bir filtre görevi gören ince bir spunbond polimer tabakasına sahip Spunbond-Meltblown-Spunbond laminatlarından (SMS) yapılıdır (Bagheri ve diğ. 2021).

### 1.1.6 Partikül Madde (PM)

Parçacıklar hafiftir, havada yüzmelerine ve bir aerosol oluşturmalarına izin verir. Aerosoller, havada veya gazda asılı duran küçük katı parçacıklar veya sıvı damlacıklardır. Biyoaerosoller / biyolojik aerosoller, kara ve deniz ekosistemlerinden atmosfere salınan partiküllerin bir alt kategorisidir. Mantarlar, polenler, bakteriler ve

virüsler gibi hem canlı hem de cansız bileşenlerden oluşurlar. Biyoaerosollerin yaygın kaynakları arasında toprak, su ve kanalizasyon bulunur (Fr ve diğ. 2016).

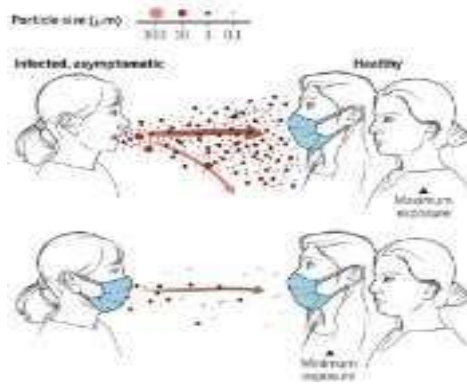
PM kirliliği, öğütme değirmeninden gelen toz veya hatta ince tozlu malzemeyi hareket ettiren açıkta kalan bir bantlı konveyör gibi çeşitli kaynaklardan gelebilir; yine de, ister ulaşım ister enerji üretimi için olsun yanma, PM'nin çoğunu üretir. PM, çeşitli boyutlarda sıvı ve katı parçacıkların kimyasal olarak karmaşık bir karışımıdır. Boyutlarına göre ultra ince (0,1 mikrondan küçük), ince (0,1-0,2 mikrondan) veya kaba (2,5 mikrondan fazla) olarak sınıflandırılabilirler. İnsanlar onları soluyabilir ve ortam boyunca yüksek bir nüfuza sahiptirler. Bu partiküllerin boyutlarının bazı bilinen maddeler ile karşılaştırılması Şekil 1.7'de verilmiştir (Jayswal 2020).



**Şekil 1.7:** Partikül boyutları yüz maskesi ile filtrelenebilir

Konuşma, öksürme, hapşırma, deri dökülmesi veya yüzeyleyden yeniden süspansiyon gibi insan ekspiratuar aktivitelerinin tümü onu üretebilir ve serbest bırakabilir. (Fairchild ve Stampfer 1987), 0,09–3,0 µm aralığında bir optik parçacık sayacı kullanarak solunan nefesteki damlacıkları ölçtü. Bir hapşırık, 0,5 ila 12 µm'de partiküllere buharlaşabilen 40.000 kadar damlacık üretebilir. Konuşarak ve öksürerek oluşan damlacıkların %40'ından fazlasının çapı 75 mikrondur. Bu partiküller şiddetli akut solunum sendromunu tetikleme potansiyeline sahiptir (Aliabadi ve diğ. 2011). PM solunum yolu enfeksiyonlarının bir nedeni olabilir. Enfeksiyon, doğrudan veya dolaylı olarak bulaşabilir. Hapşırma ve öksürme yoluyla oluşan solunum yolu hastalıkları doğrudan bulaşın olduğu örneklerdir.

Parçacıklar, aerosoller aracılığıyla 8 metreye kadar gidebilir ( Seven of 10 studies are based on modeling, and among them the extent of horizontal spread of droplets vary between 2 and 8 meters ( $\approx$ 6–26 feet) ve koronavirüs 2 (SARS-cov-2 virüsü) gibi ciddi akut solunum sendromuna (SARS) neden olabilir (Bahl ve diğ. 2022). Enfeksiyöz damlacıklar bir kez serbest bırakıldığında, nasıl taşındıklarını belirleyen ana faktörler boyutları, türleri, hava akış düzenleri, nem ve sıcaklıktır (Todd ve Belteton 2014). Knight, damlacıkların buharlaşma hızını değiştirir ve bu nedenle damlacıkların boyutunu etkiler. 3m yüksekliğindeki bir odada parçacıkların yere düşmesi için geçen sürenin tahmini için yapılan çalışmada; 1-3  $\mu$ m çapındaki partiküller neredeyse süresiz olarak asılı kalırken, 10  $\mu$ m damlacıklar 17 dakika, 20  $\mu$ m damlacıklar 4 dakika ve 100  $\mu$ m damlacıkların 10 saniye havada kaldıktan sonra yere düştüğü gözlenmiştir (Knight 1980).



**Şekil 1.8:** Yüz maskeleri partikül filtrasyonu

Cerrahi veya solunum maskelerinin aksine, kişisel koruyucu ekipmanlar, kullanıcıya solunum koruması sağlamak için yeterli filtreleme veya takma özelliklerine sahip değildir. Yüz maskesi, akciğerleri aerosol parçacıklarından korumada etkilidir (O'Dowd ve diğ. 2020).

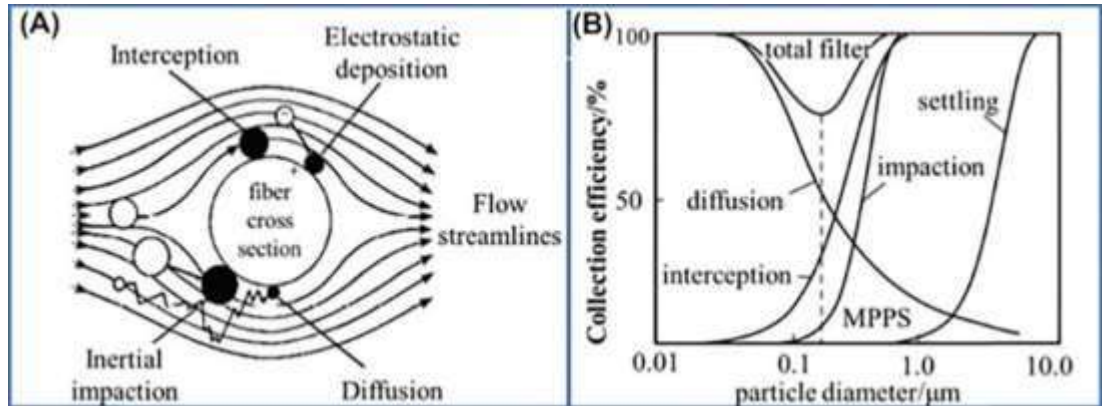
Maskeyi kullanmanın amacı, virüsün kendisini değil, virüs taşıyıcısı görevi gören mikroskobik damlacıkları durdurmaktır. Çoğu durumda, Covid-19 damlacık şeklinde yayılır (damlacık Boyutu yaklaşık 5-10  $\mu$ m'dir) (Pandit ve diğ. 2021).

Mikroorganizmalar damlacıklar yoluyla kişiden kişiye doğrudan bulaşabilir. Şekil 1.8'de gösterildiği gibi, bir yüz maskesi bulaşmayı azaltabilir (Spooner, 1918). Yüz maskesi takmak, mikroorganizmalara maruz kalmayı ve başkalarına bulaştırmayı

önlemeye yardımcı olur. Düşünce için solunum koruyucu cihazlar (RPD) kullanılması önerilir. Cerrahi veya solunum maskelerinin aksine, kişisel koruyucu ekipmanlar, kullanıcıya solunum koruması sağlamak için yeterli filtreleme veya takma özelliklerine sahip değildir. Yüz maskesi, akciğerleri aerosol parçacıklarından korumada etkilidir (O'Dowd ve diğ. 2020).

### 1.1.7 Yüz Maskesinin Filtreleme Mekanizması

Katı parçacıklar, filtrasyonun mekanik ve /veya elektrostatik temas süreci yoluyla gaz veya sıvıdan ayrılır. Havada asılı kalan küçük toz, sis veya damlacıklar olan aerosolleri gidermek için elektrostatik ve mekanik filtreler kullanan cerrahi yüz maskesi kullanılır (Jayswal 2020). Şekil 1.9 partikül filtreleme mekanizmalarının nasıl çalıştığını göstermektedir (Plotz 2020).



Şekil 1.9: (A) Filtreleme mekanizmaları , (B) toplama verimliliği

En yüksek geçirgenliğe sahip parçacık boyutu (MPPS), bir filtreden en kolay geçebilen parçacık boyutudur. Genellikle 0,3 mikron civarındadır (Şekil 1. 9B). Birçok filtre, MPPS'den daha küçük veya daha büyük parçacıkları yakalamada daha etkilidir. ancak 0,3 boyutlu partiküller sıklıkla, 0,3 mikronun %99,97'sini kaldıracak yüksek verimli partikül hava (HEPA) filtresi gibi temel filtreler ile filtrelenir. İnsan sağlığına daha küçük veya daha büyük parçacıklar kadar zararlı olabilirler.

Solunduğunda, akciğer dokusuna yerleşmeleri daha olasıdır. MPPS'nin bazı örnekleri alerjenler (0,1 ila 0,3 mikron), bakteriler (0,3 ila 0,9 mikron), boz akarları (0,1 ila 0,3 mikron), metalik dumanlar (0,3 ila 0,9 mikron), tütün dumanı (0,3 ila 0,9

mikron) ve virüslerdir (0,002 ila 0,4 mikron) (Sanalife 2022). Şekil 1.9'dan görüldüğü gibi MPPS filtrelemek için difüzyon ve elektrostatik filtrasyon mekanizmaları kullanılır. Difüzyon hariç, parçacık boyutu arttıkça toplama verimliliği artar.

### ***Elektrostatik Etkileşim Filtrasyonu / Elektrostatik Biriktirme***

Elektrostatik birikimin temeli, elektron yükündeki farklılıklar nedeniyle parçacıkların çekiciliğidir. Elektro yüklü polimer veya reçine lifleri, bu mekanizmada hem büyük hem de küçük zıt yüklü parçacıkları çeker ve yakalar, ancak küçük parçacıkları çekmek ve filtrelemek için uygulanır (Şekil 1.9A) (Maduna ve Patnaik 2017).

Elektriksel filtrasyonun mekanik filtrasyona göre avantajı, partiküllerin tutulmasında partiküllerin liflerden oldukça uzak bir mesafede aktif olmasıdır, böylece elektret liflerinden yapılan filtreler, küçük de olsa büyük boşluklara sahip açık bir yapıya sahip olabilir. Mikron parçacıkları verimli bir şekilde yakalanmalıdır (Verto 1980).

### ***Durdurma /interception***

Gaz akışının akış çizgisi-hareket eden parçacıkların elyafa çekildiğini varsayan teoriye dayanır. Akım çizgileri tarafından taşınan parçacıklar, lif yüzeyinden yarıçaplarından daha az bir mesafeye alınır, lifler arasındaki çekim kuvvetleri tarafından çekilir (Cowling ve diğ. 2009). 0,6 mikrondan büyük parçacıklar, durdurma filtreleri tarafından yakalanır (Pandit ve diğ. 2021).

### ***Atalet Birikimi / Inertial Deposition***

Yüksek hızlarda hareket eden parçacıklar atalet taşır ve hava akımının akışını takip etmezler, bu da fiberden geçerken yakalanmalarına neden olur. Bu yöntemler, 0,3-0,6 mikron arasındaki orta partikülleri filtreleyebilir (Pandit ve diğ. 2021).

### ***Brownian difüzyon/diffusion***

Virüsler gibi çapı 0,3 mikrometreden (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>a</sup>), küçük parçaların hareketidir. Küçük parçacıklar hava direnci nedeniyle düz bir çizgi yerine

zigzag hareketi yaparak akış çizgisinden dışarı çıkar ve lifler tarafından yakalanırlar. Brownian difüzyonu, COVID-19'u önlemede yüz maskesi için uygundur (Pandit ve diğ. 2021).

### ***Gravitational Forces / Yerçekimi Kuvvetleri***

Yerçekimi, ağırlığı olan şeyleri etkiler ve yerçekimi, elektrostatik biriktirme dışındaki tüm filtrasyon sistemlerinde rol oynar. Büyük parçacıklar çoğunlukla yerçekimi kuvveti tarafından filtrelenir ve lifin yüzeyine ulaşmadan önce düşer.

#### **1.1.8 Yüz Maskesi Verimliliği**

Bir yüz maskesinin veya solunum cihazının etkinliği iki önemli faktör tarafından belirlenir: kumaşın filtrasyon verimliliği ve maskenin uyum performansı. Fit veya yüz sızıntısı, kullanıcının yüz parçası etrafındaki sızıntıyı ne kadar iyi önlediğini ölçer, ancak ortamın filtrasyon verimliliği, ortamın partikülleri ne kadar iyi filtreleyebildiğidir (He ve diğ. 2021).

#### **1.1.9 Maske Tasarımı**

Yüz maskesi gövdesinin üç bölümü vardır, üst maske bölümü, uygun bir konuma yerleştirilmiş bir üst metal şerite sahiptir. Alt maske bölümü, uygun bir konuma yerleştirilmiş bir alt metal şerite sahiptir. Maskelerin üst ve alt kısımları zıt yönlerde katlanır. Her ikisinin de eğim açılarıyla oluşturulmuş iki kenarı vardır ve bu nedenle yamuk bir şekil oluşturur, her ikisi de orta maske kısmı yönünde katlanır. Orta maske kısmı, asimetrik olarak oluşturulmuş çok sayıda katlama kısmına sahiptir. Yüz maskesi yapısı kullanıldığında, maske gövdesinin katlanan kısımlarının gerilmesi gerekir ve çokyüzlü bir tasarım oluşturabilir, böylece maske gövdesi kullanıcının burnunu ve ağzını tamamen kapatabilir. Maskenin çokyüzlü tasarımı aşağıdaki amaçlara yardımcı olur (Huang ve diğ. 2007).

- Yüz maskesi yapısının iç boşluğunu artırmayı sağlar, hava istila oranını düşürür ve filtrelemeyi etkin bir şekilde iyileştirir.
- Kullanıcının yüzünün hareketinden kaynaklanan yüz maskesi yapısının hareket olasılığını azaltabilir (operasyon hissi taklit edilir).
- Yüz maskesi yapısının rahat nefes almasını engelleyecek ve hava sızma oranını azaltacak şekilde düz katlama yapısı oluşturmaya yardımcı olur.

Bununla birlikte, bir cerrahi maskede, kötü oturma nedeniyle partiküllerin %10-40'ı aşınacak şekilde ortaya çıkabilir. Cerrahi düz tip maskenin, uyumun ayarlanabilirliğini sınırlayan kulak halkası ve gövde tasarımı, kötü uyumun nedenlerinden biridir (He ve diğ. 2021).



**Şekil 1.10:** Cerrahi maske tasarımı

Cerrahi yüz maskesinin tasarımı şekil 1.10'de açıklanmıştır (Massimiliano 2020). Bir yüz maskesinin katlama öncesi ve sonrasındaki etkinliğinin sırasıyla %77 ve %82 olduğu keşfedildi. Basınç düşüşü değerleri sırasıyla 6.8 ve 3.8'dir (Huang ve diğ. 2007).

### **1.1.10 Filtre Performansını Etkileyen Faktörler**

Filtrasyon performansı, elyaf boyutu, kumaş morfolojisi ile ilişkilidir ve esas olarak elektret teknolojisi (polimer) nedeniyle elektrostatik özelliklere bağlıdır. Kumaş filtre performansı, elyaf ve kumaşın fiziksel özellikleri tarafından belirlenen faydalı özelliklerden biridir.



Dokusuz yüzey kumaşların kalınlığı, lif çapı ve yoğunluğu, maskenin etkinliğini belirlediğinden, uygun bir yüz maskesi oluşturmada önemli faktörlerdir (Jayswal 2020). Bu projenin amacı, kumaş ağırlığı, kalınlığı, hava geçirgenliği, homojenlik gözenekliliği ve katman sayısı gibi dokunmamış kumaş filtrasyon performansının etkisini belirleyerek cerrahi maskelerin filtrasyon verimliliğini artırmaktır. Basınç düşüşü ve biyolojik yük de araştırılıyor.

### *Lif Çapı*

Lif çapları, cerrahi maskelerin imalatında önemli bir husustur. Filtrasyon P\Mamacıyla dokusuz yüzey kumaş üretiminde elyaf çapı 0,25 µm aralığındadır. (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>b</sup>). Elyaf çapı dokusuz yüzeyin filtreleme özellikleri olan gözenek boyutunu, gözenekli kumaşı, hava geçirgenliğini ve elyaf düzgün dağılımını belirleyebilir. (Yesil ve Bhat 2017). Lif çapı küçüldükçe gözenek boyutu küçülürken, birim alan başına liflerin düzgün dağılımı arttıkça partiküllerin kumaşa yapışması için daha fazla şans verir (Akduman ve Kumbasars 2018).

Huang ve diğ. (2013) solunum koruması için kullanılan filtrelerin filtrasyon özelliklerini etkileyen faktörleri incelemiştir. Bu çalışmada incelenen ana işletim parametreleri, yüzey hızı, elyaf çapı, paketleme yoğunluğu, filtre kalınlığı ve elyaf yükü yoğunluğunu içerir. Sonuçlar, elektret filtre ortamından aerosol penetrasyonunun artan yüzey hızı ve artan fiber çapı ile arttığını ve paketleme yoğunluğu, filtre kalınlığı veya fiber yük yoğunluğu arttıkça azaldığını göstermiştir. En fazla nüfuz eden parçacık boyutu artan lif çapıyla artar; paketleme yoğunluğu, kalınlık veya elyaf yük yoğunluğundaki bir artış, en fazla nüfuz eden parçacık boyutunun azalmasına neden olur.

Zhang ve diğ. (2019) piyasada yaygın olarak kullanılan dört çeşit kaba polyester filtrenin filtrasyon performansını deneysel olarak araştırmıştır. Sonuçlar, bu filtre malzemelerinin 5 µm'den büyük partiküller için daha iyi filtrasyon verimine sahip olduğunu göstermiştir. Elyaf çapı, polyester filtrelerin verimini ve direncini etkileyen ana faktörlerden biridir.

### *Lif türü*

Lifli malzemelerden yapılmış filtre ortamı, rahatlık, filtreleme etkinliği ve ucuz üretim maliyetleri gibi avantajlara sahiptir. Polipropilen, cerrahi maske yapımında en sık kullanılan malzemedir (Brochocka ve diğ. 2020). PP, dielektrik özelliklere sahip olmasını sağlayan hidrofobik bir malzemedir. Kumaşın zıt yüklü parçacıkları çekmesini sağlar.

Elektret lifleri kalıcı bir elektrik yükü taşırlar, bu liflerden oluşan filtreler esas olarak parçacıkların uzun menzilli elektrostatik çekimi ile hareket eder. Geleneksel lifli filtrelerden önemli ölçüde daha az yoğun olma avantajına sahiptirler ve parçacık yakalama etkinliğinde azalma olmadan hava akışına daha az direnç sağlarlar (Tsai ve diğ. 2002).

### *Elyaf Kesiti*

Liflerin enine kesiti yuvarlak veya yuvarlak olmayan şekillerde elde edilebilir. Yuvarlak olmayan lif kesitleri birim hacim başına daha büyük bir yüzey alanı sunar ve mikron altı parçacıkların yakalama verimliliği performansında avantajlara sahiptir. Yuvarlak enine kesite sahip lifler filtre malzemesinin basınç düşüşü ve lifli yapıları yakalama verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yuvarlak olmayan enine kesit daha az aerodinamik şekillere sahiptir ve dairesel liflerden çok daha büyük sürüklenme kuvvetleri sergilerler (Wang ve Zhao 2015). Giysiler, elyaf takviyeli kompozitler, filtrasyon ve biyomedikal tekstiller yuvarlak olmayan enine kesit için bazı uygulama alanlarıdır (Liu ve Wang 2011). Bu lifler genellikle nemi uzaklaştırmak için mükemmel kılcallık ve fitilleme özelliklerine sahiptir, bu nedenle çocuk bezleri, hijyenik havlular, filtre malzemeleri, ayakkabı astarları ve yara örtüleri için kullanılır (Liu ve Wang 2012).

### *Fiber geometrisi/yönü*

Lifli bir filtre, aerosol penetrasyonunu kısıtlayacak ve kirleticilerin kullanıcının ağzından ve burnundan geçmesini önleyecek şekilde yerleştirilmiş, rastgele yönlendirilmiş birkaç elyaftan oluşur. Bu iplikler, parçacıkları yakalayan ve tutan kalın bir tabaka veya mat oluşturmak üzere birleşir.

Tekstil lifinin doğal rastgeleliği nedeniyle parçacıkların iplikler tarafından yakalanma olasılığı artar (Jayswal 2020). Çeşitli çalışma koşullarında optimum fiber filtreleme performansı üretmek için dairesel olmayan fiberlerin kesit şeklini ve oryantasyon açısını rasyonalize etme şansı vardır (Wang ve Zhao 2015).

### **1.1.10.1 Kumaş Özellikleri**

#### ***Gözeneklilik***

Filtre kumaşını geçirgen kılan gözeneklerin varlığıdır. Filtre kumaşının gözenekliliği, açık hava boşluğunun filtre kumaşının toplam hacmine oranıdır ve kumaştaki toplam gözeneklerin hacmi olarak tanımlanır. Filtreleme verimliliği, filtre kumaşındaki açık hava boşluklarının sayısı ve dağılımından etkilenir. Alan başına gözenek sayısı ve boyutları hava akımı direnci üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Çok sayıda gözenekli bir filtre bezi, partiküllerin yüzeyden ziyade gözeneklerin içine yerleşmesine izin veren azaltılmış bir basınç düşüşüne sahiptir. Gözeneklilik arttıkça hava geçirgenliği de artar ve buna bağlı olarak basınç düşüşü azalır (Maduna ve Patnaik 2017).

Polipropilen dokunmamış kumaşlar %75 ila 95 gözenekliliğe sahiptir (Dutton 2009). Gözenek boyutu parçacıkları yakalayacak kadar küçük olmalıdır, ancak çok küçük gözenek boyutları nefes almayı zorlaştırabilir. Sonuç olarak filtreler 300 nm gözenek boyutu sınırı ile yapılır (El-Atab ve diğ. 2020). Coronavirüsün 0,06-0,14 mm (60-140 nm) çapında olması, cerrahi bir yüz maskesi kullanarak filtrelemeyi zorlaştırır (Jayswal 2020). Yaklaşık 10-20 nm gözenek boyutu aralığı koronavirüsü filtreleyebilme yeteneği sağlar (sağlık ve diğ. 2020).

Dokusuz yüzey malzemenin hava geçirgenliği ve gözenekliliği, büyük ölçüde kumaş yapısındaki elyaf oryantasyonuna bağlıdır. Bu nedenle kumaşın hava geçirgenliği sadece kumaş ağırlığı ve kalınlığı ile değil aynı zamanda kumaşın gözenek yapısı ile de ilgilidir (Gültekin ve diğ. 2020).

Berkalp (2006) hava geçirgenliği ile bazı kumaş özellikleri (kalınlık, alan ağırlığı ve yoğunluk vb.) arasındaki ilişkiyi araştırmış ve gözeneklilik özelliğinin hava geçirgenlik performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamıştır. Hava geçirgenliği ile gözeneklilik karşılaştırıldığında, bu iki özellik arasında yüksek bir korelasyon elde edildiği belirtilmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur, çünkü gözenek boyutu arttığında, hava akışı için daha yüksek boşluk oranına sahip olması nedeniyle hava geçirgenliği de artar.

### ***Kalınlık***

Kumaşın sabit bir kuvvete maruz kaldığında yüzü ile sırtı arasındaki mesafe, kumaşın kalınlığı olarak tanımlanır. Filtrasyon amaçlı dokusuz yüzey bir malzemenin lif çapı 1 µm veya altı olabilir (Hutten ve Wadsworth 2007<sup>b</sup>). Hava geçirgenliği, daha fazla sayıda lif ve birim alan başına küçük gözenekler nedeniyle kumaşın kalınlığı ve ağırlığındaki artışla birlikte düşer ve bu da lifler ile hava arasındaki hava akımı direncinde bir artışa neden olur. Filtrelerin kalınlık ve yoğunluğunun artmasıyla filtrasyon verimliliği artar; dolayısıyla kalınlık arttıka yoğunluk artar. Bunun yanında hafif veya ince kumaşın imalat maliyeti daha düşüktür. Bir kumaşın alan ağırlığı ve kalınlığı, maliyetini etkileyebilir (Maduna ve Patnaik 2017). Birim alan başına kalınlık ve /veya ağırlıktaki varyasyonlar, yerel kumaş paketleme yoğunluğu ve gözeneklilik varyasyonlarının yanı sıra gözenek boyutu dağılımını belirler (Sinclair 2014).

Çelik (2017) hava ile serilmiş dokusuz yüzey kumaş yapısal parametreleri arasındaki ilişkiyi kalınlık, ağırlık, gözeneklilik ve hava geçirgenlik performansını esas alarak incelemiştir. Aynı elyaf türlerinden, aynı karışım oranlarına sahip ürünlerden rastgele olarak on adet havalı serim kumaş seçilmiştir. Kumaş numunelerinin gözenekliliği görüntü işleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Regresyon analizi sonucunda kumaş yapısı parametreleri olan kalınlık, gözeneklilik ve hava geçirgenliği arasında güçlü ve pozitif bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca gözeneklilik artışının kumaş kalınlığının hava geçirgenliği üzerindeki olumsuz etkisini telafi ettiği ifade edilmiştir.

### ***Kumaş ağırlığı***

Kumaş ağırlığının etkisi kumaş kalınlığı ile hemen hemen aynıdır, doğrudan bir ilişkisi vardır. En yaygın cerrahi yüz maskeleri, dış ve iç katmanlar için 15-25 g/m<sup>2</sup> spunbond'dan oluşur. Meltblown ana filtre ortamı ise orta katman için 25-35 g/m<sup>2</sup>'dir (Sağlık ve diğ. 2020). Meltblown lifler spunbond'a göre daha incedir ve daha ince bir tabakaya sahiptir. İnce ve hafif kumaşlar daha az hava akımı direncine sahip olduğundan, kalın ve ağır filtre kumaşlarına göre daha yüksek hava geçirgenliğine sahiptirler. Ağır filtre tekstillerinin bir başka dezavantajı, üretimi daha pahalı olmaları ve hafif filtre kumaşlardan her zaman daha uzun ömürlü olmamalarıdır (Maduna ve Patnaik 2017).

### ***Yoğunluk***

Açıktır ki, dokusuz yüzey kumaşın yoğunluğu gözenekliliği ile ters orantılıdır. Dokusuz yüzey malzemelerin hava geçirgenliği yoğunluk arttıkça azalacaktır. Yoğunluk, gözeneklilik ile değiştirilebileceği için önemli bir parametre olmayabilir (Zhu ve diğ. 2015). Kumaş kalınlığı ve yoğunluğunun bir kumaşın hava geçirgenliğini belirleyen faktörler olduğu sonucuna varılabilir (Kothari ve Newton 1974).

### ***Hava geçirgenliği***

Tekstil kumaşlarının hareketli havaya geçirgenliği, çoğu tekstil kullanımında ve daha spesifik olarak filtreler gibi endüstriyel kullanımlarda önemli bir özelliktir (Rahman ve diğ. 2015). Hava geçirgenliği, 'nefes alabilirliği' değerlendirmek ve karşılaştırmak için sıklıkla kullanılan bir kumaş kalitesidir ve maskenin kolay nefes alma kabiliyetini ifade eder. Solunum sırasında maskenin iki tarafı arasındaki basınç farkıdır ve milibar (mbar) veya Pascal (Pascal) (Pa) cinsinden ölçülebilir. Çoğu durumda, toplam maske alanı veya tek bir maske alanı (mbar/cm<sup>2</sup> veya Pa/cm<sup>2</sup>) için değerler rapor edilir. Tıbbi bir maskenin kabul edilebilir nefes alabilirliği 49 Pa/cm<sup>2</sup>'nin altında olmalıdır. Tıbbi olmayan maskeler için tüm maske üzerinde kabul edilebilir bir basınç farkı 100 Pa'nın altında olmalıdır (WHO 2020).

Belirli bir akış hızı için 29,4 Pa'dan daha az basınç düşüşüne sahip maskeler, her yaş grubu tarafından rahatlıkla kullanılabilir. Bunlarla ilgili olarak N95 yüz maskeleri için basınç düşüşü standardı dakikada 85 litrede (L/min) 350 Pa'dır, ancak tüm N95 filtreleri eşit değildir (Khan ve diğ. 2022).

Kothari ve Newton (1974) Bir elyaf ağın dokusuz yüzey bir kumaşa dönüştürülmesi yönteminin ve çeşitli yapısal parametrelerin, sonuçtaki kumaşın hava geçirgenliği üzerindeki etkileri rapor edilmiştir. Yapılan ölçüm aralıklarında hava geçirgenliği ile en yakından ilişkili faktörün birim alan başına kumaş ağırlığı olduğu ve hava geçirgenliğinin birim alan ağırlığının tersi ile hemen hemen doğru orantılı olduğu gösterilmiştir.

Zhu ve diğ. (2015) iğneleme ile bağlanmış dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliği üzerindeki kalınlık, gözeneklilik ve yoğunluğun etkilerini araştırmış ve deneysel değerleri sırasıyla hidrolik yarıçap teorisi ve sürtünme teorisine dayanan iki modelle karşılaştırmıştır. Sonuçlar, dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliğinin numunelerin kalınlık ve yoğunluğunun artmasıyla azaldığını, gözenekliliğin artmasıyla arttığını ve hava geçirgenliğinin basınç gradyanı ile doğru orantılı olmadığını göstermiştir.

### ***Liflerin Düzgün Dağılımı***

Filtrasyon süreçlerinde, ağ performansı büyük ölçüde ağın homojenliğine bağlıdır. Filtrasyon performansı, büyük parçacıkların filtreden akmasına izin veren lifli tabakadaki ince noktalar tarafından engellenir. Yaklaşık 10 mm<sup>2</sup> kadar küçük homojen olmayan alanlar, yaklaşık 30 cm'lik bir mesafeden bakıldığında insan gözüyle fark edilebilir. Bununla birlikte, hijyen ürünleri, mendiller ve filtrasyon ürünleri yapmak için ağların sonradan işlenmesi sırasında, tek tip olmayan alanlar, insanlar tarafından algılanandan çok daha küçük, kusurları ve malzeme hatalarını önlemek için önemlidir. Endüstride ağırlık homojenliği belirtmek için ölçülen parametrelerin (örn. kumaş ağırlığı, kumaş kalınlığı, kumaş yoğunluğu, optik seviyeler, ışın absorpsiyon miktarları ve gri seviyesi – görüntülerin yoğunluğu) standart sapması ( $\sigma$ ) ve varyasyon katsayısı (CV) temel istatistiksel ifadelerdir (Chhabra 2003).

## ***Katman Sayısı***

Katman sayısı, filtrasyon ve rimliliği için önemli bir faktördür, kumaş maske gibi mekanik bir filtrasyon mekanizması kullanan bir filtre, birkaç katmandan etkilenir (Jayswal 2020). 1898'de Huebner, maskenin etkinliğini gazlı bezin katman sayısı arttıkça burna kapanacağını ve etkinliği artıran nemi topladığını araştırır (Spooner 1918). Doust ve Lyon çift katmanlı cerrahi maskeler, tek katmanlı maskelerden daha fazla koruma sağlar (Chellamani ve diğ. 2013). Bir fiber ağı dokunmamış kumaşa dönüştürme yönteminin ve çeşitli yapısal parametrelerin üç farklı dokuma olmayan kumaşın (iğneyle delinmiş, dikişle birleştirilmiş ve yapışkanla bağlanmış) hava geçirgenliği üzerindeki etkilerini araştıran Kothari ve Newton, katman sayısı arttıkça, her üç iğne tipi için de teorik geçirgenliğin azaldığı sonucuna varmıştır (Kothari ve Newton 1974).

### **1.1.10.2 Üretim Yöntemi**

Dokusuz yüzey kumaşlar, daha fazla kalınlığa ve dolayısıyla daha fazla parçacık hareket mesafesine izin veren, dokuma veya örgü kumaşlardan daha yüksek filtrasyon verimliliği sağlayan rastgele ve üç boyutlu yapıları nedeniyle yaygın olarak tıbbi yüz maskeleri yapmak için kullanılır. Meltblowing, spunbonding ve elektro-eğirme, yüz maskeleri için en yaygın dokusuz yüzey üretim yöntemleridir. Meltblowing ve elektro eğirme, en düşük gözenek boyutlarını ve en ince lif çaplarını üretir (Jayswal 2020).

### ***Elektret teknolojisi***

Verilen lifli yapıların filtrasyon verimliliğini artırmak için en yaygın olarak kullanılan yöntem, hafif ve küçük parçacıkların korona yüklü liflere çekileceği (PP'nin hazırlanması) statik elektret boşaltma işlemidir. Elektret teknolojisi, elektrostatik bir çekim sağlamak için bir malzeme üzerine şarj verilmesi işlemidir.

Yük depolama kapasitesi, esas olarak ürünün polimer özellikleri ve son kullanımı ile ilişkilidir. Elektrostatik çekim ile küçük partiküllerin filtrasyonu için uygulanır. Korona deşarjı, triboelektrik şarj ve termal şarj, elektret teknolojilerinin bazı yöntemleridir. Filmler, lifler ve dokusuz yüzey ağ yapıları elektretlere dönüştürülebilen malzemeler arasındadır (Armentano ve diğ. 2021) .

Son zamanlarda, Leung ve Sun, korona deşarj teknolojisini kullanarak PVDF şarjlı nanofiber membranlar geliştirdiler. Pozitif yüklü PVDF nanolifleri zıt yüklü parçacıkları basınç düşmesinde bir değişiklik olmadan yakalayarak filtre verimliliklerini önemli ölçüde geliştirdiler (Leung ve Sun 2020<sup>a</sup>).

Mevcut filtreleme teknolojisi, SARS-CoV-2 ve genel olarak virüsler için yeterli filtreleme koruması sağlayamaz. SARS-CoV-2'nin boyutu 60–140 nm aralığında, ortalama değeri 100 nm'dir, boyut olarak SARS koronavirüsüne ve 100 nm boyutundaki yaygın influenza virüsüne benzer. Koronavirüsün negatif yüklü olduğu göz önüne alındığında, filtre performansını iyileştirmek ve iyi bir nefes alabilirlik seviyesini korumak için değerli bir yöntem, nanolifler üzerinde elektrostatik yükler oluşturmaktır (Leung ve Sun 2020<sup>b</sup>).

### ***Elektrostatik destekli meltblown***

Elektrostatik destekli meltblown , sıradan olandan daha küçük boyutlu bir elyaf üretmenin başka bir yöntemidir. Meltblown eğirme kafasına doğrudan elektrostatik alan uygulamak için harici şarj cihazı ve dolayısıyla elektrostatik destekli meltblown adı verilen meltblown ve elektrik alan etkisinin bir kombinasyonudur (Jayswal 2020). Daha küçük ortalama gözenek boyutuna ve geliştirilmiş filtrasyon verimliliğine sahip bir filtre ortamına yardımcı olur. Filtrasyon verimliliğini artırmak için PP kolayca şarj edilebilir. Örnek olarak, şarjsız bir PP meltblown kumaşın filtrasyon verimliliği %20 ila %40 arasında değişirken, elektrik yüklü ağ için kullanılan şarj tekniğine bağlı olarak %80 ila %99 arasında değişir (Bhat 2007).

Pu ve diğ. (2018) Geleneksel meltblown aparatına bir elektrostatik alan sokarak PP elyaf çapının azaltılmasını ve bunun farklı boyuttaki partiküllerde filtrasyon verimliliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Meltblown liflerin ortalama çapı 1.69'dan



0.96 um'ye düşürülmüştür. 0,3 mm partikül boyutu için geleneksel meltblown ve elektrostatik destekli meltblown kumaşlarının filtrasyon verimleri sırasıyla %40.65 ve %50.82 olarak gerçekleşmiştir.

Benzer şekilde, 1 mm'lik partiküller için filtrasyon verimlilikleri sırasıyla %73.98 ve %86.44 ve 2.5 mm'lik partiküller için filtrasyon verimlilikleri sırasıyla %95.35 ve %98.96 olarak bulunmuştur.

## 2. YÖNTEM

### 2.1 Materyal

Bu çalışmada, Mogul Tekstil-Gaziantep ve İbrahim Yıldız Tekstil-Denizli firmalarından cerrahi maske yapımında kullanılan dokusuz yüzey kumaş numuneleri temin edilmiştir. Numunelerin tümü % 100 PP olup, farklı ağırlık ve özelliklerde 4 adet meltblown ve 7 adet spunbond dokusuz yüzey kumaş numunesi seçilerek kodlanmıştır. Kodlarda S spunbond üretim yöntemini, M meltblown üretim yöntemini temsil ederken, I Mogul Tekstil'den ve D'de İbrahim Yıldız Tekstil'den temin edildiğini göstermektedir.

### 2.2 Metod

Çalışma 4 aşamalı olarak kurgulanmıştır. Birinci aşamada cerrahi maske performansında kritik olabileceği düşünülen tek katman dokusuz yüzey kumaşların fiziksel özellikleri test edilmiştir. Bu özellikler, ortalama elyaf çapı, kumaş ağırlığı (GSM), gözeneklilik, hava geçirgenliği, kaplama faktörü ve yüzey düzgünlüğüdür.

Kaplama faktörü ve yüzey düzgünlüğü, bu çalışma için gözenekliliğe alternatif bir yöntem olarak önerilmiştir. Siyah bir zemin üzerine yerleştirilen filtre malzemelerin 60 büyütme görüntüleri portatif bir mikroskop ile alınarak görüntülerin ortalama piksel değerleri ve %CV'leri hesaplanmıştır. Zemin üzerinde hiç elyaf olmadığı durumda ortalama piksel değeri en küçük iken, zeminin tamamen kaplandığı veya doğrusal olarak bütün gözeneklerin kapatıldığı durumda da en yüksek değeri alacaktır. Bundan dolayı bu değer kaplama faktörü ile eşleştirilmiştir. Liflerin yüzey üzerinde düzgün dağıldığı durumlarda pikseller arasındaki değişkenliğin daha düşük olacağı varsayımıyla %CV değeri ile de yüzey düzgünlüğü eşleştirilmiştir.

İkinci aşamada tek katman yapıların partikül filtrasyon verimliliği ve basınç düşme değerleri ölçülmüş ve fiziksel özellikler ile korelasyon ve regresyon analizleri SPSS programı kullanılarak yapılmıştır.

Üçüncü aşamada, daha önce yapılan ölçüm sonuçları gözönünde bulundurularak, dokusuz yüzey kumaşlardan farklı kombinasyonlarda çok katmanlı yapılar oluşturulmuş ve filtrasyon verimlilikleri ile basınç düşme değerleri test edilmiştir. Tek katmanlı yapıların çok katmanlı yapılar üzerindeki etkileri sonuçlar üzerinden analiz edilerek teorik filtreleme verimlilikleri çıkarılmış ve ölçüm sonuçları ile korelasyonu SPSS programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Dördüncü ve son aşamada, PFE ile BFE arasında yüksek korelasyon olacağı varsayımıyla, yüksek PFE değerine sahip 3 adet üç katlı SMS yapısı BFE testine gönderilmiştir. Kısıtlardan dolayı 3 adet ölçüm sayısı istatistiki analize uygun olmadığından, sonuçlar yorumlanarak verilmiştir.

Malzemelerin test edildiği standart yöntemler ve cihazlar listesi Tablo 2.1'de verilmiştir. Pamukkale Üniversitesi Fiziksel Test Laboratuvarındaki testlerden önce numuneler ISO 139 şartlarına göre, standart atmosfer koşulları olan %  $(65 \pm 4)$  standart bağıl nem ve  $(20 \pm 2)$  °C veya  $(70 \pm 2)$  °F sıcaklıkta kondüsyonlanmıştır.

**Tablo 2.1:** Dokusuz yüzey kumaşlara uygulanan test standartları ve cihazları

parametresi	Test cihazı	Standart	Yeri
Lif tanımlama	Kum banyosu ısıtma sobası plakası	—	PAÜ tekstil kimyasal test labratovarlar
Kumaş ağırlığı	Elektronik tartı terazisi	(ISO 90731:1989)	PAÜ Tekstil
Kalınlık	Automatic Micrometer Louis Schopper Leipzig	ASTM D5729-97	Fiziksel Test Laboratuvarı
Hava geçirgenliği	Karl Schröder Hava Geçirgenlik Test Cihazı	(ASTM D0737, 1975)	
Gözeneklilik	SEM, J Software/J image	—	—
Lif çapı	SEM ve J Software		PAÜ İLTAM
PFE ve Basınç düşüşü	TSI8130 <sup>A</sup>	EN 149:2001	İstanbul Teknik Üniversitesi TEMAG Laboratuvarı
BFE	—	EN 14683:2019	Çınar Validasyon
Biyolojik yük	—	TS EN ISO 11737-1	ve Deney Laboratuvarları Ltd. Şti.

### 3. BULGULAR

#### 3.1 Tek Katmanlı Yapıların Fiziksel Özellikleri

Tek katmanlı kumaşlar üzerinde yapılan fiziksel test sonuçları Tablo 3.1’de özetlenmiştir.

**Tablo 3.1:** Tek katmanlı dokusuz yüzey kumaşların fiziksel özellikleri

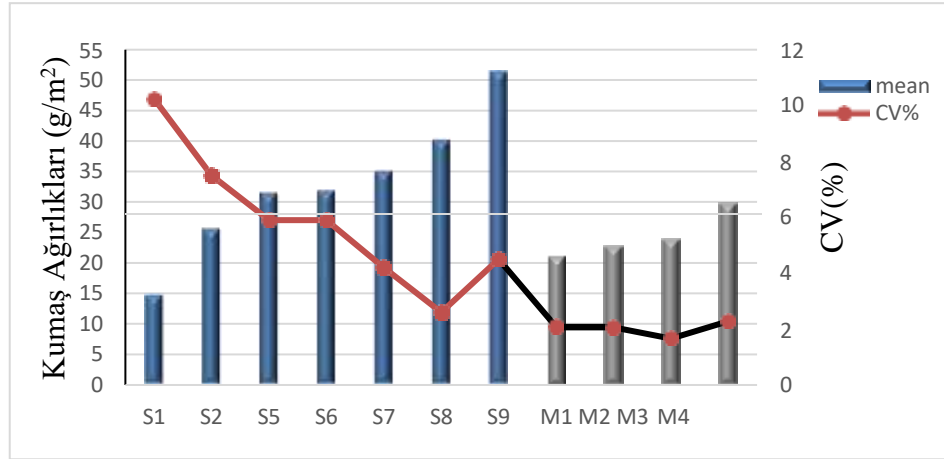
Ürün kodu	Kumaş ağırlığı (g/m <sup>2</sup> )	Elyaf çapı (µm)	Kalınlık (mm)	Kaplama Faktörü (Gray scale)	Yüzey Düz (%CV)	Gözenek (%)	Hava Geçirge (l/m <sup>2</sup> s)
S1-I	14,69	17,33	0,066	129,578	7,05	73,44	2900
S2-I	25,56	16,86	0,114	160,477	5,65	72,52	2820
S5-I	31,43	17,13	0,134	158,865	8,06	74,13	2815
S6-D	31,79	23,16	0,129	149,243	6,98	74,61	2800
S7-I	35,00	19,5	0,155	168,578	1,84	73,78	2700
S8-I	40,18	18,11	0,170	176,174	0,94	71,70	2650
S9-I	51,42	16,99	0,242	178,816	1,45	70,15	2600
M1-I	21,19	3,62	0,083	176,009	1,21	68,25	2750
M2-D	22,74	3,35	0,082	172,513	2,44	68,69	2710
M3-D	23,80	3,217	0,091	174,762	1,99	66,81	2700
M4-I	29,86	2,81	0,130	177,821	2,03	63,17	2500

##### 3.1.1 Elyaf/Polimer Tanımlama

İbrahim Yıldız Tekstil firmasından temin edilen dokusuz yüzey kumaşların elyaf içeriği hakkında kesin bir bilgi olmadığından, tüm numunelere aşağıda anlatılan kalitatif test prosedürü uygulanmış ve %100 PP oldukları teyit edilmiştir. Elyaf türünün belirlenmesi için yakma (kül karakteri ve kokusu veya boncuk oluşumu) flotasyon gibi yöntemler kullanılsa da kimyasal yöntem en güvenilir ancak tecrübe ve daha fazla zaman isteyen bir yöntemdir. Bu yöntemde 5 ml Ksilen içerisine 1 g dokusuz yüzey kumaş atılır. Çözelti kum banyosunda kaynatılır ve kumaşın çözülüp çözülmediğine bakılır. Çözülen kumaşların PP olduğu sonucuna varılır.

### 3.1.2 Kumaş Ağırlığı

GSM spesifikasyonu, imalat üretim gereksinimlerini karşılamak için bir ölçüt olarak hizmet eder. Bu çalışmada, numune ağırlığı kumaşın birim alan başına kütlesinin hesaplanmasıyla ilgilenen bir standart olan ISO 9073-1:1989'a göre değerlendirilmiştir. Alanı 100 cm<sup>2</sup> olan numunelerden 10 adedi hassas terazide tartılarak ortalama değerleri ve %CV'leri hesaplanmış ve Şekil 3.1'de verilmiştir.



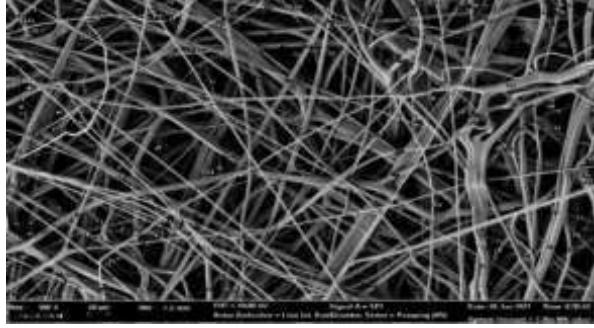
Şekil 3.1: Spunbond ve meltblown kumaşların ağırlığı

Şekil 3.1'dan görüldüğü gibi en düşük gramaj değerine S1 kodlu kumaş 14.69 g/ m<sup>2</sup> ile ve en yüksek gramaj değerine S9 kodlu kumaş 51,42 g/ m<sup>2</sup> ile sahiptir. Spunbond kumaşlarda gramaj değeri arttıkça %CV değerinin azaldığını görülmektedir. Meltblown kumaşların ağırlığı 21.19 g/m<sup>2</sup> ile 29.86 g/ m<sup>2</sup> arasında değişirken, daha düzgün bir dağılıma sahip olduğu sonucunu daha düşük %CV değerlerine bağlı olarak değerlendirilmiştir.

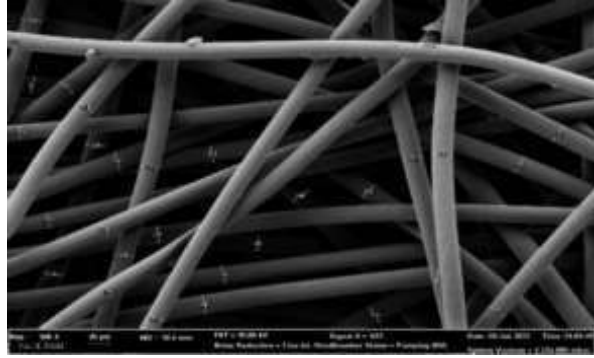
### 3.1.3 Elyaf Çapı

Dokusuz yüzey kumaşlardaki ortalama elyaf çaplarını bulmak için taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri kullanıldı. Şekil 3.2 M1-D kodlu meltblown kumaşın bir görüntüsünü vermektedir. Kumaşların farklı yerlerinden farklı çözünürlükteki görüntüler alınarak J Software ile Şekil 3.3'de olduğu gibi ortalama

200 adet lifin çapı kaydedildi. 11 adet numune kumaşın lif çap dağılım grafikleri Ek:1’de verilmiştir.



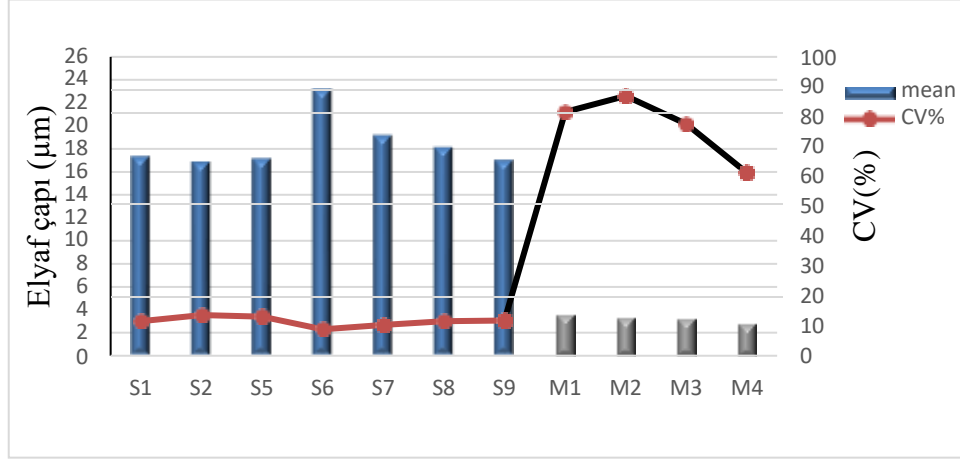
**Şekil 3.2:** Meltblown nonwoven kumaşın SEM görüntüsü



**Şekil 3.3:** Image J kullanılarak spunbond fiber çapının ölçülmesi

Liflerin ortalama çapları ve %CV değerleri hesaplanarak Şekil 3.4’de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre S6 kodlu kumaş dışındaki spunbond kumaşlardaki ortalama elyaf çap ve %CV değerleri oldukça birbirine yakındır ki bu kumaşlar Mogul Tekstil firmasından temin edilmiştir.

S6 kodlu spunbond kumaş ise diğer firmadan temin edilmiştir. Şekil 3.4’de asıl dikkat çeken husus ise meltblown kumaşların %CV değeridir. Beklendiği gibi üretim yönteminden kaynaklanan ince ancak çok değişken çaplarda lifler üretilmektedir. Spunbond kumaşlardaki ortalama elyaf çapı 16 mikrondan fazla iken, meltblown kumaşlarda 2-4 mikron aralığındadır.



**Şekil 3.4:** Spunbond ve meltblown kumaşların ortalama elyaf çapı

### 3.1.4 Dokusuz Yüzey Kumaşların Kaplama Faktörü ve Yüzey Düzgünlüğü

Dokusuz yüzey kumaşlar siyah bir zemin üzerine konularak Şekil 3.5’de görüldüğü gibi 30x86 mm çapında ve 60X büyütme ölçeğinde bir Vixen Mikroskop PC-230 kullanılarak fotoğrafları alınmış ve bu fotoğrafların ortalama piksel değerleri ile %CV değerleri Adobe Photoshop kullanılarak Şekil 3.6’de olduğu gibi hesaplanmıştır.

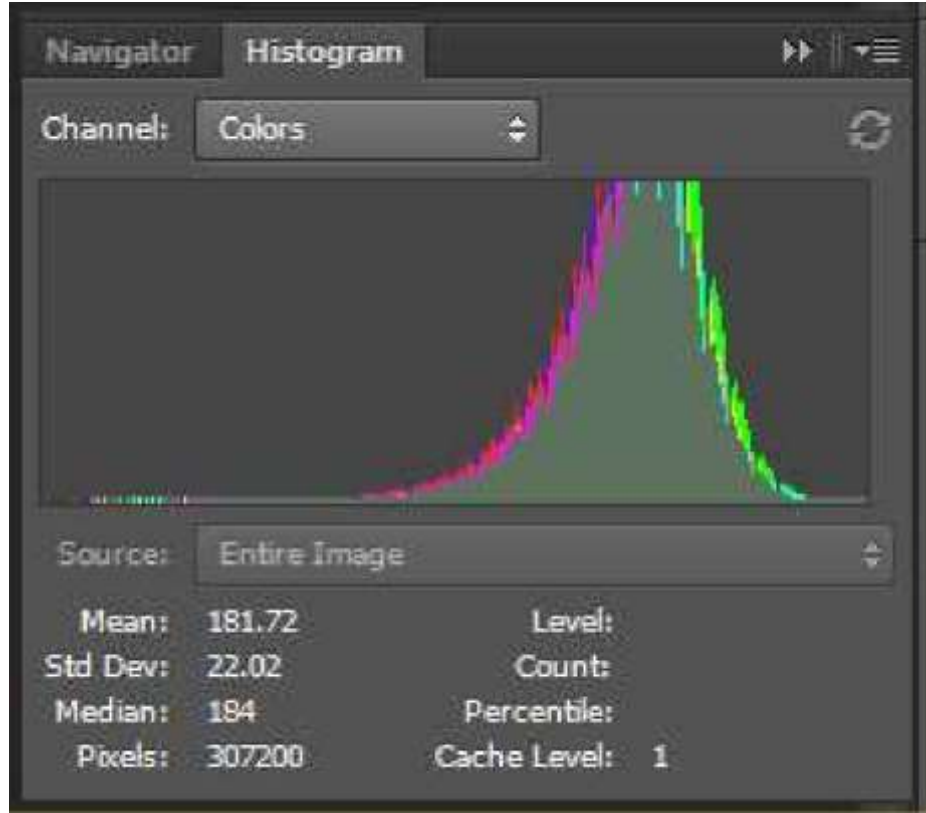


**Şekil 3.5:** Spunbond ve meltblown kumaşların mikroskopik görüntüsü

Kaplama faktörü yüksek olan kumaşlarda, zemin rengi olan siyah daha az görüneceğinden dolayı ortalama piksel değeri daha yüksek olacaktır (0 ile 255 arasında).

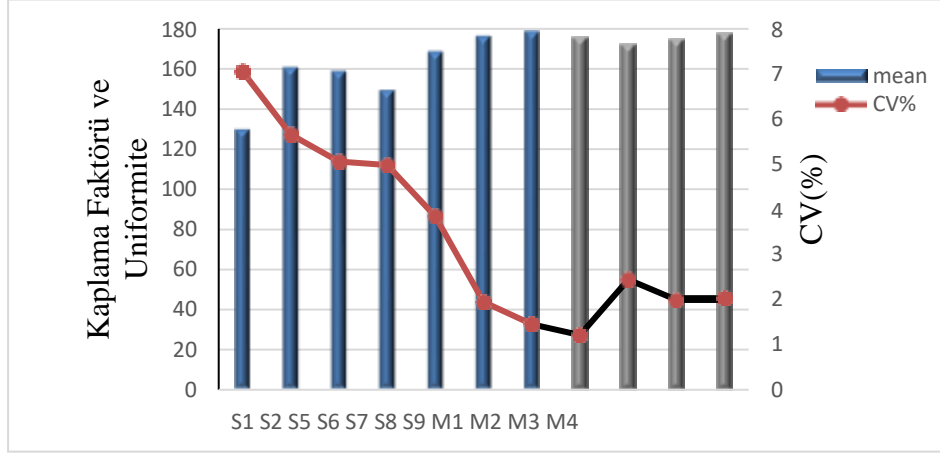


Elyaf dağılımı düzgün olan kumaşların %CV değerlerinin düşük olması ve sonuçta daha iyi filtreleme performansı göstermesi beklenmektedir.



**Şekil 3.6:** Adobe Photoshpe ile ortalama piksel değeri ve dağılımının hesaplanması

Şekil 3.7'dan görüldüğü gibi meltblown kumaşların gramaj değerleri spunbond kumaşlara göre daha düşük olmasına rağmen ortalama piksel değerleri daha yüksek ve %CV değerleri genelde daha düşüktür. Bunun nedeni beklendiği gibi ince liflerin daha yüksek yüzey alanına sahip olmasıdır. Spunbond kumaşların gramajı arttıkça ortalama piksel değeri yükselirken, %CV değerleri de düşmektedir.

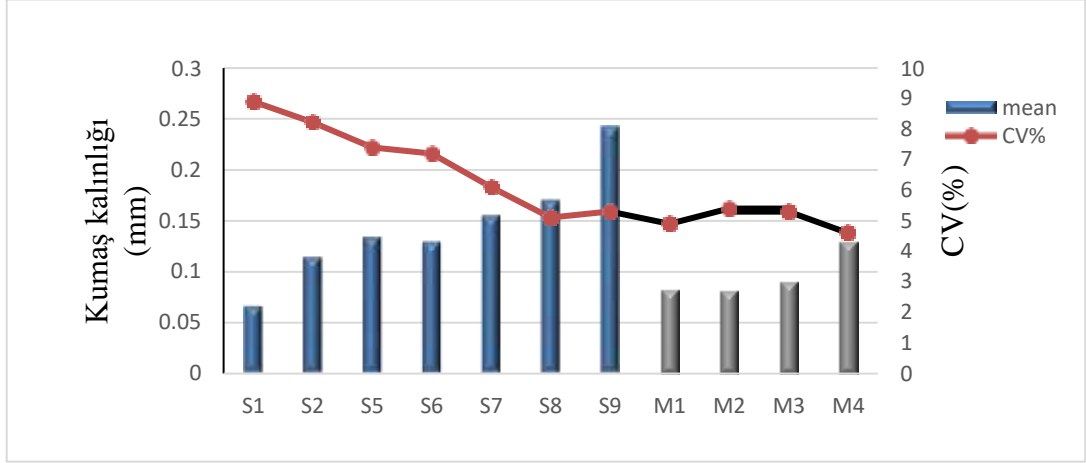


Şekil 3.7: Spunbond ve meltblown kumaşların piksel ve dağılım değerleri

### 3.1.5 Kumaş Kalınlığı

Kalınlık, dokusuz yüzey kumaşlarda genellikle yüksek hacimli olup olmamasına bağlı olarak, belirli bir düzeyde uygulanan basınç altında iki kumaş yüzeyi arasındaki mesafe olarak ölçülür. Kumaş, kalınlık ölçümünde kullanılan basınca duyarlıdır, bu da kumaş kalınlığının tatmin edici bir doğrulukla ölçülmesini zorlaştırır. ASTM D5729-97 takip edilerek kumaşın standart kalınlığı ile ölçülür. Makine 0,1 lb/in<sup>2</sup> Pa basınca ve 0,375 inç baskı ayağı çapına ayarlanmıştır. Yavaş ve dikkatli hareketle test, 5x10<sup>-5</sup> inç hassasiyette yapılır.

Şekil 3.8'den görüldüğü gibi en düşük gramaj değerine sahip S1 kodlu kumaş 0.066 mm değeri ile en ince ve en yüksek gramaj değerine sahip S9 kodlu kumaş 0.245 mm değeri ile beklendiği gibi en kalın kumaştır. Meltblown kumaşlar görece daha düşük %CV değerleri ile daha düzgün bir yüzey dağılımına sahip olduğu sonucu çıkarılabilir.



**Şekil 3.8:** Spunbond ve meltblown kumaşların kalınlığı

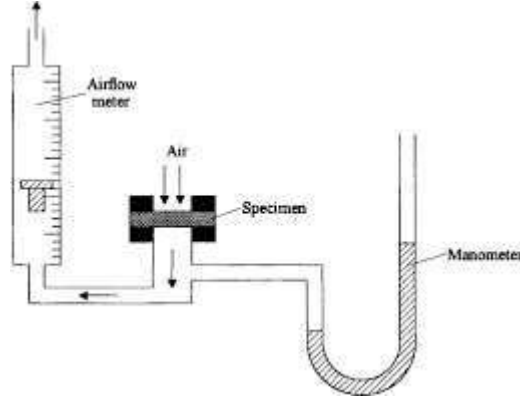
### 3.1.6 Gözeneklilik

Dokuma tekstillerin gri tonlamalı görüntülerinin işlenmesi, dokuma bir makro yapının gözenekliliğini belirlemek için hızlı ve güvenilir bir yöntemdir. J image/J Diameter dahil, poroziteyi ölçmek için çeşitli yazılım programları bulunmaktadır. Bu çalışmada, gözeneklilik yüzdesini değerlendirmek için J image yazılım kullanılmıştır.

Görüntü segmentasyonu ve mikroskobik görüntünün ikili görüntüye dönüştürülmesi için kullanılan ayarlar çıktı sonucunu etkiler. aşağıdaki eşik (T) değerleri (Angelova 2020) tarafından önerilmektedir, (1) hafif kumaşlar için  $T = 160 - 180$ , (2)  $100 \text{ g/m}^2$  üzerindeki kumaş ağırlığı için  $T=100-120$  ve (3)  $150 \text{ g/m}^2$  üzerindeki kumaş ağırlığı için  $T=100$ . Bu çalışmada  $T= 160 - 180$  uygulandı.

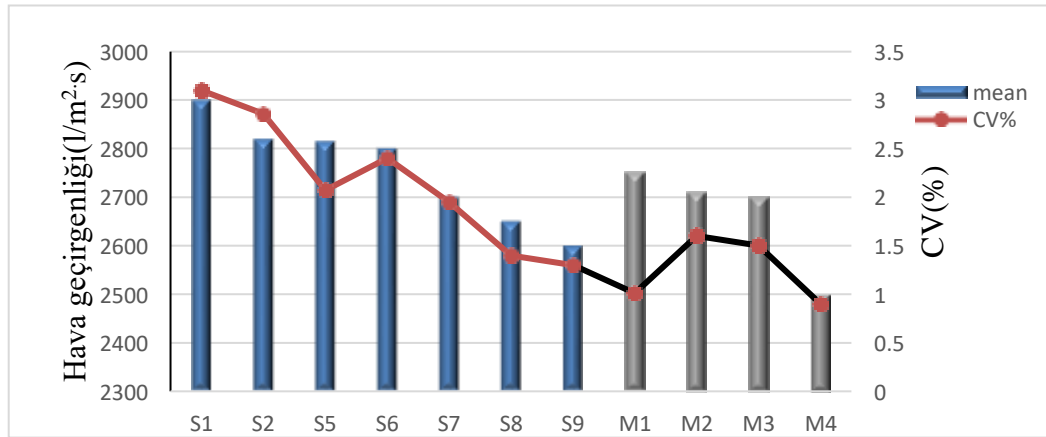
### 3.1.7 Hava Geçirgenliği

Bir malzemenin iki yüzeyi arasında önceden belirlenmiş bir hava basıncı farkı altında belirli bir alandan dikey olarak geçen hava akışının ölçüsüdür. Hava geçirgenlik ölçümü ISO 9237:1995 (ISO 1995) standardına göre Karl Schröder Hava Geçirgenlik Test Cihazı kullanılarak Şekil 3.9'den görüldüğü gibi  $20 \text{ cm}^2$  test alanında  $100 \text{ Pa}$  basınçta yapılır.



**Şekil 3.9:** Hava geçirgenliği test cihazının şematik diyagramı

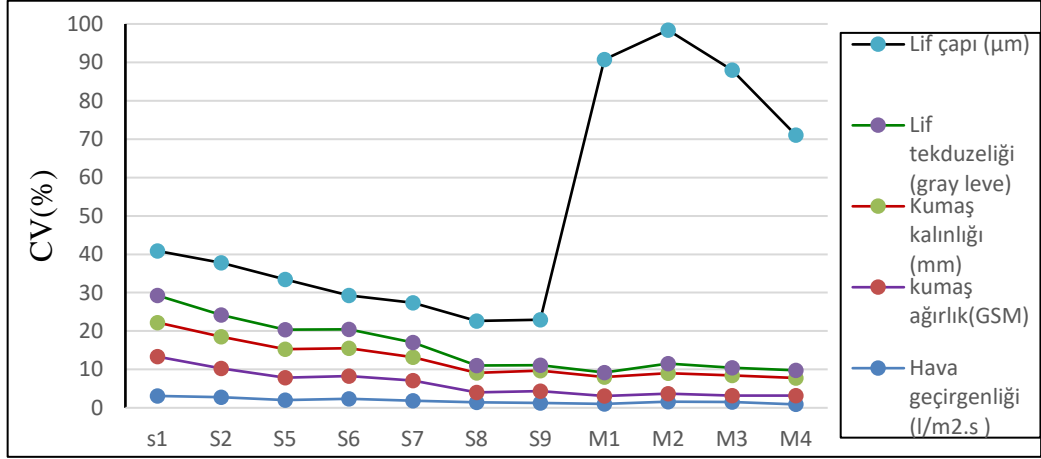
Deney sonuçlarına göre (Şekil 3.10), kumaş ağırlığı arttıkça hem spunbond hem de meltblown kumaşların hava geçirgenliği azalmaktadır. S1'in maksimum hava geçirgenliği  $2900 \text{ l/m}^2 \text{ sn}$  ve S9'un maksimum hava geçirgenliği  $2600 \text{ l/m}^2 \text{ s}$ 'dir. Maksimum ve minimum meltblown M1 ve M4 değerleri sırasıyla  $2750 \text{ l/m}^2 \text{ s}$  ve  $2500 \text{ l/m}^2 \text{ s}$ 'dir. Hava geçirgenlik değeri azaldıkça %CV değerleri de düşmektedir ve benzer ağırlıkta meltblown kumaşların %CV değerleri spunbond kumaşlara göre düşüktür.



**Şekil 3.10:** Spunbond ve meltblown kumaşların hava geçirgenlikleri

Şekil 3.11 bütüns ölçüm sonuçlarının %CV değerlerini tek görüntüde ve rmektedir. Spunbond kumaşlarda gramaj değeri arttıkça bütün ölçümlerin değışkenliklerinde belirgin bir düşüş gözlenmektedir.

Lif çaplarının değışkenliği beklendiği gibi meltblown kumaşlarda üretim yönteminden kaynaklanan nedenlerden ötürü çok yüksekt



Şekil 3.11: Spunbond ve meltblown kumaşların fiziksel özelliklerinin %CV'si

### 3.2 Tek Katmanlı Yapıların Filtrasyon Performansı ve Fiziksel Özellikler ile Uyum

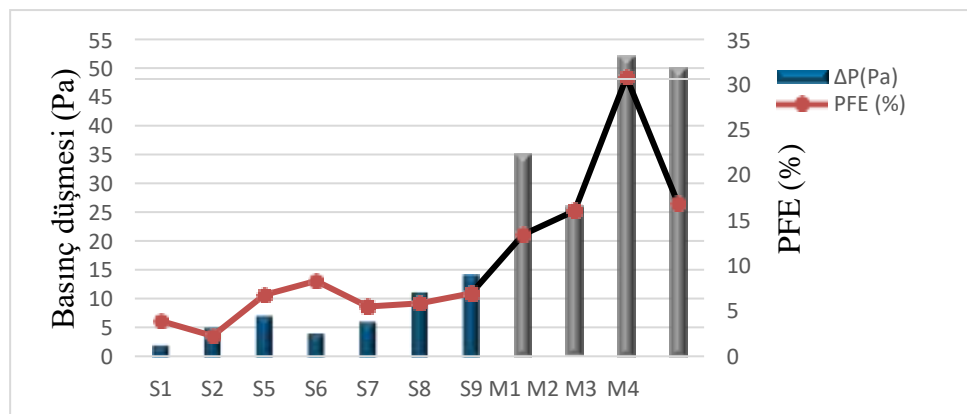
#### 3.2.1 Tek Katmanlı Yapıların Filtrasyon Performansı

Tek katlı yapılara uygulanan filtrasyon testi sonucunda ortaya çıkan filtre ve rimlilikleri ve basınç düşmesi değerleri Tablo 3.2'da sunulmuştur. İlk ölçümlerde beklentilerle tutarlı olmayan sonuçlar veren numuneler ikinci kez test edilmiş ve deney sonuçlarının değişkenliği konusunda veri elde edilmiştir.

**Tablo 3.2:** Tek katlı yapıların filtrasyon performansı

Ürün Kodu	Basınç Düşmesi Değeri $\Delta P$ (Pa)-I	Basınç Düşmesi Değeri $\Delta P$ (Pa)-II	PFE (%) I	PFE (%) II	Ortalama Basınç Düşmesi Değeri $\Delta P$ (Pa)	Ortalama PFE (%)
S1-I	2	-	3,882	-	2	3,882
S2-I	5	6	2,243	7,211	5,5	4,727
S5-I	7	9	6,675	4,393	8	5,534
S6-D	4	5	8,317	6,243	4,5	7,280
S7-I	6	-	5,491	-	6	5,491
S8-I	11	-	5,585	-	11	5,585
S9-I	14	19	6,929	5,319	16,5	6,124
M1-I	35	-	13,432	-	35	13,432
M2-D	26	-	16,060	-	26	16,060
M3-D	52	53	30,810	26,892	52,5	28,851
M4-I	50	62	16,861	18,428	56	17,645

PFE testleri, steril olmayan dokusuz kumaşlar üzerinde gerçekleştirilir. PFE ve basınç düşüşü (Pa), EN 149:2001 standardına göre TSI 8130<sup>a</sup> cihazı kullanarak NaCl ile 0,3 mikron partikül boyutu, 15,83 cm/sn hız ve 95 l/dk'da test edilmiştir. Meltblown kumaşların filtre verimlilikleri ve basınç düşmesi değerleri, spunbond kumaşlardan belirgin bir şekilde yüksektir (EN 149:2001). S6 kodlu spunbond kumaş yüksek filtre verimliliği ve düşük basınç düşmesi değeri ile diğer spunbond kumaşlardan ayrılmaktadır. Şekil 3.12 ilk ölçüm sonuçlarına göre oluşturulmuştur.

**Şekil 3.12:** Tek katlı spunbond ve meltblown kumaşların partikül filtrasyon verimlilikleri ve basınç düşmesi değerleri

### 3.2.2 Tek Katmanlı Yapıların İstatistiksel Analizi

Tek katmanlı yapıların PFE, basınç düşmesi, GSM, elyaf çapı, kalınlık, kaplama faktörü, yüzey düzgünlüğü, gözeneklilik ve hava geçirgenlikleri arasındaki korelasyon katsayıları SPSS programı ile hesaplanmış olup, Ek 2’de verilmiştir. Basınç düşmesi için elyaf çapı, gözeneklilik ve hava geçirgenliği negatif, kaplama faktörü pozitif, PFE’de ise elyaf çapı ve gözeneklilik negatif olarak 0,05 düzeyinde anlamlı bağıntı oluşturmuştur.

**Tablo 3.3:** Basınç düşmesinde anlamlı korelasyon katsayısına sahip parametreler ile yapılan regresyon analizi sonuçları

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,960 <sup>a</sup>	,922	,871	7,03051

a. Predictors: (Constant), Kaplama\_Faktörü, Elyaf\_Çapı, Hava\_Geçirgenliği, Gözeneklilik

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3523,613	4	880,903	17,822	,002 <sup>b</sup>
	Residual	296,568	6	49,428		
	Total	3820,182	10			

a. Dependent Variable: Basınç\_Düşmesi\_Ort

b. Predictors: (Constant), Kaplama\_Faktörü, Elyaf\_Çapı, Hava\_Geçirgenliği, Gözeneklilik

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	288,980	129,852		2,225	,068
	Elyaf_Çapı	-,225	1,156	-,090	-,195	,852
	Gözeneklilik	-4,953	3,104	-,915	-1,595	,162
	Hava_Geçirgenliği	,024	,070	,138	,340	,745
	Kaplama_Faktörü	,116	,333	,091	,350	,739

a. Dependent Variable: Basınç\_Düşmesi\_Ort

0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon katsayısına sahip olan parametreler ile yapılan basınç düşmesi regresyon analizinde düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0,871 bulunmuş,

ANOVA’da F değeri 17,822 ile 0,002 anlamlılık düzeyinde oluşan parametrelerin katsayıları Tablo 3.3’ da verilmiştir.

PFE için düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,633 olurken, ANOVA’da F değeri 9,614 ile 0,007 anlamlılık düzeyinde oluşan parametrelerin katsayıları Tablo 3.4’de verilmiştir.

**Tablo 3.4:** PFE için anlamlı korelasyon katsayısına sahip parametreler ile yapılan regresyon analizi sonuçları

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,840 <sup>a</sup>	,706	,633	4,724721

a. Predictors: (Constant), Gözeneklilik, Elyaf\_Çapı

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	429,216	2	214,608	9,614	,007 <sup>b</sup>
	Residual	178,584	8	22,323		
	Total	607,800	10			

a. Dependent Variable: Filtrasyon\_Ort

b. Predictors: (Constant), Gözeneklilik, Elyaf\_Çapı

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	45,620	59,188		,771	,463
	Elyaf_Çapı	-,679	,417	-,682	-1,629	,142
	Gözeneklilik	-,374	,904	-,173	-,414	,690

a. Dependent Variable: Filtrasyon\_Ort



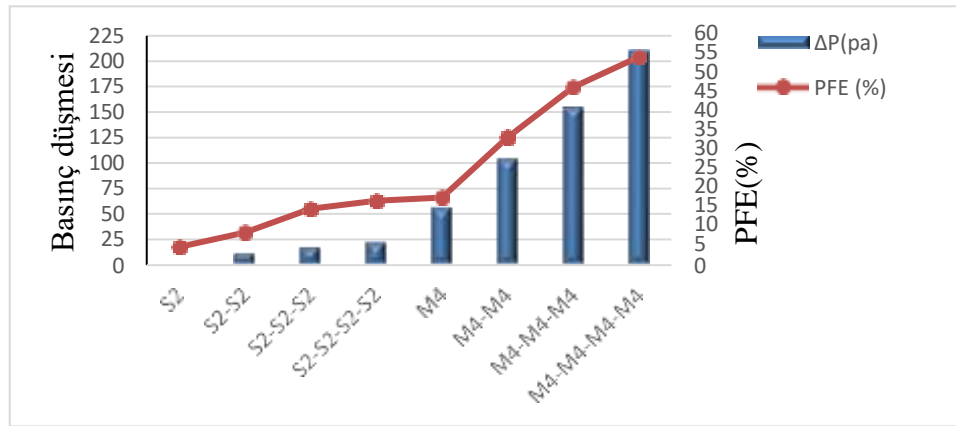
### 3.3 Çok Katmanlı Yapıların Partikül Filtrasyon Verimliliği ve Basınç Düşmesi

Tek katmanlı yapılardan S2 kodlu spunbond kumaş ve M4 kodlu meltblown kumaş seçilerek 2, 3 ve 4 katlı yapılarının da filtrasyon performansları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Tablo 3.5’de verilmiş olup, Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.5:** S2 ve M4 kodlu kumaşların çok katmanlı yapılarının filtrasyon performansları.

Ürün kodu	Basınç düşmesi	PFE
S2	5,5	4,727
S2-S2	11	8,542
S2-S2-S2	17	14,470
S2-S2-S2-S2	22	16,775
M4	56	17,645
M4-M4	104	33,400
M4-M4-M4	155	46,514
M4-M4-M4-M4	211	54,413

Tablo 3.5’den gözlemlendiği kadarı ile basınç düşmesi katmanların basınç düşmelerinin lineer toplamına uymaktadır. Filtrasyon verimlilikleri ise gözlem sonuçlarına dayanarak, her katmanın diğer katmanlarla etkileşime girmeden ölçüm değeri kadar filtreleme yaptığı sonucuna varılmıştır. Şöyle ki, Filtrasyon verimliliği %10 olan tek katman bir yapının 4 katman filtrasyon verimliliği  $[1 - (0,9 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,9)] = 0,3439$  olması beklenmektedir.



**Şekil 3.13:** Çok katmanlı yapıların filtrasyon performansları

Gözlem sonuçlarını sınamak amacıyla, SMS üç katlı filtre malzemeleri yapılarak filtrasyon performansları Tablo 3.6’de görüldüğü gibi ölçülmüş ve yukarıda bahsedildiği şekilde teorik değerleri hesaplanarak korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca ticari olarak satılmakta ve kullanılmakta olan 3 adet cerrahi maskenin filtre performansları tek katmanlı ve çok katmanlı olarak ölçülerek SMS performansları ile karşılaştırılmıştır.

**Tablo 3.6:** SMS yapıların teorik ve pratik filtrasyon performansları

Ürün Kodu	Ölçülen basınç düşmesi	Ölçülen PFE	Teorik basınç düşmesi	Teorik PFE
S1-M1-S1	45	18,883	39	20,0227
S1-M2-S1	34	14,405	30	22,3952
S1-M3-S1	58	30,155	56,5	34,2678
S1-M4-S1	57	22,162	60	23,9149
S2-M1-S2	51	19,019	46	21,4227
S2-M2-S2	46	20,933	37	23,7537
S2-M3-S2	63	34,569	63,5	35,4184
S2-M4-S2	64	24,893	67	25,2468
S1-M3-S9	71	35,102	71	35,8010
S6-M3-S6	62	36,983	61,5	38,8332
S5-M3-S5	67	36,392	68,5	36,5079
S1-M4-S9	89	36,938	74,5	25,6897
S6-M4-S6	70	27,772	65	29,1994
S5-M4-S5	83	25,360	72	26,5078
S9-M4-S9	85	35,172	89	27,4230
Maske 1	55	64,113	58	64,7984
Maske 2	174	28,877	155	32,1006
Maske 3	159	74,381	160	74,7733

Tablo 3.7 ölçülen basınç düşmesi ile teorik basınç düşmesi arasındaki korelasyonu göstermektedir. Korelasyon katsayısı 0,985 olarak bulunmuştur ve 0,01 düzeyindeki istatistiki olarak anlamlıdır.

**Tablo 3.7:** Ölçülen ve teorik basınç düşmeleri arasındaki korelasyon sonuçları

		Ölçülen_basınç_ düşmesi	Teorik_basınç_düşmesi
Ölçülen_basınç_ düşmesi	Pearson Correlation	1	,985**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	18	18
Teorik_basınç_ düşmesi	Pearson Correlation	,985**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	18	18

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tablo 3.8 ölçülen ve teorik filtreleme verimlilikleri arasındaki korelasyonu göstermektedir. Korelasyon katsayısı 0,963 değeri ile 0,01 düzeyinde istatistik olarak anlamlıdır. Bir başka deyişle çok katmanlı yapının PFE değeri tek kat yapıların PFE değerleri bilindiği takdirde çok yüksek bir doğruluk oranı ile hesaplanabilir.

**Tablo 3.8:** Ölçülen ve teorik PFE arasındaki korelasyon sonuçları

		Ölçülen_PFE	Teorik_PFE
Ölçülen_PFE	Pearson Correlation	1	,963**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	18	18
Teorik_PFE	Pearson Correlation	,963**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	18	18

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### 3.4 Üç katmanlı yapıların BFE verimliliği.

BFE değerlendirmesi Test EN 14683 standardına göre yapılmıştır. Ayrıca biyolojik yük (CFU/g) ve diferansiyel basınç (Pa)/nefes alabilirlik de test edilir. Avrupa standardı, Tip I ve Tip II için sentetik kan penetrasyon testi gerektirmez.

PFE ve BFE arasında yüksek korelasyon olduğu varsayımıyla, BFE testi için yüksek PFE'ye sahip 3 adet SMS katmanlı yapı seçilmiştir. Seçilen SMS yapıları S5-M3-S5, S2-M3-S2 ve S1-M4-S9'dur. İlk iki numune aynı orta tabakadan (M3) oluşmaktadır. BFE test sonuçları Tablo 3.9'da verilmiştir.

Sonuç olarak, S2 yüzeyinde S5'ten daha fazla sayıda bakteri yaşar, ancak S2-M3-S2, daha yüksek bir BFE%'sine ve daha düşük bir basınç düşüşüne sahiptir.

**Tablo 3.9:** EN'ye dayalı üç katmanlı BFE test sonucu

Ürün kodu	BFE%	Bioburden (CFU/g)	Basınç düşmesi (Pa/cm <sup>2</sup> )
S5-M3-S5	98.90	6	11.08
S1-M4-S9	98.92	30.8	13.0
S2-M3-S2	99.08	52	10.2

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen önemli sonuçlar şunlardır. Tek katmanlı filtre malzemelerinin PFE ve basınç düşmesi değerleri belirlenen fiziksel özellikler ile yüksek hassasiyetle tahminlenememiştir. Düzeltilmiş  $R^2$  değeri PFE için 0,633 ve basınç düşmesi değeri 0,871 olarak bulunmuştur. Bunun en önemli nedeninin ölçüm varyasyonları olduğu düşünülmektedir. Örneğin tek katmanlı filtre malzemelerinin bazılarında 2 kez test yapıldığında önemli sapmalar gözlenmiştir. Bir başka örnek S6 kodlu spunbond kumaştır ki, ölçülen değerler ile filtrasyon performansı arasında beklentiler dışında sonuçlar elde edilmiştir.

Filtre performansının belirlenmesinde en önemli fiziksel parametrenin elyaf çapı olacağı beklenmekteydi, ancak istatistiksel sonuçlar gözenekliliğin daha önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bunun nedeni elyaf çapları ölçümlerindeki varyasyon olduğu düşünülmektedir. Meltblown kumaşlarda varyasyon üretim yönteminden ötürü çok yüksektir. Elyaf çapı ölçümlerinde daha fazla sayıda SEM görüntüsü alınarak insan faktörünün elimine edilerek yapılacak ölçümlerde daha doğru sonuçlar alınacağı düşünülmektedir.

Kaplama faktörü istatistiksel olarak kısmen anlamlı sonuçlar verse de gözeneklilik ölçümünün yerine almak için yeterli olmadığı görülmüştür. Yüzey düzgünlüğü değerinin hemen hemen hiç etkisi olmamıştır. Bu yöntemler başarılı olsaydı, pahalı gözeneklilik ölçümleri elimine edilebilirdi.

Tek katmanlı filtre performanslarının tahminlemede daha çok sayıda spunbond ve meltblown kumaş kullanıldığı takdirde çok daha iyi sonuçlar alınacaktır. Tek katmanlı yapılardan elde edilen sonuçlar kullanılarak çok katmanlı filtre malzemelerinin filtre performansları yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir.

BFE değerleri PFE değerlerine göre çok yüksektir ancak iki değer arasında yüksek korelasyon beklentisi ve varsayımı çalışma boyunca vurgulanmıştır. PFE testleri MPPS için yapılırken, BFE’de bakteri büyüklükleri mikron boyutlarında olduğundan yakalama etkisi çok daha yüksek olmaktadır.

Spunbond yüzeylerin kombinasyonu filtreleme performansını etkilemeyeceği sonucuna varılmıştır. Ancak maskelerin katlama şekli ve yüz üzerindeki durumları filtreleme performansını çok etkileyecektir. Hava geçirgenliğinin tek katmanlı spunbond ve meltblown filtrasyon verimliliği ve basınç düşüşü üzerindeki etkisi, diğer fiziksel özelliklerden daha büyük bulunmuştur. Hava geçirgenliği, gözeneklilik, birim alan başına ağırlık ve kalınlık ile üstel olarak değişir. Çapın ihmal edilebilir bir etkisi vardır.

SMS l katmanlarının çoklu regresyon analizi ile ilgili olarak, filtrasyon ve rimliliği üzerindeki en önemli etki, diğer parametrelere göre hava geçirgenliği için elde edilmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

Akduman, C. and Kumbasar, E. A., "Nanofibers in face masks and respirators to provide better protection" In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* , 460 (1), 012013, (2018).

Angelova, R. A., "The effect of image segmentation on the determination of porosity of wove n textiles through image processing", *Journal of Polymer and Textile Engineering*, 6 (6), 14-19, (2020).

Armentano, I., Barbanera, M., Carota, E., Crognale, S., Marconi, M., Rossi, S., Rubino, G., Scungio, M., Taborri, J. and Calabrò, G., "Polymer Materials for Respiratory Protection: Processing, End Use and Testing Methods" *ACS Applied Polymer Materials*, 3(2), 531–548, (2021).

ASTM D0737., "Standard method of test for air permeability of textile fabrics", 14, 1–5, (1975).

ASTM F 2100-07., "Standard Specification for Performance of Materials Used in Medical Face Masks", 1, 4–6.

Bagheri, M. H., Khalaji, I., Azizi, A., Loibl, R. T., Basualdo, N., Manzo, S., Gorrepati, M. L., Mehendale, S., Mohr, C. and Schiffres, S. N., " Filtration efficiency, breathability, and reusability of improvised materials for face masks", *Aerosol Science and Technology*, 55(7), 817–827, (2021)

Bahl, P., Doolan, C., De Silva, C., Chughtai, A. A., Bourouiba, L. and Macintyre, C. R., " Airborne or Droplet Precautions for Health Workers Treating Coronavirus Disease ", *Journal of Infectious Diseases*, 225(9), 1561–1568 , (2022).

Berkalp, O. B., "Air permeability ve porosity in spun-laced fabrics" *Fibres and Textiles in Eastern Europe*", 14(3), 81–85. (2006).

Bhat, G. S, "Polymer-laid web formation", (eds: S. J. Russell) , *Handbook of nonwovens*, University of Tennessee USA: Woodhead Publishing Limited, 182, (2007).

Boi, C., Borsetti, F., Brugo, T. M., Cappelletti, M., De Angelis, M. G., Fedi, S., Giacomo, S.D., Fabiani,T., Foli, G., Garelli, A., Gunchi,U.,Ghezzi, D.,Gualandi.C., Lalli, E., Magnani, M., Maurizzi, A., Mazzi, F., Mehrabi ,N., & Violante, F. S "One year of surgical mask testing at the Unive rsity of Bologna labs: Lessons learned from data analysis" *Separation and Purification Technology*, 294,121180,(2022).

Barittany,"How Surgical Mask are Made,  
[online]"(2022),[https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/#\\_Types\\_of\\_Masks](https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/#_Types_of_Masks)

Brock, T., Gupta, M., Forbes, B., Lassig, J., & Smith, V., *U.S. Patent Application No. 11/025,180*, (2006).

Brochocka, A., Nowak, A., Majchrzycka, K., Puchalski, M. and Sztajnowski, S., "Multifunctional polymer composites produced by melt-blown technique to use in filtering respiratory protective devices", *Materials*, 13(3), 1–15 (2020).

Çelik, I. I., "Determination of Air permeability property of Air-laid nonwoven fabrics using regression analyses" *Periodicals of Engineering and Natural Sciences* 5(2), 210–216, (2017).

Chellamani, K. P., Ve erasubramanian, D. and Vignesh Balaji, R. S., " Surgical Face Masks: Manufacturing Methods and Classification" *Journal of Academia and Industrial Research*, 2(6), 320 (2013).

Citation, S., *Reusability of facemasks during an influenza pandemic: Facing the flu*, Washington DC: National Academy of Sciences, 1-92, (2006).



Cohen, H. J. and Birkner, J. S., "Respiratory Protection" *Clinics in Chest Medicine*, 33(4), 783–793 (2012).

Cowling, B. J., Chan, K. H., Fang, V. J., Cheng, C. K., Fung, R. O., Wai, W., Sin, J., Seto, W. H., Yung, R., Chu, D. W. S., Chiu, B. C. F., Lee, P. W. Y., Chiu, M. C., Lee, H. C., Uyeki, T. M., Houck, P. M., Peiris, J. S. M. and Leung, G. M., "Facemasks and Hand Hygiene to Prevent Influenza Transmission in Households", *Annals of Internal Medicine*, 151, 437–446,(2009).

El-Atab, N., Qaiser, N., Badghaish, H., Shaikh, S. F. and Hussain, M. M., "Flexible nanoporous template for the design and development of reusable anti-COVID-19 hydrophobic face masks". *ACS nano*, 14(6), 7659-7665, (2020).

EN 149:2001. *Respiratory protective devices-filtering half against particle-Requirements, testing , marking.*

Fairchild, C. I. Stampfer, J. F., "Particle Concentration in Exhaled Breath", *American Industrial Hygiene Association Journal*, 48(11), 948–949, (1987).

Fr, J., Kampf, C. J., Weber, B., Alex, J., Christopher, P. andreae, M. O., Langyona, N., Burrows, S. M., Gunthe, S. S., Elbert, W., Su, H., Thines, E., Hoffmann, T., Despr, V. R. and Ulrich, P., "Atmospheric Science and Global Change Division , Pacific Northwest National Laboratory", *Atmospheric Research*, (2016).

Gosch, M. E., Shaffer, R. E., Rn, A. E. E., Roberge, R. J., Dave y, V. J., ve Radonovich, L. J.," American Journal of Infection Control B95 : A new respirator for health care personnel", *American Journal of Infection Control*, 41(12), 1224–1230, (2013).

Gupta, M., Gupta, K. and Gupta, S., "The use of facemasks by the general population to prevent transmission of Covid 19 infection", *Disease-a-Month*, 66(5), 100976, (2020).

Halyard., "Is Your Surgical Mask Protecting You? What You Don't Know May Hurt You, [Online]" (2022), [https://www.halyardhealth.com/articles/face-mask/is-your-surgical-mask-protecting-you,\(2022\).](https://www.halyardhealth.com/articles/face-mask/is-your-surgical-mask-protecting-you,(2022).)

He, E., Koh, E., Ambatipudi, M., Boone, D., Carrillo Gonzalez, P., Daigle, J., Kulyk, T., Tasnim, K. and Mooney, D., " The life of a face mask: from production to use to disposal", *ScienceOpen Preprints* ,(2021).

Huang, S. H., Chen, C. W., Kuo, Y. M., Lai, C. Y., McKay, R. and Chen, C. C., " Factors affecting filter penetration and quality factor of particulate respirators ", *Aerosol and Air Quality Research*, 13(1), 162–171, (2013).

Hutten, I. M. and Wadsworth, L., *Handbook of Nonwoven Filter Media*, Elsevier, (2007<sup>a</sup>).

Hutten, I. M. Wadsworth, L., *Handbook of Nonwoven Filter Media*, Elsevier, (2007<sup>b</sup>).

ISO 9073-1:1989, Determination of mass per unit area of nonwovens.

Jayswal, A., " Filtration mechanisms and manufacturing methods of face masks ", *Journal of Industrial Textiles*, (2020).

Johnny, "W., What is EN14683? An European standard for face masks!, [online]" (2022), [https://www.medtecs.com/en14683-european-standard-for-face-masks/#:~:text=What%20is%20EN14683%3F-](https://www.medtecs.com/en14683-european-standard-for-face-masks/#:~:text=What%20is%20EN14683%3F-,), (2022).

Kalkhoran, S., Benowitz, N. and Rigott, N. A., " Flammability of Respirators and other Head and Facial Personal Protective Equipment ", *Revista Del Colegio Americano de Cardiologia*, 72(23), 2964–2979, (2018).

Khan, S. I., Xu, H. and Ramakrishna, S., (2022). "Face Masks to Combat Coronavirus (COVID-19)—Processing, Roles, Requirements, Efficacy, Risk and Sustainability, *Polymers*",(2022).

Knight, V., "Viruses as Agents of Airborne Contagioné, *Annals New York Academy of Sciences*,147–156,(1980).

Kothari, V. K. and Newton, A., "61—The air-permeability of non-woven fabrics" *Journal of the Textile Institute*, 65(10), 525–531, (1974).

Kulyk, T., Tasnim, K. and Mooney, D., "The Life of a Face Mask : from Production to Use to Disposal",*Science Open Preprints*, 0–2, (2021).

Lee, S. A., Hwang, D. C., Li, H. Y., Tsai, C. F., Chen, C. W. and Chen, J. K., "Particle size-selective assessment of protection of european standard FFP respirators and surgical masks against particles-tested with human subjects", *Journal of Healthcare Engineering*, 2016, (2016).

Leung, W. W. F. and Sun, Q., "Charged PVDF multilayer nanofiber filter in filtering simulated airborne novel coronavirus (COVID-19) using ambient nano-aerosols", *Elsevier*, 245,(2020<sup>a</sup>).

Leung, W. W. F. and Sun, Q., "Electrostatic charged nanofiber filter for filtering airborne novel coronavirus (COVID-19) and nano-aerosols Wallace" *Elsevier*, 250, (2020<sup>b</sup>).

Li, Q., Xu, Y., Wei, H. and Wang, X., "An electrospun polycarbonate nanofibrous membrane for high efficiency particulate matter filtration", *RSC Advances*, 6(69), 65275–65281 (2016).

Liao, L., Xiao, W., Zhao, M., Yu, X., Wang, H., Wang, Q., Chu, S. and Cui, Y., Can N95 Respirators Be Reused after Disinfection? How Many Times?, *ACS Nano*, 14(5), 6348–6356, (2020).

Limited, W. P. , " Nonwoven materials and technologies for medical applications ",(eds: J. R. Ajmeri and C. Joshi Ajmeri), *Handbook of medical textiles*, Canada: Woodhead Publishing Limited, (2011).

Liu, X. and Wang, F., "Applications of non-circular cross-section chemical fibers" *Chemical Fibers International*, 61(4), 210–212, (2011).

Liu, X. and Wang, F., "Visible light shielding performance of fabrics with non-circular cross section fiber", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(3), 50–61. (2012).

MacIntyre, C. R., Dwyer, D., Seale, H., Fasher, M., Booy, R., Cheung, P., Ovdin, N. and Browne, G., " The First Randomized, Controlled Clinical Trial of Mask Use in Households to Prevent Respiratory Virus Transmission", *International Journal of Infectious Diseases*, 12, e328, (2008).

Maduna, L. and Patnaik, A., "Textiles in air filtration", *Textile Progress*,49(4), 173–247, (2017).

Massimiliano, S., "Face mask types and their differences: surgical, FFP1, FFP2, FFP3 and more, [ online]" (2020), <https://www.pixartprinting.co.uk/blog/face-mask-types-differences/>, (2020).

Mohebi, S., Parham, M., Sharifirad, G., ve Gharlipour, Z., "Efficacy of cloth face mask in prevention of novel coronavirus infection transmission: A systematic review and meta-analysis", *Journal of Education and Health Promotion*, 1-6, (2020).

Morris, H. and Murray, R., " Medical textiles" , *Textile Progress*, 52, 1–127, (2020).

O’Dowd, K., Nair, K. M., Forouzandeh, P., Mathew, S., Grant, J., Moran, R., Bartlett, J., Bird, J. and Pillai, S. C., Face masks and respirators in the fight against the COVID-19 pandemic: A review of current materials, advances and future perspectives",*Materials*, 13(15), (2020).

Pandit, P., Maity, S., Singha, K., Annu, Uzun, M., Shekh, M. and Ahmed, S.," Potential biodegradable face mask to counter environmental impact of Covid-19",*Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100218, (2021).

Plotz, C., "How fiber diameter ve size affect filtration performance, [ online]" (2020) <https://www.filtnews.com/how-fiber-diameter-size-affect-filtration-performance/>,(2020).

Huang, P. H., Chu, C. K., Chen, H. E., Lin, J. T. and Lee, J. H, *U.S. Patent No. 7,210,482*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, (2007).

Huang, P. H., Chu, C. K., Chen, H. E., Lin, J. T., & Lee, J. H., *U.S. Patent No. 7,210,482*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, (2007).

Prudhvi Krishna, M., Babalola, S. A., Dutta, S., Chakraborty, S. S., Thangadurai, M., Roy, H., Mandal, N., Hirani, H. and Roy, P.," Effective ness of different facemask materials to combat transmission of airborne diseases", *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 46(3), (2021).

Pu, Y., Zheng, J., Chen, F., Long, Y., Wu, H., Li, Q., Yu, S., Wang, X. and Ning, X., "Preparation of polypropylene micro and nanofibers by electrostatic-assisted melt blown and their application", *Polymers*, 10(9), 1–12, (2018)

Sağlık, C.-S., Önerilen, T., Maske, F. and Nasıl, S., "What Should be the Mask Types , Features and Standards Recommended for Health İnstitutions and for the General Population During the COVID-19 Pandemic ?" *Cocuk Enfeksiyon Dergisi*, 14(3), e150-e154, (2020).

Sanalife, "What Is The Most Penetrating Particle Size (MPPS)? Why Is It Important?, [online]" (2021), <https://www.sanalifewellness.com/blog/what-is-the-most-penetrating-particle-size-mpps> (2022).

Spennemann, D. H. R.,"Covid-19 face masks as a long-term source of microplastics in recycled urban green wasteé". *Sustainability (Switzerland)*, 14(1), (2022),

Spooner, J. L., "History of surgical face masks", *ARON journal*, 76–80, (1981).

Todd, M. C. and Belteton, M. V. F., "Factors Involved in Aerosol Transmission of Infection and Control of Ventilation in Healthcare" (eds: Antonio M. Esquinas Editor) , *Noninvasive Ventilation in High-Risk Infections and Mass Casualty Events* , Guatemala City , Guatemala: Springer, 1496-4, 30, 270, (2014).

Tsai, P. P., Schreuder-Gibson, H. and Gibson, P., "Different electrostatic methods for making electret filters", *Journal of Electrostatics*, 54(3–4), 333–341, (2002).

Twintech Industry, "3-Ply Disposable Face Masks, [ online]" (2022), <https://www.twintechpromo.com/889-3-ply-disposable-face-masks.html>, (2022).

Universität Konstanz, "Occupational Safety, Health and Environmental Protection, [online]" (2022), <https://www.uni-konstanz.de/en/occupational-safety-health-and-environmental-protection/occupational-safety/risk-assessment/personal-protective-equipment/face-masks-and-respirators/medical-and-non-medical-masks/>, (2022).

Verto, N. V., "Electret filters for high-efficiency air cleaning", *Elsevier* 8, 369–379, (1980).

Wang, K. and Zhao, H., "The influence of fiber geometry and orientation angle on filtration performance" *Aerosol Science and Technology*, 49(2), 75–85, (2015).

Wang, Y., Tian, H., Zhang, L., Zhang, M., Guo, D., Wu, W., Zahng, X., Kan L.G, Huo, D., Liu, B., Wang, X., Sun, Y., Wang, Q., Yang, P., and MacIntyre, C. R., " Reduction of secondary transmission of SARS-CoV-2 in households by face mask use, disinfection and social distancing: a cohort study in Beijing, China", *BMJ global health*, 5(5), e002794,(2020).

"Advice on the use of masks in the context of COVID-19", *WHO intern guidance*, 1-5, (2020).

Wu, J., Xu, F., Zhou, W., Feikin, D. R., Lin, C. Y., He, X., Zhu, Z., Liang, W., Chin, D. P. and Schuchat, A., "Risk Factors for SARS among Persons without Known Contact with SARS Patients, Beijing, China", *Emerging Infectious Diseases*, 10(2), 210–216, (2004).

Yesil, Y. and Bhat, G. S., "Porosity and barrier properties of polyethylene meltblown nonwovens". *The Journal of The Textile Institute*, 108(6),1035-1040, (2017).

Zhang, X., Fan, Y. S., Tian, G. J., Wang, H., Zhang, H. L. and Xie, W., "Influence of Fiber diameter on filtration performance of polyester fibers", *Thermal Science*, 23(4), 2291–2296, (2019).

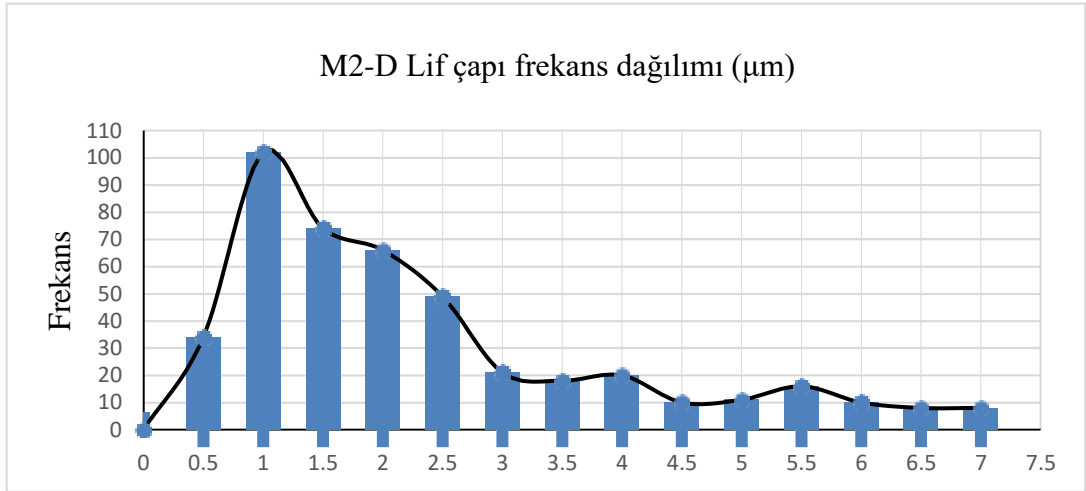
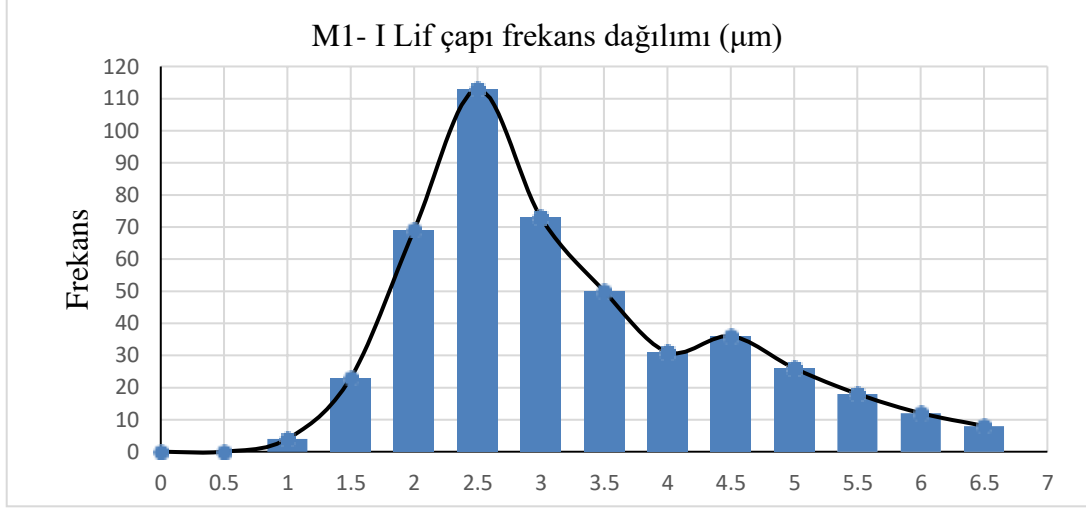
Zhu, G., Kremenakova, D., Wang, Y. and Militky, J., "Air permeability of polyester nonwoven fabrics" *Autex Research Journal*, 15(1), 8–12, (2015).

# **EKLER**

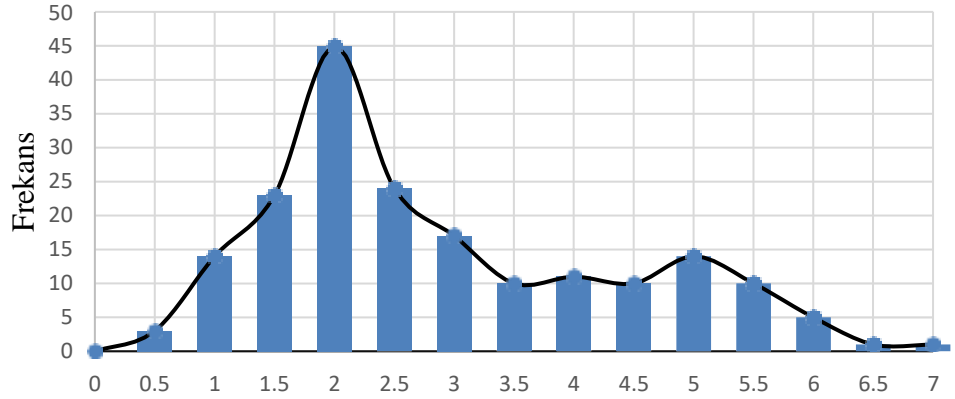


## 6. EKLER

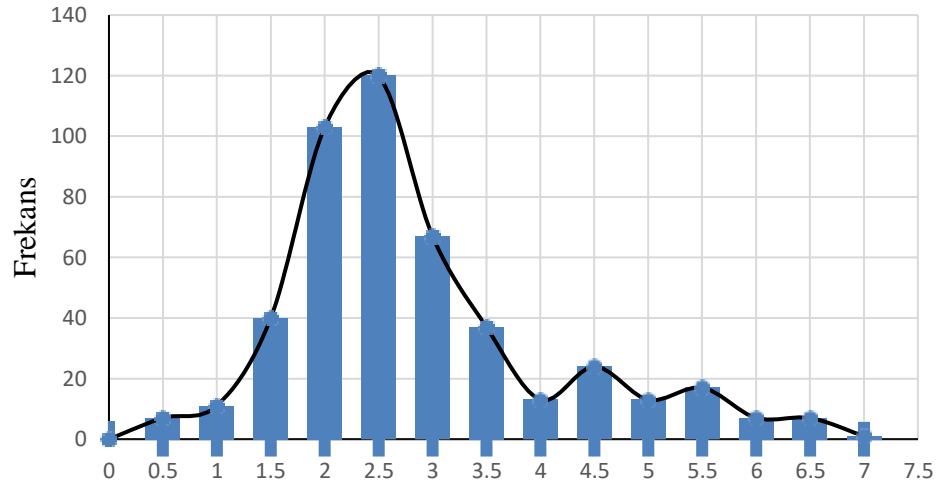
**EK 1:** Lif çapı frekans dağılımı



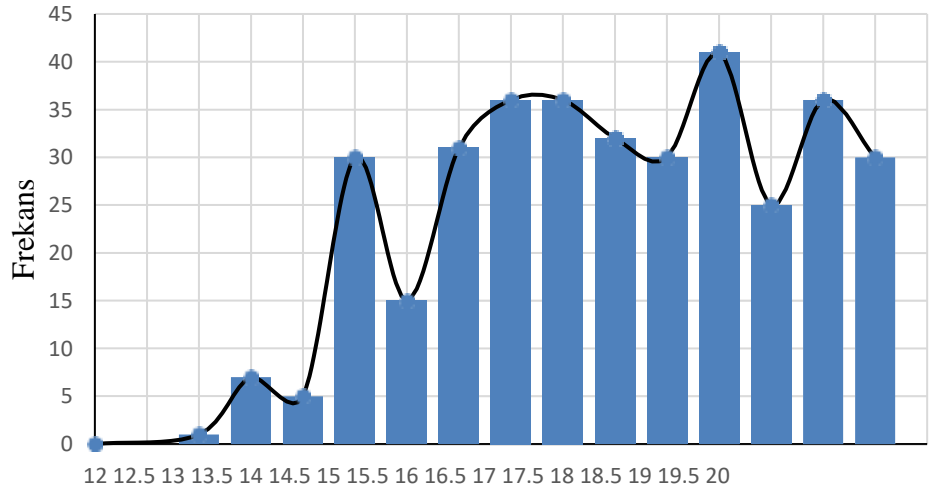
M3- D Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



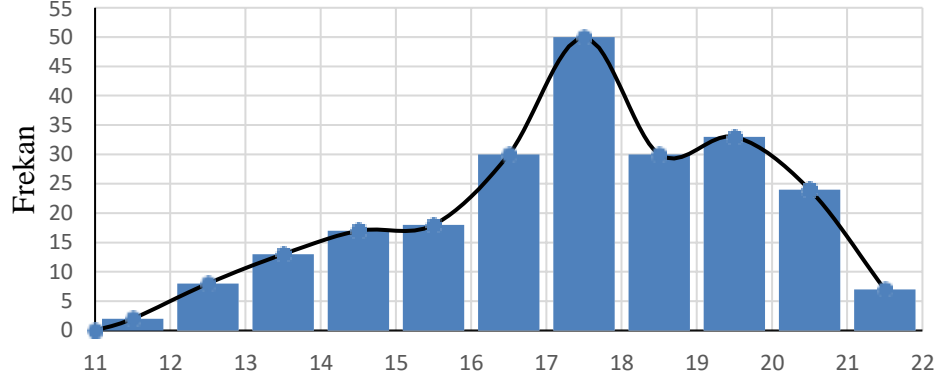
M4-I Fiber çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



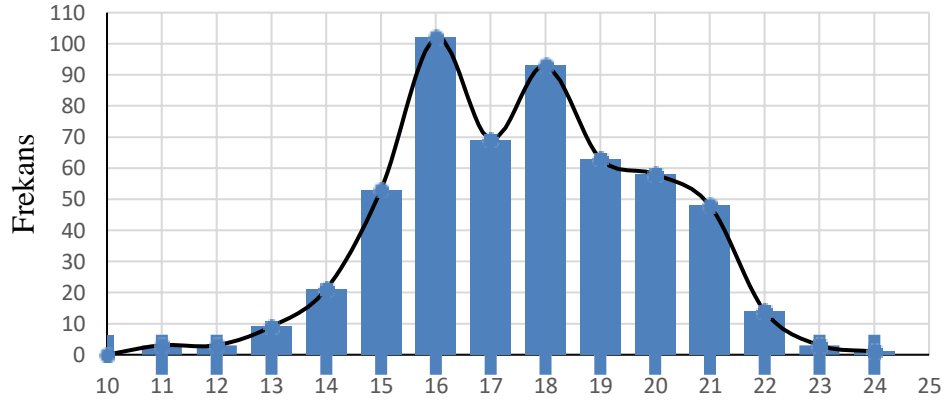
S1-I Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



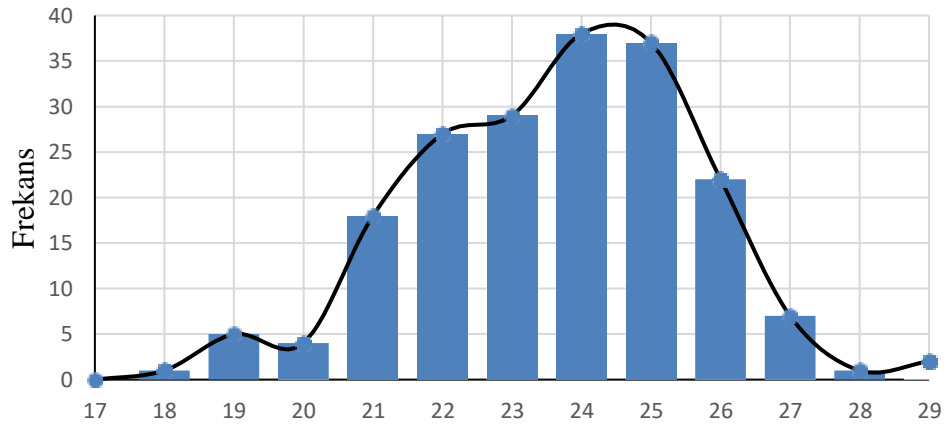
S2- I Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



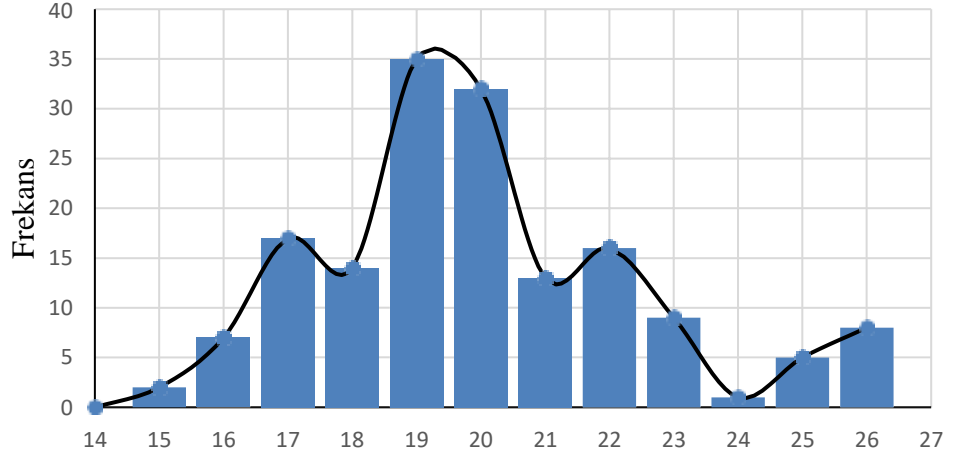
S5- I Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



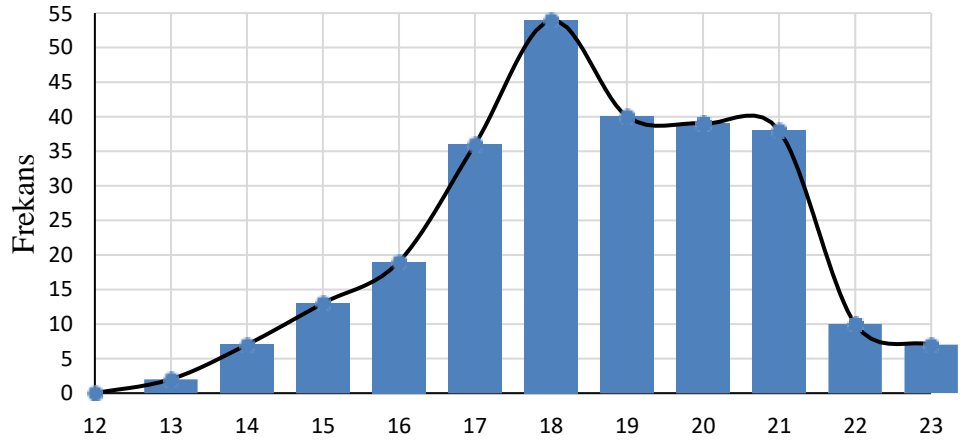
S6- D Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



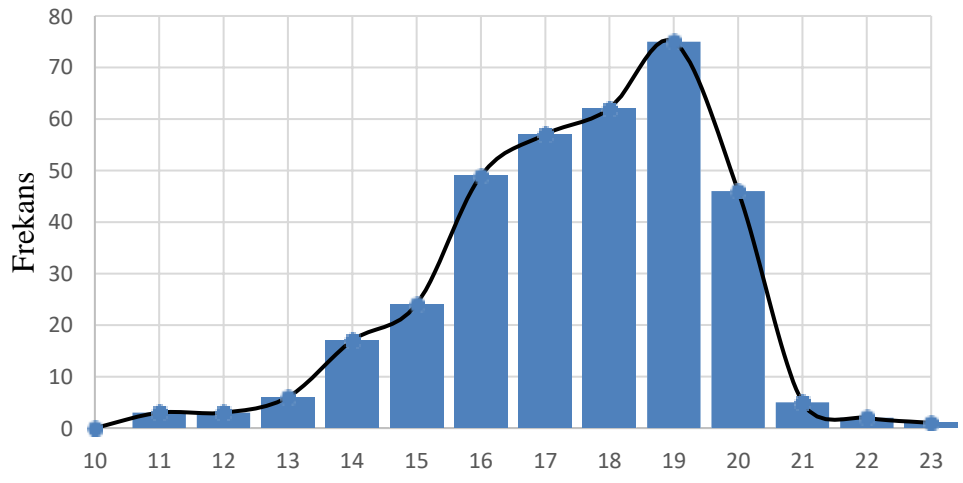
S7- I Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



S8-I Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



S9- I Lif çapı frekans dağılımı ( $\mu\text{m}$ )



## EK 2: Parametreler arasındaki korelasyon.

Correlations

		Basınç_Düşmesi_Ort	Filtrasyon_Ort	GSM	Ellyaf_Çapı	Kalınlık	Kaplama_Faktörü	Yüzey_Düzgünlüğü	Gözeneklilik	Hava_Geçirgenliği
Basınç_Düşmesi_Ort	Pearson Correlation	1	,901**	-,164	-,894**	-,204	,607*	-,550	-,954**	-,632*
	Sig. (2-tailed)		,000	,630	,000	,547	,047	,079	,000	,037
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Filtrasyon_Ort	Pearson Correlation	,901**	1	-,300	-,837**	-,368	,466	-,426	-,780**	-,390
	Sig. (2-tailed)	,000		,370	,001	,266	,148	,191	,005	,235
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
GSM	Pearson Correlation	-,164	-,300	1	,410	,988**	,483	-,334	,101	-,557
	Sig. (2-tailed)	,630	,370		,211	,000	,133	,315	,767	,075
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Ellyaf_Çapı	Pearson Correlation	-,894**	-,837**	,410	1	,447	-,522	,505	,889**	,415
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,211		,168	,100	,113	,000	,205
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Kalınlık	Pearson Correlation	-,204	-,368	,988**	,447	1	,417	-,292	,123	-,524
	Sig. (2-tailed)	,547	,266	,000	,168		,203	,383	,719	,098
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Kaplama_Faktörü	Pearson Correlation	,607*	,466	,483	-,522	,417	1	-,840**	-,635*	-,812**
	Sig. (2-tailed)	,047	,148	,133	,100	,203		,001	,036	,002
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Yüzey_Düzgünlüğü	Pearson Correlation	-,550	-,426	-,334	,505	-,292	-,840**	1	,620*	,753**
	Sig. (2-tailed)	,079	,191	,315	,113	,383	,001		,042	,007
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Gözeneklilik	Pearson Correlation	-,954**	-,780**	,101	,889**	,123	-,635*	,620*	1	,719*
	Sig. (2-tailed)	,000	,005	,767	,000	,719	,036	,042		,013
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Hava_Geçirgenliği	Pearson Correlation	-,632*	-,390	-,557	,415	-,524	-,812**	,753**	,719*	1
	Sig. (2-tailed)	,037	,235	,075	,205	,098	,002	,007	,013	
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).


\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Ek 3:** 1- 4 katmanlı basınç düşmesi, bakteri filtrasyon verimliliği, biyolojik yük ve partikül filtrasyon verimliliği test sonucu.

**S5-M3-S5 Basınç düşmesi**

		<b>ÇINAR VALİDASYON VE DENEY LABORATUVARLARI LTD. ŞTİ.</b> Yeni Hacı Mah. 2386.Cad. No:31 Yenimahalle ANKARA		AB-1497-T
				ÇD22/1347
				06-22
<b>TEST SONUÇLARI / TEST RESULTS</b>				
<b>Test Alanı Sayısı / Number of the Areas</b>		5 adet / 5 pieces		
<b>Şartlandırma Koşulları / Conditioning Parameters</b>		(21 ± 5) °C, % (85 ± 5) Rh, 4 saat / hours		
<b>Test Akış Hızı / Test Flow Rate</b>		8 L / dk / min		
Numune / Sample	Sonuç (Pa/cm <sup>2</sup> ) / Result	Uygunluk / Conformity	Kabul Kriteri / Acceptance Criteria	
1	11,02	U	< 40	
2	10,61	U	< 40	
3	11,02	U	< 40	
4	10,61	U	< 40	
5	11,83	U	< 40	
U – Uygun / Suitable, UD – Uygun Değil / Not Suitable, N/A – Uygulanabilir Değil / Not Applicable				
<b>Numune Görüşü / Sample Image</b>				
				
CPR316-F2 R3-17.06.2021				
Sayfa / Page 2 / 2				

## S5-M3-S5 Biyolojik yük

	<b>ÇINAR VALİDASYON VE DENEY LABORATUVARLARI LTD. ŞTİ.</b> Yeni Batı Mah. 2386. Cad. No: 31 Yenimahalle/ANKARA		AB-1497-T
			CD22/1342
			06-22
<b>TEST SONUÇLARI / TEST RESULTS</b>			
<b>Testler / Tests</b>	<b>Sonuç / Result (CFU/g)</b>	<b>Uygunluk / Conformity</b>	<b>Kabul Kriteri / Acceptance Criteria</b>
<b>Toplam Aerobik Bakteri / Total Aerobic Bacteria</b> (30-35°C / 3-7 gün / day)	36	-	-
<b>Toplam Fakültatif Anaerobik Bakteri / Total Facultative Anaerobic Bacteria</b> (30-35°C / 3-7 gün / day)	0	+	-
<b>Toplam Küf-Mayın / Total Mold-Yeast</b> (20-25°C / 5-7 gün / day)	0	-	-
<b>Toplam Canlı Sayısı / Total number of microorganism</b>	36	UD	≤ 30
<b>Kontrol Testleri / Control Tests</b>			
<b>Negatif Kontrol / Negative Control</b>	<b>Öreme Görülmedi / No growth detected</b>	U	<b>Öreme Görülmemeli / No growth should be detected</b>
<small>U - Uygun/Satisfy, UD - Uygun Değil/Not Satisfy, C/G - Koku ve diğer testler için/Color/Tasting test, SHP - Ürün orijinal parçası/Şişeye alınmıştır. TNTC - Sayılmayacak kadar çok/Not numerous in count</small>			

# S5-M3-S5 Bakteri filtrasyon verimliliği



## ANALYSIS REPORT

Report No. : 2216545E Report Date : 23/06/2022  
Applicant : PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ TEKSTİL BÖLÜMÜ  
Address : Kınık Kampüsü Pamukkale/Denizli/Turkey  
Sample : Face Mask Fabric No. 3  
Sample Package : Poly packing  
Sample Amount : 15 pieces  
Sampling Point : -  
Sampling Method : -  
Sampling Date : -  
Sample Lot No. : S5-M3-S5  
Production Date : -  
Packing Date : -  
Expire Date : -  
Producer Company : -  
Product No. : -  
Supplier Number : -  
Sample Receiving Time : 17/06/2022 13:30:00  
Analysis Beginning Time : 17/06/2022 13:45:00  
Analysis Completion Time : 22/06/2022

Following analysis results were obtained from the specimen which was delivered by cargo to Çevre Laboratory.

Parameters	Unit	Finding	Tip I	Tip II	Tip III	LR Source	Method	Information
<b>Bacterial Filtration Efficiency</b>								
BFE - 1	%	98,2	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 2	%	98,7	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 3	%	99,2	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 4	%	98,9	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 5	%	99,5	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
Mean Positive Control Count	cfu	1719	-	-	-	-	EN 14683 - Annex B (*)	
Negative Control Count	cfu	<1	-	-	-	-	EN 14683 - Annex B (*)	
Mean Particle Size (MPS)	µm	2,8	-	-	-	-	EN 14683 - Annex B (*)	

e-signed  
Sevinç ÖCAL  
Assistant Laboratory Responsible of  
Microbiology Laboratory

e-signed  
Approved by  
23/06/2022  
Ömer Yasin BALIK  
Laboratory Manager




## S2 -M3 -M2 Basınç düşmes

ÇINAR VALİDASYON VE DENEY LABORATUVARLARI LTD. ŞTİ.		AD-0407-T	
Yeni Hacı Mah. 2356.Cad. No:31 Yenimahalle ANKARA		C:022 (1545)	
		06-22	
<b>TEST SONUÇLARI / TEST RESULTS</b>			
Test Adım Sayısı / Number of the Tests:		5 adet / 5 pieces	
Sartlandırma Koşulları / Conditioning Parameters:		21 ± 5)°C, % (85 ± 5) RH, 4 saat / hours	
Test Akış Hızı / Test Flow Rate:		8 L / dk / min	
Numune / Sample	Sızma (Pa/cm <sup>2</sup> ) / Leakage	Uygunluk / Compliance	Kabul Kriteri / Acceptance Criteria
1	10,61	U	< 40
2	9,79	U	< 40
3	9,79	U	< 40
4	10,20	U	< 40
5	10,61	U	< 40

U - Uygun / Acceptable, UD - Uygun Değil / Not Acceptable, NA - Uygunluk Bilgi / Not applicable

Numune Görünüşü / Sample Image:



CPB10-F2-03-17.06.2021 Sayfa/Page: 2 / 2

S2 -M3 -M2 Bakteri filtrasyon verimliliği



ANALYSIS REPORT

Report No : 2216544E Report Date : 23/06/2022  
 Applicant : PAMUKKALE UNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ TEKSTİL BÖLÜMÜ  
 Address : Kınıklı Kampüsü Pamukkale/Denizli/Turkey  
 Sample : Face Mask Fabric No: 2  
 Sample Package : Poly packing  
 Sample Amount : 15 pieces  
 Sampling Point : -  
 Sampling Method : -  
 Sampling Date : -  
 Sample Lot No. : S2-M3-S2  
 Production Date : -  
 Packing Date : -  
 Expire Date : -  
 Producer Company : -  
 Product No. : -  
 Supplier Number : -  
 Sample Receiving Time : 17/06/2022 13:30:00  
 Analysis Beginning Time : 17/06/2022 13:45:00  
 Analysis Completion Time : 22/06/2022

Following analysis results were obtained from the specimen which was delivered by cargo to Çevre Laboratory

Parameters	Unit	Finding	Tip I	Tip II	Tip III	LK Source	Method	Information
<b>Bacterial Filtration Efficiency</b>								
BFE - 1	%	99,5	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 2	%	98,6	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 3	%	99,3	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 4	%	99,1	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
BFE - 5	%	98,9	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Annex B (*)	124, 129
Mean Positive Control Count	cfu	1737	-	-	-	-	EN 14683 - Annex B (*)	
Negative Control Count	cfu	<1	-	-	-	-	EN 14683 - Annex B (*)	
Mean Particle Size (MPS)	µm	2,9	-	-	-	-	EN 14683 - Annex B (*)	

e-signed  
 Servin ÖCAL  
 Assistant Laboratory Responsible of  
 Microbiology Laboratory

e-signed  
 Approved by  
 23/06/2022  
 Ömer Yaşın BALIK  
 Laboratory Manager

**TEST SONUÇLARI / TEST RESULTS**

Testler / Tests	Sonuç / Result (CFU/g)	Uygunluk Conformity	Kabul Kriteri Acceptance Criteria
<b>Toplam Aerobik Bakteri / Total Aerobic Bacteria</b> (30-35°C / 3-7 gün / day)	36	-	-
<b>Toplam Fakültatif Anaerobik Bakteri / Total Facultative Anaerobic Bacteria</b> (30-35°C / 3-7 gün / day)	0	-	-
<b>Toplam Küf-Mayın / Total Mold-Yeast</b> (20-25°C / 5-7 gün / day)	0	-	-
<b>Toplam Canlı Sayısı / Total number of microorganism</b>	36	UD	≤ 30

**Kontrol Testleri / Control Tests**

Negatif Kontrol / Negative Control	Öreme Görülmedi No growth detected	U	Öreme Görülmemeli No growth should be detected

U - Uygun/Satisfy, UD - Uygun Değil/Not Satisfy, CFU - Koloni oluşturan birim/Colony-forming unit, SIP - Ürün üzerine parçacık/Şişirilebilir parçacık, INTC - Sayılamayacak kadar yüksek miktarlar içeren

# S1 -M4 -S9 Basınç düşmesi



**ÇINAR VALİDASYON VE DENEY  
LABORATUVARLARI LTD. ŞTİ.**  
Yeni Bah. Mah. 2386.Cad. No:31 Yenimahalle ANKARA

AB-1497-T

CD22/1343

06-22

## TEST SONUÇLARI / TEST RESULTS

<b>Test Alanı Sayısı / Number of the Area</b>	5 adet / 5 pieces		
<b>Şartlandırma Koşulları / Conditioning Parameters</b>	(21 ± 5) °C , % (85 ± 5) Rh, 4 saat / hours		
<b>Test Akış Hızı / Test Flow Rate</b>	8 L / dk / min		
Numune / Sample	Sonuç (Pa/cm <sup>2</sup> ) / Result	Uygunluk / Conformity	Kabul Kriteri / Acceptance Criteria
1	13,06	U	< 40
2	13,06	U	< 40
3	13,06	U	< 40
4	12,65	U	< 40
5	12,65	U	< 40

U – Uygun / Suitable, İD – Uygun Değil / Not Suitable, N/A – Uygulanabilir Değil / Not Applicable

Numune Görüşü / Sample Image



# S1 -M4 -S9 Bakteri filtrasyon verimliliği



## ANALİZ RAPORU

Rapor No. : 2216543E Rapor Tarihi : 23/06/2022  
Firma : PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ TEKSTİL BÖLÜMÜ  
Adres : Kınıklı Kampüsü, Pamukkale/Denizli/Türkiye  
Numune : Yüz Maskesi - 1 No'lu Kumaş  
Numune Ambalajı : Poly ambalaj  
Numune Miktarı : 15 adet  
Numunenin Alındığı Yer : -  
Numune Alma Yöntemi : -  
Numune Alma Tarihi : -  
Seri-Parti No / Lot No : S1-M4-Sq  
İmal Tarihi : -  
Paketleme Tarihi : -  
Son Kullanma Tarihi : -  
İmalatçı Firma Adı : -  
Mal No : -  
Mal Veren Firma No : -  
Numune Geliş Tarihi : 17/06/2022 13:30:00  
Analiz Başlangıç Tarihi : 17/06/2022 13:45:00  
Analiz Bitiş Tarihi : 22/06/2022

Laboratuvarımıza kargo ile gönderilen numunede yapılan analiz sonuçları:

Parametreler	Birim	Bulgusu	Tip I	Tip II	Tip III	LD Kaynağı	Metot	Bilgi
Bakteriyel Filtrasyon Verimliliği (BFV)								
BFE - 1	%	98,5	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Ek B	(*) 124, 129
BFE - 2	%	98,9	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Ek B	(*) 124, 129
BFE - 3	%	99,4	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Ek B	(*) 124, 129
BFE - 4	%	98,7	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Ek B	(*) 124, 129
BFE - 5	%	99,1	≥95	≥98	≥98	97	EN 14683 - Ek B	(*) 124, 129
Ortalama Pozitif Kontrol Sayısı	kob	1722	-	-	-	-	EN 14683 - Ek B	(*)
Negatif Kontrol Sayısı	kob	<1	-	-	-	-	EN 14683 - Ek B	(*)
Ortalama Partikül Boyutu	µm	3	-	-	-	-	EN 14683 - Ek B	(*)

e-İmzalıdır  
Sevinç ÖCAL  
Mikrobiyoloji Laboratuvar Sorumlu Yardımcısı

e-İmzalıdır  
Tasdik Olunur  
23/06/2022  
Ömer Yasın BALIK  
Laboratuvar Müdürü

**TEST SONUÇLARI / TEST RESULTS**

Testler / Tests	Sonuç / Result (CFU/g)	Uygunluk Conformity	Kabul Kriteri Acceptance Criteria
<b>Toplam Aerobik Bakteri / Total Aerobic Bacteria</b> (30-35°C / 3-7 gün / day)	36	-	-
<b>Toplam Fakültatif Anaerobik Bakteri / Total Facultative Anaerobic Bacteria</b> (30-35°C / 3-7 gün / day)	0	-	-
<b>Toplam Küf-Mayla / Total Mold-Yeast</b> (20-25°C / 5-7 gün / day)	0	-	-
<b>Toplam Canlı Sayısı / Total number of microorganisms</b>	36	UD	≤30

**Kontrol Testleri / Control Tests**

Negatif Kontrol / Negative Control	Üreme Görülmesi No growth detected	Ü	Üreme Görülmemeli No growth should be detected

U – Uygun/acceptable, UD – Uygun Değil/Not Suitable, CFU – Koloni oluşturma birimi/Colony-forming unit, MP – Üçlü ortama yayma/Sample from positive, TNTC – Sayılamayacak kadar çok/Too numerous to count

## Çoklu katman basınç düşüşü ve filtrasyon verimliliği düşüşü

### Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alikilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	17.03.2022
	Belge No / Document Number	T635
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temag@itu.edu.tr](mailto:temag@itu.edu.tr)

**Test Standard: NaCl, 0,3 µm, 15.8 cm/sec, 95 l/min**

**Cihaz/Equipment: TSI 8130<sup>A</sup>**

#### 1. M1

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	35
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	13,432

#### 2. M2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	26
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	16,060

#### 3. M3

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	52
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	30,810

#### 4. M4

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	50
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	16,861

#### 5. S1

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	2
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	3,882

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alikilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	17.03.2022
	Belge No / Document Number	T635
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temag@itu.edu.tr](mailto:temag@itu.edu.tr)

### 6. S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	5
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	2,243

### 7. S3

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	6
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	6,769

### 8. S4

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	5
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	7,892

### 9. S5

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	7
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	6,765

### 10. S6

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	4
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	8,317

### 11. S7

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	6
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	5,491



## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alkilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	17.03.2022
	Belge No / Document Number	T635
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temag@itu.edu.tr](mailto:temag@itu.edu.tr)

### 12. S8

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	11
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	5,585

### 13. S9

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	14
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	6,929

### 14. M4-M4

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	104
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	33,400

### 15. S2-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	11
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	8,542

### 16. S2-S2-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	17
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	14,470

### 17. M4-M4-M4

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	155
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	46,514

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alik@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	17.03.2022
	Belge No / Document Number	T635
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temag@itu.edu.tr](mailto:temag@itu.edu.tr)

### 18. S2-S2-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	22
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	16,775

### 19. M4-M4-M4-M4

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	211
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	54,413

### 20. S2-M1-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	51
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	19,019

### 21. S2-M4-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	64
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	24,893

### 22. S2-M3-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	63
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	34,569

### 23. S2-M2-S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	46
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	20,933

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alikilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	17.03.2022
	Belge No / Document Number	T635
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temag@itu.edu.tr](mailto:temag@itu.edu.tr)

### 24. S1-M1-S1

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	45
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	18,883

### 25. S1-M2-S1

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	34
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	14,405

### 26. S1-M3-S1

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	58
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	30,155

### 27. S1-M4-S1

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	57
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	22,162

Hazırlayan/Prepared by

Kontrol/Checked by

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360 e-

mail: alikilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b>	Belge Tarih /Document Date	11.05.2022
	Belge No / Document Number	T638
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi

Test Standard: NaCl, 0.3 µm, 15.83 cm/sec, 95 l/min

Cihaz/Equipment: TSI 8130<sup>a</sup>

### 1. S1M3S9

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	71
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	35,102

### 2. S6M3S6

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	62
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	36,983

### 3. S5M3S5

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	67
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	36,392

### 4. S1M4S9

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	89
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	36,938

### 5. S6M4S6

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	70
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	27,552

### 6. S5M4S5

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	83
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	25,360

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: afikilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temag.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	11.05.2022
	Belge No / Document Number	T638
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	Yüksel İkiz

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temag@itu.edu.tr](mailto:temag@itu.edu.tr)

### 7. M4

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	62
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	18,428

### 8. M3

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	53
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	26,892

### 9. S5

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	9
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	4,393

### 10. S9

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	19
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	5,319

### 11. S6

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	5
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	6,243

### 12. S9M5S9

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	85
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	35,172

### 13. S2

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	6
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	7,211

### 14. S9

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	3
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	6,187

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alikilici@itu.edu.tr URL: <http://www.temaq.itu.edu.tr>



<b>ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU</b> <b>PRODUCT VALIDATION REPORT</b>	Belge Tarih / Document Date	11.05.2022
	Belge No / Document Number	T638
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	Yüksel İkiz

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temaq@itu.edu.tr](mailto:temaq@itu.edu.tr)

### 15. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	7
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	5,626

### 16. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	48
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	60,475

### 17. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	3
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	5,629

### 18. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	55
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	64,113

### 19. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	8
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	7,094

### 20. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	157
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	22,431

### 21. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	9
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	5,782

### 22. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	155
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	28,877

## Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu Kampüsü, 34437 İstanbul

Tel: 0212.293 1300/2534 Faks: 0212 245 0360

e-mail: alikilic@itu.edu.tr URL: <http://www.temaq.itu.edu.tr>

İTÜ



ÜRÜN DEĞERLENDİRME RAPORU PRODUCT VALIDATION REPORT	Belge Tarih / Document Date	11.05.2022
	Belge No / Document Number	T638
	Company / Firma	Pamukkale Üniversitesi
	Contact / İletişim	Yüksel İkiz

\*This report cannot be used for certification documentation. For verification, contact us on [temaq@itu.edu.tr](mailto:temaq@itu.edu.tr)

### 23. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	5
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	3,039

### 24. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	148
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	73,321

### 25. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	6
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	2,480

### 26. Numune

BASINÇ / PRESSURE (Pa)	160
PARÇACIK TUTUŞ VERİMİ / PFE (%)	74,381

Hazırlayan/Prepared by

Kontrol/Checked by