

KURU HAVA FİLTRASYONUNDA
KULLANILAN DOKUSUZ YÜZEYLERİN
PERFORMANSLARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gamze DOĞAN

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mevlüt TERCAN

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Aralık 2006

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURU HAVA FİLTREASYONUNDA KULLANILAN
DOKUSUZ YÜZEYLERİN PERFORMANSLARI
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Gamze DOĞAN

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Mevlüt TERCAN

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AFYONKARAHİSAR

2006

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Mevlüt TERCAN danışmanlığında,
Gamze DOĞAN tarafından hazırlanan
“Kuru Hava Filtrasyonunda Kullanılan Dokusuz Yüzeylerin Performansları Üzerine
Bir Çalışma” başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili
maddeleri uyarınca

17/01/2007

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.
Ünvanı, Adı, SOYADI İmza

Başkan Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin YÜKSEKKAYA

Üye Yrd. Doç. Dr. Mevlüt TERCAN

Üye Yrd. Doç. Dr. Alaattin AKTAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..../.../.... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KURU HAVA FİLTRASYONUNDA KULLANILAN DOKUSUZ YÜZEYLERİN PERFORMANSLARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Gamze DOĞAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mevlüt TERCAN

Filtreleme işlemi endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak karşılaşılan bir işlemdir. Tekstil esaslı filtreler yapıları dolayısıyla filtrasyon alanında büyük ilgi çeker. Özellikle dokusuz yüzeyler, kuru hava filtrasyonunda sıkça tercih edilir. Yüzey filtrasyonunun yanında derinlik filtrasyonuna izin veren yapıları, dokusuz yüzeyleri hava filtrasyonu uygulamalarında avantajlı kılar. Bu tezde sunulan araştırma çalışması, takviyeli ve takviyesiz olarak, farklı iğneleme yoğunluklarında üretilen iğnelenmiş kuru hava filtreleri üzerine odaklanmıştır. Ayrıca, takviyesiz veya dokuma kumaş takviyeli olarak kullanılan iğnelenmiş kumaşlar dışında, örme kumaş takviyeli filtre kumaşı tasarlanmıştır. Dokuma kumaş takviyeli filtrelerin mukavemet açısından yetersizliklerinin giderilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle, filtrasyon işlemiyle ve dokusuz yüzey filtrelerle ilgili genel bilgiler ile literatür bilgileri sunulmuştur. Daha sonra, bu çalışmada kullanılan filtrelerin üretimleri ile ilgili detaylar verilmiştir. Bu araştırma çalışmasında hammadde olarak yeniden işlenilip tekrar kullanılabilir hale getirilmiş (geri kazanılmış) poliester lifleri kullanılmıştır. Takviye malzemesi hammaddesi olarak akrilik seçilmiştir. İğneleme yoğunluğunun dokusuz yüzey kumaşın özelliklerine etkisinin araştırılabilmesi için kumaşlar iğneleme makinasından farklı pasaj sayılarında geçirilmiştir. Filtre performansını belirleyen yapısal özelliklerden kalınlık ve gramaj, fiziksel özelliklerden kopma, yırtılma, patlama mukavemeti ve hava geçirgenliği ölçülmüştür. Ayrıca bu yapısal ve fiziksel özellikler, filtrenin toz tutma verimi, kapasitesi, basınç düşümü gibi performans özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Son olarak takviye malzemeleriyle ve iğneleme yoğunluğuyla bu özelliklerin değişimi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2006, 73 sayfa

Anahtar kelimeler: Filtrasyon, filtre, iğnelenmiş dokusuz yüzeyler, kuru hava filtrasyonu, örme takviye malzemesi

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

A STUDY ON THE PERFORMANCES OF FILTERS USED IN DRY AIR FILTRATION

Gamze DOĞAN

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Ph. D. Mevlüt TERCAN

Filtration is a common process in industrial applications. More attention is paid to textile based filters because of their structures. Nonwovens frequently preferred in dry air filtration applications. Structures of nonwovens allow depth filtration besides surface filtration and this gives advantage to nonwovens in air filtration applications. The research work presented in this thesis focuses upon the needle-punched nonwovens produced with and without reinforced material, with different needling intensities. Besides woven reinforcing materials, needle-punched nonwoven with knitted reinforcing material was designed. Removing the disabilities of strength of filters in the usage was aimed. First, knowledge about filtration process, nonwoven filters and researches in literature were presented. Moreover, details about the production of filters used in this research were given. In this study, recycled polyester fiber was chosen as raw materials. Acrylic fiber was chosen as reinforcing materials. To evaluate the influences of needling intensity on the characteristics of nonwoven fabrics, fabrics were passed through the needling machine several times. Structural and physical properties determine the performances of filters, such as thickness, basis weight, breaking, tear and bursting strength and air permeability are measured. Furthermore, these physical properties are related to the dust holding efficiency, dust holding capacity and pressure drop. Finally, the variation of physical properties of produced filters are examined comparatively with respect to reinforcing materials and needling intensity.

2006, 73 pages

Keywords: Filtration, filter media, needle punched nonwovens, dry air filtration, knitted reinforcing material

TEŞEKKÜR

Öncelikle; tezimin başından sonuna kadar bana destek olan, benden vaktini esirgemeyen, değerli görüş ve bilgilerini benimle paylaşan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mevlüt TERCAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde emeği geçen başta Sayın Hocam Prof. Dr. M. Fikri ŞENOL olmak üzere tüm hocalarıma, iplik ve kumaş temininde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin YÜKSEKKAYA'ya, deneylerin yapılması sırasında bana Kalite Kontrol laboratuvarlarını açan, Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Ayşe OKUR ve Öğr. Gör. Dr. Vildan SÜLAR'a, takviye kumaşlarını ürettiğimiz Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Örme Laboratuvarı çalışanlarına, kumaşların üretildiği liflerin temini için Fuxing & USAŐ Geri Kazanım Sanayi ve Ticaret A.Ő.'ne, filtre kumaşlarını ürettiğimiz Serteks Ltd. Őti. sahibi Orhan ZİHNİOĞLU ve başta Rıza KAHRAMAN olmak üzere tüm çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Bana sürekli moral veren, karşılaŐtıđım sorunları kendi sorunlarıymıŐ gibi çözmeye çalışan iş arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler.

Son olarak, üzerimdeki emeğini kelimelerle ifade edemeyeceğim anneme Őükran borçluyum.

Gamze DOĞAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1 Filtrelerin Sınıflandırılması	6
2.1.1 Filtrelerin Yapılarına Göre Sınıflandırılması	6
2.1.1.1 Tekstil Esaslı Olmayan Filtreler	7
2.1.1.2 Tekstil Esaslı Filtreler	8
2.1.2 Filtrelerin Performanslarına Göre Sınıflandırılması	10
2.2 Filtrelerin Temel Özellikleri	13
2.2.1 Filtrelerin Yapısal Özellikleri	13
2.2.2 Filtrelerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	15
2.2.3 Filtrelerin Performans Özellikleri	16
2.3 Filtrasyon Mekanizmaları	18
2.3.1 Durdurma Mekanizması	18
2.3.2 Atalet Etkisi Mekanizması	19
2.3.3 Brownian Difüzyonu	20
2.3.4 Yerçekimi Kuvvetleri	20
2.3.5 Elektrostatik Depolama	21
2.4 Mekanik Filtrasyon Metotları	22
2.4.1 Yüzey Filtrasyonu	22
2.4.2 Derinlik Filtrasyonu	23
2.5 Dokusuz Yüzey Filtreler	24
2.5.1 Üretim Tekniklerine Göre Dokusuz Yüzey Filtreler	24
2.5.1.1 Tülbent Oluşumu	24

2.5.1.2 Fiksaj Sistemleri (Tülbent Birleştirme)	26
2.5.1.3 Bitim İşlemleri	29
2.6 Literatür Araştırması	29
2.7 Çalışmanın Amaçları	37
3. MATERYAL METOT	38
3.1 Materyal	39
3.2 Metot	42
4. BULGULAR	45
4.1 Takviye Malzemelerine Göre Fiziksel Özelliklerin Değişimi	48
4.2 İşleme Yoğunluğuna Göre Fiziksel Özelliklerin Değişimi	52
4.3 Kalınlık ve Gramajla Diğer Özelliklerin Değişimi	58
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	64
6. KAYNAKLAR	67
7. ÖZGEÇMİŞ	71
EKLER	72
Ek 1. TS ISO 11841-1'e Göre Filtre Sınıfları	72
Ek 2. Deneylelerden Elde Edilen Kopma ve Yırtılma Mukavemetleri ile Numunelerin Kesit Alanları	73

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1.Simgeler

A_m	Tutulan toz ağırlığı (%)
df	Lif çapı
dP	Partikül çapı
E_m	Toz tutma verimi (%)
Gr	Yerçekimi kuvvetleri mekanizmasındaki birimsiz parametre
k	Boltzmann sabiti
K	Hidrodinamik faktör
η	Tek lif verimliliği
P	Gözeneklilik
P_a	Kumaş yoğunluğu
P_b	Lif yoğunluğu
Pe	Pelect sayısı
R	Durdurma parametresi
ρ	Lif yoğunluğu
stk	Stokes sayısı
t_l	Aralığın sonundaki toplam zaman
t_T	Deneyin sonundaki toplam zaman
U	Akış hızı
v_g	Çökme (yerleşme) hızı
Δm_U	Denenen ünitenin kütledeki artış
Δm_D	Beslenen tozun toplam kütlesi
Δm_t	Her bir zaman aralığı sonunda kütledeki artış
Δm_{UT}	Deneyin sonunda denenen ünitenin kütledeki toplam artış

2.Kısaltmalar

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Ortaklığı)
EDANA	European Disposables and Nonwovens Association (Avrupa Tek Kullanımlık Ürünler ve Dokusuz Yüzeyler Birliği)

HEPA	Yüksek Verimli Partikül Tutucu
MERV	Minimum Verimliliği Gösteren Değer
PA	Poliamid
PAN	Poliakrilnitril
PES	Polietersülfon
PET	Polietilenteraftalat
PP	Polipropilen
PTFE	Politetrafloretilen (Teflon)
PVDF	Polivinilidenflorit
SMS	Spunbond/ Meltblown/ Spunbond Kompozit
TS	Türk Standardı
ULPA	Ultra Düşük Partikül Tutucu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
1.1 Filtre Spektrumu	2
1.2 Batı Avrupa’da Dokusuz Yüzeylerin Üretimi	4
2.1 (a) Durdurma Mekanizması (b) Brownian Difüzyonu (c) Atalet etkisi (d) Yerçekimi Kuvvetleri	19
2.2 Filtre Verimliliğinin Partikül Çapına Göre Değişimi	22
4.1 Takviye Malzemelerine Göre Kalınlığın Değişimi	48
4.2 Takviye Malzemelerine Göre Gramajın Değişimi	48
4.3 Takviye Malzemelerine Göre Hava Geçirgenliğinin Değişimi	49
4.4 Takviye Malzemelerine Göre Patlama Mukavemetinin Değişimi	49
4.5 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi	49
4.6 Takviye Malzemelerine Göre Keist Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi	50
4.7 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi	50
4.8 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi	50
4.9 İğneleme Sayısına Göre Kalınlığın Değişimi	53
4.10 İğneleme Sayısına Göre Gramajın Değişimi	53
4.11 İğneleme Sayısına Göre Patlama Mukavemetinin Değişimi	53
4.12 İğneleme Sayısına Göre Hava Geçirgenliğinin Değişimi	54
4.13 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi	54
4.14 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi	54
4.15 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi	55
4.16 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi	55

4.17	Kalınlık ile Hava Geçirgenliğinin Değişimi	58
4.18	Kalınlık ile Patlama Mukavemetinin Değişimi	59
4.19	Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi	59
4.20	Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi	59
4.21	Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi	60
4.22	Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi	60
4.23	Gramaj ile Hava Geçirgenliğinin Değişimi	60
4.24	Gramaj ile Patlama Mukavemetinin Değişimi	61
4.25	Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi	61
4.26	Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi	61
4.27	Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi	62
4.28	Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi	62

RESİMLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
2.1 İki Eksenli Germe ile Üretilmiş PTFE Membran	8
2.2 (a) Monofilamentler ve (b) Multifilament İplikler ile Üretilmiş Dokuma Filtre Kumaşı	9
2.3 Spunbond Poliester Dokusuz Yüzey Üzerine Eğirilmiş Nanolifler	26
2.4 Dokuma Takviyeli İğnelenmiş Kumaş Enine Kesit Görüntüsü	28
3.1 Dokusuz Yüzey Filtre Kumaşlarının Üretiminden Bazı Görüntüler	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
1.1 2000-2005 Yılları Arasında Ürün Gruplarına Göre Teknik Tekstillerin Dünya Çapındaki Tüketimleri	4
1.2 2000-2004 Yılları Arasında Batı Avrupa'da Dokusuz Yüzeylerin Ürün Gruplarına Göre Üretim Miktarları	5
2.1 ASHRAE 52.2 Ortalama Verimlilik Tanımı	11
2.2 MERV, Minimum Verimliliği Gösteren Değer	11
2.3 Filtrelerin Avrupa Sınıflandırması	12
2.4 HEPA ve ULPA Sınıfları	13
2.5 Üretim Tekniklerine Göre Dokusuz Yüzey Filtrelerin Özellikleri	28
3.1 Takviye Kumaşlarının Özellikleri	40
3.2 Filtre Kumaşlarının Vuruş ve İğneleme Yoğunlukları	41
3.3 Deneylerde Esas Alınan Standartlar	43
4.1 Ölçülen Fiziksel Özelliklerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	46
4.2 İğneleme Yoğunluğu ve Takviye Malzemelerine Göre Fiziksel Özellikler Arasında Yapılan F Testi Sonuçları	52
4.3 İğneleme Sayısı ile Fiziksel Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları	56
4.4 Takviye Malzemeleri ve İğneleme Yoğunluklarına Göre Fiziksel Özelliklerin F Testi Sonuçları	57
4.5 Ölçülen Fiziksel Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları	63

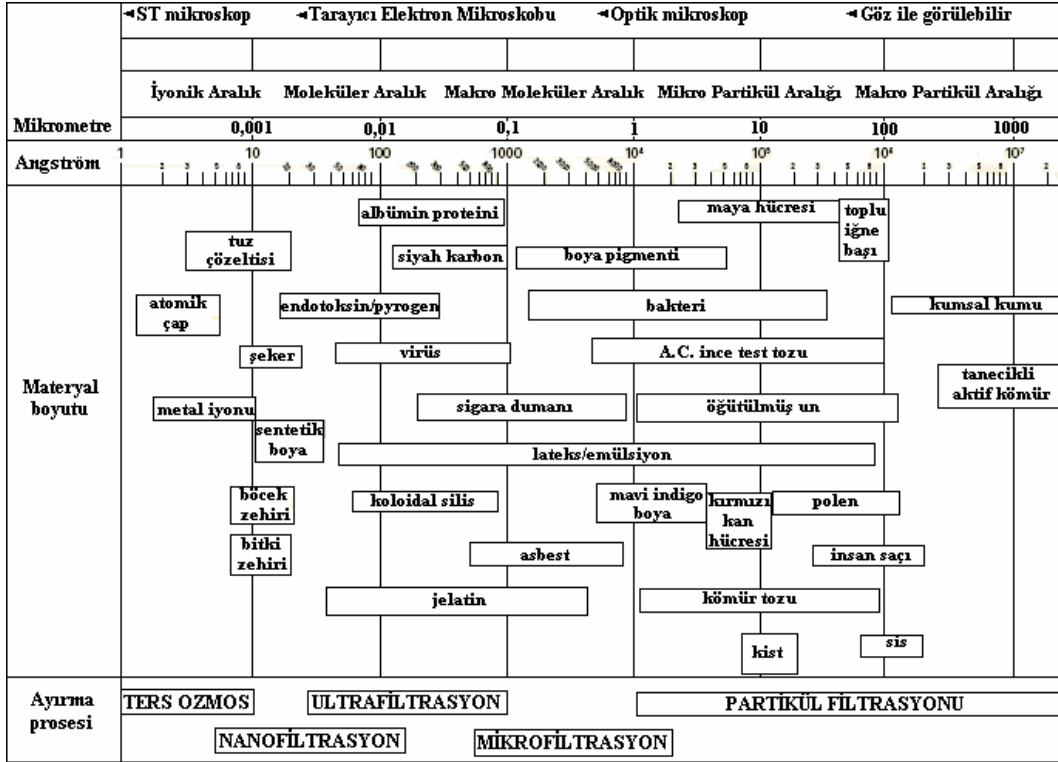
1. GİRİŞ

Filtreleme işlemi hayatın pek çok alanında vazgeçilmezdir. Doğal kaynakların her geçen gün kirliliklerinin artması ile gerek bireylerin gerekse kuruluşların bu konudaki duyarlılıkları artmış, endüstri kuruluşlarının çevreye verdiği zararın minimuma indirilmesi amacıyla çevreci yasalar güçlendirilmiştir. Ayrıca üretimde hassasiyetin artması ile üretim tesisleri de giriş kaynaklarını filtre etmek zorundadırlar. Bu yüzden, filtreler ve filtreleme işlemi giderek önem kazanmıştır.

Filtre edilen katı maddenin veya akışkanın saflığını arttıran ve temelde bir ayırma prosesi olan filtreleme işlemi, çok çeşitli endüstri dallarında karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan bazıları; otomotiv, yiyecek- içecek, güç üretim, kağıt, elektronik, kimya endüstrileri, kentsel ve evsel su filtrasyonu ile eczacılıktır. İletim sıvıları, yakıt, içten yanmalı motor, kabin hava filtreleri otomotiv alanındaki filtreleme uygulamalarından bazılarıdır. Gıda endüstrisinde ise; yağ, süt, un, şişe su, şurup ve tahıl işleme filtreleri sayılabilir. Deiyonizasyon ve temiz oda hava filtrasyonu elektronik alanındaki uygulamalara örnektir. Medikal ürün, ilaç ve serum; boya, kozmetik ürünü ve deterjan üretiminde kullanılan filtreler ile çimento ve seramik gibi çeşitli kimyasal fabrikalarında kullanılan filtreler, kimyanın ve eczacılığın vazgeçilmezlerindedir (Butler 2000).

Filtreler gündelik yaşamdan, özel endüstriyel uygulamalara kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Filtreleme işlemi, insan vücudunda da gerçekleşmektedir. Böbreklerde yapılan sıvı filtreleme işlemidir. Hatta moleküler boyutta maddelerin, yarı geçirgen hücre zarından geçmelerinde bir filtreleme işlemi söz konusudur. Filtrasyon spektrumu, filtreleme işleminin geniş dağılımı hakkında bilgi verir.

Angströmler ile ölçülen iyonik partiküllerden, birkaç yüz mikron boyutundaki katı parçacıklara kadar geniş bir boyut aralığını içeren filtrasyon spektrumu, 5 ana bölüme ayrılabilir: 1-Ters Ozmos 2- Nanofiltrasyon 3- Ultrafiltrasyon 4- Mikrofiltrasyon 5- Genel partikül filtrasyonu (İnt. Kyn. 4) Filtrasyon spektrumu Şekil 1.1’de görülebilir.



Şekil 1.1 Filtre Spektrumu (İnt. Kyn. 4)

- Hiperfiltrasyon olarak da bilinen Ters Ozmos, 1 ile 10 Angström arasındaki (0,001 μm 'den küçük) boyutlarda yer alan iyonlar, tuz çözeltileri gibi çok küçük boyuttaki maddelerin filtre edilmesidir. Bu maddeler ST mikroskop ile görülebilir. Ters Ozmos'dan su filtrasyonunda, sudan zararlı iyonların uzaklaştırılması, suyun renk ve tadının düzenlenmesinde faydalanılır. Ters Ozmos'da filtre edilecek maddenin filtre kumaşına itilmesi için bir güce gerek duyulmaktadır. Bu itici güç genellikle bir pompa vasıtası ile sağlanan basınçtır. Filtre edilecek madde boyutu büyüdükçe, yani Ters Ozmos'dan Genel Partikül Filtrasyonuna doğru, filtreleme işleminin gerçekleşmesi için gereken bu güç azalır.

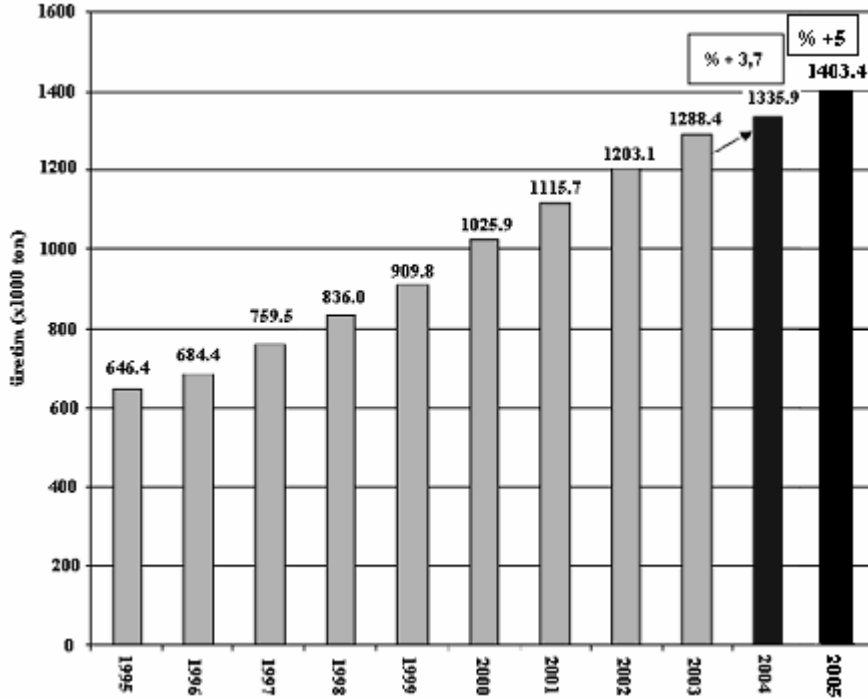
- Nanofiltrasyon 10- 60 Å arasında (0,01 μm 'den büyük) boyuta sahip maddelerin filtrasyonunda karşılaşılan bir filtreleme işlemidir. Bitkileri yok eden maddeler, böcek zehirleri, sentetik boyalar, endotoksin ve şeker sahip oldukları boyutlar itibariyle nanofiltrasyon ile filtrelenir. Bu maddeler tarayıcı elektron mikroskobu ile görülebilir. Nanofiltrasyonda; çekim prosesi, şablon sentezi, faz ayırma, kendiliğinden düzenlenme veya elektrospinning (elektrostatik eğirme) proseslerinden herhangi biri ile üretilen

nanoliflerden elde edilmiş filtreler kullanılmaktadır (Huang et al. 2003). En yaygın nanolif üretme tekniği elektrostatik eğirme prosesidir. Filtre yapısı ile partikül büyüklüğü birbirilerine uygun olmak zorundadır. Nanoliflerden elde edilmiş filtrelerin oldukça yüksek yüzey alan/ kütle oranları, yüksek yüzey kohezyonu sağlar. Bu sayede ince partiküller nanolif yapılarında kolaylıkla tutulabilirler (Grafe and Graham 2002).

- Ultrafiltrasyon 30 -1000 Å arasında (0,1 µm'den küçük) boyuta sahip maddeler için geçerli olan bir filtrasyon türüdür. Virüslerin, Albumin proteininin ve jelatinin boyutları bu aralıktadır. Ayrıca boya çözeltilerinin de tekrar kullanılabilir hale getirilmesi için faydalanılan bir prosestir. Ultrafiltrasyon için uygun aralıkta bulunan maddeler, tarayıcı elektron mikroskobu ile görülebilir.
- Mikrofiltrasyon için $4 \cdot 10^2$ - $2 \cdot 10^4$ Å aralığı (0,1 µm'den büyük boyutlar) uygundur. Asbest, sigara dumanı, bazı bakteriler ve pigment boya bu aralıkta yer almaktadır. Bunlar optik mikroskop ile görülmektedir. Mikrofiltrasyon için, mikro gözenekli membranlar ve mikro liflerden elde edilmiş kumaşlar filtre kumaşı olarak kullanılmaktadır.
- Genel Partikül Filtrasyonu, 10^4 - $2 \cdot 10^7$ Å boyuta sahip olan partiküllerin filtrasyonudur. Maya hücreleri, kumsal kumu, yapay ince test tozu, öğütülmüş un, polen, kırmızı kan hücreleri, sis, kömür tozu gibi partiküller, bu filtrasyon türü ile filtre edilir. Bu maddelerden bazıları çıplak göz ile görülebilir nitelikte iken bazıları optik mikroskop ile görülebilir. Bu filtrasyonda, cam, metal, seramik liflerinden ve çok çeşitli polimerlerden üretilmiş liflerden elde edilen filtre kumaşları kullanılır. Kuru hava filtrasyonu partikül filtrasyonu olarak tanımlanabilir.

Dokusuz yüzey filtrelerin ticari olarak üretilmeye başladıkları günden bugüne kadar çok büyük ilgi çekme nedenlerinin başında; tek kullanımlık ürünlerin tüketimindeki artış, nüfus artışı, diğer tekstil materyalleri ile karşılaştırıldığında maliyet/ performans oranı açısından daha avantajlı ürün eldesinin mümkün olması gelmektedir. Sentetik lif üretiminde yaşanan ticari gelişmeler de dokusuz yüzey endüstrisine yansımıştır. Şekil 1.2'de Batı Avrupa'da dokusuz yüzeylerin 1995-2005 yılları arasındaki üretimleri

görülmektedir (EDANA 2006). Teknik alanlarda da yaygın olarak kullanılan dokusuz yüzeylerin üretim ve tüketimlerdeki en yüksek büyüme oranlarının 2005-2010 yılları arasında olacağı tahmin edilmektedir (Aizenshtein 2003).



Şekil 1.2 Batı Avrupa’da Dokusuz Yüzeylerin Üretimi (1000 ton) (EDANA 2006)

Çizelge 1.1 2000-2005 Yılları Arasında Ürün Gruplarına Göre Teknik Tekstillerin Dünya Çapındaki Tüketimleri (Emek 2004)

	1000 ton			milyon \$			pay	
	2000	2005	Büyüme (yıllık)	2000	2005	Büyüme (yıllık)	2000	2005
dokuma, örme kumaşlar	3,760	4,100	% 1,7	26,710	29,870	% 2,2	44,3	41,3
dokusuz yüzeyler	3,300	4,300	% 5,4	14,640	19,250	% 5,6	24,3	26,6
kompozitler	1,970	2,580	% 5,5	6,960	9,160	% 5,6	11,5	12,7
diğer tekstiller ¹	2,290	2,710	% 3,4	11,950	14,060	% 3,3	19,8	19,4
toplam	11,330	13,690	% 3,9	60,270	72,330	% 3,7	100,0	100,0

¹diğer tekstillere halatlar, sicimler, ipler, dolgu lifleri dahildir.

Çizelge 1.1’den teknik alanda kullanılan tekstillerin 2000-2005 yıllarında dünya çapındaki tüketimleri görülmektedir. Kompozitlerden sonra en yüksek büyüme oranına sahip olan dokusuz yüzeylerdir. Yine Çizelge 1.2’den dokusuz yüzeylerin teknik

alanlardaki üretim miktarlarının 2000-2004 yılları arasındaki değişimi görülebilir. Hava, sıvı ve gaz filtrelerinin üretimleri 44.000 tondan 80.700 tona çıkmıştır.

Çizelge 1.2 2000-2004 Yılları Arasında Batı Avrupa’da Dokusuz Yüzeylerin Ürün Gruplarına Göre Üretim Miktarları (ton) (EDANA 2005, 2006, Emek 2004)

Ürün Grubu	2000	2001	2002	2003	2004
Hijyenik ürünler	341.400	391.300	396.500	416.900	434.100
Bina/ inşaat tekstilleri	197.400	189.000	64.600	71.200	70.200
Islak mendil	152.500	151.600	174.300	181.800	193.500
Hava, sıvı ve gaz filtreleri	44.000	60.700	60.100	70.700	80.700
Döşemelik ve dekorasyon	59.300	77.000	89.600	87.600	89.800
Yer kaplamaları	28.600	29.500	32.300	28.900	30.100
Astar/ votka	22.400	24.900	23.200	24.400	27.400
Tıbbi ürünler	24.900	29.800	33.100	38.400	34.200
Ayakkabı/ Deri ürünleri	19.300	24.000	24.700	24.900	25.500
Otomotiv tekstilleri	-	22.800	26.100	9.200	50.100
Giysiler	12.500	13.500	13.100	16.400	10.800
Kaplama materyali	14.500	26.300	25.200	23.500	31.700
Tarım tekstilleri	-	-	-	16.100	16.500
Diğer	94.300	68.100	98.200	85.000	69.500
Toplam (milyon)	1,011.1	1,1085	1,2008	1,2789	1,3283

Dokusuz yüzeylerin üretimi için doğal lifler de sentetik lifler de uygundur. En çok kullanılan lifler %30luk pay ile poliester ve PP’ dir. Bu lifleri, selüloz esaslı lifler ile PAN ve PA lifleri izlemektedir (Emek 2004). Lif seçiminde bitmiş üründen beklenen özelliklerin yanı sıra maliyet, lifin işleme uygunluğu ve işlem kolaylığı da göz önünde bulundurulur.

2. GENEL BİLGİLER

Sıvı veya hava filtreleme işleminin uygulanmasının amacı filtre edilen akışkanın saflığını ve kalitesini arttırmaktır. Sadece havaya ve suya bırakılan atıkların filtrelenmesi ve çevrenin kirliliklerden korunması için değil, proseslerin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi ve insan sağlığının korunması için filtreler kullanılır. Araçlarda kullanılan motor hava filtreleri, motorun sorunsuz çalışmasını, prosesin normal seyir etmesini sağlar. Kabin hava filtresi kullanılmaması durumunda, kirliliklerin kabin içerisine girmesinde engel teşkil edecek hiçbir şey bulunmamaktadır. Belirli bir zaman sonra kabin içerisindeki kirlilik konsantrasyonu dışarıdaki kirlilik konsantrasyonunun kat kat üzerinde olabilmektedir. Bu da sürücülerin ve araç içerisindeki insanların ciddi akciğer rahatsızlıklarına yakalanma ihtimalini artırır. Yine bazı sektörler için, yüksek kalitede aşırı hassas üretimlerin yapıldığı imalathane ve laboratuvarlarda ya da ameliyathanelerde ultra temiz ortamlar oluşturulması gerekmektedir. Bu da gelişen filtre teknolojisi ile mümkün olmaktadır.

2.1 Filtrelerin Sınıflandırılması

Çok geniş bir sahada kullanılan filtreler, farklı tipte uygulamalar için filtrasyonun ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamak üzere tasarlanır ve üretilirler. Filtrasyon gereksinimleri farklı uygulama alanları için çeşitlilik göstermektedir. Filtrasyon sisteminde kullanılan filtrelerden beklenen performans da çeşitlilik gösterir. Dolayısıyla farklı tipte filtreler üretilmekte ve kullanılmaktadır. Burada, filtreler yapılarına ve performanslarına göre sınıflandırılmıştır.

2.1.1 Filtrelerin Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Burada filtreler yapılarına göre sınıflandırılırken, tekstil esaslı ve tekstil esaslı olmayan filtreler olarak incelenecektir.

2.1.1.1 Tekstil Esaslı Olmayan Filtreler

Tekstil esaslı olmayan filtreler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Köpükler: Çeşitli sentetik materyallerden üretilen köpükler açık yapılarından dolayı küçük partikülleri yakalamada oldukça verimsizdir. Sadece büyük parçacıkların filtrasyonunda efektif bir şekilde kullanılabilir (İnt. Kyn. 3).
- Kum: Kum veya mikrogözenekli partiküller; su arıtımında, lağım suyu işlemede kullanılmaktadır. Ayrıca kum filtrelerden, sentetik lif üretiminde polimerin düzelerine girmeden önce saflığını arttırmada faydalanılır. Polimer içerisinde kalabilecek herhangi bir yabancı madde, düze deliklerinde tıkanmaya ve sentetik liflerin oluşumunda düzensizliğe sebep olacaktır. Kum filtreleri sel suyu kontrolünde yakın zamanda kullanılmaya başlanmıştır. Jeotekstil kumaşının üzerinde belirli bir yükseklikte yer alan kum, jeotekstil kumaşının drenaj fonksiyonuna yardımcı olur (NVPDC and ESI, 1996).
- Su: Elektrikli süpürgelerde ön filtre olarak kullanılabilir. Kir ve tozun yaklaşık %80'ini tutma özelliğine sahiptir. Ancak bazı tozlar ve ince partiküller, su banyosu içine çekilen havanın oluşturduğu hava kabarcıkları içerisine hapsedilir ve tekrar dışarı çıkar. Ön filtreyi izleyen filtre tarafından tutulur (İnt. Kyn. 3).
- Membranlar: Membranlar, yaş döküm (biçim verme) veya iki eksenli germe ile üretilirler. Mikronaltı partikülleri ayırmada oldukça başarılıdır. Ancak pratikte bazı problemler ile karşılaşmaktadır. Örneğin, bir tabaka desteğine ihtiyaç duyulur. Pahalı olmaları da yaygın olarak kullanılmamalarının en başta gelen sebeplerindendir (Mayer and Warren 1998). PES, PTFE, PVDF gibi polimerlerden elde edilebilirler (Boomus 2006). Şırınga, kartuş, çözgen, hava menfezi filtreleri olarak kullanılır. Üretildikleri polimer yüksek sıcaklığa dayanıklı ise, membran filtreler yüksek sıcaklık gaz filtrasyonunda kullanılabilir. Resim 2.1'de iki eksenli germe ile üretilmiş PTFE membran görülmektedir.



Resim 2.1 İki Eksenli Germe ile Üretilmiş PTFE Membran (Hardman 2000)

2.1.1.2 Tekstil Esaslı Filtreler

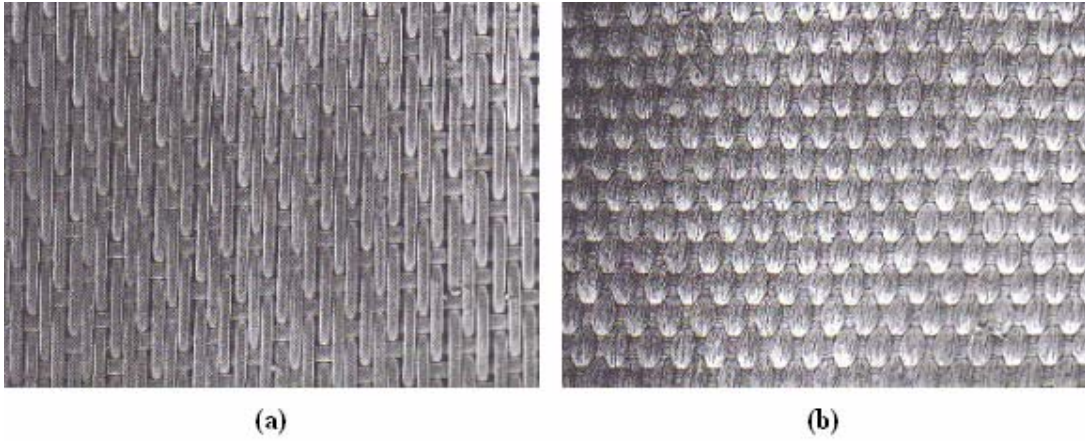
Tekstil esaslı filtreler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Kağıt filtreler: Kağıt filtreler genellikle elektrikli süpürge torbalarında kullanılır. Kağıtların genel özellikleri; yapılarındaki lif yönlenmesinden dolayı bir yönde mukavemete sahip iken diğer yönde kolayca yırtılıp, kopabilmeleridir. Lif yönlenmesi doğrultusunda mukavemet zayıftır. Bu filtrelerin mikroskobik ölçüdeki partikülleri tutma özelliği zayıftır. Filtre verimini arttırmak için diğer filtrasyon verimliliği yüksek olan materyallerle beraber kullanılır. Su, kağıt filtreleri çabuk tahrip eder. Sadece kuru alanda kullanılabilir. Kağıt filtrenin içine hapsedilen tozların temizleme ile uzaklaşması mümkün değildir, tıkanma zamanla artar. Belirli aralıklarla değiştirilmeleri gerekir. Kağıt filtreler odun hamurundan ve selülozdan elde edilir (İnt. Kyn. 1).

- Örme kumaşlar: Atkılı örme kumaşlar; tüp formunda dikişsiz olarak üretiltikleri için, teoride dokuma ve dokusuz yüzeylere karşı dikkat çeken ve ekonomik bir alternatiftir. Örme yapı içerisine uygun iplikler yatırılarak, yapının sahip olduğu esneklik kontrol altına alınabilir. Bu yatırılan iplikler filtrenin partikül toplama

kabiliyetini de geliştirirler. Dokusuz yüzeylerle karşılaştırıldığında verimlilikleri düşüktür. Çeşitli sentetik polimerlerden üretilebilirler (Hardman 2000).

- Dokuma kumaşlar: Dokuma filtreler, filament ipliklerden veya kesikli liflerden elde edilmiş ipliklerden üretilebilir (Hardman 2000). Dokuma örgüleri genelde bezayağı, dimi veya satendir (Tung et al. 2006). Dokuma filtrelerin gramajları 200- 500 g/m² arasında değişir. Mukavemetleri yüksektir. Dokuma filtreler düzenli gözenek boyutuna sahiptir (Hardman 2000). Dokuma filtreler Resim 2.2’de görülebilir. Yüzey filtrasyonu ile partikülleri uzaklaştıran dokuma filtrelerin yüzeyinde kalan partiküller sadece gözenek boyutlarından daha büyük olanlardır (Duran ve Öneş 1993). Bu özellikleri ile beraber fiyatları da göz önünde bulundurulursa, dokusuz yüzeylerin neden pek çok uygulamada artık dokuma filtrelerin yerini aldığı anlaşılır. Dokuma filtrelerin yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri, kağıt üretiminde su filtrasyonu uygulamasıdır. Son yıllarda bu uygulama için de dokusuz yüzey filtreler kullanılmaya başlanmıştır. Dokuma kumaşlar filtrasyon fonksiyonunu bazı uygulamalarda tek başına yerine getirememektedir. Bu durumda, takviye malzemesi olarak da kullanılmaları söz konusudur. Dokuma kumaşlardan, dokusuz yüzeyler ile beraber kompozit malzeme oluşturmak üzere faydalanılır.



Resim 2.2 (a) Monofilamentler ve (b) Multifilament İplikler ile Üretilmiş Dokuma Filtre Kumaşı (Hardman 2000)

- Dokusuz yüzeyler: Poliester, PA, PP, PAN gibi çeşitli sentetik polimerlerden elde edilen dokusuz yüzeyler, çok fazla gözeneğe sahip olduklarından dokuma filtrelere

göre daha yüksek akış hızlarına izin verirler. Derinlik filtrasyonu fonksiyonu etkindir. Özellikle hava filtrasyonu uygulamalarında sıkça kullanılırlar. Dokusuz yüzeylerden membranların destek materyali olarak da faydalanılır. Yerine getirdikleri fonksiyonlara karşılık, maliyetlerinin az olması onları çok tercih edilir hale getirir. Dokusuz yüzeylerden ayrıntılı olarak Bölüm 2.5'te bahsedilmiştir.

2.1.2 Filtrelerin Performanslarına Göre Sınıflandırılması

Her operasyonda olduğu gibi filtrasyonda da daha fazla verim istenmesi, çevre bilinci artışı, hava kalitesine verilen önem artışı gibi sebeplerden dolayı; yıllardır kullanılmakta olan filtre çeşitleri artmış, farklı filtre tasarımlarına gidilmiştir. Uygulamalarda filtrelerden aynı performansı göstermesi istenmez. Bu işlem ve ortam koşullarına göre farklılık gösterir. Filtre kumaşlarının performanslarına göre sınıflandırılması kullanılan test metoduna bağlıdır denilebilir.

Filtre tiplerinin ve filtre üreticilerinin sayısı arttığı için, standart bir performans değerlendirme metodu geliştirilmesi önemli bir hal almıştır. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) ilk hava filtresi test standardını 1968'de geliştirmiştir. Bu standart, filtreyi gerçek kullanımda etkileyen koşullar göz önünde bulundurularak, devamlı güncellenmiştir. ASHRAE 52.1 1992 hava filtrasyonu değerlendirmesi için uygun standart olarak kabul edilmiştir. Bu standart hava filtreleri için aşağıdaki performans parametrelerini içerir:

- Atmosferik partikülleri tutmak için filtre verimliliği,
- Bir hava akımından sentetik tozları uzaklaştırmak için filtre kabiliyeti,
- Filtrenin toz tutma kapasitesi.

ASHRAE 52.1 standardına göre yapılan test, filtrenin sentetik tozları uzaklaştırmadaki kabiliyeti hakkında bilgi vermekte ancak, belirli bir boyut için herhangi bir açıklama verememekteydi. 1999'da ASHRAE 52.2 standardı geliştirilmiştir. Hedef filtrenin hem önünde hem arkasında yer alan optik partikül sayıcılar ile bu problem ortadan

kaldırılmıştır. ASHRAE 52.2’de filtrenin minimum verimliliğini gösteren değerini (MERV: minimum efficiency reporting value) belirlemek için minimum verimlilik değerleri üç boyut aralığında verilmiştir. Bu aralıklar Çizelge 2.1’de görülebilir (Arnold 2001).

ASHRAE 52.2, minimum partikül boyutu verimliliğine bağlı olan MERV için gereksinimleri tanımlar. ASHRAE filtrasyon verimlilik aralığı için, filtre 1-16 arasında MERV sahibi olabilir. Çizelge 2.2’de MERV kategorilerinin minimum verimliliğe bağlılıkları verilmektedir.

Avrupa sınıflandırmasına göre filtreler 4’e ayrılır:

- Kalın filtreler
- İnce Filtreler
- HEPA (Yüksek verimli partikül tutucuları)
- ULPA (Ultra düşük partikül tutucuları)

Çizelge 2.1 ASHRAE 52.2 Ortalama Verimlilik Tanımı (Arnold 2001)

Partikül Boyut Aralığı (mikron)	ASHRAE Verimi	Tanım
0,3- 1,0	E ₁	Yüklenme eğrisinin ortalaması 0,3- 1,0 μ aralığında minimuma ulaşır.
1,0- 3,0	E ₂	Yüklenme eğrisinin ortalaması 1,0- 3,0 μ aralığında minimuma ulaşır.
3,0- 10,0	E ₃	Yüklenme eğrisinin ortalaması 3,0- 10,0 μ aralığında minimuma ulaşır.

Çizelge 2.2 MERV, Minimum Verimliliği Gösteren Değer (Arnold 2001)

MERV aralığı	ASHRAE 52.2 minimum verimliliğe bağlılık
MERV 1- 4	E ₃
MERV 5- 8	E ₃
MERV 9- 12	E ₂ , E ₃
MERV 13-16	E ₁ , E ₂ , E ₃

Cam lifi veya sentetik liflerden elde edilen kalın filtreler, 5 mm veya daha büyük çapa sahip partikülleri ayırır. 0,5- 5,0 mm çapındaki plastik liflerden veya cam lifinden elde edilen ince filtreler ise, daha ince partikülleri ayırmada kullanılırlar (Vaughn and Ramachandran 2002). HEPA lar geleneksel olarak, 0,3 μ 'da %99,97 oranında partikül uzaklaştırma kabiliyetine sahip yüzey filtresi olarak tanımlanır. Yüksek basınç düşümü gösterir ve optimum performansı sağlaması için ön filtrasyona gerek duyulur (Alper and Finger 2003). ULPA filtreler teorik olarak; 0,12 μ veya daha büyük boyuttaki toz, polen, bakteri veya solunabilir aerosollerini havadan %99,999 oranında uzaklaştırabilen filtreler olarak tanımlanır (İnt. Kyn. 2). Ayrıca Avrupa test standartları; filtreleri, tutmalarına (Arrestance, A_m) ve toz tutma verimlerine göre (dust spot efficiency, E_m) sınıflandırır (Çizelge 2.3). “Genel Havalandırma Partikül Filtreleri, Filtrasyon Performansının Belirlenmesi” başlıklı standart EN 779’da, filtreler tutulan ortalama sentetik toz ağırlığına göre 4 (G), ortalama atmosferik toz tutma verimliliğine göre 5 (F) olmak üzere 9 sınıfa ayrılırlar.

Çizelge 2.3 Filtrelerin Avrupa Sınıflandırması (Vaughn and Ramachandran 2002)

Avrupa Filtre Sınıfı	EN 779 Filtre Sınıfı	Tutulan ortalama sentetik toz ağırlığı (%)	Ortalama atmosferik toz tutma verimliliği (%)	Son basınç (Pa)	Filtre sınıfı/ tasarımı
EU1	G1	$A_m < 65$	-	250	ön filtre
EU2	G2	$65 \leq A_m < 80$	-	250	ön filtre
EU3	G3	$80 \leq A_m < 90$	-	250	ön filtre
EU4	G4	$90 \leq A_m$	-	250	ön filtre
EU5	F5	-	$40 \leq E_m < 60$	450	ince hava filtresi
EU6	F6	-	$60 \leq E_m < 80$	450	ince hava filtresi
EU7	F7	-	$80 \leq E_m < 90$	450	çok ince hava filtresi
EU8	F8	-	$90 \leq E_m < 95$	450	çok ince hava filtresi
EU9	F9	-	$95 \leq E_m$	450	çok ince hava filtresi

HEPA ve ULPA lar için de Avrupa Filtre sınıfı EU10’dan EU17’ye kadar değişmektedir. Bu filtrelerin verimlilikleri “HEPA/ ULPA Filtreleri” başlıklı EN 1822 standardına göre Çizelge 1.6’da görülebilir.

Karayolu Taşıtları ve İçten Yanmalı Motorlar- Filtrelerle İlgili Terimler- Bölüm 1. Filtre ve filtre bileşenlerinin tarifleri (TS ISO 11841-1) standardında filtreler Ek 1’deki gibi 6 kritere göre sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.4 HEPA ve ULPA Sınıfları (EN 1822)

Avrupa filtre sınıfı	Filtre tipi		Verimlilik (%)
EU10	HEPA	H10	85
EU11		H11	95
EU12		H12	99,5
EU13		H13	99,95
EU14		H14	99,995
EU15	ULPA	U15	99,9995
EU16		U16	99,99995
EU17		U17	99,999995

2.2 Filtrelerin Temel Özellikleri

Tüm teknik tekstil ürünlerinden, teknik uygulamalarda istenilen fonksiyonları yerine getirmesi beklenir. Filtrelerin de karşılamaları gereken fonksiyonlar bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar değerlendirilmeden önce filtrelerin yapıları ve özellikleri tam olarak anlaşılmalıdır.

2.2.1 Filtrelerin Yapısal Özellikleri

Kumaşların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile performansları, onları oluşturan temel elemanlar tarafından belirlenir. Burada yapısal özellikler hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

- Lif çapı: Lif, kumaşın temel yapı elemanı olduğu için kumaş özelliklerini en çok etkileyen faktördür. Lif çapı azaldıkça; birim alandaki lif sayısı artar, dolayısıyla gözenek sayısı artar, partikülün filtre içinde alacağı yol karmaşık hale gelir, yüzey alanı artar, gözenek boyutu küçülür ve partikülün yakalanma ihtimali artar (Duran ve Öneş 1993, Vaughn and Ramachandran 2002).

- Lif geometrisi: Lif yüzey alanı olarak düşünülebilir. Farklı enine kesitlere sahip liflerden elde edilmiş filtreler vardır. Lif geometrisi filtrasyon kabiliyetini doğrudan etkiler.
- Yüzey alan: Lif yüzey alanı filtrasyon performansı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Çünkü birim hacimdeki lif yüzey alanı artışı, lif sayısının ve partiküllerin lif ile çarpışma ihtimallerinin artması anlamına gelir (Vaughn and Ramachandran 2002).
- Gözeneklilik: Birim hacim kumaştaki açık alan miktarı olarak tanımlanır (Frank 2004). Yani, kumaş içindeki boşluk hacminin kumaşın toplam hacmine oranıdır. Formülde gösterildiği gibi ifade edilebilir.

$$P = 100 - \frac{P_a}{P_b} \quad (2.1)$$

P_a , kumaş yoğunluğu P_b , lif yoğunluğudur. P_a , kumaş ağırlığının (g/cm^2) kumaş kalınlığına (cm) oranı ile hesaplanabilir (Epps and Leonas 2000).

$$P_a = \frac{\text{kumaş ağırlığı}}{\text{kumaş kalınlığı}} \quad (2.2)$$

- Kumaş yoğunluğu: Kumaş ağırlığının, kumaş hacmine oranı olarak tanımlanabilir. Lifler ne kadar ince olur, ne kadar sıkı paketlenirse, kumaş yoğunluğu o kadar artar. Kumaşın geçirgenliği azalır, filtrasyon verimliliği artar.
- Kumaş kalınlığı: Kumaş kalınlığı; lif ve iplik çapına, dokunun oluşum şekline bağlı olarak değişir. Örneğin dokuma kumaşlar, dokusuz yüzeylere göre daha incedirler. Filtre kumaşının kalınlığının fazla olması efektif filtreleme alanının fazla olması anlamına gelir ve bu istenilen bir durumdur.
- Gözenek boyut dağılımı: Gözenek boyut dağılımının geniş olması filtreleme işlemi için istenmeyen bir durumdur. Filtrenin boyutlarının aynı olması ve partikülleri

aynı oranda tutması istenir. Dokuma ve örme kumaşlar, dokusuz yüzeylerle karşılaştırıldıklarında gözenek boyut dağılımlarının çok düşük olduğu görülür.

- **Hacimlilik:** Kumaşın verilen bir alan yoğunluğundaki hacminin yansımasıdır. Lif çapı/ iplik çapı oranı yüksek ise daha hacimli olmaya eğilimlidir, geometrik tekrar eden üniteye sahip lif hareket serbestliği fazladır. Hacimlilik lif kalınlığına bağlıdır. Hacimli kumaşlar daha kalındır.
- **Yüzey yapısı:** Yüzeyin pürüzlülüğü ile belirlenir. Lif ve/ veya iplik çapı artarsa yüzey pürüzlülüğü artar. Doku şekli de pürüzlülüğe etki eden bir faktördür. Yüzey yapısını düzgünleştirmek için filtre kumaşlarına bitim işlemi uygulanabilir (Frank 2004).
- **Gramaj:** Kumaşın birim alanının ağırlığı olarak tanımlanır. Birim alan ağırlığı iplik veya lif çapı ya da paketlenmesi ile ve kullanılan lif yoğunluğu ile alakalıdır. Gramaj ne kadar fazla ise, kumaşın hava geçirgenliği o derece düşük olur.

2.2.2 Filtrelerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

- **Geçirgenlik:** Akışkanın kumaştan geçiş kolaylığıdır. Gözeneklilik artarsa kumaş geçirgenliği artar. Gözeneklilik lif çapı ve lif enine kesitine bağlıdır. Geçirgenlik ise lif veya iplik çapının güçlü bir fonksiyonudur.
- **Kopma, yırtılma ve patlama mukavemeti:** Kumaş mukavemetinin yüksek olması dayanıklılığının yüksek olduğunu gösterir. Filtrenin kullanım sırasında maruz kaldığı kuvvetlere dayanması beklenir. Bu kuvvetler hava akımı kuvvetleri ya da filtre aparatı tarafından uygulanan kuvvetler (kelepçe, kıskaç kuvvetleri) olabilir. Filtre kumaşı bu kuvvetlere belirli bir süre dayanabilir. Zamanla kopar, yırtılır veya üzerinde delikler oluşur. Yüksek mukavemet gerektiren uygulamalarda kumaşlar mukavemetleri yüksek liflerden elde edilebilirler veya uygun doku üretim şekli seçilir. Örneğin dokusuz yüzeylerin mukavemetlerini arttırmak için takviye malzemesi ile beraber üretilmeleri

söz konusudur. Ayrıca iğneleme tekniği ile üretilen kumaşlar diğer dokusuz yüzey üretim teknikleri ile elde edilen kumaşlara göre daha mukavimdir.

- Sıcaklığa dayanım: Filtrenin sıcaklığa dayanımını üretildiği lif tipi belirler. Özellikle yüksek sıcaklık gaz filtrasyonu uygulamalarında önem taşıyan bir özelliktir. Bunun için yüksek sıcaklığa dayanıklı liflerden (PTFE, aramid gibi) elde edilen filtreler kullanılır. Yüksek sıcaklık gaz filtrasyonunun dışında filtrelerin çalışma sıcaklıkları elde edildikleri sentetik liflere göre 100-150 °C arasında değişir.
- Kimyasal maddelere dayanım: Filtre edilen maddenin türüne bağlı olarak filtrenin kimyasal maddelere dayanıklı olması gerekir. Filtre edilen maddenin filtre kumaşına zarar verip, onu zayıflatması durumuna karşılık, bu maddelere dayanıklı liflerden filtre kumaşları üretilmelidir. Kuru hava filtrasyonunda kullanılan kumaş filtreler genel olarak kimyasal tehditlerle karşılaşmazlar. Bu sebeple kuru hava filtrasyonunda yaygın olarak yüksek konsantrasyonlu asitlere uzun süre dayanamayan poliester liflerinden üretilmiş kumaş filtreler kullanılır (Hardman 2000).
- Aşınma direnci: Kumaş kullanım sırasında birtakım sürtünme kuvvetlerine de maruz kalır. Bu kuvvetler zamanla kumaşı aşındırıp, kumaş üzerinde açıklıkların oluşmasına sebep olabilir. Filtrasyon fonksiyonu tam olarak yerine getirilemez, filtre kumaşının değiştirilmesi gerekir. Dolayısıyla aşınma dayanımı yüksek kumaşlar tercih edilir.

2.2.3 Filtrelerin Performans Özellikleri

- Toz tutma ve toz tutma verimi: Toz tutma enjekte edilen sentetik tozu test havasından uzaklaştırabilmenin gravimetrik ölçüsüdür. Farklı uygulamalar farklı filtrasyon verimlilik değerleri gerektirirler. Bazı proseslerde normal operasyon için belirli bir verim değeri çok büyük önem taşır. Uygulamalarda meydana gelen filtrasyon mekanizmalarının ve bunların seçilen filtre kumaş yapısı ile etkileşimlerinin iyi anlaşılması filtrasyon problemlerinin çözülmesinde yardımcı olabilir. Toz tutma verimi

denenen ünitenin kütleindeki artışın beslenen tozun toplam kütleisine oranıdır ve şu şekilde hesaplanır:

$$E_m (\%) = \frac{\Delta m_U}{\Delta m_D} \times 100 \quad (2.3)$$

Δm_U , denenen ünitenin kütleindeki artış ve Δm_D beslenen tozun toplam kütleisidir.

- Toz tutma kapasitesi: Filtrenin ömrünü karakterize eder. Filtrenin toz tutma kapasitesi ne kadar yüksek ise, servis ömrü o kadar yüksek olur. Filtre kapasitesi, ömür sonu şartında denenen ünitenin toplam kütle artışı ile belirlenebilir (TS ISO 5011: 2002). Şu şekilde hesaplanır:

$$\Delta m_t = \frac{t_1}{t_T} \times \Delta m_{UT} \quad (2.4)$$

Burada Δm_t , her bir zaman aralığı sonunda kütledeki artış, t_1 aralığın sonundaki toplam zaman, t_T deneyin sonundaki toplam zaman, Δm_{UT} deneyin sonunda, denenen ünitenin kütleindeki toplam artıştır.

- Kek oluşumu: Filtre yüzeyi üzerinde toplanan tozlar filtre üzerinde gözenekli bir yapı oluştururlar. Bu yapıya kek adı verilir. Kek efektif filtreleme alanını arttırdığı için, kek oluşumunun ilk aşamalarında verim artar. Ancak kekin artması zaman içerisinde filtrenin geçirgenliğini azaltır. Dolayısıyla basınç düşümü artmaya başlar (Alper and Finger 2003). Belirli bir basınç düşümüne ulaşıldığında ise filtre ömrünü tamamlamış demektir. Tek kullanımlık filtrelerde filtre ömrünü tamamladıktan sonra atılır; tekrar kullanılan filtreler ise temizlendikten, üzerindeki kek uzaklaştırıldıktan sonra kullanılır.
- Basınç düşümü: Filtrenin, filtreleme işlemi başladıktan sonra mümkün olan en yüksek basınç düşümü seviyesine en uzun sürede ulaşması istenir. Bu özellik, toz tutma kapasitesine yani filtrenin ömrüne etki eder. Filtre tam olarak yüklenmemiş olsa bile

ulaşılabilir en yüksek basınç düşümü değeri, filtre için temizleme çevriminin geldiği anlamına gelir.

Daha kalın liflerden üretilmiş, daha büyük gözeneklere sahip filtrelerin geçirgenlikleri daha yüksek olduğu için; daha düşük basınç düşümü değerlerine sahiptir.

2.3 Filtrasyon Mekanizmaları

Filtreleme işlemlerinde filtre kumaşının kirlilikleri tutması çeşitli mekanizmalar yardımı ile olur. Bu mekanizmalar tutma işlemini tek başlarına gerçekleştirebildikleri gibi, iki veya daha fazla mekanizmanın aynı anda etki etmesi söz konusu olabilir.

2.3.1 Durdurma Mekanizması:

Parçacığın, lif yüzeyinden kendi çapından daha küçük bir uzaklıktan geçmeye çalışması durumunda devreye girer. Parçacık life dokunarak lif tarafından tutulur ve hava akımından kurtulur. (Şekil 2.1 (a)) Filtre lifinden bir partikül çapından daha büyük bir mesafede geçen partiküller bu mekanizmaya dahil olmazlar. Partikülün boyutu onun lifin ne kadar yakınından geçebileceğini belirler (Adanur 1995). Bu mekanizmanın filtrenin toplam partikül tutulmasına katkısı filtre kumaşının paketlenme yoğunluğu değiştirilerek arttırılabilir veya azaltılabilir. Paketlenme yoğunluğu arttırılırsa, filtre kumaşının derinliği boyunca boşluk hacmi azaltılmış olur ve böylelikle ince partiküllerin tutulma ihtimalleri artar. Durdurma mekanizmasının etkinliği lif çapına bağlı, akış hızından bağımsızdır (Yang et al. 2002). Durdurma etkisini tanımlayan, birimsiz parametre, durdurma parametresidir. R partikül çapının, lif çapına oranıdır.

$$R = \frac{dP}{df} \quad (2.5)$$

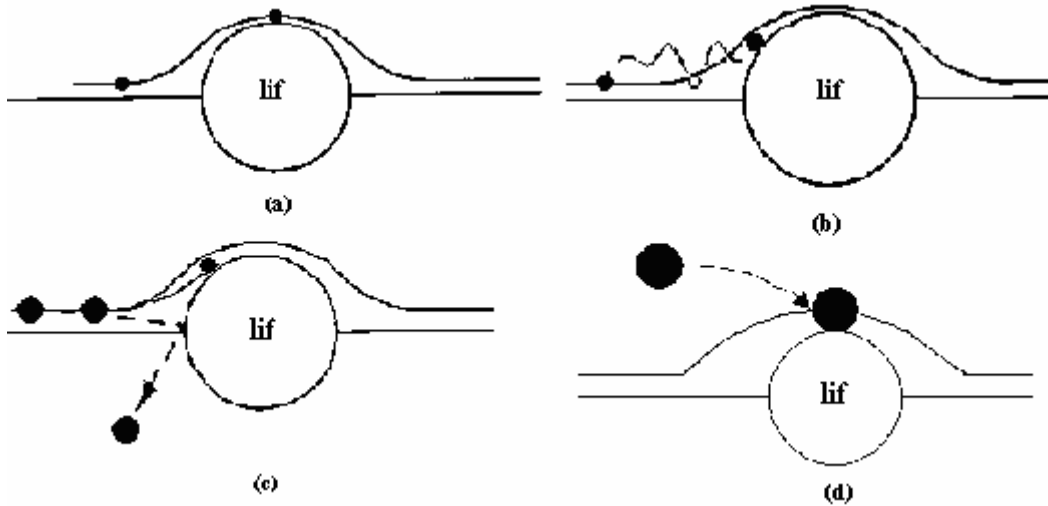
d_p partikül çapı, d_f lif çapıdır. Bu durumda,

$$\eta_{inter} = \frac{1-\alpha}{k} \frac{R^2}{(1+R)} \quad (2.6)$$

k Boltzmann sabitidir. η_{inter} , durdurma mekanizmasına bağlı tek lif verimliliğidir (Yang et al. 2002).

2.3.2 Atalet Etkisi Mekanizması:

Bir hava akışı içerisinde büyük partiküller hareket ederken, ataletleri onların yönlerinde ani değişiklikler olmasını engeller. Hava akışı yönünde yerleştirilen filtre partiküller için izledikleri yol üzerinde bir engel anlamına gelmektedir. Filtre ile partikül çarpışır ve tutunma gerçekleşmiş olur (Adanur 1995). (Şekil 2.1 (c)) Bir hava akışından partikülleri uzaklaştırma verimi; partikül boyutu, partikül sayısı ve hava akış hızının bir fonksiyonudur. Toz partikülleri yakalandıkça kendileri filtre kumaşının bir parçası olurlar ve asılı diğer partiküller için mümkün çarpışmaların sayısını artırarak verimliliğe katkıda bulunurlar (Yang et al. 2002).



Şekil 2.1 (a) Durdurma Mekanizması (b) Brownian Difüzyonu (c) Atalet etkisi (d) Yerçekimi Kuvvetleri (Alper and Finger 2003, Vaughn and Ramachandran 2002)

Filtrenin partikül toplamasında, atalet etkisi mekanizmasını belirleyen temel parametre Stokes sayısıdır (Yang et al. 2002).

$$\eta_{imp} = \frac{1}{(2k)^2} [(29.6 - 28\alpha^{0.62})R^2 - 27.5R^{2.8}] \times stk \quad (2.7)$$

η_{imp} atalet etkisi mekanizmasına bağılı tek lif verimliliğidir.

2.3.3 Brownian Difüzyonu:

Brownian tipi harekete yani rasgele titreşime göre küçük moleküllerin akıntı içerisindeki titreşimlerle durdurulmasını içerir. Bu mekanizmanın oldukça yavaş hareket eden partiküller için ve ince liflerden oluşmuş kalın filtrelerden geçişte önemli bir durdurma mekanizması olduğu söylenebilir (Adanur 1995). Parçacıklar liflerin açıklıklarından direkt içeri girmek yerine zigzag bir rota izleyerek tutulur. (Şekil 2.1 (b)) Sıcaklık ve filtre kalınlığı Brownian difüzyonunun filtreleme verimliliğini ters yönde etkiler.

$$\eta_{diff} = 2.58 \frac{1-\alpha}{K} Pe^{-2/3} \quad (2.8)$$

η_{diff} , tek lifin difüzyon verimliliğidir. K hidrodinamik bir faktördür. Pe, Pelect sayısıdır.

2.3.4 Yerçekimi Kuvvetleri:

Bir partikül filtreden geçerken, yerçekimi etkisi altında yavaş yavaş çökebilir ve bir lif ile çarpışabilir (Koçak 1990). (Şekil 2.1 (d)) Bu mekanizma 50 µm den daha büyük çapa sahip partiküller için baskındır. Akışkan hızı artışı bu mekanizmanın verimini azaltır.

$$Gr = \frac{vg}{U} \quad (2.9)$$

vg , çökme (yerleşme) hızı ve U akış hızıdır.

$$\eta_{grav} = \frac{Gr}{1 + Gr} \quad (2.10)$$

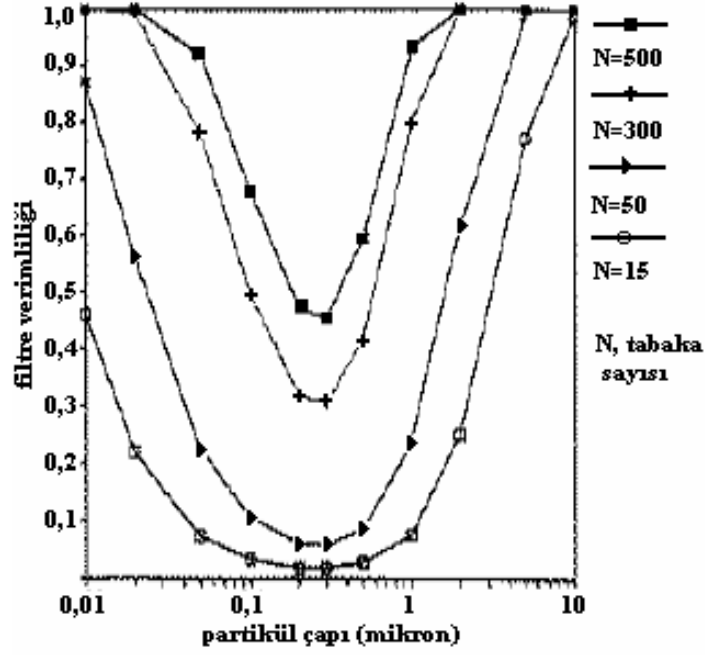
η_{grav} yerçekimi kuvvetlerine bağlı filtreleme verimliliğidir (Yang et al. 2002).

2.3.5 Elektrostatik Depolama:

Sadece mekanik metotların kombinasyonu ile filtre edilen akışkandaki partiküllerin tutulması zordur. Bir partikül, elektrostatik bir alandan geçerse, kendisi ile zıt yüklü bir gövde üzerinde tutulur. Bu sebeple liflere üretimleri sırasında elektrostatik yükler verilerek partikülleri çekmesi sağlanabilir. Bu mekanizma küçük ve orta büyüklükteki partiküller için geçerlidir (Vaughn and Ramachandran 2002). Elektrostatik olarak yüklenmiş olan filtreler, filtrasyonun ilk aşamalarında geleneksel filtrelere göre yüksek verimliliğe sahiptirler. Ancak yüklenmiş filtre kumaşlarının verimlilikleri, filtrasyonun ilerleyen aşamalarında filtre üzerindeki elektrostatik yük etkisinin azalması sonucunda biraz düşmekte, sonra da filtrenin üzerine oluşan kekin verimliliğe pozitif yönde etkisi sonucu yükselmektedir.

Aynı anda etki eden filtrasyon mekanizmaları için bağımlı etkilerin; partikül boyutu, akışkan hızı, lif çapı, paketlenme yoğunluğu ve filtre kalınlığı olduğu söylenebilir (Alper and Finger 2003).

Lawless vd (1990), teorik filtre verimliliklerini, partikül boyutunun bir fonksiyonu olarak vermişlerdir (Alper and Finger 2003). Şekil 2.2'de görüldüğü gibi partikül boyutu $0,3\mu$ 'dan küçük veya büyük olduğunda filtre verimliliği artmaktadır. Bunun sebebi, bu noktada ($0,3 \mu$ boyutundaki partiküllerin bulunduğu nokta), Brownian Difüzyonu'nun ve Atalet etkisi mekanizmasının etkilerinin; durdurma ve yerçekimi kuvvetlerinin etkilerini devre dışı bırakması ve verimin düşmesidir. Bu da, partikül boyutunun mekanizmaların bağımlı etkileri üzerinde ne denli önemli olduğunu gösterir.



Şekil 2.2 Filtre Verimliliğinin Partikül Çapına Göre Değişimi (Alper and Finger 2003)

2.4 Mekanik Filtrasyon Metotları

Kuru ve yaş filtrasyon, mekanik filtrasyon metotları bakımından yüzey ve derinlik filtrasyonu olmak üzere ikiye ayrılır (Butler 2000).

2.4.1 Yüzey Filtrasyonu

Partikül boyutlarının, filtre gözenek boyutlarıyla aynı olduğu durumda ortaya çıkan yüzey filtrasyonu; aslında filtreleme işleminin idealize edilmiş formudur. Gözenek boyutlarından daha büyük olan partiküller, zaten filtre yüzeyinde tutulur. Gözenek boyutu ile aynı boyutta olanlar ise, gözeneklere sıkı bir şekilde tutunur ve tıkanma denilen olayı meydana getirir. Bu tıkanma ters akışla bile düzeltilemez. Filtrenin kullanımı sırasında, akış hızı azalır ve aşırı basınç düşüşleri meydana gelir ve filtrasyon çevrimi zamansız tamamlanmış olur.

Dokuma ve membran gibi yüzey filtreleri, derinlik filtrelerine göre pahalıdırlar, daha yüksek verimliliğe ve düşük akışkan hızlarına sahiptirler. Membranların filtre aparatına yerleştirilmeleri daha zordur ve sadece ön filtre olarak kullanılabilirler (Boomus 2006).

2.4.2 Derinlik Filtrasyonu

Bir anlamda yüzey filtrasyonunun tersidir. Derinlik filtrasyonu, rasgele yerleşmiş liflerden oluşan kalın bir tabakanın meydana getirdiği filtre ortamında gerçekleşir. Gözenek boyutları filtre edilen partikül boyutlarından daha büyüktür. Partiküller akış ile filtre içine doğru hareket ederler. Filtre kalın olduğu ve lifler filtre içerisinde düzensiz yerleşmiş olduğu için yeterli sayıda çarpışma sağlanabilir. Partiküllerin liflere çarpması ile durdurma gerçekleşir. Derinlik filtrelerinde de belirli bir süre sonra tıkanma gerçekleşir.

Dokusuz yüzeyler, derinlik filtrelerine örnektir. Yüzey filtrelerine göre daha düşük verimliliğe sahip olmalarına rağmen; ucuz olmaları, ön ve esas filtre olarak kullanılabilmeleri, yüksek akışkan hızına izin veren yapıya sahip olmaları ve filtre aparatına kolay yerleştirilmeleri bakımından avantajlıdır (Boomus 2006, Duran ve Öneş 1993).

Hem yüzey hem de derinlik filtrelerinde, partiküllerin filtre gözeneklerini tıkamasına rağmen filtrasyon devam ettiğinde; partiküller filtre üzerinde tabakalar halinde filtre kekini oluşturur. Filtre keki oluşumunun iki önemli etkisi vardır. Birincisi; kek akışa karşı direnci artırır ve kek kalınlaştıkça akış hızı düşer. Filtrenin temizlenme zorunluluğu ortaya çıkar. İkincisi ise; aslı partiküllerin, filtreden önce filtre kekini oluşturan partiküllerin arasındaki küçük boşluklardan geçmek zorunda olmasıdır. Bu boşluklar genellikle filtrenin kendisinden daha küçük boyutta olduğu için, filtrenin kendisinden daha etkili bir filtre ortamı oluştururlar. Bu tip filtrasyon da kek filtrasyonu olarak bilinir (Duran ve Öneş 1993).

2.5 Dokusuz Yüzey Filtreler

Belirli bir yönde oryante edilmiş ya da rasgele yatırılmış liflerin; birbirlerine, dokuma, örme gibi tekstil materyallerine veya membran film gibi tekstil dışı materyallere sürtünme, adhezyon ve/ veya kohezyon ile bağlanması sonucu oluşturulan yüzeyler anlamına gelen dokusuz yüzeyler ilk defa Amerika'da 1942'de ticari olarak üretilmeye başlanmıştır (Toprakkaya Kut 2003). Dokusuz yüzeyler doğal lifler veya sentetik lifler kullanılarak elde edilebilir.

2.5.1 Üretim Tekniklerine Göre Dokusuz Yüzey Filtreler

Yüzlerce yıldır varolan dokusuz yüzey filtreler, yün veya selüloz keçesi şeklinde üretilmekteydi. Modern sentetik dokusuz yüzey filtre 1950-60'larda stoklarda biriken çocuk bezi kaplamasının; soğutucu, su filtrasyonu gibi uygulamalarda kağıda alternatif olarak satışa sunulması ile pazara girmiştir. İğneleme ve yaş serim yöntemleri kısa zamanda dokusuz yüzeylerin kullanımları için yeni fırsatlar yaratmıştır (Gregor 2003). Modern teknolojilerle yapılan dokusuz yüzey üretiminde üretim aşamaları aynı anda gerçekleşebildiği için, farklı aşamalardan söz etmek mümkün olmasa da; genel olarak üretimde üç aşama olduğu söylenebilir:

- Tülbent oluşumu
- Fiksaj (Tülbent birleştirme)
- Bitim işlemleri

2.5.1.1 Tülbent Oluşumu

Dokusuz yüzey üretimi tülbent oluşumu ile başlar. Tülbent özellikleri son ürünün özelliklerini tanımlayıcıdır. Baskın olan lif yönü, lif çapı, lif uzunluğu, gramaj gibi parametreler tülbent özelliklerini etkiler. Tülbent oluşumunda dört farklı yöntemden yararlanılarak farklı tülbent yüzeyler elde edilmektedir:

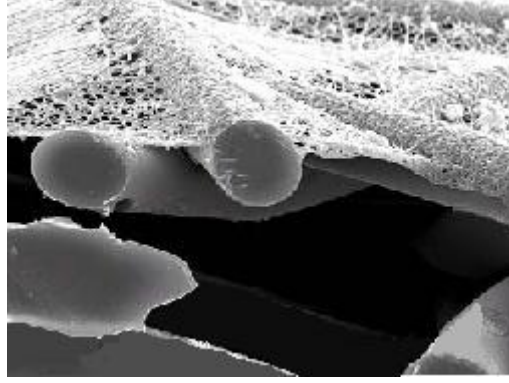
- Kuru serim yöntemi (tarama, aerodinamik)
- Yaş serim yöntemi
- Polimer eritme yöntemi (spunbonded (sonsuz elyaflı), meltblown (eritilerek püskürtmeli), flash spinning (ani doku oluşturmalı), electrospinning (elektrostatik eritmeli) yöntemleri)

Tarama ile kuru serim yapıldığında lifler tülbent içerisinde makina doğrultusunda yönlendirilmiş halde bulunur. Aerodinamik yolla serim yapıldığında ise lifler gelişigüzel yerleşir. Yönlendirilmiş liflerin oluşturduğu tülbent, daha iyi çekme özelliğine, daha düşük uzamaya, makina doğrultusunda zayıf, makina doğrultusuna dik yönde yüksek yırtılma mukavemetine sahiptir. Aerodinamik yolla elde edilen tülbentler ise, daha düşük yoğunluklu ve daha yumuşaktır. Son ürünün kullanılacağı alana, son üründen beklenen özelliklere göre tülbent elde edilecek yöntem belirlenir.

Yaş serim yöntemi kağıt üretim teknolojisinin modifiye edilmesi ile geliştirilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen tülbent yüzeyler kuru serimle elde edilenlere göre daha az hacimlidir. Yaş serim yönteminde liflerin yönlendirilmesi veya rasgele yerleştirilmesi mümkündür. Rasgele yerleştirilmiş liflerin oluşturduğu tülbent yüzeyler, kumaş düzlemi boyunca neredeyse aynı mukavemete sahiptir. Yaş serim yöntemine göre elde edilmiş tülbentler toz ve sıvı filtreleri olarak kullanılırlar. Özellikle çay poşetleri bu alandaki en yaygın örnektir.

Eritilen polimerin düzelerden çekilerek, tülbent şeklinde toplanması adımlarını içeren polimer eritme yöntemi ile üretilmiş olan tülbentler genel olarak daha mukavemettir. Dezavantaj olarak hammadde varyasyonunun sınırlı olması, avantaj olarak çok ince lifler ile filtre kumaşı üretilmesi gösterilebilir.

Eritilerek püskürtmeli ve sonsuz elyaflı işlemler ile elde edilen tülbentlerin bir arada kullanılması ile SMS (spunbonded/ meltblown/ spunbonded) adı verilen kompozit materyaller elde edilmekte ve filtrasyon alanında sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntem ince lifler ile çalışılabildiği için filtre uygulamalarında önem taşır. En iyi bilinen uygulama yüz maskeleridir. Temiz oda filtreleri olarak da kullanılırlar.



Resim 2.3 Spunbond poliester dokusuz yüzey üzerine eğirilmiş nanolifler (Grafe and Graham 2002)

Elektrostatik eğirme yöntemi ile genellikle geleneksel polimer eritme yöntemleriyle elde edilmiş dokusuz yüzeyler üzerine eğirilen nanoliflerin (Resim 2.3) filtrasyon verimliliğini yaklaşık 2.5 kat arttırdığı yapılan çalışmalarda görülmüştür (Grafe and Graham 2002). Toz tutma kapasitesinin artması lif çapının azalmasına yani yüzey alan/birim ağırlık oranının artmasına bağlıdır.

Ani doku oluşturmali işlem yeni bir teknolojidir. Flash-Spinning yani ani doku oluşturma tekniğinde dokusuz yüzey, polimer/ çözelti karışımlarının düzelerden basınçla fişkirtılması ve düşük kaynama noktalı çözeltinin aniden uzaklaşmasıyla geride üç boyutlu film fibril ağının kalması sonucu oluşturulur (Mayer and Warren 1998).

2.5.1.2 Fiksaj Sistemleri (Tülbent Birleştirme)

Polimer eritmeli işlemler dışındaki yöntemlerle elde edilen tülbentlerin mukavemetleri düşüktür. Liflerin bir arada tutulması ve yapının güçlendirilmesi için fiksaja gerek duyulur. Dokusuz yüzeylerin kullanım yerine ve beklenen özelliklere göre bazen tek bir fiksaj işlemi yeterli olurken, bazen de iki fiksaj işlemi kombine şekilde uygulanabilmektedir (Duran 2005). Fiksaj işlemleri üç gruba ayrılır:

- Kimyasal Fiksaj
- Isıl Fiksaj

- Mekanik Fiksaj (iğneleme, su jeti)

Dokusuz yüzey kumaşların çok büyük bir kısmı ya da tamamen ya da mekanik bir ön birleştirmeye ek olarak yapıştırıcı madde ile işleme tabi tutulmaktadır. Yapıştırıcı ile birleştirmede aynı veya farklı polimerlerden oluşan lifler, fiziksel ve kimyasal kuvvetlerin etkisi sonucu bağ oluşturur. Bu işleme kimyasal fiksaj yöntemi denir. Sıvı birleştirme maddesinin farklı şekillerde aplikasyonuna dayanan kimyasal fiksaj yöntemi ile farklı morfolojiler elde edilebilmektedir yani yüzeyde, kısmi veya toplam birleşme gerçekleşebilir. Kimyasal fiksaj yöntemiyle bağlanan dokusuz yüzeyler filtrasyon uygulamalarında çok tercih edilmez. Yapılarından dolayı düşük ve orta filtrasyon verimliliklerine sahiptir.

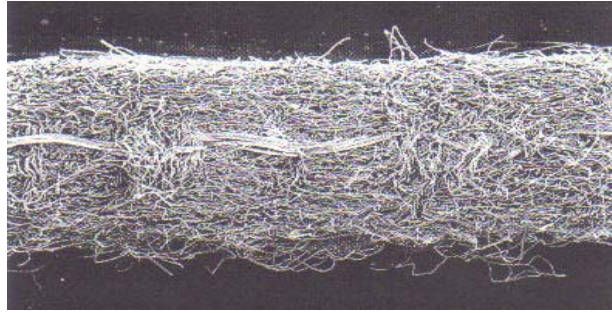
Isıl fiksaj, termoplastik liflerin kontrollü sıcaklık altında bağ oluşturmaları ile gerçekleşir. Erime noktası düşük lif ile karışım halinde ya da bikomponent lifler kullanılabilir (EDANA 2006). Sıcak kalandırlama, bant üzerinde kalandırlama, konveksiyon yoluyla ve ultrasonik fiksaj gibi ısıl fiksaj yöntemlerinin, filtre kumaşı olarak kullanılacak dokusuz yüzeylere tek başlarına uygulanmaları yeterli olmaz. Genelde bu fiksaj yöntemleri mekanik veya kimyasal fiksajı takiben uygulanır. Hatta kalandırlama işlemi filtre kumaşlarına yapılan önemli bir bitim işlemi olarak ele alınabilir.

Mekanik fiksaj yöntemlerine sürtünme ile fiksaj da denilebilir. Bu tip fiksajda tülbentin güçlendirilmesi liflerin fiziksel olarak karıştırılmasının sonucunda ortaya çıkan iç lif sürtünmesi ile sağlanır. Su jetlerinden yüksek hızda gönderilen suyun tülbente vuruşu ile lifler birbirlerine karışır. Su jeti ile yumuşak tutumlu kumaşlar elde edilebilir. En büyük pazarlarından birisini bariyer görevi yapan koruyucu giysiler oluşturur (Toprakkaya Kut 2003).

İğneleme yönteminde, tülbent içerisine girip çıkan iğneler ile lifler karıştırılmaktadır. Farklı karakteristiklere sahip tülbentlerin bir arada iğnelenmesi ile özel yapılar üretilmektedir. İğneleme yöntemi, pek çok lif ile çalışabiliyor olması açısından da avantajlıdır (EDANA 2006). Farklı iğne konstrüksiyonları ile kumaşa en az hasar

verecek şekilde işlem yapılmakta, dalış yoğunluğu ve derinliği gibi makina değişkenleri değiştirilerek istenilen kumaş özellikleri elde edilebilmektedir.

İğneleme yöntemi ile diğer dokusuz yüzeyler fiksaj yöntemlerine göre daha mukavemetli kumaşlar üretilebildiği için, mukavemetin önemli olduğu filtrasyon uygulamalarında iğnelenmiş dokusuz yüzey kumaşlardan faydalanılır. İğnelenmiş kumaşların (Resim 2.4), otomotiv endüstrisinden sonra en yaygın kullanım alanını filtrasyon sistemleri oluşturmaktadır.



Resim 2.4 Dokuma takviyeli iğnelenmiş kumaş enine kesit görüntüsü (Hardman 2000)

Çizelge 2.5'te dokusuz yüzeylerin üretim tekniklerine göre kullanılan lifler, uygulama alanları ve çalışma sıcaklıkları görülebilir.

Çizelge 2.5 Üretim Tekniklerine Göre Dokusuz Yüzey Filtrelerin Özellikleri

Dokusuz Yüzey Üretim Tekniği	Kullanılan Hammadde	Temel Uygulama Alanları	Çalışma Sıcaklığı
Spunbonded, Meltblown, SMS	PET, PP, Odun Hamuru	yüz maskeleri, kartuşlar, HEPA, kompozit filtre kumaşlarının katmanı olarak	100-150 °C
İğnelenmiş	PET, PA, PP, PAC, Cam, Viskon	kimyasal, yiyecek- içecek ve tekstil fabrikaları	90-150 °C
Termal ve Kimyasal Bağlanmış	PP, PAC, PET, Viskon, PVA	orta ve düşük verimlilikli hava filtrasyonu	100-150 °C

2.5.1.3 Bitim İşlemleri

Müşteri ihtiyaçlarına bağlı olarak kumaşa çok farklı tipte bitim işlemi uygulanabilir. Son yıllarda filtre kumaşlarında oldukça değer kazanan bitim işlemlerinin genel amacı; kumaş stabilitesi sağlamak, yüzey karakteristiklerini geliştirmek ve kumaşın geçirgenliğini düzeltmektir (Tung et al. 2006). Bu sayede, kek uzaklaşması kolaylaştırılarak temizleme süreci kısa süren, düzgün yüzey özelliklerine ve kumaş boyunca her tarafta eşit geçirgenliğe ve verime sahip olan, filtrasyon işlemi sırasında çekme göstermeyen filtreler elde edilmiş olur. Uygulanan bitim işlemlerinden bazıları; kalandırlama, ısı ile şekil verme, yüzeyi hafifçe yakma (gazeleme), laminasyon, emdirme ve kaplamadır.

Isı ile şekil verme işlemi filtrelerin kullanımda çekmeye maruz kalmalarını engellemek, filtre kumaşı stabilitesini sağlamak için uygulanır. Yüzey yakma işlemi ile, kesikli liflerden elde edilmiş filtre kumaşı üzerinde kumaş içerisinden yüzeye çıkmış olan lifler uzaklaştırılır. Dolayısıyla düzgün bir yüzey elde edilmiş olur. Pürüzsüz bir yüzeyden kek uzaklaştırmak, pürüzlü yüzeyden uzaklaştırmaktan daha kolaydır (Callé et al. 2002). Filtre yüzeyinin ince bir film ile kaplanması da filtre tıkanmasını olumlu yönde etkilemekte, bu işlem ile gözenekli yüzey içine ince partiküllerin girmesinin engellenmektedir.

Belirli bir hızda ve belirli bir basınç altında silindirler arasından kumaşın geçirilmesine dayanan kalandırlama işlemi filtre kumaşlarına sıkça uygulanan bir bitim işlemidir. Kalandırlama işlemi ile filtre kumaşının filtrasyon direnci artar, geçirgenliği düzgünleşir ve gözeneklerin tıkanması iyileştirilir (Tung et al. 2006).

2.6 Literatür Araştırması

Filtreleme işlemi sağlık başta olmak üzere pek çok alanda yıllardır önemli bir yere sahip olmuş ve bilim adamlarının dikkatini çekmiştir. Tüm dünyada çevreye ve üretimde hassasiyete verilen önemin artması ile birlikte araştırmacılar filtreler ve kullanım

alanları ile ilgili çalışmalar üzerinde yoğunlaşmışlardır. Tekstil esaslı filtrelerden, dokusuz yüzeyler ve dokuma kumaşlar filtrasyon işlemi için uygun yapılarından dolayı oldukça büyük ilgi çekmiştir.

Yapılan çalışmalar genel olarak, farklı filtre materyallerinin çeşitli fiziksel özelliklerinin tespit edilerek karşılaştırılmasını, filtrelerin verimliliklerinin ve ömürlerinin belirlenmesini ve deneysel çalışmaların modellenmesini içermektedir

Standridge (1976) tarayıcı elektron mikroskobu kullanarak, membran filtrelerin yüzey gözenek morfolojisini belirlemiştir. Filtrenin tam bakteriyel koruma sağlaması, kullanımda stabil olması, bakteri girişine karşı bariyer oluşturması ve tatmin edici filtre hızına izin vermesi gerektiğini vurgulamıştır.

Annis (1991) ince partikül kirliliği ile ilgili bir çalışma yapmış, partikül tiplerini, kaynaklarını ve etkilerini belirtmiştir. Bu partikül tiplerinin boyutlarını vermiştir. Mekanik filtrasyon mekanizmalarını incelemiştir. Elektrostatik hava temizleyicilerine de değinmiştir.

Mayer ve Warren (1998) en yaygın iki filtre grubu olan mikrogözenekli PTFE membranlar ile dokusuz yüzeylerin geçirgenlik, filtrasyon verimliliği, filtrasyon kapasitesi ve fiyatı gibi temel özelliklerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmadaki melt blown dokusuz yüzeyler, geleneksel eriyikten çekim prosesi ile üretilmemişlerdir. "Flash-Spinning" adı verilen, saf çözelti damlaları ile polimer/ çözelti karışımlarının düzelerden basınçla fişkırtılması ve düşük kaynama noktalı çözeltinin aniden uzaklaşması ile geride üç boyutlu film fibril ağının kalması sonucu oluşturulmuştur. Bu proses ile üretilen dokusuz yüzeylerin mikrogözenekli membranlara göre daha ucuz ve daha geçirgen olduğunu; mikrogözenekli membranların ise mikronaltı partikülleri ayırmada oldukça başarılı olmalarına rağmen; kullanımda bazı problemler yarattığını belirtmişlerdir.

Epps ve Leoras, (2000) 2 wet-laid ve 2 Spunbonded- Meltblown- Spunbonded kumaşın gözenek boyutu ve hava geçirgenliği arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sıvı

porozimetresi kullanılarak minimum, maksimum ve ortalama gözenek boyutlarını bulup, kumaş ağırlığı ve kalınlığının hava geçirgenliği ve gözenek boyutu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Wet-laid kumaşlar için hava geçirgenliği ile ortalama gözenek boyutu arasında, SMS kumaşlar için hava geçirgenliği ile maksimum gözenek boyutu arasında en iyi korelasyonun bulunduğunu belirtmişlerdir. Sıvı porozimetresinin dokusuz yüzeylerin gözenek boyutları hakkında bir kaniya varmada oldukça faydalı olduğunu ve kumaşların hava geçirgenliği mekanizmasının da anlaşılmasına da yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir.

Arnold, (2001) dokusuz yüzey ve hava filtrasyonu endüstrisi için kullanımda gerçek filtre performansını belirleyen filtre test metodlarının oluşturulmasında, performansı etkileyen tüm parametreleri belirleyerek, bu parametreleri en doğru şekilde simüle eden (yansıtıcı) testin geliştirilmesinin gerekli olduğunu savunmuştur. Bu parametrelerden en önemlisinin hava içerisinde bulunan, filtre edilecek olan toz olduğunu ve doğasının çok iyi anlaşılması gerektiğini belirtmiştir. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) standartlarından bahsetmiş ve çalışmasındaki filtrelerin kullarımdaki minimum filtrasyon verimliliğini ASHRAE 52.2 MERV standardının doğru şekilde tahmin ettiğini belirtmiştir. Yüklenmiş bir dokusuz yüzey filtrenin; ilk yüksek verimliliğini elektrostatik yüküne, sürekli yüksek verimliliğini ise mekanik yapısına bağlamıştır.

D.Thomas vd. (2001) filtrelerin yüklenmelerinin aşırı basınç düşümüne sebep olmasından dolayı HEPA filtrelerin yüklenme karakteristiklerini deneysel olarak incelemiştirlerdir. Filtrenin iki temel karakteristiği olan basınç düşümü ile toz toplama verimine; filtre yapısının (paketlenme yoğunluğu, lif çapı ve kalınlığı gibi), operasyon koşullarının (partikül yoğunluğu, partikül boyutu, partikül dağılımı gibi) ve filtre tıkanmasının etkilerini araştırmışlardır. Farklı yüklenme derecelerinden önce lifler üzerinde toplanan mikronaltı partiküllerin oluşturduğu yapı tarayıcı elektron mikroskobu kullanılarak gözlenmiştir. Filtrasyonun ilk aşamasının filtre kumaşı içerisinde, ikinci aşamasının filtre kumaşı ön kenarında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Yüzey filtrasyon hızı veya partikül konsantrasyonunun filtrede toplanan yapı üzerinde bir etkiye sahip olmadığını büyük partiküllerin yüzey alanlarına bağlı olarak daha az

basınç düşümüne sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Derinlik ve yüzey filtrasyonu için iki model geliştirmişler; yüzeydeki liflerin derindeki liflerden daha çok yüklendiklerini belirtmişlerdir. Modelin derinlik filtrasyonundan kek filtrasyonuna geçişi çok iyi ifade ettiğini savunmuşlardır.

Lisowski vd. (2001) filtre performansını belirlemek için standart test tozu kullanımının tam olarak yeterli olmadığını, bu yüzden testin kullanımındaki sonuçları doğru bir şekilde vermesi açısından, uygulamadaki her şeyin uygun şekilde benzetilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Monodispers ve standart test tozu kullanarak, farklı tipte filtreleri karşılaştırmışlardır. 7 μ çapındaki monodispers aerosollerin, standart (polydispers) aerosoller ile en iyi uyumu gösterdiğini, bunun da standart aerosollerin ortalama çapının 7 μ olması ile açıklanabileceğini söylemişlerdir. Farklı tipteki filtreleri karşılaştırdıklarında ise, kalınlık, paketlenme yoğunluğu, lif boyutu ile filtrenin performansı arasında sıkı bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Vaughn ve Ramachandran (2002) hava filtrasyonu uygulamalarında kullanılan ASHRAE filtrelerini incelemiş, cam lifi ve sentetik liflerden üretilmiş filtreleri performans ve fiziksel özellikler bakımından değerlendirmişlerdir. Cam lifleri incelikleri daha düşük olarak elde edilebildiği için, cam liflerinden üretilmiş filtrelerin daha sıkı paketlenmiş, yüksek yüzey alan/ kütle oranına, daha küçük gözeneklere ve dolayısıyla daha düşük hava geçirgenliğine sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Larbot vd. (2003) hava filtrasyonunda kullanılan seramik filtrelerin performanslarını incelemişlerdir. Filtre verimliliğini ve basınç düşümünü test etmek için bir düzenek kurmuşlardır. Filtrelerin ön ve arka kısımlarında partikül konsantrasyonunun, dağılımının ve global nüfuziyetin ölçülebileceğini belirtmişlerdir. Tüm bu özelliklere filtreleme hızının, gözenekli hacmin, gözenek çapının ve kalınlığın etkisini incelemiş, sonuçta filtreleme hızının ve seramik filtre kalınlığının filtre performansını güçlü bir şekilde etkilediğini bulmuşlardır.

Gregor (2003) dokusuz yüzey filtre kumaşları ile ilgili bir çalışma yapmış, filtreleri tanımlayarak yapım elemanları, medya formları, özel karakteristikleri, üretim metotları,

filtre konfigürasyonu ve fonksiyonlarından, pazar ve uygulama alanlarından bahsetmiştir. Islak serilmiş kumaşların yaygın olarak kullanıldığını, ince yapı ve tutarlı gözenek boyut dağılımı önemli olduğunda tercih edildiğini; spunbonded kumaşların daha çok membranların altında bir katman, soğutucu filtre kumaşı, kat desteği meltblown kartuşu olarak kullanıldığını; iğnelenmiş kumaşların ise daha yüksek mukavemet ve dayanımın gerektiği yerlerde kullanıldığını; hava ile serilmiş kumaşlardan ise daha büyük partikülleri yakalamada örneğin ön filtre olarak yararlanıldığını ifade etmişlerdir.

Leonas ve Jones (2003) ameliyathanelerde önemli bir nesne olan yüz maskelerinin bakteriyel filtrasyon verimliliklerini incelemişlerdir. Ağırlık, kalınlık, gözenek boyutu, sentetik kan akışına direnci gibi kumaş karakteristiklerinin, bariyer verimliliğini etkilediği düşünülerek, bu özellikler ticari olarak mevcut 6 adet yüz maskesi için değerlendirilmiştir. En düşük ortalama ve en düşük maksimum gözenek boyutuna sahip olan maskelerin, incelenen mikroorganizmalar için en yüksek bakteriyel filtrasyon verimliliğini verdiğini görmüşlerdir. Bu da bakteriyel filtrasyon verimliliği ile gözenek boyutu arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Sadece gözenek boyutunun değil, aynı zamanda incelenen iki mikroorganizmanın da boyutlarının bakteriyel filtrasyon verimliliği üzerinde etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

HalAlper ve Finger (2003) solunabilir aerosollerin filtrasyonunun güvenlik araçlarında ve askeri donanımda önemli olduğunu vurgulayarak, şu anki hava filtrasyon teknolojisini incelemişler ve geleneksel hava filtrasyon teorisini ifade etmişlerdir. Yeni teknolojilere de kısaca göz atmış, yüzeyleri modifiye edilmiş filtreleri anlatmışlardır.

Al-Otoom (2004) toz toplama verimi, kek kalınlığı, kek gözenekliliği ve gazların partikül filtrasyonu sırasındaki basınç düşümünü tahmin eden yeni bir istatistiksel metot sunmuştur. Filtre kekindeki gözeneklilik değişimlerinin tahmin edilmesi birçok filtrasyon sistemi tasarımları için gerekli olduğunu, temizleme aralıklarının belirlenmesi ve tıkanmanın ne zaman gerçekleştiğinin anlaşılması için bu modelin kullanılabileceğini ifade etmiştir. Toz toplama veriminin ortalama gözenek boyutu ve ortalama partikül büyüklüğüne güçlü bir şekilde bağlı olduğunu bulmuştur. Filtrasyonun ilk aşamalarında

toplama verimi zamanla artmaktadır. Filtre kumaşı üzerinde kekin oluşması ile, kek yeni bir filtre gibi davranmakta ve efektif filtrasyon alanını arttırmaktadır. Kek kalınlığı arttıkça, filtre üzerinde toplanan partiküllerin net sayısı artmakta ve ortalama kek gözenekliliği azalmaktadır. Ortalama partikül çapının azalmasının da basınç düşümünün artacağı anlamına geldiğini vurgulamışlardır.

Shields (2005) ince filtrasyon gerektiren tüm uygulamalarda farklı tipte filtreler kullanıldığını, bunların konstrüksiyon, proses metodu ve performans karakteristikleri bakımından farklılık gösterdiğini ifade etmiştir. Farklı tipteki filtrelerin her biri farklı uygulamalar için çeşitli avantajlara sahiptir. Bu çalışmada mikronaltı filtrasyon için uygun olan wet- laid, dry- laid dokusuz yüzeyler ve membran medyalar konstrüksiyon, fiyat ve performans açısından karşılaştırılmıştır.

Kavouras ve Krammer (2005) jet pulsed torba filtrelerin filtre keki dağılımları üzerinde çalışmışlardır. Jet pulsed temizleyiciler ile filtrenin tamamının temizlenemediğini, bu sebeple düzgün olmayan filtre keki yüklenmelerinin ortaya çıktığını belirtmişler ve jet pulsed filtrenin operasyonunu matematiksel olarak simüle etmişlerdir. Sürekli olarak artan filtre keki direnci parametresi, yine sürekli olarak artan filtre kumaşı direnci parametresi ve belirli kek ayırması fonksiyonu araştırılarak, verimsiz temizleme çevrimlerinin kısa filtrasyon periyotlarına ve daha uzun temizleme çevrimlerine neden olduğu bulunmuştur.

Son yıllarda melt blown tekniğinin geliştirilmesi ve nanoteknolojinin yaygınlaşması ile beraber çok ince liflerden elde edilmiş filtreler gerekli uygulamalarda kullanılmak üzere üretilmiştir. Örneğin Zhang vd. (2005) mikron altı polimerik lifler ile düşük yoğunluklu dokusuz yüzey elde etmişler ve bu kumaşın filtre materyali olarak veya mikro hava araçlarında kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmacılar; deneyler ile elde edilmesi zor olan parametreleri (özellikleri) tespit edebilmek için, çalışmalarına uygun modeller tasarlamışlardır. Maus ve Umhauer, (1997) fibrilli filtrelerin kullanılan alternatif filtrelere göre avantajlarının, en az alternatifleri kadar yüksek verimliliğe sahip olmaları ve daha az basınç düşümü

sağlamaları olduğunu belirtmişlerdir. Fibrilli filtrelerin sadece toz ve mineral partikülleri tutmada değil, ayrıca biyolojik kökenli partikülleri ayırmada da kullanılabileceğinin üzerinde durmuşlardır. Biyolojik ve biyolojik olmayan aerosoller için fibrilli filtre kumaşının ayırma verimliliğini belirlemede iki optik partikül sayıcı kullanarak, kalın ve ince filtrelerin verimliliklerini karşılaştırmış ve modelleme yapmışlardır.

Matson (2005), oda içerisindeki partikül sayısını tahmin etmek için dinamik bir model geliştirmiştir. Konsantrasyon varyasyonlarını tahmin eden bu model, 0,01 den 1 mikrona kadar olan partiküller kullanılarak elde edilen deneysel veriler ile doğrulanmıştır. Deneysel olarak tespit edilmesi oldukça zor olan oda içerisindeki partikül konsantrasyonu bu model sayesinde hesaplanabilmektedir.

Kuru hava filtrasyonunda sıkça kullanılan filtre tiplerinden biri de elektret filtrelerdir. Gibson (2001) elektriksel olarak yüklenmiş liflerden elde edilmiş fibrilli yüzeylerin transport özelliklerini incelemiştir. Myers ve Arnold (2003) ve Schreuder vd. (2004) elektret filtrelerin yapıları, yükleme teknikleri ve verimlilikleri üzerinde çalışmışlardır.

Filtre kumaşına uygulanan bitim işlemleri de son yıllarda oldukça değer kazanmıştır. Bu bitim işlemlerinin temel amacı; filtre performansını ve kalitesini geliştirmektir. Uygulanan bitim işlemlerinden bazıları; kalandırlama, ısı ile şekil verme, yüzeyi hafifçe yakma (gazeleme), laminasyon, emdirme ve kaplamadır. Callé et al. (2002) endüstriyel alanda hava temizlemede kullanılan filtre kumaşının toz toplama ve temizlenme çevrimlerini deneysel olarak analiz etmişlerdir. Filtre yüzeyinin ince bir film ile kaplanmasının veya liflerin sıcaklık ve basınç altında (kalandır ile) termal bağlanmasının filtre tıkanmasını olumlu yönde etkilediğini, bu işlemler ile gözenekli yüzey içine ince partiküllerin girmesinin engellendiğini belirtmişlerdir. Temizleme çevriminden sonra bir miktar tıkanma ile beraber filtrenin basınç düşümünün bitim işlemi görmemiş filtrede arttığını ve pürüzsüz (bitim işlemi görmüş) bir yüzey üzerinden toz kekinin uzaklaştırılmasının, pürüzlü bir yüzey üzerinden uzaklaştırmaya göre daha kolay olduğunu bulmuşlardır. Çünkü pürüzlü yüzeyde partiküller yüzeye tutunma eğilimindedirler. Tung et al. (2006) filtre kumaşı kalandırlama işleminin

filamentlerin geçirgenliklerine, partikül depolama olgusuna etkisini incelemiştir. Bir yazılım kullanarak, kalandırılmış filtredeki akış direncini incelenmiştir. Kalandırlama ile dokuma filtre kumaşının filtrasyon direnci artmış, geçirgenliği düzgünleşmiş ve gözeneklerin tıkanması iyileştirilmiştir.

İğnelenmiş dokusuz yüzeylerin yapıları ve üretim sırasında değiştirilebilen makina parametreleri de araştırmacıların üzerinde durdukları konulardır. Chase et al. (2000) fibrilli dokusuz yüzeyler, özellikle filtreler için lif paketlenme yapısının kumaş özelliklerini etkileyen çok önemli bir parametre olduğunu ifade etmişlerdir. İnce bir dokusuz yüzey kumaşta lifler baskın olarak kumaş düzlemi boyunca yerleştiğini ve lif yerleşim açılarının kumaş düzlemine dik olarak bakıldığında görülebileceğini belirtmişlerdir. Daha kalın kumaşlarda ise, liflerin 3 boyutlu oryantasyona sahip olabilmektedir. Chase et al., 3 boyutlu oryantasyona sahip liflerin Z eksenine ile (X-Y düzlemine dik olan eksen) yaptığı açıyı ve ortalama değeri veren ucuz bir görüntüleme metodu sunmuşlardır. Liflerin paketlenme açılarının, filtre kumaşlarının geçirgenliği ve toz tutma verimliliğini güçlü bir şekilde etkilediğini bulmuşlardır.

Seyam (2001) iğnelenmiş dokusuz yüzey özellikleri ve iğne kuvveti parametreleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bağımsız iğnelere gelen kuvvetleri on-line olarak iğne kuvveti ölçüm cihazı ile görüntülenmiş, sinyal analiz tekniği ile iğne kuvveti parametrelerini hesaplamıştır. Bu teknik ile iğnelenmiş dokusuz yüzey imalatı esnasında iğne dalışı, sıyrılma ve dalış enerjilerinin hesabı mümkün olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak, iğnelenmiş dokusuz yüzeylerin performansı ile iğne kuvveti parametreleri arasında önemli bir bağıntı olduğunu ve on-line iğne kuvveti ölçüm cihazının imalat esnasında iğnelenmiş dokusuz yüzey özelliklerinin ölçülmesinde ve kontrolünde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Miao et al. (2004) iğnelenmiş dokusuz yüzeylerde iğnelerin sebep olduğu lif hasarını deneysel olarak incelemişlerdir. İğneleme ile liflerde oluşan zayıflama, hatta kırılmaları lif topluluğunun yani kumaşın mukavemetini ölçerek değil, liflerin bireysel olarak mukavemetlerini ölçerek değerlendirmişlerdir. Yün ve suda çözünen PVA lifleri kullanarak farklı iğneleme yoğunluğuna ve dalış derinliğine sahip kumaşlar elde etmiş.

Daha sonra suda çözünebilen PVA liflerini uzaklaştırmış ve sadece yün liflerinde oluşan hasarı incelemişlerdir. İğneleme yoğunluğunun liflerde hasar oluşana kadar mukavemete etkisinin olumlu olduğunu, bu değerden sonra ise mukavemeti negatif etkilediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak iğne dizaynı, dalış derinliği ve iğneleme yoğunluğunun lif hasarını güçlü bir şekilde etkilediğini bulmuşlardır.

2.7 Çalışmanın Amaçları

Kumaşların performanslarını; yapısal, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlediğinden, kumaş performansı hakkında bilgi edinmek için bu özelliklerin tespit edilmesi gereklidir. Buradan hareketle,

- Kuru hava filtrasyonunda kullanılan takviyeli ve takviyesiz iğnelenmiş dokusuz yüzey filtre kumaşlarının (hava geçirgenliği, kalınlık, gramaj, patlama mukavemeti gibi) fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi,
- Farklı iğneleme yoğunluklarına sahip filtrelerin performansları arasındaki farkların belirlenmesi,
- Takviyesiz veya farklı takviye malzemeleri ile üretilmiş filtrelerin performansları arasındaki farkların belirlenmesi,
- Tüm bu fiziksel özelliklerin ve performansa etkilerinin değerlendirilerek farklı kullanım alanları için en uygun filtre tipinin belirlenmesi,
- İleride bu alanda yapılacak çalışmalara zemin oluşturmak ve katkı sağlamak amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Dokusuz yüzeylerin yaygın olarak kullanılma sebeplerinin başında dokuma ve örme tekniklerinden farklı olarak kumaş üretiminden önce iplik üretimi, çözgü hazırlığı vb. ön işlemleri gerektirmeden; kumaşın üretimi sırasında pahalı ve zaman alan işlemler olmadan, doğrudan liflerden kumaşın elde edilebiliyor olması gelir. Liflerden kumaş elde etme işlemi daha az maliyetli olduğu gibi daha hızlıdır. Bu özelliklerinin yanında hacimli enine kesitleri, gözenekli yapıları dokusuz yüzeyleri bazı özel uygulamalar için avantajlı kılar. Dokuma ve örme kumaşların vazgeçilmez oldukları alanlar elbette mevcuttur. Hatta dokusuz yüzeyler pek çok teknik tekstil uygulamasında dokuma veya örme takviye malzemesi ile beraber kullanılırlar. Ancak üründen istenilen özelliklere göre takviyesiz olarak üretilmeleri (örneğin tek kullanımlık ürünler) de söz konusudur. Ürünlerden her zaman kullanım alanı için uygun performansı göstermesi istenir.

Dokusuz yüzeyler yapıları gereği filtrasyon uygulamaları için uygundur. Kuru hava filtrasyonundaki kullanım yerine bağlı olarak dokusuz yüzeylerin takviyesiz olarak tek başlarına ya da takviye malzemesi ile beraber üretilmeleri söz konusudur. Örneğin bir filtreleme düzeneğindeki ön filtre takviyesiz, esas filtre takviyeli olabilir. Filtreleme işleminin tüm gereksinimlerini bir kumaşın tek başına sağlaması çok zordur. Herhangi bir materyale takviye malzemesi yerleştirilmesinin amacı, materyalin yetersizliklerini gidermektir. Yani dokusuz yüzey üretim teknikleri kullanılarak üretilmiş filtrelerde takviye malzemesi kullanılmasının sebebi; dokusuz yüzeylerin filtre performanslarını etkileyecek olan zayıf özelliklerini desteklemektir denilebilir. Örneğin kullanım esnasında stabilite sağlamak, kopma ve patlama mukavemetlerini arttırmak için takviye malzemesi kullanılır.

Bir materyalin fiziksel özellikleri materyalin iç yapısına bağlıdır. Takviye malzemesinin yapısı da filtrenin özelliklerini ve performansını doğrudan etkileyen faktörlerden biridir (Mohammadi et al. 2002). Takviye malzemesinin kalınlığının ve mukavemetinin değişimi filtre kalınlığını ve mukavemetini değiştirir. Ayrıca kullanılan takviye malzemesi filtre kumaşının hava geçirgenliğini düşürebilir ve basınç düşümünü arttırabilir. Yani takviye malzemesinin seçimi önem taşır. Optimum performansı

sağlayacak malzeme seçilmeli, basınç düşümü çok fazla, filtrenin hava geçirgenliği çok düşük olmamalı ve malzeme kalınlığı ile filtreye derinlik filtrasyonu fonksiyonu bakımından avantaj sağlamalı, filtre mukavemetini istenen ölçülerde arttırmalıdır.

Kumaş tasarımı yapılmadan önce, kumaşın kullanım yeri iyice incelenmelidir. Mümkünse kullanılmış kumaşlar değerlendirilmeli, yetersizliklerinin neler olduğu araştırılmalıdır. Kumaş tasarımı bu yetersizlikleri giderecek şekilde yapılmalıdır. Bu çalışmada filtre kumaşı tasarımı yapılmadan önce, seramik fabrikalarında kullanılan torba filtreler incelenmiş, eksiklikleri tespit edilmiştir. Filtre kumaşlarının, filtre aparatına yerleştirildiği yerlerde kelepçe (kısaç) kuvvetlerinden dolayı koptuğu, filtre kumaşı üzerinde de zamanla delinmeler meydana geldiği gözlenmiştir.

3.1. Materyal

Tüm bu sebeplerden dolayı bu çalışmada kuru hava filtrasyonu uygulamalarında kullanılmak üzere; dokuma, örme takviyeli ve takviyesiz; farklı iğneleme yoğunluklarına sahip 20 farklı iğnelenmiş dokusuz yüzey kumaşı incelenmiştir.

Filtrasyon sistemlerinde kullanılan dokusuz yüzeylerin üretiminde yaklaşık % 25' lik paya sahip olan iğneleme tekniğinde poliester lifinin kullanımı %50'ye yakındır. Poliesteri polipropilen ve poliamid izlemektedir (Butler 2000). Poliesterin bu denli kullanımı, sahip olduğu fiziksel özelliklere ve fiyatına bağlanabilir. Poliester lifi yüksek termal dayanıklılığa, yüksek aşınma direncine, yüksek kopma mukavemetine,yeterli derecede asit ve alkali dayanımına sahiptir (Urhan 2006).

Bu çalışmada 3,3 dtex (3 denye) inceliğinde ve 64 mm uzunluğunda geri kazanılmış (recycled) poliester lifi kullanılmıştır. Poliester lifinin yoğunluğu 1,39 g/cm³'tür (Urhan 2006). Ölçülen lif çapı 18 µ'dur. Teorik olarak çap hesaplanırsa;

$$\text{Çap} = 11,87 \times \sqrt{\frac{\text{denye}}{\text{yoğunluk}}} = 17,4\mu \quad (3.1)$$

Takviye malzemesi hammaddesi olarak akrilik seçilmiştir. Akrilik iyi derecede mukavemete sahip olduğu, poliester lifi kadar olmasa da yüksek sıcaklıklarda çalışabildiği (120°C) ve yoğunluğu poliesterlere göre daha düşük olduğu için tercih edilmiştir.

Nm 40/2 akrilik iplikten üretilmiş bezayağı dokuma kumaşın yanı sıra aynı iplikle farklı sıklıklarda üretilmiş 1x1 ribana örme kumaşlar takviye malzemeleri olarak seçilmiştir. Takviye kumaşlarının özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Takviye Kumaşlarının Özellikleri

takviye malzemesi	sıklık		gramaj		iplik numarası (Nm)	bir turda harcanan iplik miktarı (m)
	çözgü, çubuk (adet/cm)	atkı, sıra (adet/cm)	ölçülen (g/m ²)	teorik (g/m ²)		
1/1 dokuma	9	6	78,1	75,0	40/2	-
1x1 rib sıklık1	7	12	369,5	366,0	40/2	7,29
1x1 rib sıklık2	7	11	353,3	355,0	40/2	7,52
1x1 bir sıklık3	7	10	350,0	349,8	40/2	8,57

İğneleme yoğunluğu veya vuruş yoğunluğu filtre kumaşının yapısını, yani gözenek boyutunu ve gözenek sayısını değiştireceğinden, takviyeli ve takviyesiz numuneler farklı vuruş yoğunlukları ile üretilmiştir. Filtre kumaşlarının üretimi Asselin France marka iğneleme makinasında gerçekleştirilmiştir. Kumaşların üretimlerinden bazı görüntüler Resim 3.1’de verilmiştir. Kullanılan iğne Groz Beckett marka ve 15x18x36x3 1/2 R333 G 1002 model üçgen kesitli iğnedir. İğne tablası üzerinde bulunan iğne sayısı 15000 adet olup, makina çalışma genişliği 2,20 metredir. Besleme tablası hızı 1,54 m/ dak’dır. Farklı vuruş (veya iğneleme) yoğunluğuna sahip numuneler elde edebilmek için kumaşlar makinadan 2,3,4 ve 5 pasaj geçirilmişlerdir. Numunelerin birim alanına düşen iğneleme ve vuruş yoğunlukları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Filtreleme işlemi sırasında filtre kumaşının gözeneklerinin zamanla tıkanması kaçınılmazdır. Bu tıkanma filtre direncinin artmasına sebep olur. Filtre kumaşı direncinin artışı geciktirmek için filtrelere bazı bitim işlemleri uygulanır. Uygulanan bitim işlemlerinin temel amaçları; kumaş stabilitesi sağlamak, kumaş geçirgenliğini düzeltmek ve yüzey karakteristiklerini değiştirmektir. Filtre kumaşlarına en çok

uygulanan bitim işlemleri kalandırlama işlemidir. Isıtılmış silindirler arasından belirli bir basınç ve hızda geçen filtre kumaşının yüzey düzgünlüğü gelişir, kek uzaklaşması kolaylaşır ve tıkanma engellenmiş olur (Tung et al. 2006). Bu sebeplerden dolayı filtre kumaşı numunelerine kalandırlama işlemi yapılmıştır.

Çizelge 3.2 Filtre Kumaşlarının Vuruş ve İğneleme Yoğunlukları

	Pasaj Sayısı	2	3	4	5
vuruş/ m ²	takviyeli numune	220	330	440	550
	takviyesiz numune	152	262	372	482
iğneleme/ m ²	takviyeli numune	3300000	4950000	6600000	8250000
	takviyesiz numune	2280000	3930000	5580000	7230000



Resim 3.1 Dokusuz Yüzey Filtre Kumaşlarının Üretiminden Bazı Görüntüler

3.2. Metot

Filtre kumaşlarını değerlendirmede 4 temel kriter vardır: filtrenin geçirgenliği, filtrenin verimliliği, filtrenin kapasitesi (ömrü) ve filtre fiyatı. Uygulamalarda her zaman geçirgenliği ve verimliliği en yüksek, ömrü en uzun, maliyeti en az olan filtreler tercih edilir. Ancak filtrenin verimliliğinin ve kapasitesinin artması, geçirgenliğinin azalması anlamına gelebileceğinden, filtre kumaş tasarımı çok büyük önem taşır.

Filtrenin geçirgenliği, filtre yapısı ile doğrudan alakalıdır. Araştırmacılar; filtrenin hava geçirgenliğinin kumaş kalınlığı, ortalama gözenek boyutu, maksimum gözenek boyutu, kumaş yoğunluğu ve kumaş ağırlığının kuvvetli ilişki içerisinde olduğunu belirtmişlerdir(Epps and Leonas 2000, Mohammadi et al. 2002).

Filtrenin verimliliği lif geometrisi, lif çapı, lif yüzey alanı, lif yoğunluğu, filtre kalınlığı, filtre paketlenme yoğunluğu, gözeneklilik ve gözenek boyut dağılımı parametrelerinden direkt etkilenir (Vaughn and Ramachandran 2002).

Kullanıcıların en çok dikkat ettiği filtre özelliği filtrenin kapasitesidir çünkü filtre ömrünü karakterize eder. Filtre kapasitesi, filtrenin belirli bir basınç düşümüne ulaşana kadar, yakaladığı toz miktarının ölçüsü olarak tanımlanabilir.

Kullanıcılar filtrenin kapasitesi kadar, filtrenin fiyatına da dikkat ederler. Genel olarak öncelikle ilk yatırım maliyeti göz önünde bulundurulur. Ancak doğru olan, filtrasyon sisteminin ilk yatırım maliyetinin yanı sıra, diğer faktörlerin de (enerji maliyeti, bakım maliyeti gibi) esas alınarak ve maliyet/ performans oranının göz önünde bulundurulması maliyet hesabı yapılmasıdır (Mayer and Warren 1998).

Bu çalışmada; tasarlanan filtrelerin bu 4 temel kriter açısından değerlendirilebilmesi için, filtre kumaşlarının bazı fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Tüm numuneler deneyler yapılmadan önce standart atmosfer şartlarında kondisyonlanmıştır. Deneyler yapılırken esas alınan standartlar Çizelge 3.3'te görülebilir.

Çizelge 3.3 Deneyleerde Esas Alınan Standartlar

Deney	Standart numarası	Standart adı
Gramaj ölçümü	TS EN 29073-1	Tekstil- Dokunmamış Mamüller İçin Deney Metotları- Bölüm 1: Birim Alan Kütlesinin Tayini
Kalınlık ölçümü	TS EN 29073-2	Tekstil- Dokunmamış Mamüller İçin Deney Metotları- Bölüm 2: Kalınlık Tayini
Kopma mukavemeti ölçümü	TS EN 29073-3	Tekstil- Dokunmamış Mamüller İçin Deney Metotları- Bölüm 3: Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini
Yırtılma mukavemeti ölçümü	TS EN ISO 9073-4	Tekstil- Dokunmamış Mamüller İçin Deney Metotları- Bölüm 4: Yırtılma Dayanımının Tayini
Hava geçirgenliği ölçümü	TS 391 EN ISO 9237	Tekstil-Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini
Patlama mukavemeti ölçümü	TS 7126	Örölmüş Tekstil Mamullerinin Patlama Mukavemetinin Tayini- Sabit Travers Hızlı (CRT) Bilya ile Patlatma Metodu

Hava geçirgenliği ölçümü, TexTest Instruments marka FX 3300 model hava geçirgenliği ölçüm cihazında yapılmıştır. Ölçülen kumaş tipine göre belirlenen hava basıncı, 200 Pa'a ayarlanmıştır. Hava geçirgenliği değerlerinin birimi l/m²s' dir.

Kalınlık ölçümü, kumaş tipine bağılı olarak basınç (1,96x10⁻³ N/mm²) ayarlandıktan sonra yapılmıştır. Kalınlıklar mm cinsinden ölçölmüştür.

Pratikte kumaşa olan etkiler her zaman atkı ve çözüğü yönünde değildir. Özellikle çadır bezi, filtre kumaşı ve paraşüt kumaşlarına aynı anda çok fazla yönlerden kuvvet etki etmektedir. Bu nedenle sadece kopma ve yırtılma deneyleri kumaş mukavemeti hakkında yeterli bilgi veremez. Bu tip kumaşların değerlendirilmesinde, patlama mukavemeti büyük önem taşır (Özdil 2003). Çalışmada filtre kumaşlarının patlama mukavemetleri, Instron 4411 uzama artış oranı sabit (CRE) mukavemet ölçüm cihazına yerleştirilmiş olan bilyalı patlatma mukavemeti tertibatı ile ölçölmüştür. TS 7126'da belirtildiğı gibi deney numuneleri hazırlanmıştır. Bu metodun her tip kumaşın patlama mukavemetinin ölçümü için uygulanabilmesiyle beraber, numuneler örme takviyeli olduğı için yüksek uzamaya sahip olabileceğı düşünölerek bu yöntem seçilmiştir. Numunelerin patlama mukavemetleri kilogram- kuvvet olarak elde edilmiştir.

Kopma ve yırtılma mukavemeti deneyleri U Test Universal marka elektromekanik çekme cihazı ile yapılmıştır. Kopma ve yırtılma mukavemeti deneyleri makina doğrultusunda ve makina doğrultusuna dik yönde olmak üzere iki doğrultuda yapılmıştır. Elde edilen değerler kopma ve yırtılma mukavemetleri için MegaPascal (MPa) dır.

Ölçülen tüm bu fiziksel özellikler;

- takviyesiz ve takviyeli numuneler için,
- farklı takviye malzemesine sahip numuneler için,
- farklı işleme yoğunluğuna sahip numuneler için ayrı ayrı karşılaştırılmış ve bu özelliklerin birbirlerini nasıl etkilediği incelenmiştir.

4. BULGULAR

Kumaş kalınlığı, gramajı, mukavemeti ve hava geçirgenliği filtreler için önem taşıyan, filtre performansını belirleyen özelliklerdir. Numunelerin bu özellikleri ölçülmüş ve 5 değerin ortalaması ile standart sapmalar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Burada, kopma ve yırtılma mukavemetleri kesit alanın taşıdığı yük miktarı olarak verilmiştir. Deneylerden elde edilen makina doğrultusundaki ve makina doğrultusuna dik yöndeki kopma ve yırtılma mukavemetlerinin Newton olarak değerleri ve numunelerin kesit alanları Ek 2'de verilmiştir.

Fiziksel özellikler takviye malzemelerinin bir fonksiyonu olarak, farklı vuruş yoğunlukları göz önünde bulundurularak sütun grafikleri şeklinde verilmiştir. Yine ölçülen özellikler her bir takviye malzemesi için ayrı grafikler üzerinde vuruş yoğunluklarının fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

Farklı vuruş yoğunluklarına ve takviye malzemelerine göre elde edilen ölçüm değerleri arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığını anlamak için F Testi yapılmıştır. İğneleme yoğunluğu ve malzemeler ile ölçülen fiziksel özelliklerin korelasyon analizleri yapılmış, korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Korelasyon analizi, özellikler arasındaki ilişkiyi karakterize etmek için uygulanır; korelasyon katsayısı ise, bu ilişkinin gücünü ve yönünü gösterir. İğneleme yoğunluğu ile fiziksel özellikler arasında lineer regresyon analizi yapılmış, regresyon doğruları grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Son olarak, fiziksel özelliklerden kalınlık ve gramaj, makina üzerinde yapılan ayarlamalar ile doğrudan değiştirilebilen değerler olduğu için; bu değerler bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Diğer özellikler, kalınlık ve gramajın değişiminden etkilenerek arttığı veya azaldığı için bağımlı değişken olarak göz önünde bulundurulmuştur. Bağımlı değişkenler, bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak grafik şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ölçülen Özelliklerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

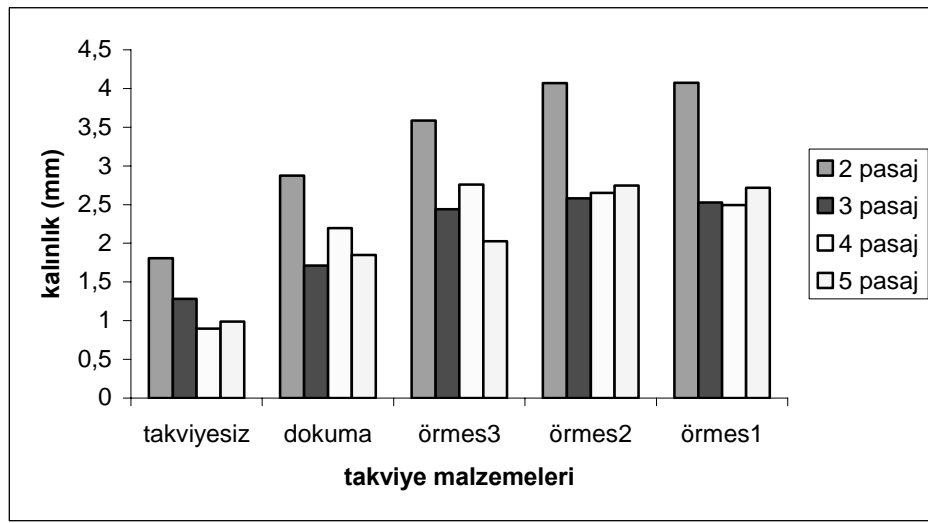
TAKVİYESİZ		kalınlık (mm)		gramaj (g/m ²)		patlama mukavemeti (kgf)		hava geçirgenliği (l/m ² s)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	152	1,81	0,08	296,6	17,90	105,5	2,55	898,3	16,66
	262	1,28	0,08	356,6	66,92	93,5	11,62	833,0	24,41
	372	0,90	0,11	245,5	22,10	87,3	8,59	827,4	52,22
	482	1,00	0,02	257,5	26,37	86,1	17,85	1183,3	46,06
TAKVİYESİZ		makina doğrultusundaki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti (MPa)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	152	275,3	2,35	624,4	3,63	264,4	15,51	463,9	22,71
	262	556,4	1,55	928,9	4,65	440,0	20,86	977,5	32,04
	372	684,5	2,93	1233,9	5,49	592,4	6,86	1035,1	54,70
	482	570,9	4,42	1147,8	6,17	112,2	2,83	207,8	9,06
DOKUMA TAKVİYELİ		kalınlık (mm)		gramaj (g/m ²)		patlama mukavemeti (kgf)		hava geçirgenliği (l/m ² s)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	2,88	0,90	429,1	71,98	122,0	21,78	704,2	108,20
	330	1,71	0,18	388,5	68,47	119,1	18,97	616,2	40,53
	440	2,19	0,18	398,7	14,35	166,8	15,46	682,7	14,62
	550	1,85	0,02	403,4	37,03	133,9	12,77	703,0	30,32
DOKUMA TAKVİYELİ		makina doğrultusundaki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti (MPa)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	160,8	6,07	604,3	14,94	188,1	86,91	460,3	119,27
	330	313,2	3,44	729,7	13,32	339,8	15,45	884,4	25,11
	440	205,2	1,35	947,9	14,22	155,8	31,33	593,9	26,56
	550	255,6	0,94	1160,2	17,23	43,6	4,38	175,0	21,83
ÖRME SIKLIK3 TAKVİYELİ		kalınlık (mm)		gramaj (g/m ²)		patlama mukavemeti (kgf)		hava geçirgenliği (l/m ² s)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	3,59	0,02	739,8	32,99	268,3	16,55	334,7	2,88
	330	2,44	0,04	612,6	13,55	215,3	17,63	344,2	8,84
	440	2,76	0,08	563,3	22,94	221,9	4,48	342,0	30,16
	550	2,03	0,03	486,0	20,67	183,0	6,96	532,8	9,44

Çizelge 4.1(Devam) Ölçülen Özelliklerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

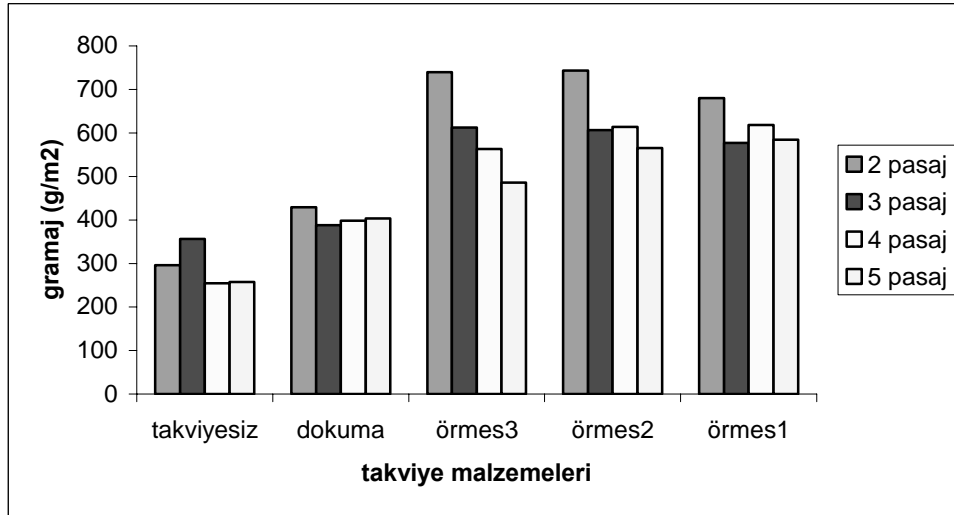
ÖRME SIKLIK3 TAKVİYELİ		makina doğrultusundaki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti (MPa)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	362,9	4,18	825,2	4,11	259,3	21,96	539,7	155,42
	330	531,5	3,19	750,2	5,84	405,7	10,53	466,3	16,06
	440	398,1	3,24	626,3	9,44	273,5	32,58	438,7	89,95
	550	611,8	1,64	661,1	2,59	406,8	17,89	459,4	27,45
ÖRME SIKLIK2 TAKVİYELİ		kalınlık (mm)		gramaj (g/m ²)		patlama mukavemeti (kgf)		hava geçirgenliği (l/m ² s)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	4,07	0,05	743,7	31,54	276,9	16,86	443,2	34,88
	330	2,58	0,16	606,8	53,20	203,8	22,95	373,2	5,45
	440	2,65	0,12	613,8	12,89	194,9	9,71	414,5	26,50
	550	2,75	0,03	565,5	20,05	198,1	25,00	493,1	7,50
ÖRME SIKLIK2 TAKVİYELİ		makina doğrultusundaki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti (MPa)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	346,6	5,79	466,2	4,40	213,2	75,01	356,3	57,67
	330	479,9	2,62	640,3	7,61	336,8	22,62	505,3	41,13
	440	470,1	4,48	570,8	5,36	324,9	18,61	491,2	35,11
	550	391,0	2,14	531,5	3,77	306,5	26,22	437,3	45,43
ÖRME SIKLIK1 TAKVİYELİ		kalınlık (mm)		gramaj (g/m ²)		patlama mukavemeti (kgf)		hava geçirgenliği (l/m ² s)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	4,07	0,07	680,3	11,34	274,0	16,13	388,3	26,79
	330	2,53	0,09	577,0	14,06	204,2	6,10	384,7	9,66
	440	2,49	0,04	618,5	22,68	227,7	2,43	347,7	8,26
	550	2,72	0,02	584,8	15,86	195,2	6,59	379,0	16,88
ÖRME SIKLIK1 TAKVİYELİ		makina doğrultusundaki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti (MPa)		makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti (MPa)	
		ort	ss	ort	ss	ort	ss	ort	ss
vuruş yoğunluğu (vuruş/m ²)	220	229,5	11,35	577,5	7,71	182,5	37,42	522,9	74,03
	330	504,1	3,02	610,3	2,45	335,1	11,57	453,4	59,95
	440	471,2	2,42	703,6	2,52	325,1	33,13	544,2	29,07
	550	396,0	8,88	538,8	3,24	289,6	18,20	405,3	42,30

4.1 Takviye Malzemelerine Göre Fiziksel Özelliklerin Değişimi

Takviye malzemelerine göre özellikler sütun grafikleri halinde Şekil 4.1-4.8 arasında gösterilmektedir. İğneleme makinasından 2 pasaj geçirilen numunelerdeki vuruş değerleri takviyesiz numuneler için 152 vuruş/ m², takviyeli numuneler için 220 vuruş/ m²'dir. 3 pasaj geçirilenler takviyesiz için 262, takviyeliler için 330 vuruş/ m² vuruş yoğunluğuna sahiptir. 4 pasaj geçirilenlerin vuruş yoğunlukları sırasıyla 372 ve 440 vuruş/ m² ve 5 pasaj geçirilenlerin ise 482 ve 550 vuruş/ m²'dir.



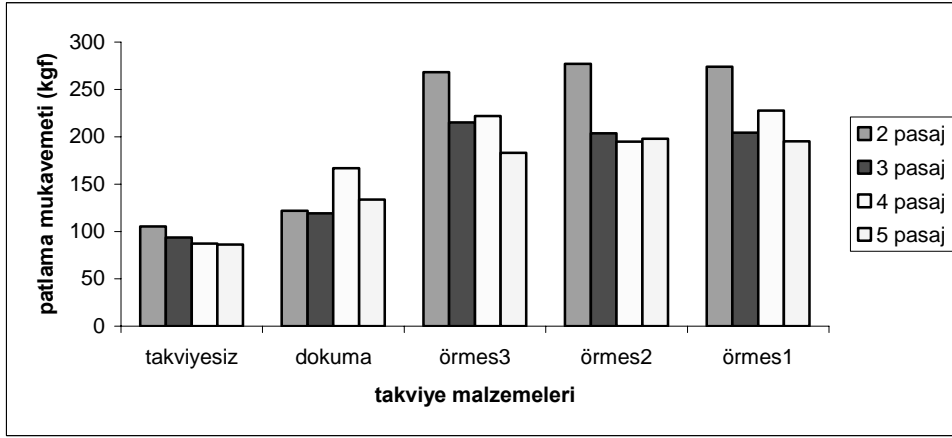
Şekil 4.1 Takviye Malzemelerine Göre Kalınlığın Değişimi



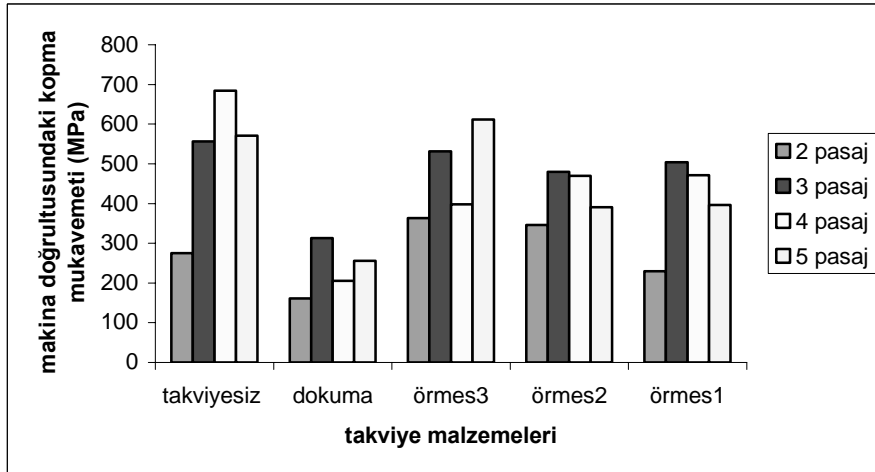
Şekil 4.2 Takviye Malzemelerine Göre Gramajın Değişimi



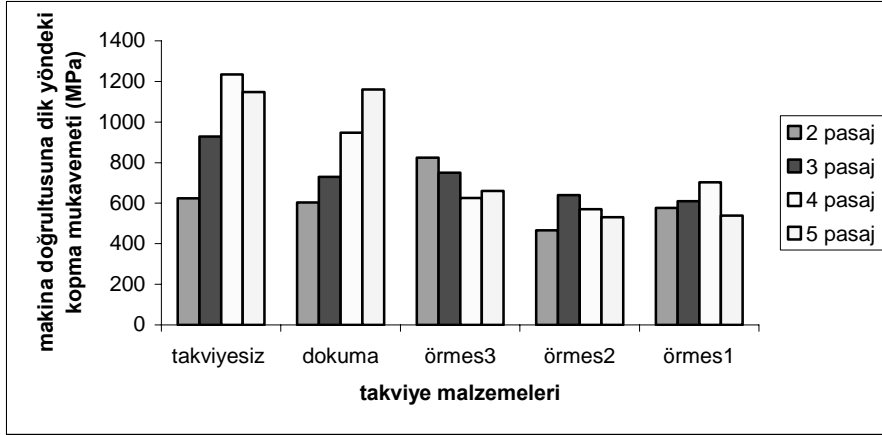
Şekil 4.3 Takviye Malzemelerine Göre Hava Geçirgenliğinin Değişimi



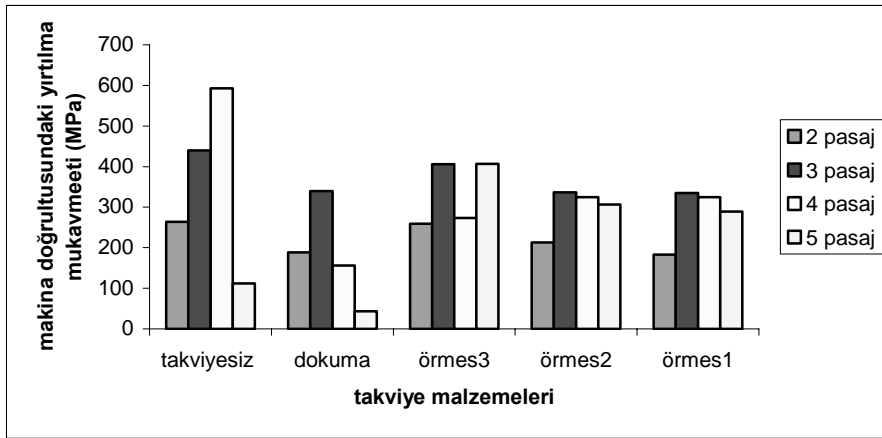
Şekil 4.4 Takviye Malzemelerine Göre Patlama Mukavemetinin Değişimi



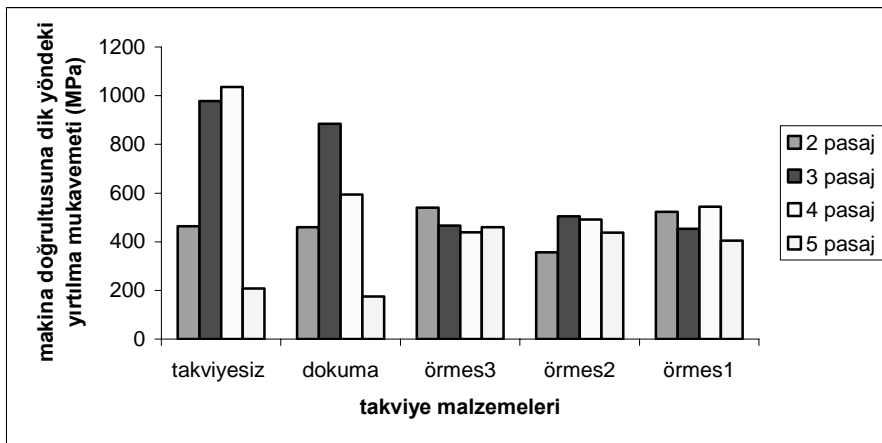
Şekil 4.5 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi



Şekil 4.6 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi



Şekil 4.7 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi



Şekil 4.8 Takviye Malzemelerine Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, dokuma takviyeli numunelerin kalınlıkları ve gramajları takviyesiz numunelerin yaklaşık 1,5 katıdır. Örne takviyeli numunelerin kalınlık ve gramajları ise, takviyesiz numunelerin yaklaşık 2 katı kadardır. Bu durum; örme takviye malzemesinin kalınlık ve gramajının, dokuma takviye malzemesinin kalınlık ve gramajından daha fazla olması ile açıklanabilir.

Hava geçirgenliği değerleri ise tam tersine takviyesiz numunelerde, dokuma takviyelilerden hemen hemen 1,5, örme takviyelilerden ise yaklaşık olarak 2 kat daha yüksektir. Bu; takviyesiz numunelerde hava akımına karşı direnç gösteren yapının sadece iğnelenerek karıştırılmış lif topluluğu iken, takviyeli numunelerde ekstra bir takviye malzemesinin de hava akımına karşı koyması ile açıklanabilir. Yani takviye malzemesinin gözenek boyutları küçüldükçe, kalınlık ve gramajı arttıkça havanın kumaştan geçme kolaylığı azalmaktadır denilebilir.

Proseslere göre filtre kumaşlarından beklenen özellikler değişmektedir. Bazı filtrasyon sistemlerinde filtrelerin yüksek mukavemetli olması istenirken, bazılarında yüksek mukavemet aranmaz. Numuneler kesit alanın taşıdığı yırtılma ve kopma yükleri açısından karşılaştırılacak olursa, her iki doğrultuda da (makina doğrultusu ve makina doğrultusuna dik) takviyesiz numunenin kesit alanının taşıdığı yük diğerlerine göre daha yüksektir. Takviyesizleri makina doğrultusunda örme takviyeli numuneler, makina doğrultusuna dik yönde ise dokuma takviyeli numuneler izlemektedir.

3 farklı sıklığa sahip örme numuneden elde edilen veriler vuruş yoğunluğuna göre net bir eğilim göstermemiştir. Bu nedenle sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için sıklık değerlerini değiştirerek daha çok sayıda numunenin test edilmesinin yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

Takviye malzemelerine göre fiziksel özellikler arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığını anlamak için uygulanan F Testi sonucunda Çizelge 4.2'deki F değerleri elde edilmiştir. % 95 güven aralığında, gruplar arası serbestlik derecesi 4 ve grup içi serbestlik derecesi 20 için F_{tablo} değeri 2,87'dir.

Çizelge 4.2 İğneleme Yoğunluğu ve Takviye Malzemelerine Göre Fiziksel Özellikler Arasında Yapılan F Testi Sonuçları

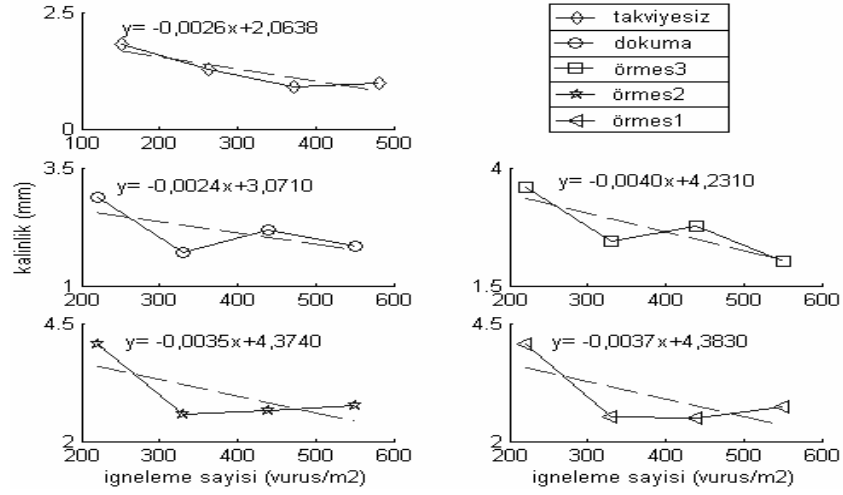
	2 pasaj	3 pasaj	4 pasaj	5 pasaj
kalınlık	356,08	155,42	840,89	210,21
gramaj	148,09	46,76	410,91	143,20
patlama mukavemeti	185,70	42,04	214,25	206,69
hava geçirgenliği	188,79	87,38	140,76	526,83
makina doğrultusundaki kopma mukavemeti	41,24	177,88	242,27	156,28
makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti	17,83	37,10	78,56	18,16
makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti	9,17	135,95	63,29	525,56
makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti	117,02	6,91	23,83	156,24

Bulunan tüm F değerleri F_{tablo} değerinden daha büyük olduğu için, takviye malzemelerine göre tüm fiziksel özellikler arasında istatistiksel açıdan fark vardır.

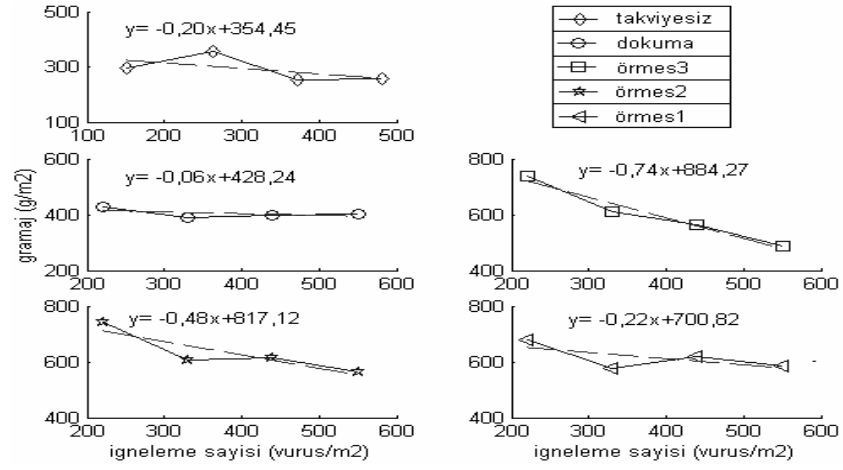
4.2 İğneleme Yoğunluğuna Göre Fiziksel Özelliklerin Değişimi

İğneleme makinasında, penetrasyon derinliği ve iğneleme yoğunluğu değiştirilebilir. Bu değişkenler, kumaş yapısına çok büyük oranda etki eder. İğnenin penetrasyon derinliğine bağlı olarak lif tülbent içerisinde hareket eder. İğne plakaları arasındaki mesafeye ve üçgen kesitli iğnelerde üç kenarlı kılıç kısım uzunluğuna bağlı olan penetrasyon derinliğinin artışı daha fazla çentiğin çalışmaya katılmasını sağladığı için, lifler daha fazla karıştırılır. İğneleme yoğunluğu; iğne plakası üzerindeki iğne yoğunluğuna, dalış (vuruş) sıklığına, besleme hızına bağlıdır. Bu değişkenler kalınlık, gramaj, kumaş yoğunluğu ve hava geçirgenliğini etkiler (Toprakkaya Kut 2003). Bu çalışmada, penetrasyon derinliği sabit tutulmuş, iğneleme yoğunluğu değiştirilmiştir.

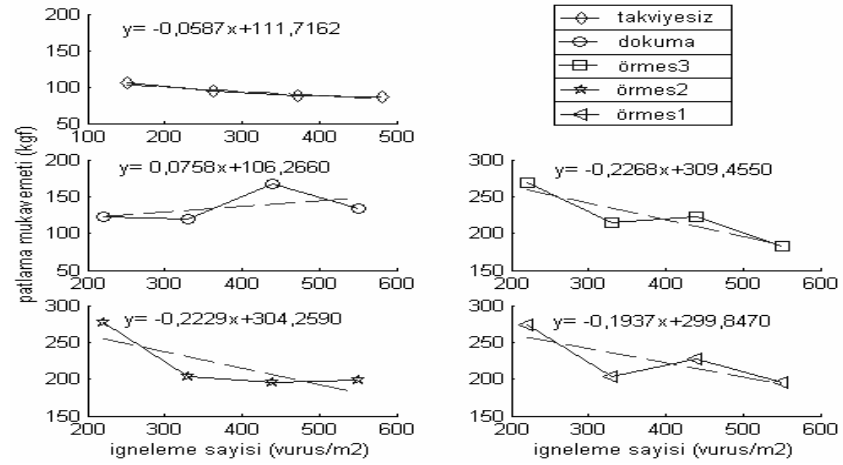
İğneleme yoğunluklarına göre numunelerin fiziksel özelliklerinin değişimleri Şekil 4.9-4.16 arasında gösterilmiştir.



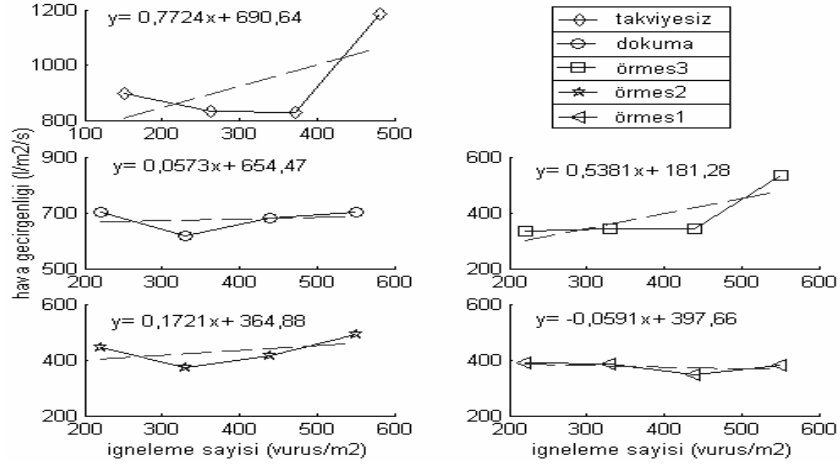
Şekil 4.9 İğneleme Sayısına Göre Kalınlığın Değişimi



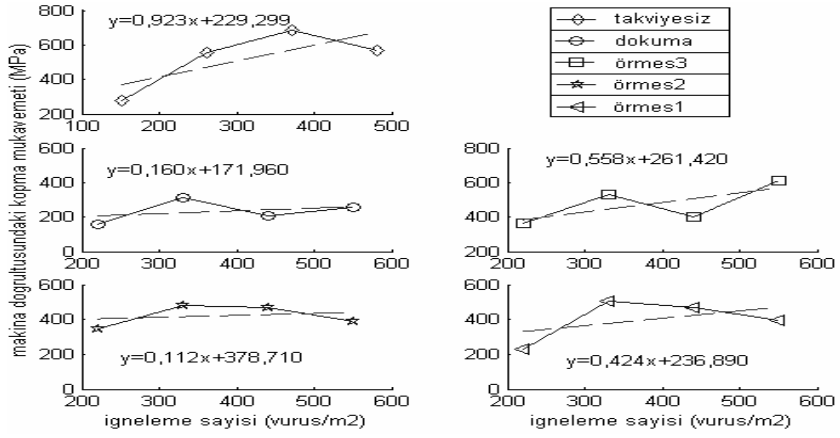
Şekil 4.10 İğneleme Sayısına Göre Gramajın Değişimi



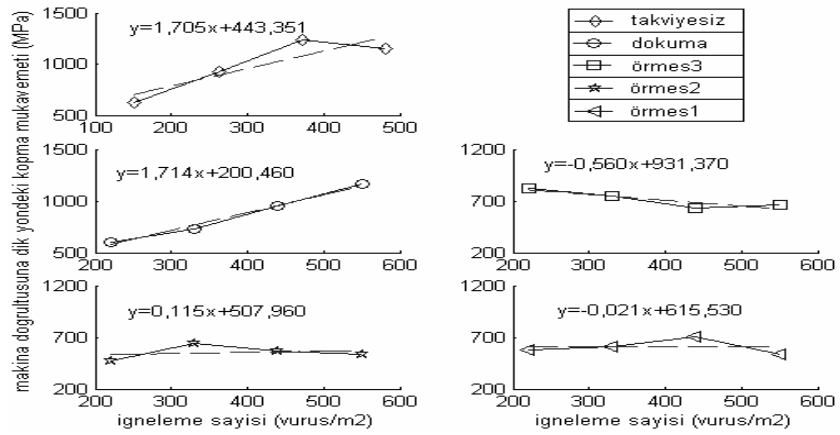
Şekil 4.11 İğneleme Sayısına Göre Patlama Mukavemetinin Değişimi



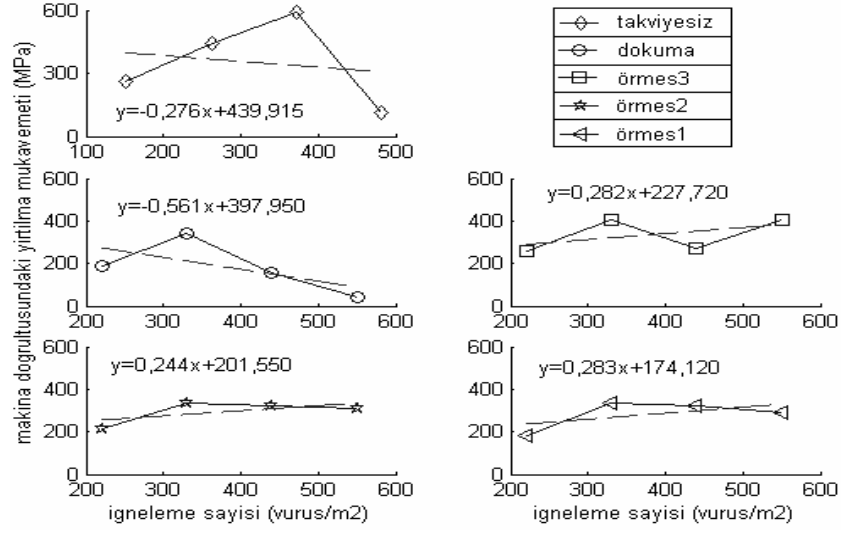
Şekil 4.12 İğneleme Sayısına Göre Hava Geçirgenliğinin Değişimi



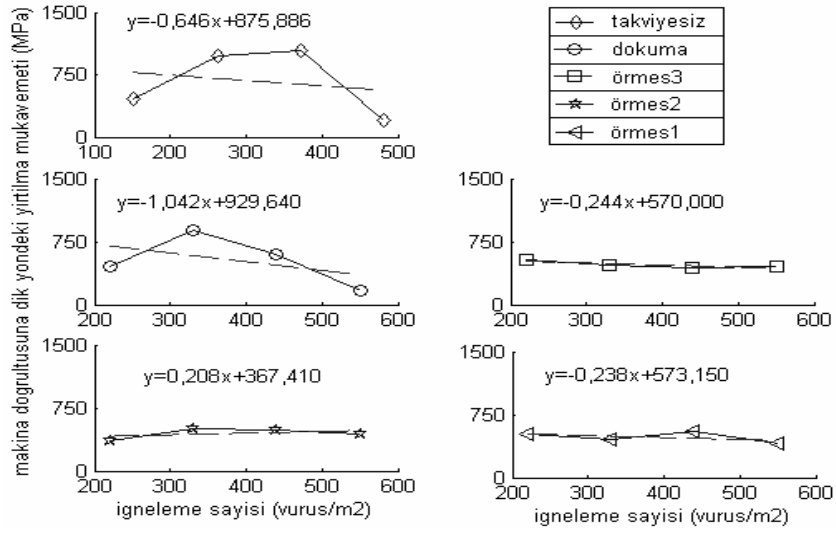
Şekil 4.13 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi



Şekil 4.14 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi



Şekil 4.15 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi



Şekil 4.16 İğneleme Sayısına Göre Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi

Çizelge 4.3'te iğneleme sayısına göre fiziksel özelliklerin korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.3 İğneleme Sayısı ile Fiziksel Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	takviyesiz	dokuma	sıklık3	sıklık2	sıklık1
kalınlık	r=-0,873 s=0,000	r=-,0678 s=0,000	r=-0,854 s=0,000	r=-0,719 s=0,000	r=-0,729 s=0,000
gramaj	r=-0,460 s=0,024	r=-0,190 s=0,374	r=-0,943 s=0,000	r=-0,819 s=0,000	r=-0,831 s=0,000
hava geçirgenliği	r=0,480 s=0,018	r=-0,286 s=0,176	r=0,738 s=0,000	r=0,323 s=0,123	r=-0,515 s=0,010
patlama mukavemeti	r=-0,528 s=0,008	r=0,211 s=0,322	r=-0,864 s=0,000	r=-0,799 s=0,000	r=-0,788 s=0,000
makina doğrultusundaki kopma mukavemeti	r=-0,151 s=0,481	r=-0,481 s=0,017	r=-0,437 s=0,033	r=-0,885 s=0,000	r=0,198 s=0,353
makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti	r=0,581 s=0,030	r=-0,175 s=0,414	r=0,222 s=0,298	r=-0,627 s=0,010	r=-0,595 s=0,002
makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti	r=-0,695 s=0,000	r=-0,809 s=0,000	r=0,622 s=0,001	r=-0,109 s=0,613	r=0,098 s=0,647
makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti	r=0,614 s=0,001	r=-0,779 s=0,000	r=-0,145 s=0,498	r=-0,681 s=0,000	r=0,832 s=0,000

Bu şekillerde iğneleme yoğunluğuna göre özelliklerin eğilimini belirlemek için çizilmiş regresyon doğruları bulunmaktadır. Her bir doğrunun denklemi de grafiğin üzerinde yer almaktadır. Bununla birlikte vuruş yoğunluğuna göre elde edilen fiziksel özellik değerlerinin arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı ise, F Testi yapılarak değerlendirilmiştir. F Testi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

%95 güven aralığında, gruplar arası serbestlik derecesi 3 ve grup içi serbestlik derecesi 16 için F_{tablo} değeri 3,24'tür. Buna göre dokuma takviyeli numune için hava geçirgenliği, gramaj ve makina doğrultusundaki kopma mukavemeti, örme sıklık 2 ve örme sıklık 1 takviyeli numuneler için makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti iğneleme yoğunluğuna göre farklılık göstermez.

İğneleme makinasından ilk geçişte tülbent içerisindeki lifler hareketliliğe sahiptir. İkinci veya daha sonraki geçişlerde, ilk geçişte oluşan lif karışmasına bağlı olarak; lif hareketliliği kısmen sınırlandırılmış olur (Miao 2004). Lif iletimi kısmen gerçekleştiği ve kumaş yapısı çok fazla değişmediği için, vuruş yoğunluğuna göre bazı özelliklerin farklılık göstermemesi normal karşılanabilir.

Çizelge 4.4 Takviye Malzemelerine ve İğneleme Yoğunluklarına Göre Fiziksel Özelliklerin F Testi Sonuçları

	takviyesiz için F değerleri	dokuma takviyeli için F değerleri	örme sıklık3 takviyeli için F değerleri	örme sıklık2 takviyeli için F değerleri	örme sıklık1 takviyeli için F değerleri
kalınlık	93,33	108,49	171,53	346,44	459,63
gramaj	11,32	0,98	99,89	27,87	60,81
patlama mukavemeti	6,79	3,46	94,43	127,48	151,69
hava geçirgenliği	74,00	1,77	74,75	75,43	6,85
makina doğrultusundaki kopma mukavemeti	17,13	1,58	11,32	34,69	3,44
makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti	94,37	52,44	14,58	20,55	15,05
makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti	1191,86	16,58	24,62	0,09	1,51
makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti	21,45	154,52	9,15	72,73	95,671

Kumaşların iğneleme makinasından birden fazla geçişlerinde lif hareketliliği sınırlandırılmış olsa da iletim devam eder. İşleme başladığında tül bent kalınlığı ne kadar fazla ise; kumaş içinde çalışan çentik sayısı ya da lif iletimi de o kadar fazla olacağından, kumaş kalınlığı daha çok azalma eğilimindedir. (Şekil 4.9) Kalınlığı daha fazla olan örme takviyeli numunelerin kalınlıklarının, vuruş yoğunluğu ile dokuma takviyeli ve takviyesiz numunelere göre daha çok azaldığı regresyon doğrularının eğiminden görülmektedir. Lif iletimi ile ilişkilendirilirse, gramaj için de aynı şey geçerlidir.

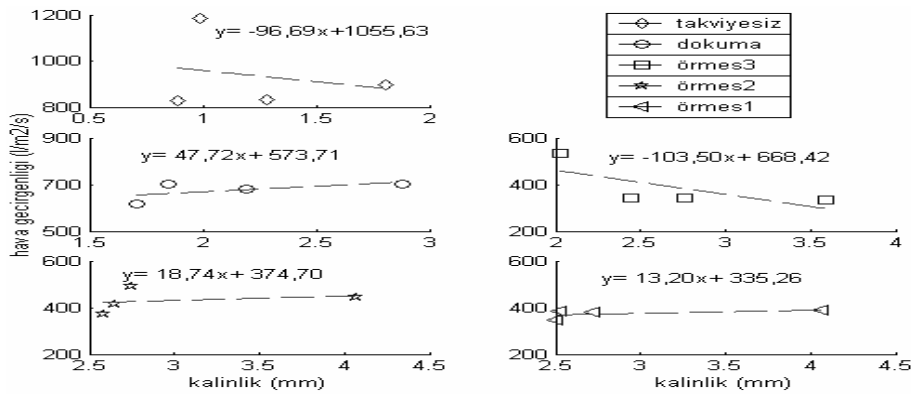
İğneleme yoğunluğu hava geçirgenliğini doğrudan etkileyen bir parametre değildir. Lif inceliği, uzunluğu ve dalış derinliği hava geçirgenliğini doğrudan etkiler. İğneleme yoğunluğu lif yapısını, bu da hava geçirgenliğini etkiler. Vuruş yoğunluğuna göre hava geçirgenliğinin değişimine (Şekil 4.12) bakılacak olursa, 5 pasaj geçişte kumaşların en yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu görülür. Bu durum, kumaştaki liflerin kırılarak kısalması ve kumaş gözenekliliğinin değişmesi ile açıklanabilir.

İğneleme yoğunluğunun değişimi ile dokusuz yüzeyi oluşturan liflerin kumaş içerisindeki yerleşimi (karışması), kumaşın gözenekliliği, lif hasarına bağlı olarak lif uzunluğu ve lif mukavemeti değişir. Bu yapısal değişiklikler kumaşın fiziksel özelliklerinde de değişikliğe neden olur. İğnenin verdiği hasar sonucunda zayıflamış veya kırılarak daha kısa hale gelmiş liflerin oluşturduğu kumaşın mukavemeti, dolayısıyla düşük olacaktır (Miao et al. 2004). Makinadan 5 pasaj geçirilen numunelerin mukavemetlerinin düşük olması bu durum ile açıklanabilir.

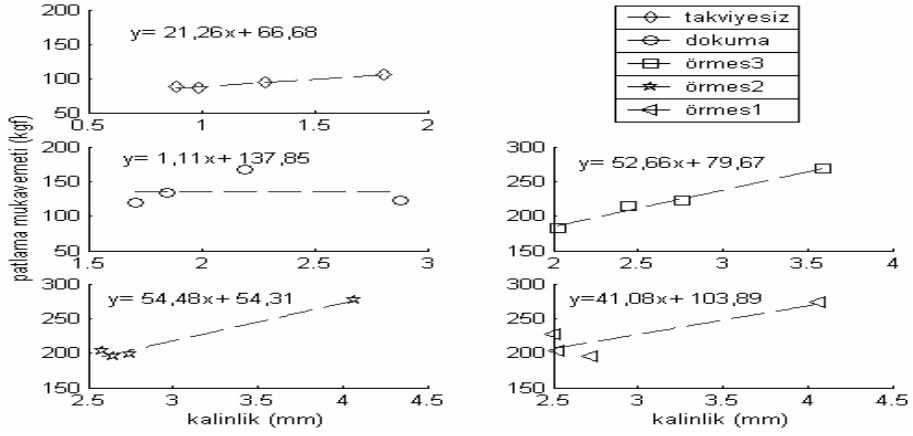
Kumaşların maksimum mukavemete ulaşmaları için kritik bir vuruş yoğunluğu değeri vardır. Bu değer aşıldığında kumaşta oluşan hasarlara bağlı olarak kumaş mukavemetini kaybeder (Toprakkaya Kut 2003). Vuruş yoğunluklarına göre mukavemet grafikleri incelendiğinde, genel eğilim artış yönünde olsa bile; kopma ve yırtılma mukavemetleri için 3 pasajın en yüksek mukavemeti sağladığı görülür. Patlama mukavemeti için ise makinadan 4 pasaj geçiş en iyi sonucu vermektedir. Bu pasaj sayılarından sonra mukavemet azalmaktadır.

4.3 Kalınlık ve Gramajla Diğer Özelliklerin Değişimi

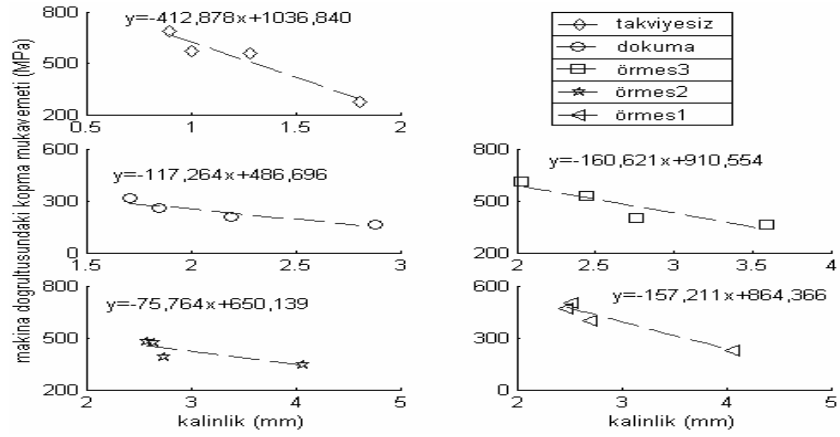
Gramaj ve kalınlık makina üzerinde doğrudan değiştirilebilen özellikler olduğu için, bağımsız değişkenler olarak ele alınmış ve diğer özelliklerin bu iki özelliğe göre değişimleri 4.17- 4.28 numaralı şekiller arasında gösterilmiştir.



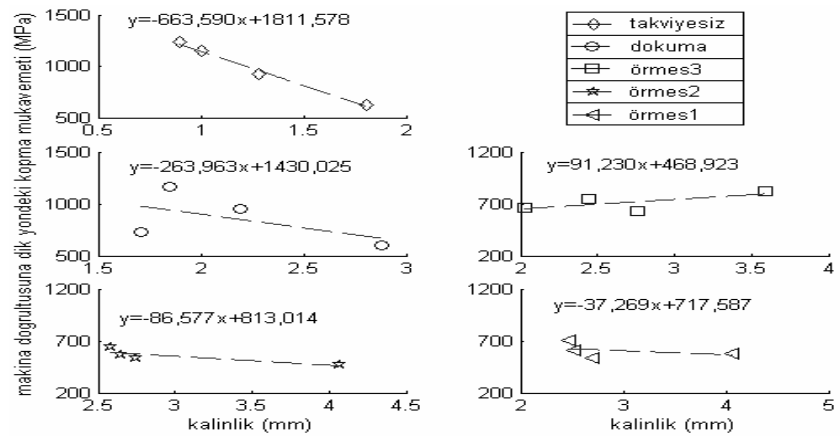
Şekil 4.17 Kalınlık ile Hava Geçirgenliğinin Değişimi



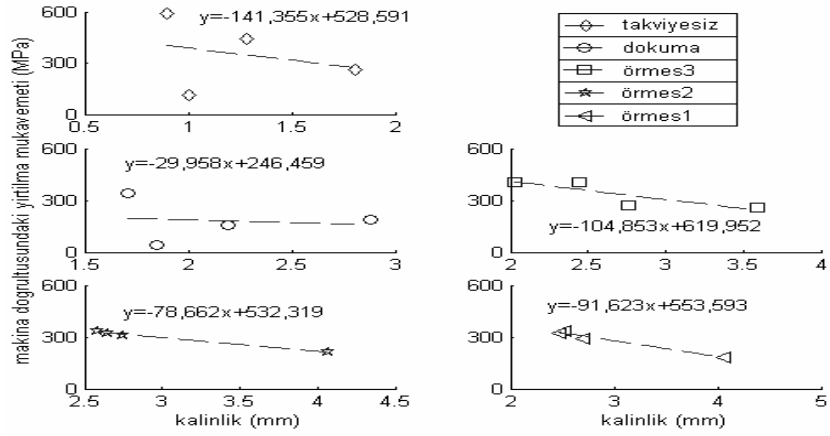
Şekil 4.18 Kalınlık ile Patlama Mukavemetinin Değişimi



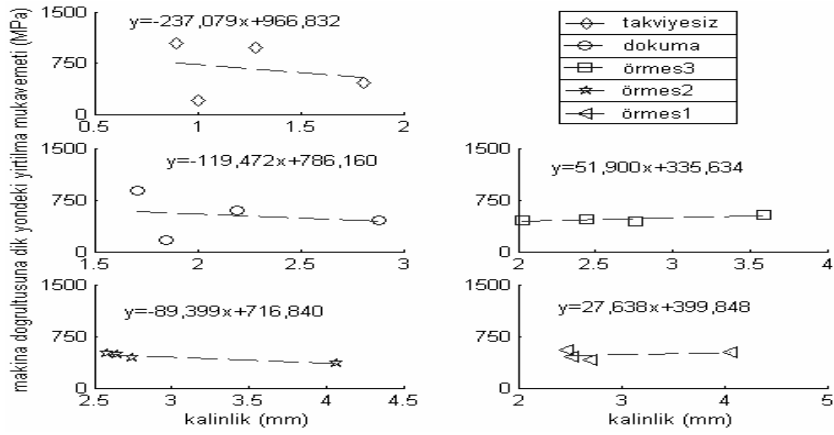
Şekil 4.19 Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi



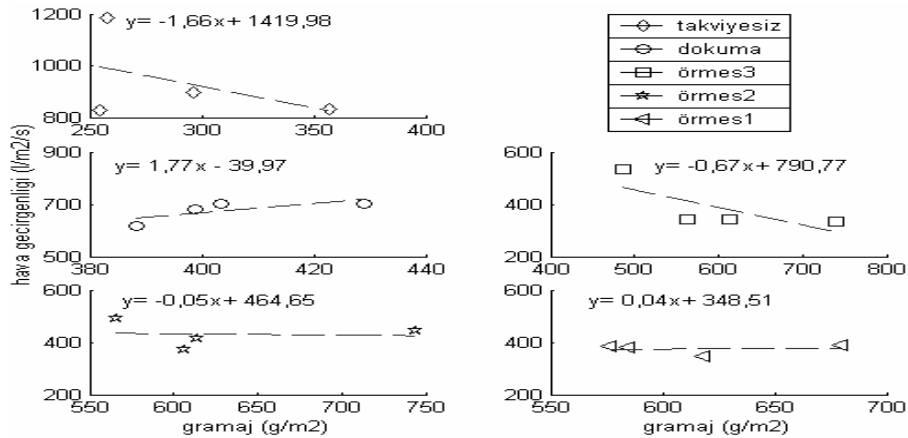
Şekil 4.20 Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi



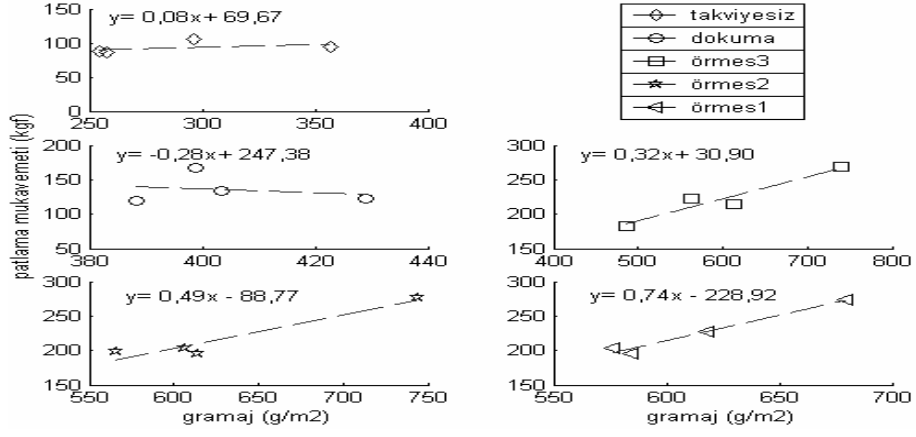
Şekil 4.21 Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi



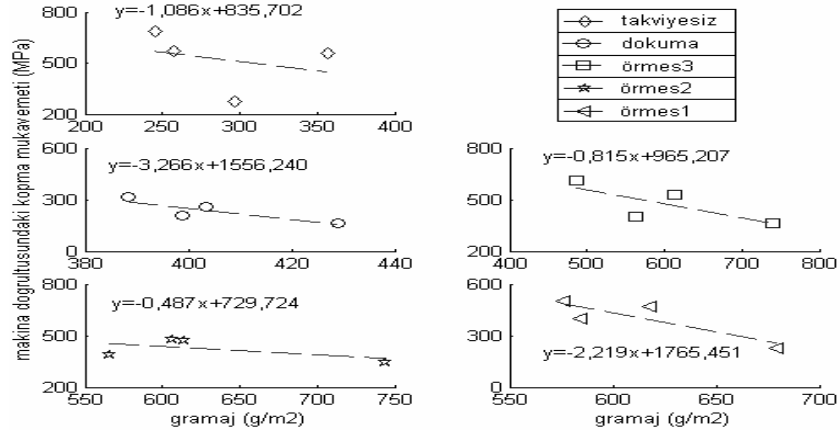
Şekil 4.22 Kalınlık ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi



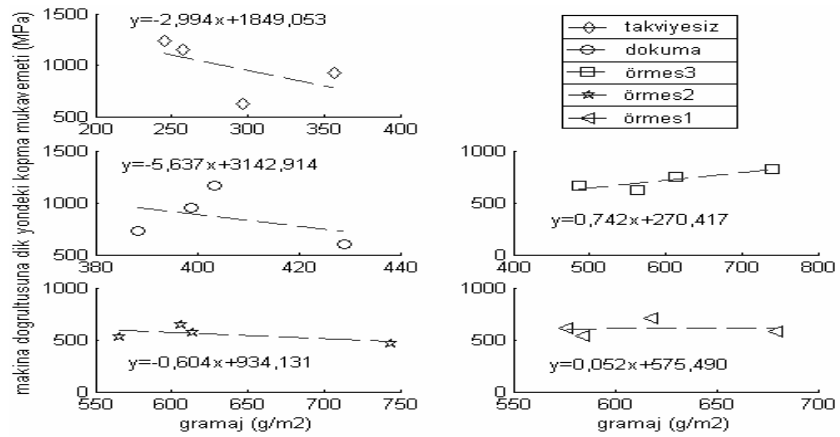
Şekil 4.23 Gramaj ile Hava Geçirgenliğinin Değişimi



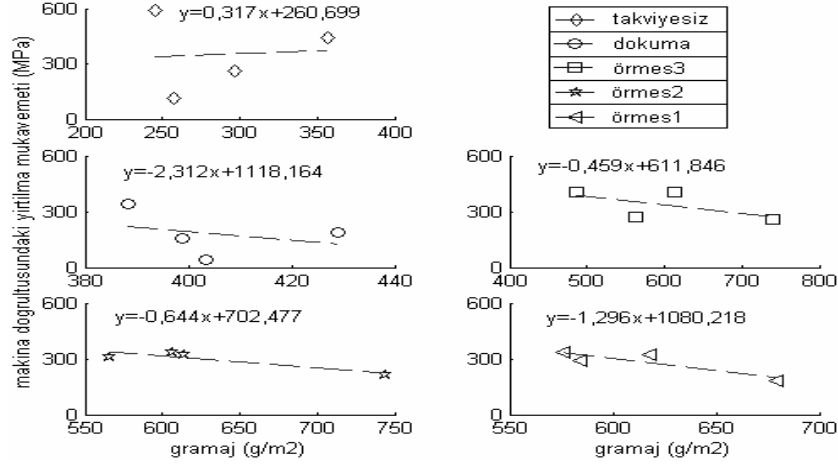
Şekil 4.24 Gramaj ile Patlama Mukavemetinin Değişimi



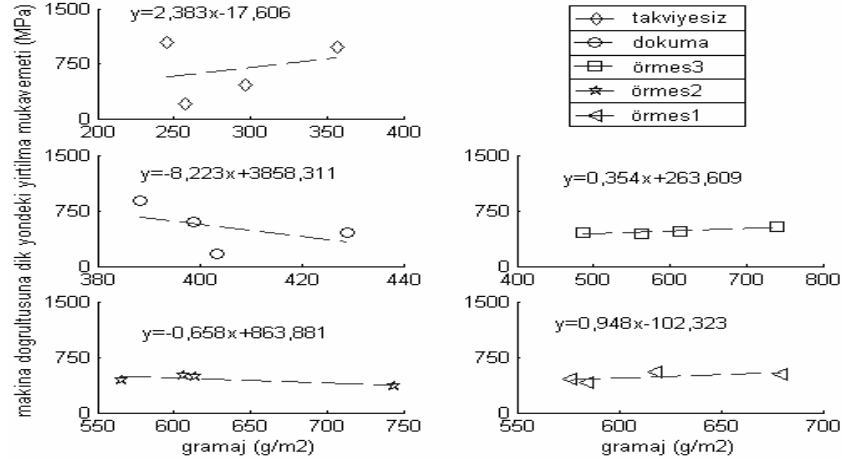
Şekil 4.25 Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusundaki Kopma Yükünün Değişimi



Şekil 4.26 Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Yükünün Değişimi



Şekil 4.27 Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrutusundaki Yırtılma Yükünün Değişimi



Şekil 4.28 Gramaj ile Kesit Alan Başına Düşen Makina Doğrutusuna Dik Yöndeki Yırtılma Yükünün Değişimi

Şekillerde; kalınlık ve gramaj ile patlama mukavemetinin arttığı, hava geçirgenliği ile kopma ve yırtılma mukavemetlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum, birim alandaki ve kesitteki lif sayısı değişiminin mukavemete katkısı ile açıklanabilir. Kalınlık arttıkça kesit alan artmakta, kesit alanın taşıdığı yük azalmaktadır. Diğer yandan, hava akımının kumaş boyunca karşılaştığı engel sayısı artmış olur. Hava kumaştan daha zor geçer. Dolayısıyla havanın kumaştan geçiş kolaylığı anlamına gelen hava geçirgenliği azalır. Tüm fiziksel özellikler arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Ölçülen Fiziksel Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	kalmılık	gramaj	patlama mukavemeti	hava geçirgenliği	kopma mukavemeti		yırtılma mukavemeti	
					makina doğ.	makina doğ. dik	makina doğ.	makina doğ. dik
kalmılık	1	0,902	0,920	-0,689	0,596	0,698	0,593	0,712
gramaj	0,902	1	0,970	-0,844	0,817	0,614	0,762	0,660
patlama mukavemeti	0,920	0,970	1	-0,811	0,780	0,706	0,714	0,681
hava geçirgenliği	-0,689	-0,844	-0,811	1	-0,748	-0,464	-0,768	-0,563
makina doğrultusundaki kopma mukavemeti	0,596	0,817	0,780	-0,748	1	0,323	0,867	0,409
makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti	0,698	0,614	0,706	-0,464	0,323	1	0,253	0,502
makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti	0,593	0,762	0,714	-0,768	0,867	0,253	1	0,650
makina doğrultusuna dik yöndeki yırtılma mukavemeti	0,712	0,660	0,681	-0,563	0,409	0,502	0,650	1

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, kullanılmış torba filtreler incelendikten ve yetersizlikleri tespit edildikten sonra, kullanımda en iyi performansı verecek şekilde filtre kumaşı tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Torba filtrelerin kullanım sırasında, filtre aparatına sıkıştırılma yerlerinden koştugu, üzerinde delikler oluştuğu, dolayısıyla fonksiyonunu kaybettiği gözlenmiştir. Torba filtrelerin üretildikleri kumaş mukavemetinin arttırılması gerektiği düşünülerek, farklı takviye malzemeleri ile mukavemete katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Genelde torba filtreler dokuma kumaş takviyeli olarak üretilirler. Bu çalışmada örme kumaş takviyeli filtreler de tasarlanmıştır. Aynı iplik ile üretilen örme kumaş, dokuma kumaşa göre daha kalın, daha ağır, daha sıkı bir yapıdadır. Örme kumaşın gözenek boyutları ve dağılımı, dokuma kumaştan farklı olduğundan bu durum, filtre kumaşının hava geçirgenliğini doğrudan etkiler. Tasarlanan örme takviyeli filtre kumaşlarının fiziksel özellikleri tespit edilerek dokuma takviyeli ve takviyesiz filtre kumaşları ile karşılaştırılmıştır.

Kumaşların fiziksel özelliklerini, yapısal parametreleri belirlediği için; hava geçirgenliğinin bağlı olduğu yapısal parametreler göz önünde bulundurularak bir açıklama yapılması doğru olur. Hava geçirgenliği kumaşın gözenek boyutu, lif çapı, lif uzunluğu, paketlenme yoğunluğu, kalınlık gibi yapısal özelliklerine bağlıdır. Örme takviye malzemesi kullanılarak üretilmiş filtre kumaşlarının; hava geçirgenlikleri gözenek boyutu ile ilişkilendirilirse, bu filtre kumaşlarının verimliliklerinin yüksek olduğu söylenebilir. Gözenek boyutu azaldıkça, partiküllerin filtre tarafından tutulma ihtimalleri artar. Dolayısıyla bu filtreler daha yüksek verimliliğin gerektiği yerlerde kullanılabilirler. Örneğin sağlık alanında, temiz oda hava filtreleri olarak, laboratuvar filtreleri olarak kullanılabilirler.

Takviyesiz filtre kumaşlarının hava geçirgenlikleri takviyeli numunelere göre yüksektir. Dolayısıyla orta ve düşük verimlilik gereken yerlerde, daha büyük boyuttaki partikülleri tutmak için ya da esas filtreden önce bir ön filtre olarak kullanılabilirler. Daha yüksek verimliliğe gerek duyulan durumlarda gramajları arttırılarak verimliliğe katkı

sağlanabilir. Kesit alanın taşıdığı yük miktarı açısından değerlendirildiğinde, takviyesiz numuneler en yük miktarı/ kesit alan değerine sahiptir.

Dokuma takviyeli filtreler ise, performans bakımından bu iki filtre arasında yer almaktadır. Yeterli hava geçirgenliğine sahiptir fakat kesit alan başına düşen yük miktarı takviyesizlere göre daha düşüktür. Hem örme hem de dokuma takviyeli numunelerin düşük kesit alan başına düşen kopma ve yırtılma yükleri, ilave bir ısıl veya kimyasal fiksaj uygulaması ile arttırılabilir.

İğnelenmiş dokusuz yüzey kumaşların üretiminde değiştirilebilecek temel makina parametreleri dalış değinliği ve iğneleme yoğunluğudur. Bu makina değişkenleri, kumaşın yapısal özelliklerini etkilediğinden, fiziksel ve performans özelliklerinin de değişmesine neden olurlar. Bu araştırma çalışmasında dalış derinliği sabit tutularak iğneleme yoğunluğu değiştirilmiştir. Kumaşlar iğneleme makinasından 2, 3, 4 ve 5 pasaj geçirilerek farklı iğneleme yoğunlukları elde edilmiştir. Takviyesiz numuneler teknik yetersizliklerden dolayı takviyeli numuneler ile aynı vuruş ve iğneleme yoğunluğunda üretilememiştir. Ancak vuruş değerleri aynı aralıkta yer aldığı için numunelerin vuruş yoğunluğuna göre karşılaştırılabileceği görüşüne varılmıştır. Genel olarak, kumaş özelliklerinin kritik bir iğneleme yoğunluğu değerinden sonra kötüye gittiği söylenebilir. İğneleme yoğunluğu artışı kumaş içerisine giren iğne sayısının artması anlamına gelir. Bu da belirli bir değerden sonra liflere hasar verir. Liflerde zayıflamalar veya kırılmalar meydana gelir. Lifler kumaşı oluşturan temel birimler olduğu için kumaş mukavemeti de azalır. Kumaşta oluşan bu yapısal değişiklik, kumaş gözenekliliğini arttırır. Gözeneklilik artışı hava geçirgenliğini de arttırır. Aslında filtre kumaşlarında hava geçirgenliğinin yüksek olması istenir. Ancak kumaşın hava geçirgenliği yapıdaki deformasyona bağlı olarak arttığı için önem taşımamaktadır. Dolayısıyla iğneleme makinasından kumaşın 5 pasaj geçirilmesi tavsiye edilmemektedir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre, filtre kumaşlarında önemli bir özellik olan patlama mukavemetinin tüm numuneler için 4 pasaj geçişte en yüksek olduğu görülmektedir. Yine filtrelerin aparata yerleştirildikleri yerlerde, kelepçe kuvvetlerine

dayanması için kopma ve yırtılma mukavemetlerinin yüksek olması gerekmektedir. İğneleme makinasından 3 pasaj geçişte tüm numuneler için en yüksek kopma ve yırtılma mukavemetleri elde edilmiştir.

Filtre kullanıcıları maliyet hesabı yaparken; ilk maliyeti, bakım maliyetini, filtre kapasitesini (ömrünü), enerji maliyetini göz önünde bulundururlar. Bu çalışmada yeniden işlenilip tekrar kullanılabilir hale getirilmiş (geri kazanılmış, recycled) poliester lifi kullanılmıştır. Genel olarak geri kazanılmış poliester lifinin özellikleri, orijinal poliestere göre daha düşüktür. Hem çevreci oluşu, hem de bu şekilde bile yeterli mukavemet sağlaması açısından avantajlıdır. İlk maliyet açısından değerlendirildiğinde, geri kazanılmış poliester lifleri ile üretilmiş olan takviyesiz numuneler diğerlerine göre en ucuzdur. Verimliliklerinin düşük olması dezavantaj olup, bu eksiklik de gramajlarının artırılması ile giderilebilir.

İğneleme makinasında, üçgen kesitli iğneler daha çok takviyesiz kumaşların iğnelenmesinde, damla kesitli iğneler ise takviyeli numunelerin iğnelenmesinde kullanılmaktadır. Bunun sebebi, damla kesitli iğneler kullanılarak takviye malzemesinin göreceği hasarın en aza indirilmesinin sağlanmasıdır. Sadece kumaş değil iğne hasarı da azaltılmış olur.

Enerji maliyeti açısından hava geçirgenliği yüksek olan filtreler tercih edilir. Ancak hava geçirgenlikleri yüksek olan filtrelerin toz tutma verimleri düşük olmaktadır. Yapılan işleme uygun hava geçirgenliği ve verime sahip filtre seçimi önemlidir. Enerji maliyetinin değil, yüksek verimliliğin daha çok önem taşıdığı alanlarda (özellikle sağlık alanında) örme takviyeli numuneler seçilebilir.

Burada, filtrelerin toz tutma verim ve kapasite, basınç düşümü gibi performans özellikleri doğrudan ölçülmeyip; birtakım fiziksel özellikleri, test sonuçları ve deneysel verilere dayanarak açıklanmaya çalışılmıştır. Söz konusu filtre kumaşlarının performanslarının doğrudan ölçülerek, bu çalışmanın sonuçları ile birlikte değerlendirilmesi daha iyi bir filtre tasarımı açısından yararlı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Adanur, S., 1995, "Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles", Technomic Publishing Co. Inc., Chapter 8.0, Filtration Textiles, 275-294
- Ainzenshtein, E.M., 2003, "Manufacture of Nonwovens Abroad", Fibre Chemistry, V.35: 2, 87-97
- Al-Otoom, A.Y., 2005, "Prediction of The Collection Efficiency, The Porosity, and The Pressure Drop Across Filter Cakes in Particulate Air Filtration", Atmospheric Environment, V.39, 51-57
- Alper, H., Finger, S.M., 2003, "Filtration of Airborne, Chemical and Biological Agents in Military Applications: State of the Art and Emerging Technologies", American Society of Naval Engineers, August, Arlington, VA
- Annis, P.J., 1991, "Fine Particle Pollution- Residential Air Quality", North Central Regional Publication, Kansas State University, 8 p.
- Arnold, B.D., 2001, "Nonwoven Material Performance in Air Filtration Applications", International Nonwovens Technical Conference, Baltimore, Maryland, September 5-7.
- Boomus, M., 2006, "Bacteria and Virus Retention in Air by Microporous Membranes", Medical Device & Diagnostic Industry Magazine, January.
- BS EN 1822 P1 (İngiliz Standardı), 1998 "High Efficiency Air Filters (HEPA and ULPA) –Part 1. Classification, Performance Testing, Marking"
- Butler, I., 2000, "Filtration Technology Handbook", INDA, 1st edition, 48 p.
- Callé, S., Contal, P., Thomas, D., Bémer, D., Leclerc, D., 2002, "Evolutions of Efficiency and Pressure Drop of Filter Media During Clogging and Cleaning Cycles", Powder Technology, 128, 213-247
- Chase, G.G., Beniwal, V., Venkataraman, C., 2000, "Measurement of Uni-Axial Fiber Angle in Non-woven Fibrous Media", Chemical Engineering Science, V.55, 2151-2160
- Duran, K., 2005, "Dokusuz Yüzeyler", Teknik Fuarçılık Yayınları, 410 p.
- Duran, K., Öneş, A.M., 1993, "Nonwovenların Filtrasyonda Kullanımı", Tekstil ve Konfeksiyon, V.5, 337-342

- Emek, A., 2004, "Teknik Tekstiller Dünya Pazarı, Türkiye'nin Üretim ve İhraç İmkanları", Uzmanlık Tezi, Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi, Araştırma Geliştirme Başkanlığı- Sanayi Dairesi, Ankara
- Epps, H. H., Leonas, K. K., 2000, "Pore Size and Air Permeability of Four Nonwoven Fabrics", *International Nonwovens Journal*, V.9: 2
- Frank, K. K., 2004, "From Textile to Geotextiles", Seminar in Honour of Prof. Robert Koerner, Drexel University, September 13
- Gibson, P., Schreuder-Gibson, H., Rivin, D., 2001, "Transport Properties of Porous Membranes Based on Electrospun Nanofibers", *Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 187-188, pp 469-481
- Grafe, T., Graham, K., 2002, "Polymeric Nanofibers and Nanofiber Webs: A New Class of Nonwovens", *International Nonwovens Technical Conference*, Atlanta, Georgia, September 24-26
- Gregor, E.C., 2003, "Primer on Nonwoven Fabric Filtration Media", Edward C. Gregor & Associates, 6 p.
- Hardman, E., (Edited by Horrocks, A.R., Anand, S.C.), 2000, "Handbook of Technical Textiles", Woodhead Publishing, *Textiles in Filtration*, 317-357
- Huang, Z.-M., Zhang, Y.-Z., Kotaki, M., Ramakrishna, S., 2003, "A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites", *Composite Science and Technology*, V.63:15, 2223-2253
- Kavouras, A., Krammer, G., "A Model Analysis on The Reasons for Unstable Operation of Jet-pulsed Filters", *Powder Technology*, 154, 24-32
- Kocurek, J., Palica, M., 2005, "Simulation and Experimental Verification of the Filtration and Filter Cake Compression Model", *Powder Technology*, 159, 17-26
- Koçak, C., 1990, "Tekstilin Filtrasyonda Kullanımı", *Tekstil & Teknik*, Kasım, 88-94
- Larbot, A., Bertrand, M., Marre, S., Prouzet, E., 2003, "Performances of Ceramic Filters for Air Purification", *Separation and Purification Technology*, V.32, 81-85
- Leonas, K. K., Jones, C. R., 2003, "The Relationship of Fabric Properties and Bacterial Filtration Efficiency for Selected Surgical Face Masks", *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, V.3: 2
- Li, T., 1997, "Dependence of Filtration Properties on Stainless Steel Medium Structure", *Filtration and Separation*, April 97, 265-273

- Lisowski, A., Jankowska, E., Thorpe, A., Brown, R. C., 2001, "Performance of Textile Fiber Filter Material Measured With Monodisperse and Standart Aerosols", Powder Technology, 118, 149-159
- Matson, U., 2005, "Comparison of The Modelling and The Experimental Results on Concentrations of Ultra-Fine Particles Indoors", Building and Environment, 40, 996-1002
- Maus, R., Umhauer, H., 1997, "Collection Efficiencies of Coarse and Fine Dust Filter Media for Airborne Biological Particles", Journal of Aerosol Science, V.28: 3, 401-415
- Mayer, E., Warren, J., 1998, "Evaluating Filtration Media A Comparison of Polymeric Membranes and Nonwovens", Filtration & Separation Journal, V.35: 10
- Miao, M., 2004, "An Experimental Study of the Needled Nonwoven Process: Part II: Fiber Transprot by Barbed Needles", Textile Research Journal, May.
- Miao, M., Glassey, H.E, Rastogi, M., 2004, "An Experimental Study of the Needled Nonwoven Process: Part III: Fiber Damage Due to Needling", Textile Research Journal, June.
- Mohammadi, M., Bunks-Lee, P., Ghadimi, P., 2002, "Air Permeability of Multilayer Needle Punched Nonwoven Fabric Theoretical Method", Textile Research Journal, July.
- Myers, L. D., Arnold, B. D., 2003, "Electret Media For HVAC Filtration Applications", International Nonwovens Journal, V.12: 4, pp 43-54
- Northern Virginia Planning District Commission, Engineers and Surveyors Institute, 1996, "Northern Virginia BMP Handbook Addendum: Sand Filtration Systems", I. Introduction to Sand Filtration Systems as BMPs, Virginia, 1 p.
- Özdil, N., 2003, "Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri", Bölüm 4.4 Patlama Mukavemeti, Ege Üniversitesi Baskısı, İzmir, 62 p.
- Schreuder-Gibson, H. L., Gibson, P., 2004, "Cooperative Charging Effects of Fibers from Electrospinning of Electrically Dissimilar Polymers", International Fiber Journal, V.13: 4, pp 39-45
- Seyam, A., "İğnelenmiş Nonwoven Kumaş Özelliklerinin İğne Kuvveti Ölçüm Sistemi Kullanarak On-Line Kontrolü", İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil 2001 Kongresi, İstanbul.

- Shields, C., 2005, "Submicron Filtration Media", International Nonwovens Journal, V.14: 3, pp 29-38
- Standridge, J. H., 1976, "Comparison of Surface Pore Morphology of Two Brands of Membrane Filters", Applied and Environmental Microbiology, V.31: 2, pp 316-319
- Thomas, D., Penicot, P., Contal, P., Leclerd, D., Vendel, J., 2001, "Clogging of Fibrous Filters by Solid Aerosol Particles, Experimental and Modelling Study", Chemical Engineering Science, V.56, pp 3549-3561
- Toprakkaya Kut, D., 2003, "Dokusuz Yüzeyle Lisans Ders Notları", Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, 110 sayfa
- TS ISO 11841-1 (Türk Standardı), 2002, "Karayolu Taşıtları ve İçten Yanmalı Motorlar - Filtrelerle İlgili Terimler- Bölüm 1: Filtre ve Filtre Bileşenlerinin Tarifleri", TSE, Ankara, 13 sayfa
- TS ISO 5011 (Türk Standardı), 2002, "İçten Yanmalı Motorlar ve Kompresörler için Giriş Hava Filtreleri- Performans Deneyleri", 35 sayfa
- Tung, K.-L., Li, Y.-L., Lu, K.-T., Lu, W.-M., 2006, "Effect of Calendering of Filter Cloth on Transient Characteristics of Cake Filtration", Separation and Purification Technology, V.48, pp 1-15
- Urhan, B., 2006, "Tekstil Elyafının Termal ve Oksidatif Stabilitesi", Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Vaughn, E., Ramachandran, G., 2002, "Fiberglass Vs. Synthetic Air Filtration Media", International Nonwovens Journal, V.11: 3, pp 41-51
- Yang, Z.Z., Lin, J.H., Tsai, I.S., 2002, "Particle Filtration with an Electret of Nonwoven Polypropylene Fabric", Textile Research Journal, 72: 12, 1099-1104
- Zhang, Y.-J., Huang, Y.-D., Wang, L., Li, F.-F., Gong, G.-F., 2005, "Electrospun Nonwoven Membrane of Poly(ethylene covinyl alcohol) End-capped With Potassium Sulfonate", Materials Chemistry and Physics, 91, pp 217-222

İNTERNET KAYNAKLARI

1. http://www.cleanstream.com/guide_works.html, 01.03.2006
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/ULPA> 12.12.2006
3. <http://www.mfg.mtu.edu/cyberman/environment/air/types.html>, 01.03.2006
4. <http://www.osmonics.com/library/flispcold.htm>, 14.03.2005

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Gamze DOĞAN
Doğum Yeri	Afyonkarahisar
Doğum Tarihi	20.07.1982
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce
	Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise	Afyon Kocatepe Anadolu Lisesi/ 2000
Lisans	Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü/ 2004
Yüksek Lisans	
	Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı
Afyon Kocatepe Üniversitesi	2004-2006
Uşak Üniversitesi	2006-

Yayımları (SCI ve diğer)

- Doğan, G., Şenol, M.F., Tayyar, A.E., Yaman, N., 2005, “Nanolifler ve Uygulama Alanları”, Tekstil Maraton, V.78, 20-27
- Doğan, G., Şenol, M.F., Tayyar, A.E., Yaman, N., 2005, “Karbon Nanotüpler”, Tekstil ve Konfeksiyon, V.3, 135-138
- Tercan, M., Doğan, G., 2005, “Örme Yapıların Jeotekstil Alanında Kullanımları”, Tekstil Maraton, V.79, 71-75

Ek 1. TS ISO 11841-1'e Göre Filtre Sınıfları

Filtre edilen akışkan	Filtreleme kademelerinin sayısı ve kombinasyonu	Sistem içerisindeki düzeni	Filtre malzemesi	Filtreleme tipi	Bakım tipi
<ul style="list-style-type: none"> - Hava temizleyici - Kabin filtresi - Kuru hava temizleyicisi - Yağ emdirilmiş hava temizleyicisi - Yağ banyolu hava temizleyicisi - Susturuculu temizleyici - Eksoz gazı filtresi - Yakıt filtresi - Dizel yakıt filtresi - Benzin filtresi - Yağlama yağı filtresi - Hidrolik filtresi - Soğutma filtresi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tek kademeli filtre - İki kademeli filtre - Çok kademeli filtre - Paralel filtre - Birleşik filtre 	<ul style="list-style-type: none"> - Tam akış filtresi - Bypass filtresi - Sıralı filtre - Tankta monte edilen filtre - Emme filtresi - Basınç filtresi - Geri dönüş hatlı filtresi - Ön filtre - Ana filtre - İkincil filtre - Karter havalandırma filtresi - Kapalı karter havalandırma filtresi 	<ul style="list-style-type: none"> - Fiber filtre - Keçe filtre - Keçe plaka filtre - Silindirik keçe filtre - Pileli (yıldız tipi) keçe filtre - Kağıt filtre - Pileli (yıldız tipi) kağıt filtre - Kağıt sarılı filtre - Elekli filtre - Silindirik elek tipi filtre - Pileli (yıldız tipi) elek tipi filtre - Elekli tip disk filtre - Cepli tip filtre - Çoklu elemanlı filtre - Boşluklu filtre - Levha tipi boşluklu filtre - Tabakalı boşluklu filtre - Tel sarırlı boşluklu filtre - Boru üzerine tel sarırlı boşluklu filtre - Sinterlenmiş filtre - Aktif karbon filtre 	<ul style="list-style-type: none"> - Yüzey tipi filtre - Derin tip filtre - Santrifüj temizleyici 	<ul style="list-style-type: none"> - Tek kullanımlık filtre - Mahfazalı filtre - Dupleks filtre - Geri akışlı filtre - Otomatik filtre

Ek 2. Deneylerden Elde Edilen Kopma ve Yırılma Mukavemetleri ile
Numunelerin Kesit Alanları

vuruş yoğunlukları (vuruş/m ²)		kopma mukavemeti (N)		yırılma mukavemeti (N)		kesit alan (cm ²)
		makina doğrultusunda	makina doğrultusuna dik yönde	makina doğrultusunda	makina doğrultusuna dik yönde	
takviyesiz	152	249,2	565,1	239,3	419,8	0,905
	262	356,1	594,5	281,6	625,6	0,640
	372	308,0	555,2	266,6	465,8	0,450
	482	285,5	573,9	56,1	103,9	0,500
dokuma	220	231,5	870,1	270,8	662,8	1,440
	330	267,8	623,9	290,5	756,2	0,855
	440	224,6	1037,9	170,6	650,3	1,095
	550	236,4	1073,2	40,3	161,9	0,925
örme s3	220	651,4	1481,3	465,4	968,8	1,795
	330	648,4	915,3	494,9	568,9	1,220
	440	549,4	864,3	377,4	605,4	1,380
	550	621,0	671,0	412,9	466,3	1,015
örme s2	220	705,3	948,6	433,9	725,0	2,035
	330	619,0	826,0	434,5	651,8	1,290
	440	622,9	756,3	430,5	650,8	1,325
	550	573,6	730,8	421,5	601,3	1,375
örme s1	220	466,9	1175,2	371,4	1064,1	2,035
	330	637,6	772,0	423,9	574,8	1,265
	440	586,6	876,0	404,8	677,5	1,245
	550	538,6	732,8	393,9	551,2	1,360