



**HAVA GEÇİŞLİ BAĞLAMA YÖNTEMİYLE
ÜRETİLEN DOKUSUZ YÜZEYLERİN MEKANİK VE
GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİNE TELEF
ORANININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**
Göktuğ KULAKSIZ

Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pelin GÜRKAN ÜNAL
2021

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAVA GEÇİŞLİ BAĞLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN DOKUSUZ
YÜZEYLERİN MEKANİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİNE
TELEF ORANININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

GÖKTUĞ KULAKSIZ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. PELİN GÜRKAN ÜNAL

TEKİRDAĞ 2021

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVA GEÇİŞLİ BAĞLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN DOKUSUZ YÜZEYLERİN MEKANİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİNE TELEF ORANININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Göktuğ KULAKSIZ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pelin GÜRKAN ÜNAL

Bu çalışmada hava geçişli bağlama yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerin mekanik ve geçirgenlik özelliklerine telef oranının etkisi incelenmiştir. Tez kapsamında telef elyafı içermeyen kontrol kumaşı ile birlikte %5, %10 ve %15 telef oranlarına sahip hava geçişli bağlama yöntemiyle 80 g/m² ağırlığındaki dokusuz yüzeyler üretilmiştir. Çalışmanın amacı, geri dönüşüm yoluyla tekrar kullanılan telef elyafı oranının üretilen dokusuz yüzeyli kumaşların mekanik ve geçirgenlik özellikleri üzerine etkisinin olup olmadığını incelemektir. Üretilen kumaşlara gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, mukavemet, uzama, eğilme dayanımı, boncuklanma ve su emicilik testleri uygulanmıştır. Ayrıca SEM analizi görüntülerinden de faydalanılmıştır. Yapılan testler sonucunda kopma mukavemeti değerlerinin makine yönünde (MD) telef oranı doğrultusunda doğrusal bir azalma göstermediği ve makine eni yönünde (CD) değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Hava geçirgenliğinin telef oranının artmasıyla azaldığı, su emiciliğinin ise telef oranının artmasıyla arttığı gözlemlenmiştir. Su buharı geçirgenlik değerlerinde ise herhangi bir eğilim ve değerler arasında büyük farklılıklar gözlemlenmemiştir. Eğilme dayanımı değerlerinin makine eni yönünde telef oranının artmasıyla azaldığı gözlenirken makine yönünde kumaş numunelerinin eğilme dayanımları ölçülemediği görülmüştür. Boncuklanma testinde kumaş yapısından dolayı numunelerde deformasyon ve yırtılmalar gözlemlenmiştir. Yapılan testler sonucunda telefin hava geçişli bağlama yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerde kullanabileceği, telef oranı miktarının son kullanıcının talepleri doğrultusunda artırılıp azaltılabileceği, telef kullanımıyla geri dönüşüme ve atıkların geri kazanımıyla çevreye katkı sağlayabileceği, üretim maliyetlerinin düşürülebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Hava geçişli bağlama yöntemi, telef oranı, dokusuz yüzeyler, mekanik özellik, geçirgenlik.

2021, 74 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF WASTE RATIO ON THE MECHANICAL AND PERMEABILITY CHARACTERISTICS OF THE NON-WOVEN SURFACES PRODUCED BY THE AIR THROUGH METHOD

Göktuğ KULAKSIZ

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Pelin GÜRKAN ÜNAL

In this study, the effect of waste rate on the mechanical and permeability properties of nonwovens produced by air through bonding was investigated. Within the scope of the thesis, nonwovens with a waste fiber-free reference fabric and 5 %, 10 % and 15 % waste rates of 80 g/m², were produced with air through bonding. The aim of the study was to investigate whether the ratio of waste fibers reused by recycling had an effect on the mechanical and permeability properties of the nonwoven fabrics produced. Weight and thickness, air permeability, water vapor permeability, fabric strength and elongation, bending rigidity, pilling and water absorbency tests were performed to the fabrics. In addition, images of SEM analysis were also used. As a result of the experiments, it was observed that the tensile strength values in the machine direction (MD) did not show a linear decrease in the direction of the waste rate as expected and the values in the cross direction (CD) were close to each other. It was observed that both air permeability and water absorbency decreased with increasing waste rate. On the other hand, no trends and no differences between the water vapor permeability values of the different fabrics consisting of different waste fibre percentages were observed. The bending rigidity values decreased by increasing the waste ratio in the cross direction, but the bending rigidity values of the fabric samples in the machine direction were not measured. In the pilling tests, deformation and tears were observed in the samples due to the fabric structure. As a result of the experiments, it was concluded that waste fibre can be used on nonwovens produced by air through bonding method, the amount of waste can be increased and/or decreased in line with the demands of the end user, and can contribute to the environment by recycling and recycling of waste, and production costs can be reduced.

Key words: Air-through bonding method, waste rate, nonwovens, mechanical property, permeability

2021, 74 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
1. GİRİŞ.....	10
2. DOKUSUZ YÜZEYLER	13
2.1. Dokusuz Yüzeyle ve Üretim Yöntemleri	13
2.1.1. Dokusuz Yüzeyle Tarihçesi.....	14
2.1.2. Dokusuz Yüzeyle Üretim Yöntemleri	15
2.1.3. Tülbent Bağlama Yöntemleri	16
2.1.4. Dağıtım Katmanı Dokusuz Yüzeyle.....	19
2.2. Hava Geçiş i ile Bağlanan Dokusuz Yüzeyle ile İlgili Literatür	20
2.3. Geri Dönüşüm Liflerinin Dokusuz Yüzeylede Kullanımı	22
3. MATERYAL METOT	26
3.1. Materyal.....	26
3.2. Metot.....	30
3.2.1. Kumaş Özelliklerinin Ölçümü	31
3.2.2. İstatistiksel Değerlendirme.....	38
4. BULGULAR.....	39
4.1. Kumaş Gramaj Sonuçları.....	39
4.2. Kumaş Kalınlık Sonuçları.....	42
4.3. Kumaş Kopma Mukavemeti	44
4.4. Kumaş Kopma Uzaması Sonuçları	50
4.5. Eğilme Dayanımı Sonuçları.....	56
4.6. Boncuklanma Sonuçları.....	59
4.7. Hava Geçirgenliği Sonuçları.....	60
4.8. Su Buharı Geçirgenliği Sonuçları	62
4.9. Su Emicilik Sonuçları	65
4.10.SEM Analiz Sonuçları	68
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	70

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Üretilen kumaş numuneleri	26
Çizelge 3.2. Elyaf özellikleri	26
Çizelge 3.3. İlgili standartlar ve cihazlar	30
Çizelge 3.4. Görsel değerlendirmede kullanılan dereceler ve açıklamaları	34
Çizelge 4.1. Gramaj ölçüm değerleri	39
Çizelge 4.2. Gramaj ANOVA sonuçları	40
Çizelge 4.3. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak gramaj gruplama bilgileri.....	40
Çizelge 4.4. Kalınlık ölçüm değerleri.....	42
Çizelge 4.5. Kalınlık ANOVA sonuçları.....	43
Çizelge 4.6. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak kalınlık gruplama bilgileri	43
Çizelge 4.7. MD yönünde kopma mukavemeti test sonuçları	45
Çizelge 4.8. MD yönünde kopma mukavemeti ANOVA sonuçları	46
Çizelge 4.9. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak MD yönünde kopma mukavemeti gruplama bilgileri.....	46
Çizelge 4.10. CD yönünde kopma mukavemeti test sonuçları.....	48
Çizelge 4.11. CD yönünde kopma mukavemeti ANOVA sonuçları.....	49
Çizelge 4.12. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak CD yönünde kopma mukavemeti gruplama bilgileri.....	49
Çizelge 4.13. MD yönünde uzama test sonuçları	51
Çizelge 4.14. MD yönünde kopma uzaması ANOVA sonuçları.....	52
Çizelge 4.15. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak MD yönünde kopma uzaması gruplama bilgileri	52
Çizelge 4.16. CD yönünde uzama test sonuçları	53
Çizelge 4.17. CD yönünde kopma uzaması ANOVA sonuçları.....	54
Çizelge 4.18. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak CD yönünde kopma uzaması gruplama bilgileri	55
Çizelge 4.19. CD yönünde eğilme dayanımı test verileri.....	56
Çizelge 4.20. CD yönünde eğilme dayanımı ANOVA sonuçları.....	57
Çizelge 4.21. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak CD yönünde eğilme dayanımı gruplama bilgileri	57
Çizelge 4.22. Boncuklanma testi değerlendirme sonuçları	60
Çizelge 4.23. Hava geçirgenliği test verileri	60
Çizelge 4.24. Hava geçirgenliği ANOVA sonuçları	61

Çizelge 4.25. Su buharı geçirgenliği test verileri	63
Çizelge 4.26. Su buharı geçirgenliği ANOVA sonuçları	64
Çizelge 4.27. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak su buharı geçirgenliği gruplama bilgileri	64
Çizelge 4.28. Su emicilik test verileri	66
Çizelge 4.29. Su emicilik değerleri ANOVA sonuçları	67
Çizelge 4.30. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak su emicilik gruplama bilgileri	67



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Tülbent üretim yöntemleri (Gürkan Ünal, 2020)	16
Şekil 2.2. Tülbent bağlama yöntemleri (Gürkan Ünal, 2020)	17
Şekil 2.3. Yatay band tipli fırın (Karthik vd., 2016)	18
Şekil 2.4. Döner tambur tipli fırın (Karthik vd., 2016)	18
Şekil 2.5. ADL dokusuz yüzeyi sıvı yayılımı ve geçişi (Liu, Feng ve Qian, 2019).....	20
Şekil 2.6. Çocuk bezi yapısı ve sıvının geçiş diyagramı (Liu, Feng ve Qian, 2019)	20
Şekil 3.1. Kullanılan telef görseli	27
Şekil 3.2. Telef açma makinesi görseli.....	27
Şekil 3.3. İç içe bikomponent liflere ait kesit görüntüleri (Çelen ve Ulcay, 2019).....	28
Şekil 3.4. Hava geçişli bağlama yönteminde hava geçişi ve bağ yapısı (Liu vd., 2017)	28
Şekil 3.5. Hava geçişli bağlama yöntemi ile üretilen dokusuz yüzey üretim hattı.....	29
Şekil 3.6. Kumaş üretim hattındaki tülbent üretim ve bağlama yöntemi görseli	29
Şekil 3.7. Yapılan gramaj ölçümü	31
Şekil 3.8. Kalınlık ölçüm cihazı	32
Şekil 3.9. Kopma mukavemeti cihazı.....	33
Şekil 3.10. Eğilme dayanımı test cihazı ve kumaş üzerindeki işaretlemeler.....	33
Şekil 3.11. Martindale boncuklanma test cihazı.....	34
Şekil 3.12. Görsel değerlendirmede kullanılan derecelendirme şablonu	35
Şekil 3.13. Hava geçirgenliği test cihazı	35
Şekil 3.14. Su buharı geçirgenliği deneyine ilişkin görsel	37
Şekil 3.15. Su emicilik deneyi ve bu deneyde kullanılan malzemeler	37
Şekil 3.16. Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (NABİLTEM).....	38
Şekil 4.1. Kumaş ortalama gramaj değerleri grafiği.....	39
Şekil 4.2. Gramaj için ana etkiler grafiği.....	40
Şekil 4.3. Kumaş kalınlık dağılım grafiği.....	42
Şekil 4.4. Kalınlık için ana etkiler grafiği	44
Şekil 4.5. MD yönünde kopma mukavemeti ortalama değerlerin grafiksel gösterimi.....	45
Şekil 4.6. MD yönünde mukavemet için ana etkiler grafiği.....	47
Şekil 4.7. CD yönünde kopma mukavemeti ortalama değerlerin grafiksel gösterimi.....	48
Şekil 4.8. CD yönünde mukavemet için ana etkiler grafiği	50
Şekil 4.9. MD yönünde uzama ortalama değerlerin grafiksel gösterimi	51
Şekil 4.10. MD yönünde uzama için ana etkiler grafiği	52

Şekil 4.11. CD yönünde uzama ortalama değerlerin grafiksel gösterimi.....	54
Şekil 4.12. CD yönünde uzama için ana etkiler grafiği.....	55
Şekil 4.13. CD yönünde eğilme dayanımı sonuçları	57
Şekil 4.14. Eğilme dayanımı için ana etkiler grafiği	58
Şekil 4.15. MD yönünde eğilme dayanımı	58
Şekil 4.16. Cihaz üzerinde boncuklanma testi görseli.....	59
Şekil 4.17. Boncuklanma testi görseli	59
Şekil 4.18. Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları	61
Şekil 4.19. Hava geçirgenliği için ana etkiler grafiği	62
Şekil 4.20. Su buharı geçirgenlik sonuçları	63
Şekil 4.21. Su buharı geçirgenliği kontrol kumaşı ile kıyaslaması	64
Şekil 4.22. Su buharı geçirgenliği için ana etkiler grafiği	65
Şekil 4.23. Su emicilik test sonuçları	66
Şekil 4.24. Su emicilik için ana etkiler grafiği	67
Şekil 4.25. Kontrol kumaşının SEM görüntüsü 2000x.....	68
Şekil 4.26. Telef içeren kumaşların SEM görüntüsü 1000x.....	68
Şekil 4.27. Kumaşların SEM görüntüsü 250x (a) Kontrol kumaşı (b) %5 (c) %10 (d) %15 ...	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

CD	: Makine eni yönü
cm	: Santimetre
g	: Gram
kPa	: KiloPascal
MD	: Makine yönü
m	: Metre
mm	: Milimetre
N	: Newton
Pa	: Pascal
PET	: Polyetilen tereftalat
PE	: Polyetilen
PVPP	: Polivinilpolipirolidon
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
°C	: Derece Celcius
s	: Saniye

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca emeğini ve desteğini esirgemeyen, bilgisini paylaőan, yardımlarıyla s¼rekli yanımda olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Pelin G¼RKAN ÜNAL'a teőekk¼r¼ bir borç bilirim.

Kumaş testlerimi gerçekleőtirmemde yardımcı olan, kumaş üretimini sağlayan Renksan Plastik S¼nger firması G¼ktepe ailesine teőekk¼r¼lerimi sunarım.

Hayatım boyunca hep yanımda olan ve desteklerini her zaman hissettiğim aileme sevgi dolu teőekk¼r¼ borç bilirim.

Mayıs, 2021

G¼ktađ KULAKSIZ
Tekstil M¼hendisi

1. GİRİŞ

Kumaşlar ipliklerden olduğu kadar doğrudan liflerden de üretilir. Dokuma ve örme gibi geleneksel kumaş üretiminde lifler ipliğe ve dolayısıyla kumaşa dönüştürülür. Dokusuz yüzey üretiminde ise, elyaf doğrudan kumaşlara dönüştürülmektedir. Dokusuz yüzeyler, giderek daha çeşitli uygulamalar için uygun maliyetli çözümler sunan benzersiz tasarlanmış kumaşlardır (Karthik, Rathinamoorthy ve Praba Karan, 2016).

Dokusuz yüzeylerin en büyük avantajı, iplik hazırlama aşamalarının tümü elimine edildiğinden geleneksel kumaş oluşumuna kıyasla daha yüksek üretim hızlarıdır. Daha yüksek üretim hızının yanı sıra bu yöntemlerde yüksek otomasyon mümkündür ve geleneksel sistemlere kıyasla daha az insan gücü ve enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Karthik vd., 2016).

Moda, dış giyim uygulamaları, güzel tuşe ve dökümlülük, esneklik, mukavemet gibi özellikler istendiğinde dokusuz yüzeylerin dezavantajı ortaya çıkmaktadır. Bu özelliklerin geliştirilmesi yönünde pek çok araştırma yapılmaktadır. Elyaf ve hammadde seçimi, maliyet, üretim kolaylıkları ve istenen son kullanım özelliklerine bağlıdır. Doğal ve yapay liflerin birçoğu dokusuz yüzey üretiminde kullanılmaktadır (“Dokusuz Yüzey Ne Demek”, 2019).

Dokusuz yüzeyler, yüksek emicilik, sıvı iticiliği, esneklik, yumuşaklık, mukavemet, alev geciktiricilik, yıkanabilirlik, filtreleme, bakteriyel bariyer etkisi gibi spesifik fonksiyonlar sağlar. Bu özellikler genellikle ürünün kullanım ömrü ve maliyet arasında iyi bir denge sağlarken belirli kullanım alanları için özelliklerin birkaçı birlikte uygulanabilir. Dokuma bir kumaşın görünümünü, dokusunu ve mukavemetini taklit edebilirler. Diğer malzemelerle kombinasyon halinde, farklı özelliklere sahip bir ürün yelpazesi sağlarlar ve tek başlarına veya giyim, ev mobilyaları, sağlık hizmetleri, mühendislik, endüstriyel ve tüketim mallarının bileşenleri olarak kullanılırlar (Sayed ve Parte, 2015).

Dokusuz yüzeyler, çok çeşitli uygulamalarda ve farklı ürünlerde kullanılan, yüksek teknoloji ürünü, benzersiz olarak üretilen kumaşlardır. Dokusuz yüzeyli kumaşlar; yenilikçi, çok yönlü ve modern yaşam için vazgeçilmezdir. Dokusuz yüzeyli kumaşlarda artan yoğun talebe bağlı olarak üretim ve tüketim miktarları giderek yükselmektedir. Bu eğilim, dokusuz yüzeyli ürünlere olan talebin ne kadar yüksek bir hızla arttığını göstermesi açısından önemlidir.

Dokusuz tekstiller, örme ve dokumadan farklı olarak tek kullanımlık veya uzun süreli kullanımlık olmak üzere iki farklı amaç için üretilmektedir. Tek kullanımlık; hijyen, ıslak mendiller, tıbbi/cerrahi kumaşlar, bandaj malzemeleri ve maskeler gibi bir defaya mahsus kullanım gereken alanlarda kullanılırken, uzun süreli kullanım gerektiren kumaşlar ise hava filtrasyonunda, telalarda, döşemeliklerde ve yataklarda, ayakkabılarda ve derilerde, kaplamada/laminasyonda, yer kaplamalarında/halı tabanlarında, bina inşaatında, jeotekstillerde/inşaat mühendisliğinde, otomotivde, elektronik bileşenlerde ve tarımda kullanılmaktadır. Bunlara karşın, fonksiyonel kullanım dışında; dış giyim uygulamalarında beklenen tutum, dökümlülük, esneklik ve sağlamlık özellikleri açısından yeterli bulunmamaları, dokusuz kumaşları dokuma ve örme kumaşlara göre dezavantajlı duruma getirmektedir. Fakat son yıllarda tek kullanımlık iş tulumları, iç çamaşırı uygulamaları ile birlikte yapılan çalışmalarla; dokusuz kumaşların konvansiyonel kumaş oluşturma yöntemlerine göre bu dezavantajlı yönleri giderilmeye çalışılmaktadır (“Dokusuz Yüzey Ne Demek”, 2019).

Bazı dokusuz yüzeyler kullanım sonrasında geri dönüştürülebilir. Bu nedenle, özellikle hastaneler, okullar, bakım evleri ve lüks konaklama yerleri veya tek kullanımlık ürünlerin önemli olduğu alanlarda ve endüstrilerde belirli uygulamalar için daha ekolojik bir kumaş olarak görülmektedir. Yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri, imalat atıklarını ve tüketici sonrası ürünleri geri dönüştürmektir. Geri dönüşüm iki türe ayrılabilir: kimyasal geri dönüşüm ve fiziksel geri dönüşüm. Kimyasal geri dönüşüm prensibi, yüksek moleküler ağırlıklı polimerleri kimyasal reaksiyonlar yoluyla düşük moleküler ağırlıklı maddelere dönüştürmektir. Fiziksel geri dönüşüm ise, üretim atıkları ve tüketici sonrası ürünlerin genellikle bir takım mekanik işlemlerden sonra yeni ürünlere dönüştürülmesidir. Daha basit, daha ucuz ve daha çevre dostu işlem süreci nedeniyle, fiziksel geri dönüşüm kimyasal geri dönüşümden daha avantajlıdır (Sayed ve Parte, 2015).

Doğal kaynaklar, dünya nüfusunun ve buna paralel olarak tüketimin artması ile her geçen gün azalmakta, bir yandan üretimin devamlılığının sağlanması amacıyla da karbon salınımı artmaktadır. Fosil kaynaklar ve doğal kaynaklar, gelecek nesilleri gözeterek daha verimli ve sürdürülebilir politikalar çerçevesinde kullanılmalıdır. Geri dönüşüm, atıkların hammaddeye dönüştürülmesi ile doğal kaynak kullanımını azaltır, doğal kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesini önlemeye yardımcı olur. Dünyaca farklı bir dönemden geçtiğimiz bu günlerde hijyen sektöründe sıklıkla kullanılan tek kullanımlık maske, tulum vb. ürünlerin

tüketimindeki artış, hava geçişli bağlama yöntemi ile üretilen dokusuz yüzeylere olan talebi arttırmıştır. Bu sebeple artan telef oranlarının geri dönüşüme kazandırılması diğer bir deyişle sürdürülebilir üretim politikalarının devreye alınmasıyla, daha verimli hammadde kullanımı ve katı atık yönetimi anlamına gelecektir. Fakat, üretimde kullanılan telef oranının elde edilecek olan ürünün özelliklerine negatif bir yansıması olmamalıdır. Bu amaçla, bu çalışmada hava geçişli bağlama yöntemi ile üretilen dokusuz yüzeyli ürünlerin mekanik ve geçirgenlik özellikleri üzerine üretimde kullanılan telef oranının etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Böylece telefin kullanılabilirlik oranını araştırmakla birlikte telef kullanımının kumaşa olan etkisi ile ilgili kaynak oluşturulup atıkların geri kazanımıyla sektöre, çevreye ve geri dönüşüme katkı sağlanması amaçlanmıştır.



2. DOKUSUZ YÜZEYLER

2.1. Dokusuz Yüzeyler ve Üretim Yöntemleri

Dokusuz yüzeyli kumaşlar, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tanımına göre dokunmamış kumaşlar şeklinde ifade edilmektedir. Endüstride dokusuz yüzeyler, tülbent esaslı kumaşlar veya nonwoven kumaşlar şeklinde isimlendirilir (Gürkan Ünal, 2020).

Uluslararası Standartlar Örgütü (International Organization for Standardization – ISO 9092) ise dokusuz yüzeyleri “doğrudan veya rastgele yerleşmiş liflerden üretilen, sürtünme, yapışma veya birleştirme yöntemleri ile bağlanan dokuma, örme, tafting, dikiş, keçe ve kâğıt yapım teknikleri ile üretilen ürünlerin dışında kalan yüzey veya doku” şeklinde tanımlar. Söz konusu üretimde kullanılan lifler, doğal veya sentetik orijinli, kesikli veya filament olabilir (Gürkan Ünal, 2020).

Avrupa Tek Kullanımlık ve Dokusuz Yüzeyler Derneği (The European Disposables and Nonwovens Association - EDANA) ve Kuzey Amerika Dokusuz Kumaş Sanayicileri Derneği (North America's Association of the Nonwoven Fabrics Industry - INDA) dünyada önde gelen iki önemli dernektir. Bunlar sırasıyla Avrupa ve Kuzey Amerika'daki dokunmamış endüstrilerin sesi olmuştur. EDANA, ISO 9092 veya Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization – CEN 29092) dokusuz yüzey tanımını benimsemiş olsa da INDA dokunmamış kumaşları başka bir şekilde tanımlamayı tercih eder.

INDA'nın tanımına göre; fiziksel ve/veya kimyasal yollarla bir miktar yapısal bütünlüğe göre tasarlanmış, geleneksel kâğıt, dokuma veya örme hariç, esasen lifli bir yapıdır.

Tekstil ürünlerinden ve işlemlerinden ortaya çıkan atıkların geri dönüşümü için birçok sebep vardır. Bunlar kaynakların korunmasını, depolama ihtiyacının ve masrafların azaltılmasını ve ürünler için düşük maliyetli hammaddelerin sağlanmasını içerir. Tekstil atıklarını azaltmak ve tekstil ürünlerini geri dönüştürmek için bazı önemli nedenler aşağıda sıralanmaktadır:

- Tüm kullanılmış tekstil ürünlerini katılımcı mağazalara bağışlamak, depolama yükünü önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olabilir.
- Dünya nüfusunun %70'inden fazlası ikinci el kıyafetler kullanmaktadır. Bu nedenle eski kıyafetler, ihtiyacı olan insanlara yardım etmek amacıyla kullanılabilir.

- Tekstillerin geri dönüşümü ile yeni iş kolları ve iş imkânları sağlanabilir.
- Tekstil geri dönüşümü, diğer geri dönüşüm türlerinden daha az enerji gerektirir.
- Tekstil geri dönüşümü tehlikeli atık veya zararlı yan ürün oluşturmaz.
- Kullanılmayan tekstil ürünleri; boya, makine ve otomobil sanayisinde, paçavra olarak tekrar kullanılabilir.
- Kullanılmayan tekstil ürünleri; gürültü azaltma veya döşemelik gibi endüstriyel kullanımlar için uygundur (Sakthivel vd., 2010).

2.1.1. Dokusuz Yüzey Tarihçesi

Dokusuz kumaşların ilk örnekleri olarak yünden üretilen keçeler gösterilir. Bu kumaşların üretimi, nem, ısı ve mekanik hareket etkisi altındaki yün liflerinin yapısında bulunan özel pul tabakalarının birbirlerine dolaşarak bir yüzey elde edilmesi yöntemine dayanır. Keçe tarzı kumaşların üretiminde işlemin doğası gereği sadece yün liflerinin kullanımı söz konusu iken dokusuz yüzeyli ürünlerin üretiminde çoğunlukla yapay olmak üzere; çok çeşitli yapay ve doğal elyaf kullanılır. Tepme-dövme yöntemi ile hayvan veya insan beden gücüyle üretilen keçe tarzı kumaşlar dış giyim, yatak, yorgan, eyer-koşum takımları, eyer altı örtüleri, elbiseler, çorap, başlık gibi giyim türlerinin yapımında yüzyıllardır kullanılmaktadır. 19. yüzyıla kadar üretim yöntemleri klasik bir şekilde usta-çırak ve el sanatı olarak devam ettirilen keçe tipi kumaşlar, sanayi devrimi ile birlikte makinelerde üretilmeye başlanmış; üretim hızları ve üretim miktarları önemli oranda artmış; kumaş maliyetleri ve üretim süreçlerindeki insan ve hayvan gücü kullanım oranları ise makineleşmeyle azalmıştır.

Dokusuz yüzeyler konusundaki ilk buluş; August Belford tarafından 1853 yılında İngiltere’de alınan 114 numaralı patent belgesine dayandırılır. Bu buluş dokusuz yüzey kumaş üretimi için elyafın tarak makinesi ile tarama, taşıyıcı bantlara aktarılıp vatka üretilme ve emdirme aşamalarını içeren bir tekniktir. Pamuk keçesi üretim yöntemi olan bu buluş ile çağdaş dokusuz yüzey endüstrisinin başlangıcı olarak kabul edilir.

Dokusuz yüzey üretiminde kullanılan iğneli tezgâhların 1870’lerde ortaya çıktığı biliniyor. 1882 yılına ait bir patent başvurusunda ilk hava ile serme yöntemi açıklanmış ve bu konuda US253162A patent belgesi alınmıştır. Bu tarihten 20. yüzyılın ilk yarısına kadar dokusuz yüzeyler üretiminde teknolojik olarak belirgin bir değişiklik olmamıştır.

Amerikan Dexter firması 1936 yılında kâğıt üretiminde de kullanılan ıslak serme tekniğini geliştirmiştir. Aynı yıl Freudenberg firması taraklama tekniğinden yararlanarak, kuru serme sisteminde dokusuz kumaş elde etmek için çalışmalara başlamış ve 1948 yılında ilk patenti almıştır. Daha sonra DuPont ve Freudenberg firmaları birbirlerinden bağımsız olarak yaptıkları çalışmalar sonucunda 1965 yılında farklı tekniklerle polimer halinde serme sistemlerini geliştirmişlerdir. 20. yüzyıla gelindiğinde, dokusuz yüzeylerde kumaş üretim yöntemleri çeşitlenmiş, dokusuz yüzeyli kumaş üretimi için özel olarak tasarlanmış makinelerin geliştirilmeleri ve çeşitlendirilmeleri artmıştır. Yeni bulunan yapay lif türleri ve ucuz hammadde sayesinde tek kullanımlık ürünler piyasaya sürülmüştür (“Dokusuz Yüzeylerin Tarihsel Gelişimi”, 2019).

2.1.2. Dokusuz Yüzey Üretim Yöntemleri

Dokusuz yüzey imalatı temel olarak, tülbent üretim yöntemi ve tülbent bağlama işlemlerinin birbirini takip ettiği sürekli bir işlemdir. Tülbent üretim yöntemleri, Şekil 2.1’de gösterildiği üzere serme tekniklerine göre sınıflandırılabilir.

Tülbent üretim yöntemi kuru serme teknolojisi, filament serme teknolojisi ve ıslak serme teknolojisi olarak üç gruba ayrılır.

Kuru serme teknolojisinde tarak makinesinde temel amaç, her bir lifi daha küçük havlara ayırmak, paralelleştirmeye başlamak ve tülbendi oluşturacak lifleri taşımaktır. Tarak makinesinde endüstriyel anlamda çapraz ve paralel olmak üzere iki farklı serim yöntemi vardır. Hava ile serme işleminde lifler hava ile taşınır. Havayla yerleştirilmiş tülbende "rastgele yerleştirilmiş" tülbent denir (Karthik vd., 2016).

Filament serme teknolojisinde filamentler doğrudan toplanır ve tülbent halinde yoğunlaştırılır. Filament esaslı işlem (spunbond) ve eriterek püskürtme (meltblown) iki ana polimer serme işlemidir. Filament esaslı işlem, sentetik filament eğirme ile oldukça aynıdır. Dokusuz yüzeyin oluşturulması için filamentlerin hareketli bir konveyör bant üzerine ekstrüzyonunu, çekimini ve serimini içerir (Karthik vd., 2016). Eriterek püskürtme, filamentleri inceltmek için yüksek hızlı hava veya başka uygun bir kuvvet kullanarak doğrudan polimerlerden veya reçinelerden lifli ağlar veya ürünler üretmek için uygulanan bir işlemdir (Patel ve Bhrambhatt, 2011).



Şekil 2.1. Tülbent üretim yöntemleri (Gürkan Ünal, 2020)

Islak serme teknolojisine göre dokusuz yüzey üretiminde lifler, lif-su süspansiyonu ile sürekli çalışan taşıma bandı üzerine aktarılır. Taşıma bandına uygulanan filtrasyonun sonucu olarak tülbent oluşur. Tülbent kurutulup, tülbent bağlama yöntemi ile dokusuz yüzey oluşturulur (Kut, 2012).

2.1.3. Tülbent Bağlama Yöntemleri

Üretilen dokusuz yüzeylerin amaçlanan nihai kullanım için gerekli beklenen performans parametrelerini sağlaması için lifler arasında adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin oluşturulması gerekmektedir. Tülbentin dokusuz yüzeye dönüşümü, Şekil 2.2’de gösterildiği gibi mekanik, kimyasal veya termal bir işlemle gerçekleştirilir. Tülbentin bağlanması tüm yüzey veya alansal (bölgesel) olarak gerçekleşir (Albrecht, Fuchs ve Kittelmann, 2003).

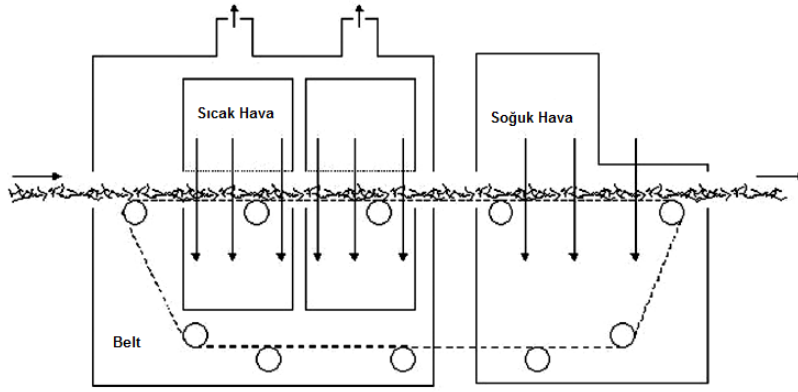


Şekil 2.2. Tülbent bağlama yöntemleri (Gürkan Ünal, 2020)

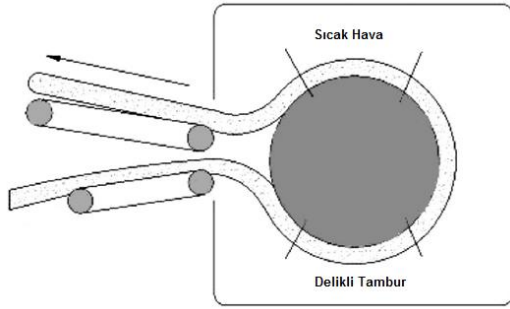
Mekanik bağlama yöntemlerinden iğneleme yöntemi, özel tasarlanmış çentikli iğneler vasıtasıyla liflerin bir kısmının tülbent kalınlığı boyunca yer değiştirilmesi ve liflerin birbirine karıştırılması esasına dayanır. Yöntemde kullanılan iğnelerin inceliği, kesitleri, çentik derinlikleri ve sayıları, iğne sayıları, iğne dalış sayısı üretim parametreleridir. Dikerek bağlama yöntemi uzunlamasına iplikler ile tülbent yapıyı bağlayan ya da tülbent yapıyı tutan bir çözgü otomat makinesinde tülbentin iplikle dikilerek dokusuz yüzey oluşturmasıdır. Su jeti ile bağlama yönteminde tülbentin 250 bara kadar yüksek basınçta çok ince su jetleri ile iğnelendiği ve böylece suyun kinetik enerjisinin liflere aktarılarak liflerin birbirine karıştığı bağlama teknolojisidir. Bu yöntemle üretilen dokusuz kumaşların sertlik modülü/elastikiyet oranları çok düşüktür. Bu sebeple bu kumaşlar oldukça esnek bir yapıya sahiptir (Karthik vd., 2016).

Termal bağlama, genellikle diğer bağlama işlemlerine ek olarak veya doğrudan tülbende, çeşitli şekillerde ısı işlem uygulanmasıyla lifler arasında çekim kuvvetleri oluşturma yöntemidir. Yeni hammaddelerin geliştirilmesi, daha iyi ağ oluşturma teknolojileri ve daha yüksek üretim hızları, termal bağlamayı hem dayanıklı hem de tek kullanımlık dokusuz yüzey üretimi için uygun bir süreç haline getirmiştir. Alansal bağlama yöntemi, metal çalışma silindiri ile sıcak düz silindir kullanılmasını içerir. Bağlanacak tülbentin ağırlığına ve istenen

bağ derecesine bağlı olarak iki, üç veya dört silindir kullanılabilir. Noktasal bağlama yöntemi, ısıtılmış desenli metal bir silindir ve pürüzsüz veya desenli bir metal rulodan oluşan iki silindirli bir sıkıştırma sisteminin kullanılmasını içerir. Bu ikinci silindir, uygulamaya bağlı olarak ısıtılabilir veya ısıtılmayabilir (Patel ve Bhrambhatt, 2011). Hava geçişli bağlama yöntemi, tülbendin içerisinden sıcak hava geçişini içerir. Sıcak hava akımı, tülbendin altında bulunan açıklıklardan geçerek tahliye olur. Hava geçişli bağlama yönteminde kullanılan yatay bant tipli ve döner tambur tipli fırınlar sırasıyla Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de gösterilmiştir (Karthik vd., 2016).



Şekil 2.3. Yatay bant tipli fırın (Karthik vd., 2016)



Şekil 2.4. Döner tambur tipli fırın (Karthik vd., 2016)

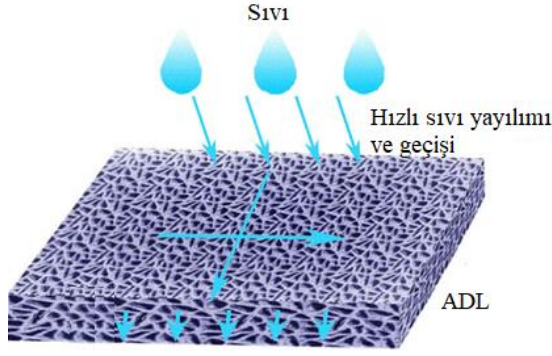
Ultrasonik bağlama yöntemi tülbentteki termoplastik liflerin birleşme bölgeleri arasında moleküler bağlar oluşturmak için, yüksek frekans aralığında mekanik ses dalgalarının kullanımını içerir. Bu işlem esnasında, yüksek frekans aralığında ve belirli bir genlikte üretilen ses dalgaları mekanik titreşimlere dönüştürülerek malzeme içerisine gönderilir. Bu mekanik kuvvetler tarafından yaratılan gerilim, birbirlerine bastırıldıklarında termoplastik lifleri yumuşatan termal enerjiye dönüştürülür. Ultrasonik titreşim kaynağından

sevk edilen yumuŖatılmıŖ lifler soğuyarak bağlanma noktaları katılaŖır. Bu ybntem, mekanik olarak birleŖtirilmiŖ malzemelerin nokta veya desenli yapıŖtırmalarında sıklıkla kullanılır (Karthik vd., 2016).

Tblbent bağlama ybntemlerinden kimyasal bağlamada, tblbentteki lifler bir bağlayıcı kimyasal ile birbirine bağlanır. Aynı polimerin lifleri arasında bağ oluŖturmak iwin liflerle aynı polimerden veya farklı bir polimerden oluŖan bir madde kullanılır. Bağ, iki polimer arasındaki sınır tabakasına etki eden fiziksel ve kimyasal kuvvetlerin kombinasyonunun bir sonucudur (Patel ve Bhrambhatt, 2011). Puskirtme ile bağlamada, kimyasal bağlayıcılar hareketli tblbende puskirtulur. Her puskirtmeden sonra, kurutmak iwin tblbent bir ısıtma bblgesinden geiver ve bağlayıcı uivuniv bir ısıtma bblgesinde sertleŖtirilir. Emdirme ile bağlama iŖlemi, kabin iwerisinde bir bağlayıcıda tblbentin tamamen iwerisinden geiverilmesiyle uygulanır. Birkaiv sıkma silindiri ile fazlalık alınır (Karthik vd., 2016). Kbpvik ile bağlama, dlvŖik su ve yviksek bağlayıcı katıların birleŖimini amaivlamaktadır. Bağlayıcı seyrelticiler ve taŖıyıcı ortam olarak hava ve suyun kullanılmasını iwerir. Kbpvkle bağlanmış dokusuz yzeylerde, daha az su kullanıldığı iwin kurutmada daha az enerji gerektirir. Kbpvik ile yapıŖtırmanın dezavantajı ise homojen bir kbpvik oluŖumunun zorluğudur. Baskı ile bağlamadaki baskı desenleri mukavemet, yumuŖaklık, emicilik ve temas eden yzey alanını artırmak iwin tasarlanmıŖtır. Baskı ile bağ oluŖturma ivunlukla gravur silindirleriyle yapılır. Bağlayıcı madde miktarları; silindirdeki ivukur hacmine ve bağlayıcı yovunluğuna bağlıdır. Kurutma ve sertleŖtirme, ısıtılmıŖ tamburlar veya buharla ısıtılan sac plakalar uwerinde gerivkleŖtirilir. Kaplama ybntemi granul maddenin eritilerek tblbent uwerine film Ŗeklinde kaplanmasıyla oluŖur. Genellikle bitmiŖ kumaŖlara uygulanmaktadır fakat ivretim esnasında tblbent uwerine akıtılıp baskı silindirlerinden geiverilerek tek seferde ivretim yapılabilmektedir (Karthik vd., 2016).

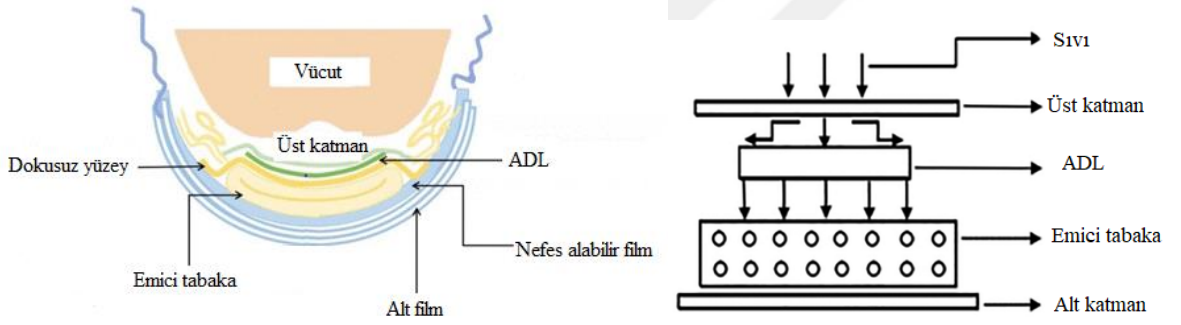
2.1.4. Dağıtım Katmanı Dokusuz Yzeyler

ivocuk bezi iwin dağıtım katmanı (ADL-Acquisition Distribution Layer), ivst katman ile emici tabaka arasında yer alan dokusuz yzeydir. İŖlevi, sıvının nufuz etmesini, yayılmasını hızlandırmak ve sızdırmazlığı azaltmaktır.



Şekil 2.5. ADL dokusuz yüzeyi sıvı yayılımı ve geçişi (Liu, Feng ve Qian, 2019)

Şekil 2.5’de ve Şekil 2.6’da gösterildiği gibi, sıvı üst katmandan ADL’ye nüfuz eder ve ADL’nin etkisi ile homojen bir şekilde yayılır. Daha sonra emici tabaka tarafından basınç ve yerçekimi altında emilir ve depolanır.



Şekil 2.6. Çocuk bezi yapısı ve sıvının geçiş diyagramı (Liu, Feng ve Qian, 2019)

İlk yıllarda, tülbent üretim yöntemlerinden filament serme teknolojileri kullanılarak kalender bağlama yöntemleriyle ADL dokusuz yüzeyler üretilirken, günümüzde hızlı sıvı geçişi ve mükemmel sıvı yayılım özelliklerinden dolayı hava geçişli bağlama yöntemiyle üretimleri gerçekleştirilmektedir. Görsel etkiyi artırmak için farklı renklerde de üretilmektedir (Liu, Feng ve Qian, 2019).

2.2. Hava Geçişi ile Bağlanan Dokusuz Yüzeyler ile İlgili Literatür

Dokusuz yüzeyli kumaşlar, elyaf veya filamentlerin tabaka ya da tülbent formunda rastgele veya belirli bir doğrultuda yönlendirilerek termal, kimyasal veya mekanik olarak birleştirilmesiyle oluşur (Rawal, Lomov, Ngo, Verpoest ve Vankerrebrouck, 2007).

Termal birleştirmede en yaygın olarak sıcak hava geçişli bağlama yöntemi kullanılmaktadır. Özellikle bu yöntem ocuk bezi ve tıbbi ürün sektörlerinde tercih edilmektedir (Liu vd., 2019).

Yapılan literatür taramasında hava geçişli bağlama yönteminde kullanılan hammaddelere, hammadde karışımlarına, hammadde özelliklerine, hammaddenin kumaş üzerindeki mekanik özelliklerine etkisine, üretilen kumaş türlerine ve özelliklerine, dokusuz yüzeylerde kullanılan geri dönüşüm liflerine ve kullanım alanlarına bakılmıştır.

Hava geçişli bağlama yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeyler birçok alanda kullanılsa da literatürde çok fazla yer almamaktadır. Yine de alt uygulamalarla bağdaştırıldığında bazı kaynaklara ulaşılabilmektedir.

Liu vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada polyetilen–polypropilen elyafı (polyetilen ve polyetilen tereftalat (PE/PET)) ile eksantrik içi boş elyafı (PE/PET) farklı karışım oranlarında kullanılarak sıcak hava geçişli bağlama yöntemiyle dokusuz yüzeyler üretilmiştir. Elyaf karışım oranının, yüzey performansını nasıl etkilediği incelenmiştir. Kalınlık, kopma mukavemeti, hava geçirgenliği, nem geçirgenliği, sıvı geçirgenliği ve sıvı emme özelliklerine bakılmıştır. Eksantrik içi boş elyafın, dokusuz yüzeylerin hava, nem ve sıvı geçirgenliklerini, kalınlık, kopma mukavemeti ve sıvı emme kapasitelerini artırdığı sonucuna varılmıştır.

Hossain, Acar ve Malalasekera (2009) tarafından yapılan çalışmada sıcak hava yoluyla bağlanmış dokusuz yüzeylerin hesaplamalı akışkanlar dinamiği modellemesi incelenmiştir. Hava hızının ve tülbent gözenekliliğinin liflerin erime süresi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Erime süresi tülbent gözenekliliğinin artmasıyla doğrusal olarak, hava hızının artmasıyla doğrusal olmayan bir Şekilde azaldığı sonucuna varılmıştır. İki lif arasındaki bağ oluşumunu incelemek için mikro ölçekli bir model geliştirilmiştir. Bağlanma sresinin 90 derecelik temas açısındaki bağın oluşum etkisi incelenmiştir. Bağ oluşumunun hızla başladığını, ancak sonrasında yavaşladığının ayrıca sıcaklığın ve lif çapının bağın büyümesi üzerindeki etkilerinin kk olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, iki lif arasındaki birleşim açısının bağın büyüklüğü üzerindeki etkisinin önemli olduğu gözlenmiştir. Bağlanma oranı, lif temas açısının artmasıyla azaldığı sonucuna varılmıştır.

Gao, Wu ve Wang (2017) tarafından yapılan çalışmada, termal olarak bağlanmış dokusuz yüzeyin anizotropik özellikleri araştırılmıştır. Elyafın dağılım fonksiyonuna bakılmış, numune genişliğinin dokusuz yüzeyin mekanik davranışı üzerindeki etkisi

incelenmiş ve gerilme mukavemeti ile numune genişliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Dokusuz yüzeyin anizotropik kıvrım davranışı, farklı stres seviyelerinde, kumaşın farklı yönlerinde ve farklı sürelerde incelenmiştir. Dokusuz yüzeyin çekme ve kıvrım davranışlarının lif dağılımından önemli ölçüde etkilendiği ve kıvrım uzamasının süre ve baskı seviyesi ile orantılı olduğu sonucuna varılmıştır.

2.3. Geri Dönüşüm Liflerinin Dokusuz Yüzeylerde Kullanımı

Geri dönüşüm lifleri, ikincil bir işlem döngüsüdür. Bunları elde etmek için, kumaş tipi veya iplik tipi tekstil atıkları, elyaf olana kadar mekanik olarak parçalanır. Geleneksel olarak atık, kesme veya toplama yoluyla ön işleme tabi tutulur ve daha sonra, yüksek hızda dönen bir tambura besleme ünitesiyle taşınır. Tekstil yapısı, tambur yüzeyinde bulunan çelik pimlerle birlikte sıkıştırma etkisi ile parçalanır. Bu süreç birkaç aşamalı olabilir. Elde edilen elyafın kısa uzunlukları vardır, ancak diğer özelliklerini açıkça tanımlamak zordur. Amaç, söz konusu atığın kullanılabilir olmasının sağlanmasıdır. Özellikle, çoğu uygulama için elyaf uzunluğunun mümkün olduğunca korunması sağlanmalıdır. Birinci kalite elyafı karşılaştırıldığında, geri kazanılan elyaf farklı özellikler gösterebilir. Çoğu durumda, geri kazanılmış elyaf farklı liflerle karışım olarak mevcuttur. Dokusuz yüzeyler açılmış elyaf oranlarının mümkün olduğunca yüksek olmasını gerektirir. Uzunlukları, söz konusu eğirme veya tülbent oluşturma işlemlerinden geçmek için yeterli olmalıdır (Sakthivel vd., 2010).

Lou, Lin ve Su (2005) tarafından yapılan çalışmada, polyester ve polypropilen elyafından üretilen dokunmamış kumaşlar, fonksiyonel kompozitler üretmek için geri dönüştürülmüştür. Kompozitlerin ses emme verimliliği üzerindeki etkisi ve kompozitlere talaş eklenmesi ile ses emme verimliliğine katkısı araştırılmıştır. Sonuçlar, ses emme katsayılarının ortalamasının kompozitlerin kalınlığıyla arttığını, ancak yoğunluk arttıkça azaldığını ortaya koymuştur. Kompozitlerin ses emme verimliliğine talaş eklemenin etkisi bu çalışmada açıkça görülmemiştir.

Mishra, Behera ve Militky (2014) tarafından yapılan çalışmada, pamuk/polypropilen (CO/PP) tülbent tabanlı ve 3 boyutlu dokuma kumaş tabanlı yeşil kompozitlerin mekanik ve termal davranışı, gerilmeye, darbeye ve termal yüklemeye karşı tepkisi incelenmiştir. İplik fabrikaları, sentetik elyaf fabrikaları ve giysi atıkları gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen tekstil atık malzemelerinin, geri dönüştürülmüş yeşil kompozitlerin üretiminde takviye edici olarak güvenle kullanılabileceği doğrulanmıştır.

Sharma ve Goel (2017) tarafından yapılan çalışmada, geri dönüştürülmüş pamuk ve polyester liflerinden dokusuz yüzey üretilmiştir. Mevcut araştırmanın temel amacı, geri dönüştürülmüş elyaf uygulamasına yeni bir yaklaşım sağlamaktır. Üç karışım oranında (70:30, 50:50 ve 30:70) geri dönüştürülmüş pamuk ve polyester liflerinden üretilen dokusuz yüzeylere iğneleme yöntemi uygulanmıştır. Fiziksel özellikler nezdinde en iyi karışım oranına sahip dokusuz yüzeyin, %30 pamuk ve %70 polyester karışımı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kombinasyon çeşitli tekstil uygulamalarında kullanım için uygun, çevre dostu dokusuz yüzey olması açısından önemlidir.

Halimi, Hassen ve Wannassi (2018) tarafından yapılan çalışmada, mavi kot üreticisinden toplanan iplik ve giysi atıklarının dokusuz yüzeyli ürünlerin mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Geri dönüştürülmüş giysi elyafının mekanik özellikleri, uzama ve mukavemet değerleri, geri dönüştürülmüş iplik elyafından biraz daha iyidir. İğneleme yönteminde elyaf tipi ve iğne derinliğinin yüzey ağırlığı ve kalınlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Öte yandan, serim sayısının yüzey ağırlığı ve kalınlığı üzerinde artan bir etkisi vardır. Geri dönüştürülmüş liflerin eklenmesi uzamayı azaltmıştır. Dokusuz yüzey üretiminde geri dönüştürülmüş liflerin kullanımı iyi bir alternatif olarak kabul edilebileceğini ortaya koymuştur.

Santhanam, Bharani, Temesgen, Atalie ve Ashagre (2018) tarafından yapılan çalışmada, %50 pamuk ve %50 polyester içeren geri dönüştürülmüş liflerin kullanıldığı dokusuz yüzey malzemelerin ses emme özellikleri incelenmiştir. Ses emme katsayıları, bir empedans tüpü yöntemi ile ölçülmüştür. Sonuçlar, ses emme katsayılarının ortalamasının, dokusuz yüzeylerin kalınlığı ile arttığını, ancak dokusuz yüzey yoğunluğu ile azaldığını ortaya koymuştur.

Neznakomova, Boteva, Tzankov ve Elhag (2018) tarafından yapılan çalışmanın amacı, yağ döküntüsünün temizlenmesi için atık liflerden oluşturulmuş dokusuz yüzey kullanımlarını araştırmaktır. Bu çalışmada iğneleme ve dikiş yöntemiyle üretilen 4 farklı ürün üretilmiştir. Deneysel çalışmalar için Burgaz bölgesinde Karadeniz'den alınan deniz suyu, mineral motor yağı OMV Austroil SAE 15 W / 40 ve bir yağ değişim atölyesinden toplanan atık motor yağı kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda, dikilmiş dokusuz yüzey malzemelerin, serbest lif yüzeyi nedeniyle, iğnelenmiş malzemeye kıyasla daha fazla miktarda yağ tutma yeteneğine sahip olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, karışık bileşimli dokusuz yüzey malzemenin, su

yüzeyinden yağın uzaklaştırılması için etkili, ekonomik ve çevre dostu olduğunu ortaya koymaktadır.

Shariful ve Shaharia (2019) tarafından yapılan araştırmanın amacı sürdürülebilir liflerle harmanlanmış termal bağlı dokusuz yüzey kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini incelemektir. Jüt gibi sürdürülebilir doğal lifler, 50:50 oranında yapay polypropilen lifleriyle karıştırılmıştır. Dokusuz yüzey kompoziti elde etmek için termal bağlama için kalandır kullanılmıştır. Farklı kalınlıklardaki dokusuz yüzey malzemelerin taramalı elektron mikroskobu yardımıyla görüntüleri alınmıştır. Dokusuz yüzey kompozit malzemelerine gramaj, yırtılma mukavemeti, gerilme mukavemeti ve kalınlık testleri yapılmıştır. Araştırma boyunca dokusuz yüzey kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin kalınlık değerleri ile ilişkili olduğu görülmüştür. Dokusuz yüzey kompozit malzemelerin kalınlığının artmasıyla yırtılma ve gerilme mukavemeti gibi mekanik özellikler artmıştır. Gramaj değerlerinin, malzemelerin kalınlığı ile doğru orantılı olduğu da görülmüştür. Dokusuz yüzey kompozit malzemelerin doğal jüt lifleriyle üretilmesinin sürdürülebilirliği artırmakta önemli rolü vardır.

Wazna, Gounni, Bouari, Alami ve Cherkaoui (2019) tarafından yapılan çalışmada, tekstil atıklarından üretilen dokusuz numunelerin inşaat endüstrilerindeki potansiyel uygulanabilirliği incelenmiştir. Sonuçlar, geliştirilen tüm dokusuz yüzeylerin mükemmel bir yalıtım performansına sahip olduğunu göstermektedir. Tekstil atığına dayalı malzemelerin rekabetçi ısı özelliklere sahip olduğunu ve bina yalıtım malzemelerinde kullanılabileceğini doğrular.

Lyu, Li, Wang, Lu ve Guo (2020) tarafından yapılan çalışmada, atık elyafın geri dönüşüm problemini çözmek için, atık yün elyafı ve düşük erime noktalı polyamid elyafı ile sıcak baskı yöntemiyle dokusuz yüzeyler üretilmiştir. Lif uzunluğu, baskı sıcaklığı, atık yün liflerinin kütle oranı, hacim yoğunluğu ve kalınlığın ses emme özelliklerine etkisi tek faktörlü deneylerle incelenmiştir. Atık liflerin iyi ses emme özelliğine sahip olduğu, bina ses emme ürünlerinin ses emme performans derecesinin III'e ulaştığı görülmüştür. Dikey yanma deneylerinin sonuçları, dokusuz yüzeyin dikey yanarken 5 saniye içinde yanmayı doğal olarak engelleyebildiğini ve B1 standardına ulaştığını göstermiştir. Üretilen dokusuz yüzeyin ses emilimi ve alev geciktirici özellerine etkisinin iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Sakthivel vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, inşaat endüstrisi uygulamaları için giysi atığından geliştirilen geri dönüştürülmüş pamuk / polyester karışımı dokusuz yüzeylerin ısı ve ses yalıtım örnekleri incelenmiştir. Tüm numuneler, ASTM standardına göre ısı yalıtımı, akustik, nem emme ve lif özellikleri açısından test edilmiştir. Geri dönüştürülmüş dokusuz yüzeyin %70'in üzerinde ses direncini emdiği, yalıtım ve akustik özelliklerini etkilemeden yüksek nem koşullarında yeterli nem direncine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Sadrolodabae, Claramunt, Ardanuy ve Albert de la Fuente (2021) tarafından yapılan çalışmada, çimento kompozitleri için takviye olarak kullanılan tekstil atığı dokusuz yüzeyin hem mekanik hem de dayanıklılık özellikleri incelenmiştir. Bu malzeme, giysi-tekstil atıklarından elde edilen geri dönüştürülmüş kısa liflerden oluşmaktadır. Yapı bileşenlerinin üretiminde bu kompozitlerin kullanılması, inşaatın doğal kaynaklar üzerindeki etkisini azaltırken tekstil atığının kullanılabilirliğini artırabilir sonucuna varılmıştır.

Rubino, Bonet Aracil, Liuzzi, Stefanizzi ve Martellotta (2021) tarafından yapılan çalışmada, polyester / kopolyester çift bileşenli elyafla termal olarak bağlanmış %100 yün atık elyaftan oluşan dokusuz yüzeylerin higrotermal, akustik ve akustik olmayan özellikleri araştırılmıştır. Ölçüm sonuçları, üretim süreçlerinin esas olarak dokusuz kumaşların ses emme katsayılarını ve higrik özelliklerini etkilediğini göstermiştir. Test edilen malzemeler, piyasada bulunan malzemeler ile karşılaştırıldığında, test edilen dokusuz yüzeylerin bina uygulamaları için geçerli bir alternatif oluşturabileceği öngörülmüştür.

Viju, Rengasamy, Thilagavathi, Singh ve Mohamed (2021) tarafından yapılan çalışmada, ipekböceği kozası atığının, yağ emme özelliklerini incelemek için iğneleme yöntemi ile dokusuz yüzeyler üretilmiştir. Temas açıları, yağ emme ve tutma kapasitesi, tekrar kullanımdan sonra emme kapasitesi ve dokusuz yüzeyin biyolojik olarak parçalanabilirliği incelenmiştir. Mevcut çalışmanın yağ emilimi için potansiyel bir aday olduğunu göstermiştir.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Hava yoluyla üretilen dokusuz yüzeylerdeki telef oranının dokusuz yüzey üzerindeki fiziksel, mekanik ve geçirgenlik özelliklerine etkisini incelemek amacıyla Çizelge 3.1’de verilen 80 g/m² kumaş numuneleri üretilmiştir.

Çizelge 3.1. Üretilen kumaş numuneleri

Kumaş	Kompozisyon		
	Telef (%)	Bico Elyaf (%)	Polyester (%)
1	0	50	50
2	5	47,5	47,5
3	10	45	45
4	15	42,5	42,5

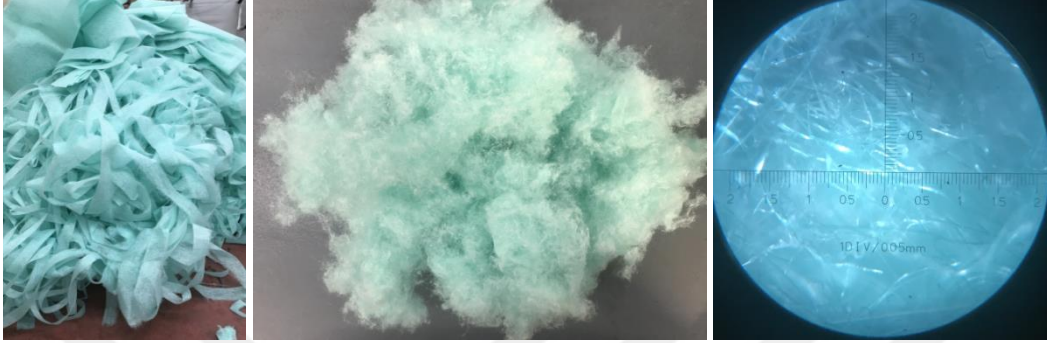
Telef oranına göre çift bileşenli (bicomponent-bico) ve polyester elyaf yarı yarıya kullanılmıştır. Özellikle kompozisyon oranlarında bir değişime yol açmamak için her bir numuneye kendi telef katılarak üretilen kumaşın telef tekrardan hatta dâhil edilmiştir.

Çizelge 3.2. Elyaf özellikleri

Elyaf Çeşidi	İncelik (Denye)	Uzunluk (mm)	Özellikler
Telef	4-6	5-20	Her bir numunedeki kumaş karışım oranlarından elde edilmiştir.
Bikomponent Elyaf	4	51	Su emici elyaf
Polyester	6	51	Su emici elyaf

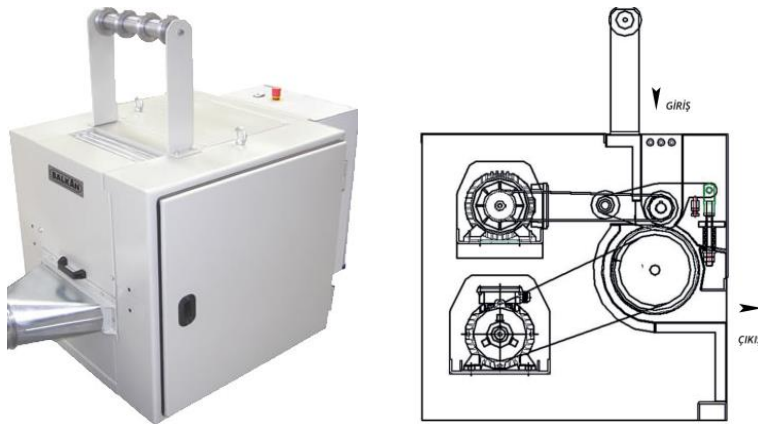
Elyaf özellikleri Çizelge 3.2’deki tabloda yer almaktadır. Lifler kumaş içerisinde dağınık vaziyette olduğu için telef elyafının uzunluk ve incelik değerleri hakkında kesin bir

sonuç elde edilememektedir. Sadece kullanılan elyafın incelik ve uzunluklarından yola çıkılarak bir aralık verilebilmektedir. Bikomponent ve polyester liflerinin yarı yarıya kullanılması ve ısı kaynaklı erime gerçekleşmesinden dolayı bikomponent elyafta fiziksel deformasyonların olması ölçülebilir bir sonuç elde edilmesini mümkün kılmamıştır.



Şekil 3.1. Kullanılan telef görseli

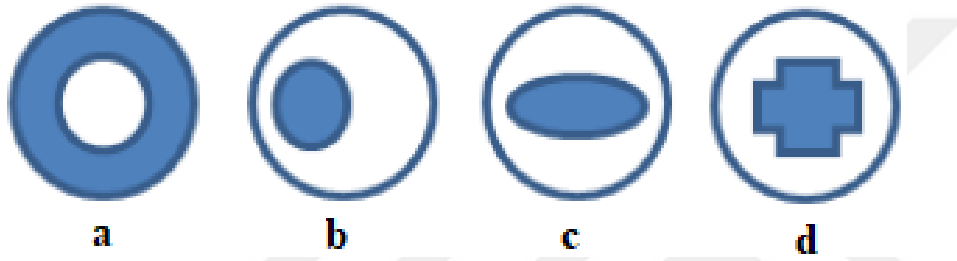
Kullanılan telef görseli Şekil 3.1’de yer almaktadır. Telef elyafı üretim esnasında çıkan kenar kesimlerin ve artık kumaşların Şekil 3.2’de gösterilen Balkan marka telef açma makinesiyle mekanik olarak kırpma işlemi sonucu elde edilmiştir. Telef açma makinesi küçük bir besleme silindiri ve yüksek devirle dönen garnitür telli tamburdan oluşmaktadır. Besleme hızı ve tambur devri lif uzunluğunu ve kırpma kalitesini belirleyen önemli faktörlerdendir. Bu çalışmada telef açma makinesi besleme hızı 10m/dk ve tambur devri 400m/dk olarak ayarlanmıştır.



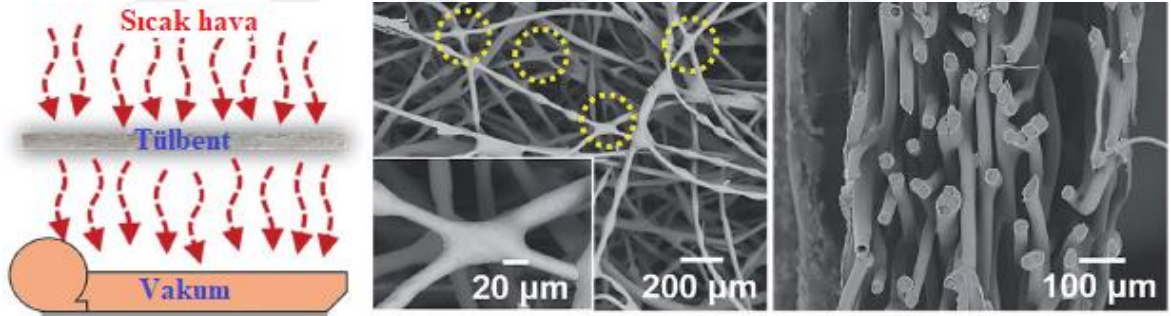
Şekil 3.2. Telef açma makinesi görseli

Bikomponent lif, kimyasal ve/veya fiziksel olarak farklı iki polimeri tek lif içinde birleştirilmesi ile oluşur. Bikomponent lifler, lif uzunluğu boyunca iki malzemenin

gereksinimlerini tek bir lifte karşılamak üzere tasarlanmıştır. Bu yüzden, “kompozit”, “konjuge” ve “hetero” lifler olarak da bilinmektedirler. Polimer karışımların aksine, lif uzunluğu boyunca birbirinden net şekilde ayrılan iki polimerden oluşurlar, bu da polimerlerin kendi özelliklerine ilave olarak büyük avantaj sağlar (Çelen ve Ulcay, 2019). Termal bağlamada yaygın olarak kullanılan bikomponent liflerinin polimer kombinasyonunda orta kısım 250 °C erime noktalı polyester (PET) elyafından oluşurken, dış kısım 130 °C erime noktalı polyetilen (PE) elyafından oluşmaktadır. Bikomponent lifler genellikle kesit yapılarına göre yan yana, iç içe, deniz ada veya dilimli pasta olarak sınıflandırılır. Bunlardan yan yana ve iç içe olanlar termal bağlama uygulamaları için uygundur (Russell, 2007). Termal bağlama yönteminde Şekil 3.3’te gösterilen iç içe (a) bikomponent lifi kullanılmıştır.



Şekil 3.3. İç içe bikomponent liflere ait kesit görüntüleri (Çelen ve Ulcay, 2019)

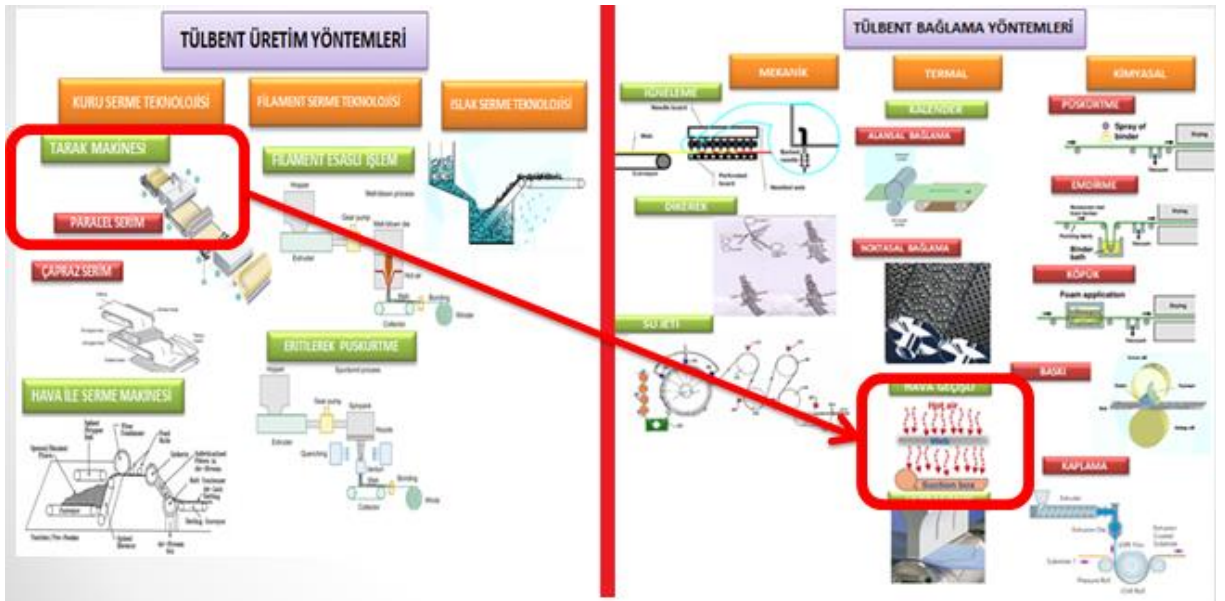


Şekil 3.4. Hava geçişli bağlama yönteminde hava geçişi ve bağ yapısı (Liu vd., 2017)

Şekil 3.4’te hava geçişli bağlama yöntemi hava geçişi ve bağ yapısı gösterilmiştir. Sıcak hava tülbent üzerinden geçerken bikomponent lifin dış katmanını oluşturan PE lifi sıcak hava ile eriyerek diğer liflerle bağ oluşturmaktadır. Fırın içerisinde yumuşak bir bağ doku oluşumu sağlandıktan sonra fırın çıkışında soğutucu silindirler yardımıyla kumaş soğutulur ve bağ yapının sertleşmesi sağlanır.



Şekil 3.5. Hava geçişli bağlama yöntemi ile üretilen dokusuz yüzey üretim hattı



Şekil 3.6. Kumaş üretim hattındaki tülbent üretim ve bağlama yöntemi görseli

Çalışma kapsamındaki kumaş üretim hattı Şekil 3.5'te ve hattın tülbent üretim ve bağlama yöntemlerinin seçimi Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Tülbent üretim yöntemlerinden paralel serimli tarak makinesi, tülbent bağlama yöntemlerinden hava geçişli bağlama yöntemi kullanılmaktadır. Harman hallaç grubu Balkan marka olup karışım değerlerinde sapma olmaması için tartım kefeleri kullanılmıştır. Tarama grubu olarak üç penyörlü FOR marka tarak kullanılmıştır. Hava yoluyla birleştirme işleminde ise AUTEFA marka üç bölmeli fırın kullanılmıştır.

3.2. Metot

Üretilen kumaşlarda tüm makine ayar değerleri sabit tutulmuştur. Tüm ölçümler Edana ve TS Test Standartlarına göre yapılmıştır. Her bir kumaştan rastgele numuneler alınmıştır. Çizelge 3.3'te ilgili standartlar ve kullanılan cihazlar yer almaktadır.

Çizelge 3.3. İlgili standartlar ve cihazlar

Sıra No	Test	Standart	Cihaz	Hassasiyet	Numune Boyutları	Tekrar Sayısı
1	Gramaj	EDANA NWSP 130.1.R0(15)	Necklife HC-B2	0,001 g	100 cm ²	40
2	Kalınlık	EDANA NWSP 120.6.R0(15)	Vafer	0,1 mm	100 cm ²	40
3	Kopma Mukavemet MD - CD	EDANA NWSP 110.4.R0(15)	Kejian İnstrument KJ-10658	N	50 mm x 150 mm	10
4	Uzama MD - CD	EDANA NWSP 110.4.R0(15)	Kejian İnstrument KJ-10658	N	50 mm x 150 mm	10
5	Eğilme Dayanımı	TS 1409	Prowhite K-004		150 mm x 25 mm	4
6	Boncuklanma	TS EN 12945-2	Martindale boncuklanma testi	9 kPa 2000 tur 47,5 rpm	100 cm ²	3
7	Hava Geçirgenliği	TS 391 EN	Prowhite Airstest 2	100 Pa basınç	20 cm ²	10
8	Su Buharı Geçirgenliği	ASTM E 96	Kap Metodu		100 cm ²	3
9	Su Emiciliği	DIN 53 923	Necklife HC-B2	0,001 g	100 cm ²	5
10	SEM Analizi		FEİ QUANTA FEG 250	250x - 2000x		4

Telef içermeyen referans kumaş tüm ölçümlerde kontrol kumaşı olarak adlandırılmış ve diğer telef oranları ile üretilen kumaşlar kontrol kumaşı ile karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Kumaş Özelliklerinin Ölçümü

Tüm numuneler teste tabi tutulmadan önce standart atmosfer koşullarında ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 2$ bağıl nem) 24 saat boyunca kondisyonlanmıştır.

Gramaj Ölçümü

Yapılan gramaj ölçümü Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Üretilen kumaşın farklı yerlerinden 100 cm^2 ’lik 40 adet gramaj numunesi, gramaj alma aparatı ile kesilip hassas terazide tartılmıştır. Çıkan sonuçların g/m^2 cinsinden ağırlığının tespit edilmesi amacıyla 100 ile çarpılıp ölçüm ortalamaları EDANA NWSP 130.1.R0(15) standardına göre belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Yapılan gramaj ölçümü

Gramaj dağılımının standart sapması ve varyansı hesaplanmıştır.

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n} \quad (3.1)$$

$$s = \sqrt{\sigma} \quad (3.2)$$

Burada;

σ : varyans

s : standart sapma

n : numune sayısı

μ : ortalama gramaj

x_i : numune gramajı

Kalınlık Ölçümü

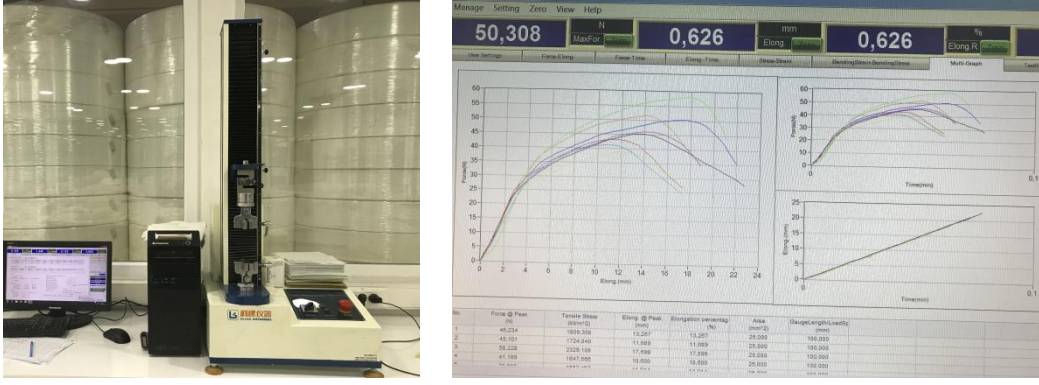
Üretilen kumaşların kalınlıkları EDANA NWSP 120.6.R0(15) test standardına göre belirlenmiş olup gramaj ölçümünde kullanılan 40'ar adet numunenin kalınlıkları mm olarak Şekil 3.8'de gösterilen Vafer marka 0.1 mm hassasiyetindeki kalınlık ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Çıkan sonuçların mm cinsinden ölçümlerinin ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.8. Kalınlık ölçüm cihazı

Kopma Mukavemeti ve Uzaması Ölçümü

Üretilen kumaşların en büyük kuvvet altında kopma kuvveti ve yüzde uzamasını belirlemek amacıyla, Şekil 3.9'daki Kejian Instrument KJ-10658 cihazı kullanılmıştır. Numunelerin kopma mukavemeti ve uzama ölçümleri EDANA NWSP 110.4.R0(15) test standardına göre belirlenmiş olup makine yönünde (MD) ve çapraz yönde (CD) olmak üzere her bir kumaş için 15 cm x 5 cm boyutlarında 10'ar adet ölçüm yapılmıştır. CD yönünde numune alırken uzun kenarın MD'ye paralel, MD yönünde numune alırken uzun kenarın CD'ye paralel olmasına dikkat edilmelidir. Ölçüm değerleri Newton olarak kaydedilmiştir. Cihaz aynı zamanda uzama ölçümünü de yüzde olarak hesaplamıştır.



Şekil 3.9. Kopma mukavemeti cihazı

Eğilme Dayanımı Ölçümü

Kumaşların eğilme dayanımı ölçümü, TS 1409 test standardına göre belirlenmiş olup Şekil 3.10'daki Prowhite K-004 marka cihaz kullanılarak testler 4 tekrarlı olarak yapılmıştır. Numuneler 150 mm x 25 mm ebatlarında dikdörtgen şeklinde köşelerinden işaretlenip kesilmiştir. Kumaşların eğilme dayanımları, aşağıdaki formül kullanılarak g.cm cinsinden hesaplanır.

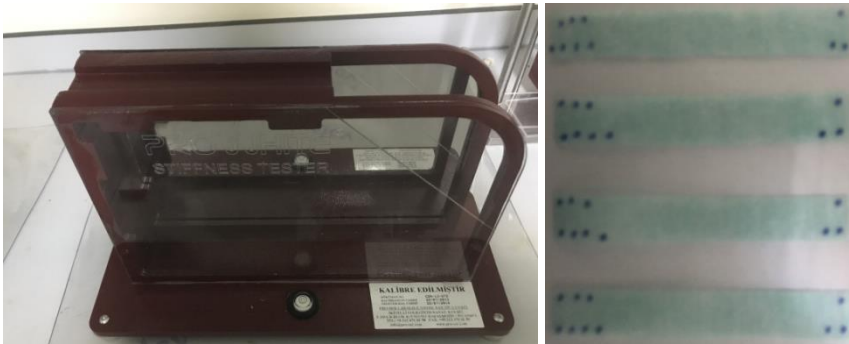
$$G = MC^3 \quad (3.5)$$

Burada;

G = eğilme dayanımı (g.cm)

M = kumaş gramajı (g/cm²)

C = ortalama sarkma uzunluğu (cm)



Şekil 3.10. Eğilme dayanımı test cihazı ve kumaş üzerindeki işaretlemeler

Boncuklanma Değerlerinin Ölçümü

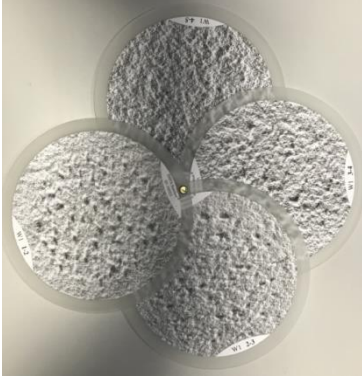
Kumaşlarda TS EN 12945-2'ye göre yapılan Şekil 3.11'de gösterilen Martindale boncuklanma test cihazında 9 kPa 2000 tur 47,5 rpm değerlerinde yapılmıştır. Kumaş numuneleri EMPA (SN 198525 K-3'e göre) standart fotoğraflarıyla subjektif olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 5 derece kullanılmakta, ana dereceler dışında ara derecelendirme de yapılabilmektedir. Çizelge 3.4'te görsel değerlendirmede kullanılan dereceler ve açıklamaları Şekil 3.12'de görsel değerlendirmede kullanılan derecelendirme şablonu yer almaktadır.



Şekil 3.11. Martindale boncuklanma test cihazı

Çizelge 3.4. Görsel değerlendirmede kullanılan dereceler ve açıklamaları

Derece	Tanım
5	Boncuklanma yok
4	Zayıf boncuklanma
3	Orta derecede boncuklanma
2	Boncuklanmanın belli oluşumu
1	Aşırı boncuklanma



Şekil 3.12. Görsel değerlendirilmede kullanılan derecelendirme şablonu

Hava Geçirgenliği Ölçümü

Kumaşların hava geçirgenliği testi, TS 391 EN'ye göre Şekil 3.13'de gösterilen Prowhite hava geçirgenliği test cihazında 100 Pa basınç 20 cm²'lik bir alanda 10 adet tekrarlı olmak üzere yapılmıştır. Hava geçirgenliği testinde, deney numuneleri üzerinde kırışıklık olmayacak şekilde yeterli germe kuvveti uygulanarak düzgün bir şekilde dairesel numune tutucuya yerleştirilir. Numune alınırken kumaş kenarlarından, katlı ve kırışık yerlerden alınmaz.

Deney için 5 cm²'lik deney alanı dairesel kumaş tutma yüzeyine yerleştirilir. Hava emme tertibatı çalıştırdıktan sonra, kumaş farklı bölgelerinden ölçüm cihazında MD yönünden CD yönüne doğru açılacak şekilde kaydırılarak ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.13. Hava geçirgenliği test cihazı

Su Buharı Geçirgenliği Ölçümü

Kumaşların su buharı geçirgenliği testi, ASTM E 96 Malzemelerin Su Buharı İletimi standardına göre kap yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.14'te yapılan su buharı geçirgenlik yönteminde 10 cm çapında kesilen numuneler, 8 cm çapa sahip içerisinde distile su bulunan cam kap üzerine yerleştirilmiştir. Kapların çevresi kapatılarak ayrıca su buharı kaçıışı önlenmiştir. Her bir kumaş numunesinden 3'er adet olmak üzere ölçüm alınmıştır. 1 hafta süre ile laboratuvar koşullarında 24 saat aralıklarla kapların ağırlıkları tartılmış ve her bir numune için ağırlık kaybı-zaman grafiklerinden elde edilen eğimler belirlenmiştir. Hesaplanan eğim değerleri deneylerde kullanılan kapların yüzey alanlarına bölünerek kumaşların su buharı iletim hızları bulunmuştur.

$$WVT = \frac{M}{tA} \quad (3.3)$$

Burada;

WVT: Su buharı iletim hızı (g/sa.m²)

M: g olarak kütle kaybı

t: Tartımlar arası geçen süre(saat)

A: test alanı (m²)

$$A = \frac{\pi d^2 x 10^{-6}}{4} \quad (3.4)$$

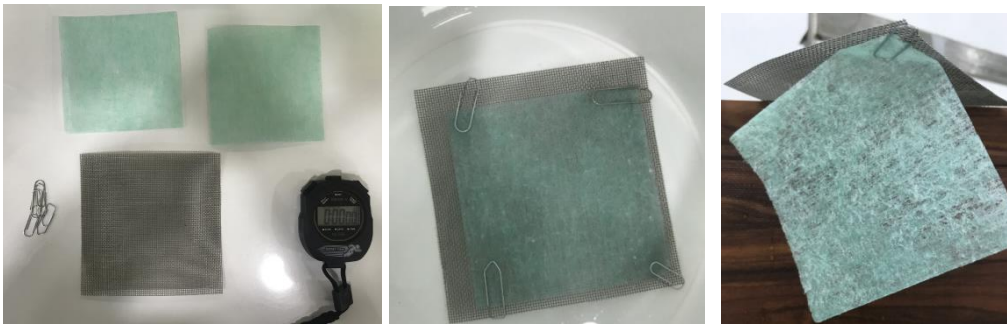
d: Kabın iç çapı (mm)



Şekil 3.14. Su buharı geçirgenliği deneyine ilişkin görsel

Su Emicilik Ölçümü

Kumaşların su emicilik ölçümü DIN 53 923 standardına göre göre belirlenmiş olup testler 5 tekrarlı olarak yapılmıştır. Ön hazırlık olarak Şekil 3.15'te gösterilen malzemeler hazırlanmıştır. 10x10 cm boyutunda numune tartılıp ve bir tel kafes üzerine yerleştirilip köşelerinden iğnelenmiştir. Tel kafes üzerindeki numune ile birlikte, 20 °C'ta su içeren bir kap içine düz olarak yerleştirilip 60 s boyunca bekletilmiştir. Sudun çıkarıldıktan bir ucundan numune Şekil 3.11'deki gibi serbestçe sarkacak şekilde 120 s numunenin üzerinden su akması sağlanmıştır. Numune 0,01 g hassasiyetle tartılmıştır. Su emicilik, numunenin kuru ve yaş ağırlıkları arasındaki fark dikkate alınarak, yüzde olarak hesaplanmıştır.

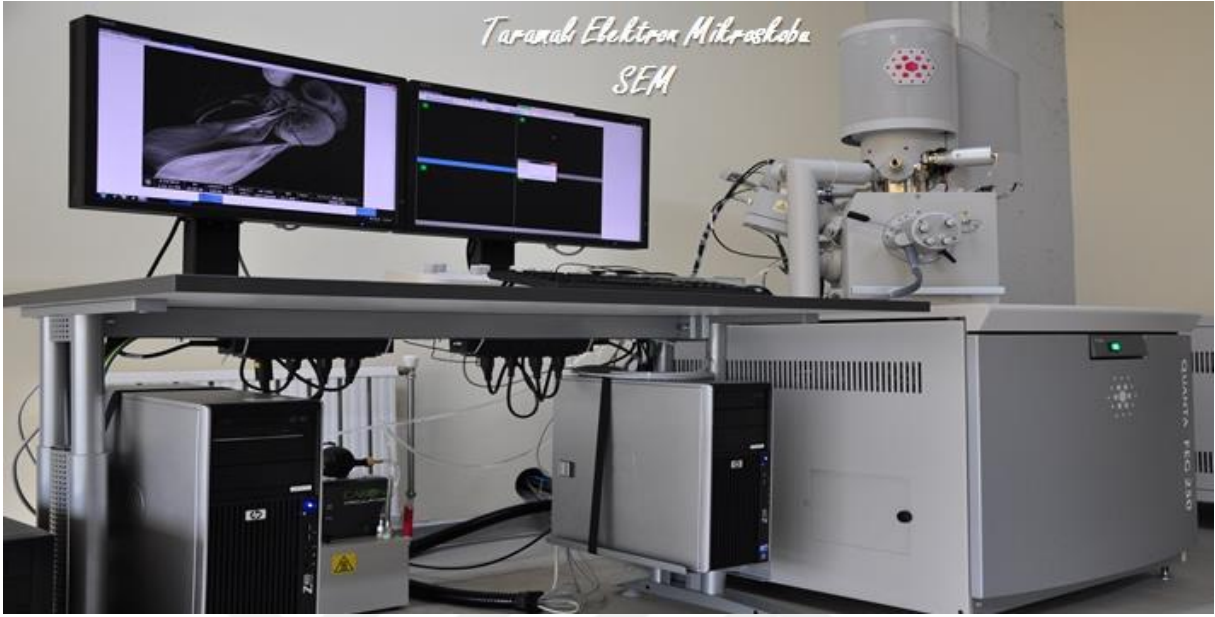


Şekil 3.15. Su emicilik deneyi ve bu deneyde kullanılan malzemeler

SEM Analizi

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) yüksek büyütmelerde yüzey görüntüsü almak için tasarlanmıştır. Kumaşların SEM analizleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında, Şekil 3.16'da gösterilen FEI marka QUANTA FEG 250 model

taramalı elektron mikroskopuyla gerçekleştirilmiştir. Her bir numunenin bağ yapıları incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.16. Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (NABİLTEM)

3.2.2. İstatistiksel Değerlendirme

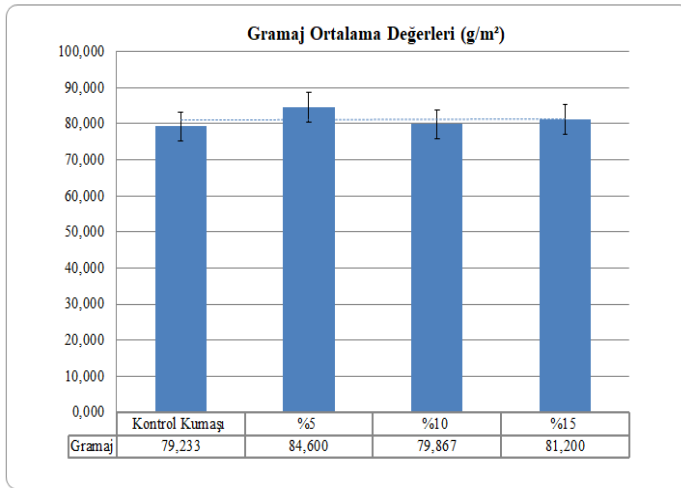
Test sonuçlarının değerlendirilmesinde grafikler ve varyans analizleri kullanılmıştır. Varyans analizi deneysel verilerin analiz edilmesi için özellikle pratikte çok defa kullanılan özel bir istatistiksel hipotez sınaması şeklidir. İstatistiksel hipotez sınaması veri kullanarak karar verme yöntemidir. Bir örneklem ve sıfır hipotezden hesaplanmış sınama sonucunun istatistiksel olarak anlamsal olduğunu bildirmek ve bu sonucun (sıfır hipotezin doğru olduğu kabul edilirse) şans eseri olarak ortaya çıkmasının pek olası olmadığını kabul etmektir. Eğer bir olasılık p -değeri bir anlamlılık seviyesi eşik değerinden daha düşük ise istatistiksel anlamlı sonuç sıfır hipotezinin reddedilmesini haklı çıkarır.

Varyans analizinde önem seviyesi p değeri $\alpha=0,05$ ile karşılaştırılmıştır. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değeri söz konusu önem seviyesinden büyükse ($p>0,05$), söz konusu faktörlerin seviyeleri arasında fark yok anlamına gelmektedir. Tam tersi durumunda ise faktör seviyeleri arasında fark vardır anlamına gelir. Fark olması durumunda, Tukey yöntemi kullanılarak çoklu karşılaştırmalar yapılmış ve farkın kaynağı tespit edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Kumaş Gramaj Sonuçları

Gramaj tayini deneyleri sonucunda elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmektedir. Çizelge 4.2'de gramaj sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05'ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz sonucu Çizelge 4.3'te verilmiştir. Gramaj için ana etkiler grafiği Şekil 4.2'de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Kumaş ortalama gramaj değerleri grafiği

Çizelge 4.1. Gramaj ölçüm değerleri

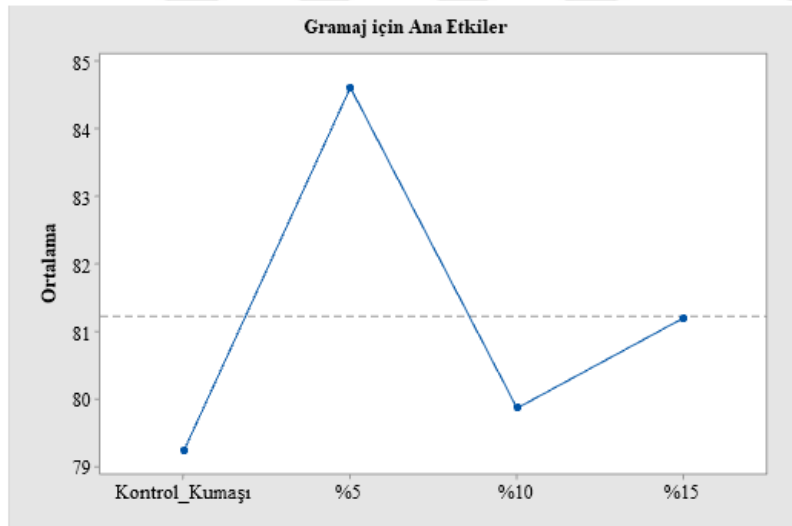
Gramaj (g/m ²)	Kontrol Kumaş	%5	%10	%15
Maksimum	86,667	92,000	82,667	88,000
Minimum	73,333	77,333	77,333	76,000
Değişim Aralığı (R)	13,333	14,667	5,333	12,000
Ortalama	79,233	84,600	79,867	81,200
Varyans	15,397	12,577	2,079	9,646
Standart Sapma	3,924	3,546	1,442	3,106
Varyasyon Katsayısı (CV)	4,952	4,192	1,805	3,825

Çizelge 4.2. Gramaj ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	688,100	229,374	23,110	0,000
Hata	156	1548,200	9,925		
Toplam	159	2236,300			

Çizelge 4.3. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak gramaj gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup
%5	40	84,600	A
%15	40	81,200	B
%10	40	79,867	B C
Kontrol Kumaşı	40	79,233	C



Şekil 4.2. Gramaj için ana etkiler grafiği

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde üretilen 80 g/m² kumaşların gramaj dağılımlarının homojen bir yapıya sahip olmadıkları görülmektedir. Değişim aralığı minimum 5,333 iken 14,667 ye kadar çıkmıştır. Çizelge 4.2 gramaj ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Gramaj dağılımına etki eden başlıca sebepler;

- Harman hallaçta elyafın açılma derecesi, harmanlanması;
- Tarak elyaf beslemesindeki düzgünsüzlükler;
- Tarak taramaları, tellerin yıpranması, tarak silindirleri arasındaki mesafe (şablon) ayarının set değerinden farklı olması, tellerde meydana gelen deformasyonlar;
- Tarak, termofiksaj ünitesi ve sarıcı kısımlarındaki kumaş çekim set değerleri,

şeklinde sayabiliriz.

Gramaj dağılımına etki eden faktörler göz önünde bulundurulduğunda test değerleri arasındaki gramaj farkı üretim hattında göz ardı edilebilmektedir. Üretim aşamasında test numunesindeki gramajda $\pm\%15$ oranına kadar gerçekleşen sapmalar üretici firma tarafından kabul edilebilmektedir. Çünkü yukarıda sayılan sebeplerden dolayı anlık gramaj dağılımı sabit olmayıp dalgalı bir oluşum göstermektedir. Önemli olan ortalama gramajdaki sapma değerleridir. Söz konusu sapma değerlerinin olabildiğince küçük olması istenir. Testlerde kullanılan gramaj numuneleri kontrol kumaşına en yakın olanlar seçilmiştir.

Çizelge 4.3 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların gramaj ortalamaları bakımından 3 gruba ayrıldığı görülmektedir. %5 telefli kumaş diğerlerine kıyasla gramaj değeri yüksek olup A grubunda nitelendirilmiştir. %10 ve %15 telefe sahip kumaşlar B grubu, %10 ve kontrol kumaşı C grubu şeklinde gruplandırılmıştır.

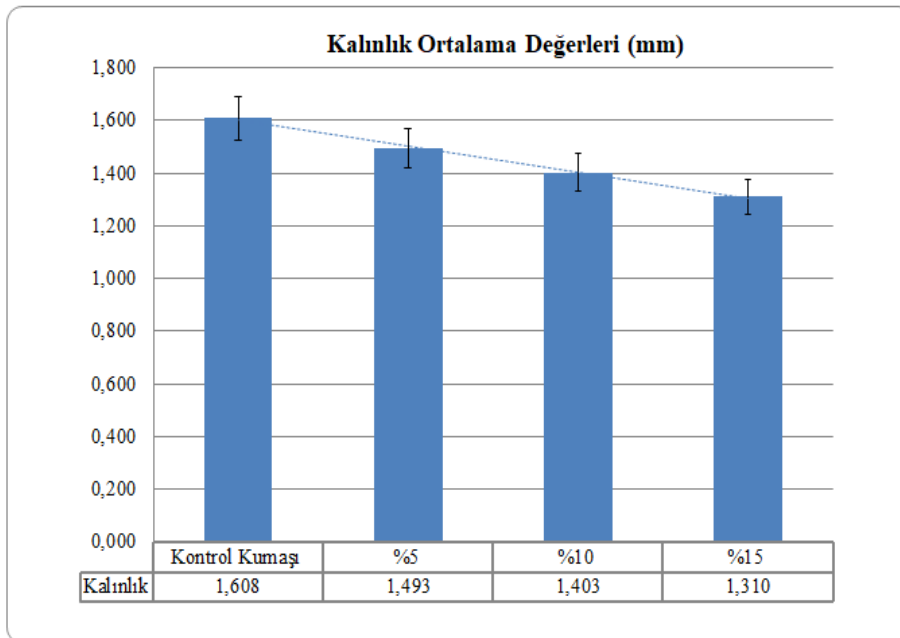
Şekil 4.2 gramaj için ana etkiler grafiğinde ortalama değer en yüksek %5 telefle üretilmiş kumaş olduğu ve $84,6 \text{ g/m}^2$ değerinde olduğu görülmektedir. Kontrol kumaşı değerine en yakın olan kumaş %10 telefli kumaş olup 80 g/m^2 hedefine en yakın kumaş ise %15 telefe sahip kumaştır. Telef miktarı değişimi ile gramaj varyasyonu arasında her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu analiz sonucunda elde edilmiş olsa da gramaj ortalama değerleri değerlendirildiğinde maksimum sapma değerinin %5 telef içeriğine sahip dokusuz kumaşta olduğu ve söz konusu sapmanın kontrol kumaşının sadece %6 oranında olduğu yönündedir. Bu sebeple bir üretim sürecinde gramaj bağlamında %15 seviyelerinin tolere ediliyor olması bu gruplar arasında telef oranının ciddi bir farka yol açmadığı şeklinde yorumlanabilir.

4.2. Kumaş Kalınlık Sonuçları

Kalınlık tayini deneyleri sonucunda elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4.4. Kalınlık ölçüm değerleri

Kalınlık (mm)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	1,800	1,600	1,600	1,500
Minimum	1,400	1,400	1,300	1,100
Değişim Aralığı (R)	0,400	0,200	0,300	0,400
Ortalama	1,608	1,493	1,403	1,310
Varyans	0,012	0,003	0,003	0,014
Standart Sapma	0,110	0,057	0,058	0,117
Varyasyon Katsayısı (CV)	6,813	3,835	4,113	8,949



Şekil 4.3. Kumaş kalınlık dağılım grafiği

Çizelge 4.5’te kalınlık sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir

tanisinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Kalınlık için ana etkiler grafiği Şekil 4.4’de yer almaktadır.

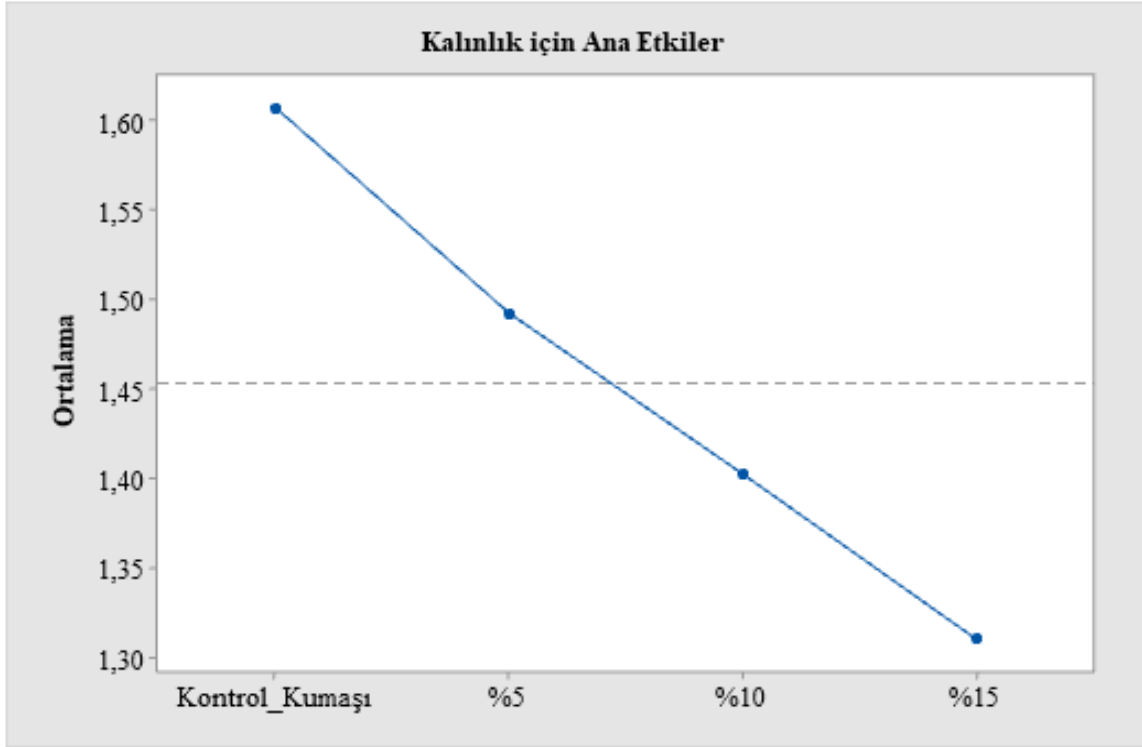
Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3 incelendiğinde kumaşların kalınlık dağılım grafiğinde gramaj ile doğrusal olmayan bir yapı sergilense de telef miktarı artıkça kalınlığın düştüğü gözlemlenmiştir. Gramaj değeri en yüksek olan %5 telefli kumaşın kalınlık değeri dahi kontrol kumaşının kalınlık değerinden daha düşüktür. Bu durum ise telef miktarının tülbent kalınlık değerlerini etkilediğini göstermektedir. Çizelge 4.5 kalınlık ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.6 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların kalınlık dağılımında her biri farklı gruba ayrılmıştır. Bu da her bir grubun arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.5. Kalınlık ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	1,937	0,646	79,870	0,000
Hata	156	1,261	0,008		
Toplam	159	3,198			

Çizelge 4.6. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak kalınlık gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup			
%5	40	1,608	A			
%15	40	1,493		B		
%10	40	1,403			C	
Kontrol Kumaşı	40	1,310				D



Şekil 4.4. Kalınlık için ana etkiler grafiği

Şekil 4.4 kalınlık için ana etkiler grafiğinde tele oranının artmasıyla kalınlık değerinin düştüğü görülmektedir.

Gramaj değerinin kalınlık üzerindeki etkisi normalde doğru orantılı olarak değişse de teleli kumaş üretiminde tele miktarı kalınlık üzerinde ters bir etki oluşturmuştur. Tele liflerinin kısa ve kıvrımsız oluşundan dolayı üretilen kumaşların hacimlilikleri daha düşük olmuş ve tele miktarındaki artış sistematik bir biçimde kalınlığı düşürmüştür.

4.3. Kumaş Kopma Mukavemeti

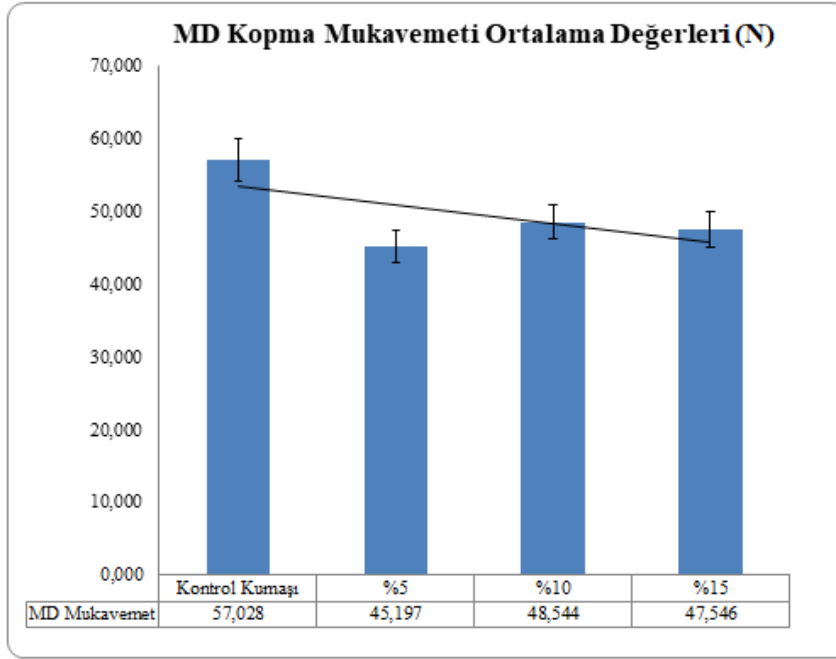
MD ve CD yönünde yapılan kopma mukavemeti testleri sonucunda elde edilen MD ve CD yönünde kopma mukavemetleri (N) değerleri ayrı ayrı incelenip birlikte yorumlanmıştır.

MD Yönünde Kumaş Kopma Mukavemeti

MD yönünde kopma mukavemeti deneyleri sonucunda elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.5'te verilmektedir.

Çizelge 4.7. MD yönünde kopma mukavemeti test sonuçları

MD Kopma Mukavemeti (N)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	65,435	54,991	56,389	55,678
Minimum	51,166	36,653	39,889	37,119
Değişim Aralığı (R)	14,269	18,338	16,500	18,559
Ortalama	57,028	45,197	48,544	47,546
Varyans	27,807	33,749	25,755	28,988
Standart Sapma	5,273	5,809	5,075	5,384
Varyasyon Katsayısı (CV)	9,247	12,854	10,454	11,324



Şekil 4.5. MD yönünde kopma mukavemeti ortalama değerlerin grafiksel gösterimi

Çizelge 4.8’de MD yönünde kopma mukavemeti sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.9’da verilmiştir. MD yönünde kopma mukavemeti için ana etkiler grafiği Şekil 4.6’da yer almaktadır.

Çizelge 4.8’de MD yönünde kopma mukavemeti sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.9’da verilmiştir. MD yönünde kopma mukavemeti için ana etkiler grafiği Şekil 4.6’da yer almaktadır.

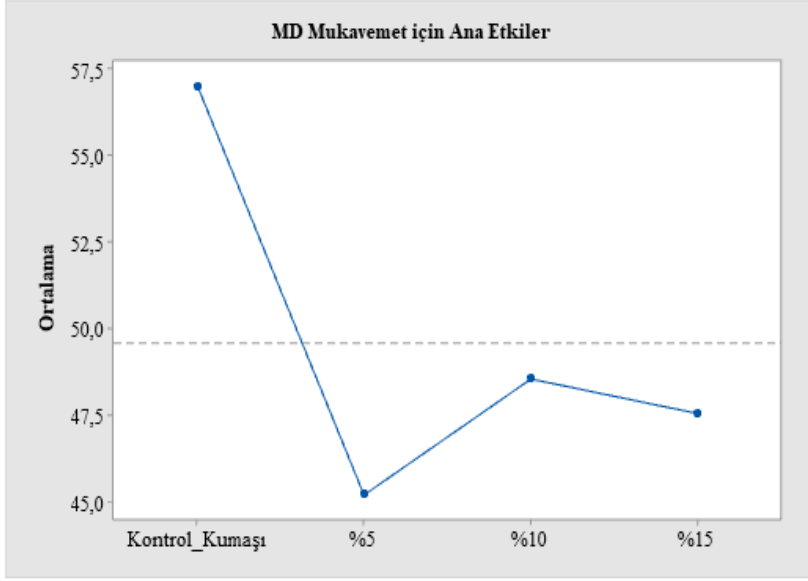
Çizelge 4.7 ve Şekil 4.5 incelendiğinde kumaşların MD yönünde kopma mukavemeti dağılım grafiğinde telef miktarının mukavemeti negatif yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Kontrol kumaşı mukavemet değeri 57,028 N diğer kumaş değerleri ile kıyaslandığında mukavemet değeri en yüksek kumaş olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. MD yönünde kopma mukavemeti ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	799,000	266,350	9,160	0,000
Hata	36	1046,700	29,070		
Toplam	39	1845,700			

Çizelge 4.9. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak MD yönünde kopma mukavemeti gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup	
Kontrol Kumaşı	10	57,030	A	
%10	10	48,540		B
%15	10	47,550		B
%5	10	45,200		B



Şekil 4.6. MD yönünde mukavemet için ana etkiler grafiği

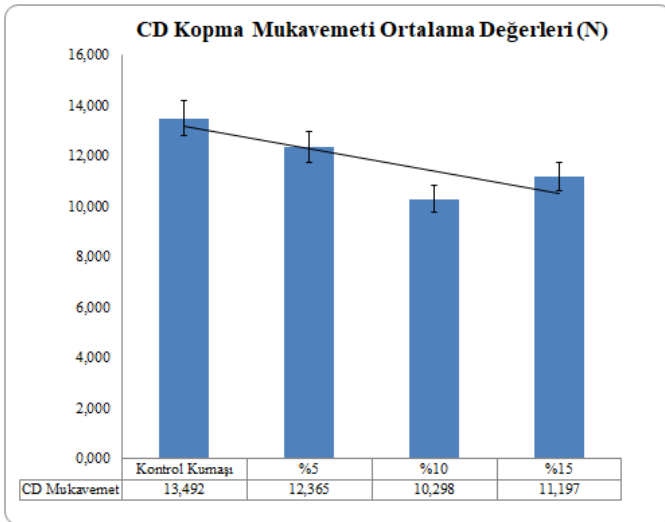
Çizelge 4.8 MD yönünde kopma mukavemeti ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.9 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların mukavemet dağılımının 2 gruba ayrıldığını görebiliriz. Kontrol kumaşının diğerlerine kıyasla mukavemet değeri yüksek olup A grubunda nitelendirilmiştir. %5, %10 ve %15 telefe sahip kumaşlar B grubu olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum telef kullanılıp kullanılmaması durumları arasında mukavemet açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu, ancak kullanılan telef oranının mukavemet üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır. Telefli kumaşların mukavemet değerlerindeki ufak farklılıklar ise telef miktarının tülbent içerisindeki homojen dağılımına ve kullanılan bikomponent elyafının bağ yapma derecesine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Telef miktarının %15'ten daha fazla kullanılması durumunda kontrol kumaşının mukavemet değeri ile olan farkın daha da artması yönünde beklenti oluşmaktadır. Çünkü kumaş içerisindeki uzun liflerde ve bağ yapıcı özelliği olan bikomponent elyafının miktarında azalma olacaktır. Telef miktarının MD yönde kopma mukavemetini düşürmesinin sebebi telef elyafının kısa ve kıvrımsız olmasından dolayı birbiri üzerinde tutunmayı sağlayamamasıdır. Ayrıca önceki işlemlerde zaten eriyip bir şekilde bağlama işlemini gördüğünden daha sonra mekanik olarak parçalanıp tekrar işleme alınması da bağlayıcı olarak görev yapan bikomponent liflerin işlevselliklerinde azalmaya yol açmış olabilir. Kontrol kumaşında telef olmadığı için lifler birbiri üzerinde daha fazla tutunma ve sürtünme sağlamış ayrıca bikomponent liflerin uzun olması da bağlayıcı olarak adezyon kuvvetlerinin daha fazla olmasına yol açmıştır.

CD Yönünde Kumaş Kopma Mukavemeti

CD yönünde kopma mukavemeti deneyleri sonucunda elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.10 ve Şekil 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.10. CD yönünde kopma mukavemeti test sonuçları

CD Kopma Mukavemeti (N)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	14,784	13,093	10,935	12,749
Minimum	12,332	11,774	9,562	10,175
Değişim Aralığı (R)	2,452	1,319	1,373	2,574
Ortalama	13,492	12,365	10,298	11,197
Varyans	0,771	0,243	0,155	0,550
Standart Sapma	0,878	0,493	0,393	0,742
Varyasyon Katsayısı (CV)	6,510	3,987	3,818	6,625



Şekil 4.7. CD yönünde kopma mukavemeti ortalama değerlerin grafiksel gösterimi

Çizelge 4.11’de CD yönünde kopma mukavemeti sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel

analiz Çizelge 4.12’de verilmiştir. CD yönünde kopma mukavemeti için ana etkiler grafiği Şekil 4.8’de yer almaktadır.

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.7 incelendiğinde kumaşların CD yönünde kopma mukavemeti dağılım grafiğinde telef miktarının mukavemeti negatif yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Kontrol kumaşı mukavemet değeri 13,492 N diğer kumaş değerleri ile kıyaslandığında mukavemet değeri en yüksek kumaş olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.11. CD yönünde kopma mukavemeti ANOVA sonuçları

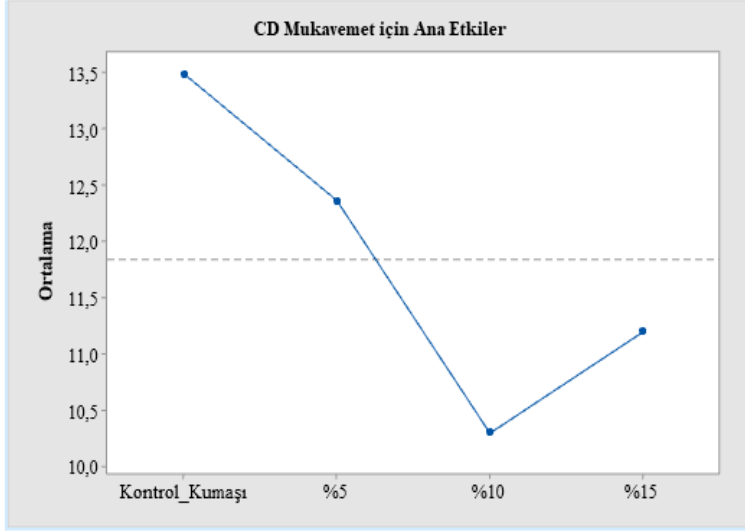
Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	57,970	19,323	44,950	0,000
Hata	36	15,480	0,430		
Toplam	39	73,440			

Çizelge 4.12. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak CD yönünde kopma mukavemeti gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup			
Kontrol Kumaşı	10	13,492	A			
%5	10	12,365		B		
%15	10	11,197			C	
%10	10	10,298				D

Çizelge 4.11 CD yönünde kopma mukavemeti ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.12 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların mukavemet dağılımının 4 gruba ayrıldığını görebiliriz. Her bir kumaş değerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Telefonun CD yönünde mukavemeti düşürdüğünü söylemekle birlikte üretim açısından bu değer farklılığı göz ardı edilebilir. Çünkü üretimlerde hem müşterinin istediği hem de işletmenin oluşturmuş olduğu teknik data verileri mevcuttur. Müşterinin isteği 1. derece önem arz etmekle birlikte veriler $\pm\%5-10$ oranında değişen

toleransa sahiptirler. Telef miktarının CD yönde mukavemeti düşürmesinin sebebi telef elyafının kısa ve kıvrımsız olmasından dolayı birbiri üzerinde tutunmayı sağlayamamasıdır.



Şekil 4.8. CD yönünde mukavemet için ana etkiler grafiği

MD yönündeki kopma mukavemeti değeri CD yönündeki kopma mukavemeti değerinin yaklaşık 3,9 - 4,3 katı kadardır. Tülbent üretim yöntemlerinden tarak makinesinin düz serimi sonucu liflerin birbirine paralel bir şekilde yerleşmesi ve bağ dokusunun yapısından dolayı kumaşlar mukavemet yönünden anizotropik yapıdadır ve telef artışı bu oranı etkilememiştir.

4.4. Kumaş Kopma Uzaması Sonuçları

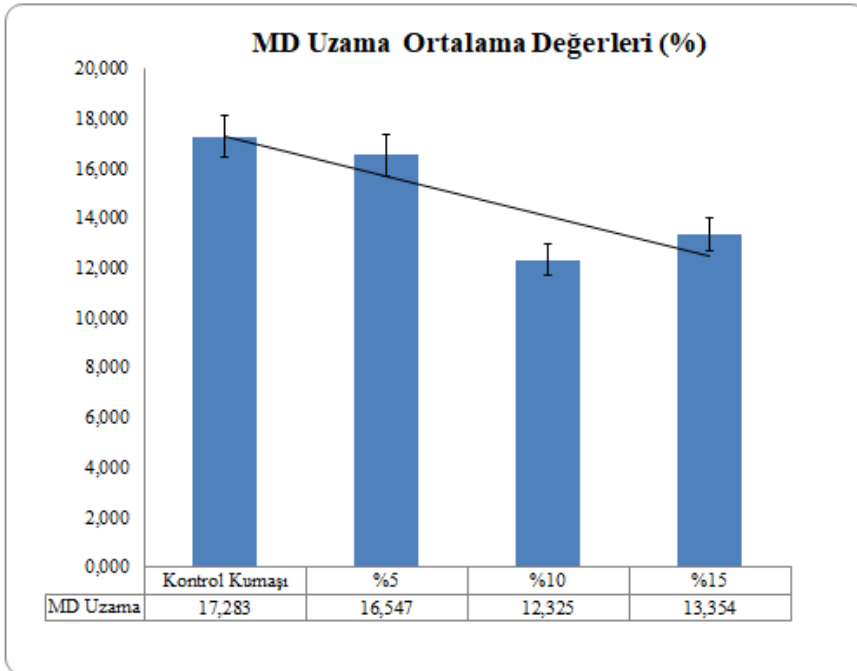
MD ve CD yönünde yapılan kumaş kopma uzaması testleri sonucunda elde edilen MD ve CD yönünde uzama (%) değerleri ayrı ayrı incelenip birlikte yorumlanmıştır.

MD Yönünde Kumaş Uzama

MD yönünde uzama deneyleri sonucunda elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.13 ve Şekil 4.9'da verilmektedir. Çizelge 4.14'de MD yönünde uzama sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05'ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.15'de verilmiştir. MD yönünde kopma mukavemeti için ana etkiler grafiği Şekil 4.10'de yer almaktadır.

Çizelge 4.13. MD yönünde uzama test sonuçları

MD Uzama (%)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	19,840	21,716	15,333	16,034
Minimum	14,700	13,432	10,333	11,244
Değişim Aralığı (R)	5,140	8,284	5,000	4,790
Ortalama	17,283	16,547	12,325	13,354
Varyans	2,331	6,408	2,139	2,840
Standart Sapma	1,527	2,531	1,462	1,685
Varyasyon Katsayısı (CV)	8,834	15,299	11,866	12,620



Şekil 4.9. MD yönünde uzama ortalama değerlerin grafiksel gösterimi

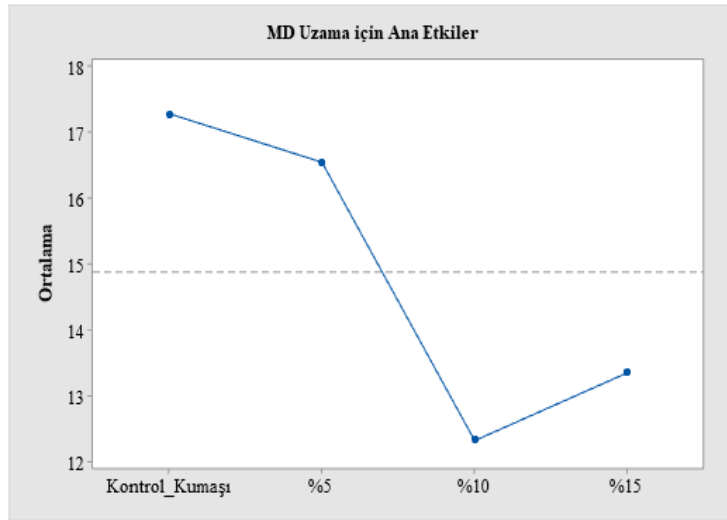
Çizelge 4.13 ve Şekil 4.9 incelendiğinde kumaşların MD yönünde uzama dağılım grafiğinde telef miktarı MD yönündeki uzamayı düşürdüğü gözlemlenmiştir. Kontrol kumaşı uzama değeri 17,283 N ile diğerlerine kıyasla fazla uzadığı görülmektedir.

Çizelge 4.14. MD yönünde kopma uzaması ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	174,100	58,025	16,920	0,000
Hata	36	123,500	3,429		
Toplam	39	297,500			

Çizelge 4.15. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak MD yönünde kopma uzaması gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup	
Kontrol Kumaşı	10	17,283	A	
%5	10	16,547	A	
%15	10	13,354		B
%10	10	12,325		B



Şekil 4.10. MD yönünde uzama için ana etkiler grafiği

Çizelge 4.14 MD yönünde uzama ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.15 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların uzama dağılımının 2 gruba ayrıldığını görebiliriz. Kontrol kumaşı ve %5 telefe sahip kumaşın uzama değeri yüksek olup A grubunda nitelendirilmiştir. %10 ve %15 telefe sahip kumaşlar B grubu

olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum uzama açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu ortaya koymaktadır.

MD yönünde mukavemet değerleriyle kıyaslandığında normalde sertlik modülü/elastikiyet arasındaki ilişki göz önüne alındığında mukavemet değeri yüksek olan kumaşın uzama değerinin düşük olması beklenir, zira yüksek mukavemet yüksek makromoleküler yapı ve kristalinite ile ilgilidir. Benzer şekilde kontrol kumaşının lif yerleşimi ve dağılımı telef içermemesi sebebiyle daha homojen olup mukavemet değerlerine olumlu yansımıştır. Yine bu kumaşlarda telef olmaması aynı zamanda daha uzun elyaf içermesi sebebiyle de daha yüksek uzama değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Telef içeriğinin artması bir yandan mukavemet değerlerine olumsuz yansırken diğer yandan da kısa lif içeriğinin nispeten artması sonucunda uzama değerlerini de olumsuz etkilemiştir. MD yönünde lifler birbirine dik uzandığı için liflerin birbiri üzerinde tutunmaları mukavemetin yüksek olmasına ve oluşan bağ yapılar uzama devam ederken kopsa bile liflerin birbirine tutunması devam ettiği için uzamayı artırmıştır.

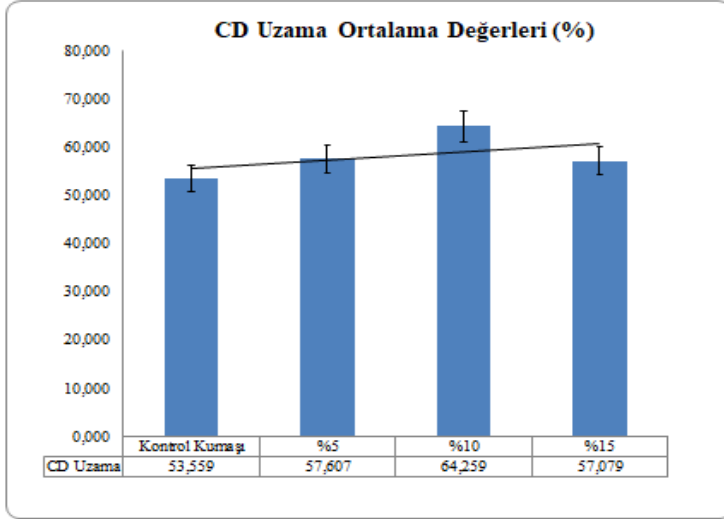
CD Yönünde Kumaş Uzama

CD yönünde uzama deneyleri sonucunda elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.16 ve Şekil 4.11'de verilmektedir.

Çizelge 4.16. CD yönünde uzama test sonuçları

CD Uzama (%)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	65,876	67,147	83,397	64,577
Minimum	40,676	47,516	50,193	48,361
Değişim Aralığı (R)	25,200	19,631	33,204	16,216
Ortalama	53,559	57,607	64,259	57,079
Varyans	50,187	58,912	84,631	27,232
Standart Sapma	7,084	7,675	9,200	5,218
Varyasyon Katsayısı (CV)	13,227	13,324	14,316	9,142

Çizelge 4.17’de CD yönünde uzama sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.18’de verilmiştir. CD yönünde kopma mukavemeti için ana etkiler grafiği Şekil 4.12’de yer almaktadır.



Şekil 4.11. CD yönünde uzama ortalama değerlerin grafiksel gösterimi

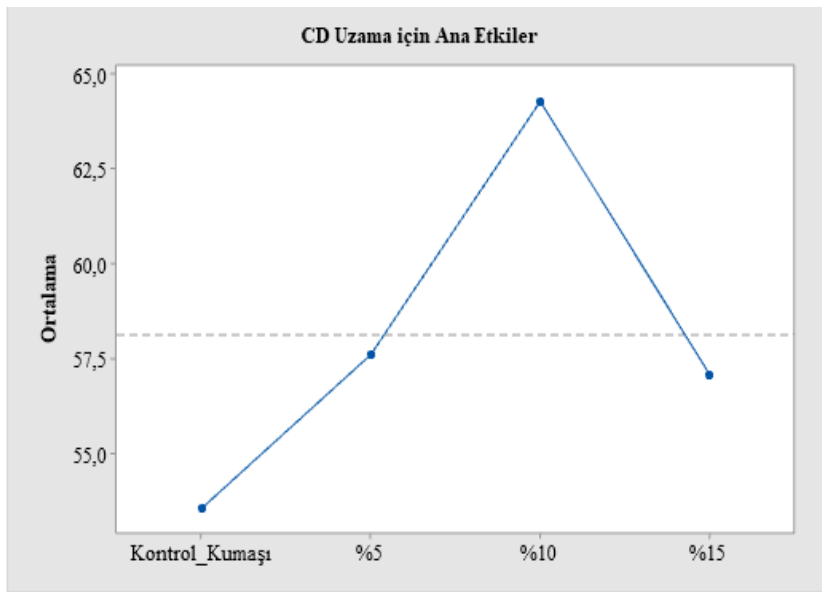
Çizelge 4.16 ve Şekil 4.11 incelendiğinde kumaşların CD yönünde uzama dağılım grafiğinde telef miktarı uzamayı artırmıştır. %10 telefli kumaşın uzama değeri 53,559 N ile diğerlerine kıyasla fazla uzadığı görülmektedir.

Çizelge 4.17. CD yönünde kopma uzaması ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	598,300	199,440	3,610	0,022
Hata	36	1988,700	55,240		
Toplam	39	2587			

Çizelge 4.18. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak CD yönünde kopma uzaması gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup	
%10	10	64,260	A	
%5	10	57,610	A	B
%15	10	57,080	A	B
Kontrol Kumaşı	10	53,560		B



Şekil 4.12. CD yönünde uzama için ana etkiler grafiği

Çizelge 4.17 CD yönünde uzama ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.18 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların uzama dağılımının 2 gruba ayrıldığını görebiliriz. %5, %10 ve %15 telefe sahip kumaşın uzama değeri A grubunu oluştururken, kontrol kumaşı, %5 ve %15 telefe sahip kumaşlar B grubu olarak sınıflandırılmıştır. %5 ve %15 telefe sahip kumaşların uzama değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Buradaki fark, A grubu içindeki %10 ve B grubu içindeki kontrol kumaşının ortalamaları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır.

CD yönde mukavemet değerleriyle kıyaslandığında uzama değerleri ile birebir ilişki olmadığı görülmektedir. Beklenildiği gibi mukavemet değeri yüksek olan kumaşın CD uzama değeri ters orantılı olarak düşük çıkmıştır. Liflerin birbirleriyle oluşturdukları bağlanma, artan

mukavemet ile sonuçlanmış fakat liflerin MD yönünde paralel yerleşimleri birbirleri üzerinde tutunmalarını uzun süreli sağlayamadığı için uzama değerleri düşük çıkmıştır. Telef katılması katılan liflerin nispeten kısa olması sebebiyle liflerin tutunmalarında köprü görevi görerek uzamayı bir miktar artırmıştır.

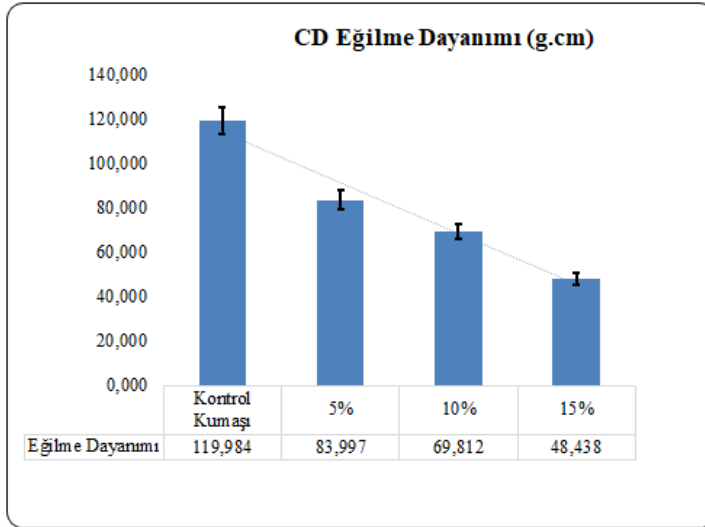
Kontrol kumaşı ve %5 telefli kumaş için CD yönündeki uzama değeri MD yönündeki uzama değerinin yaklaşık 3,7 – 3,5 katı iken, %10 ve %15 telefli kumaşlar için yaklaşık 4,3 katı kadardır. Kumaşların uzama miktarları her iki yönde de eşit değildir. Tülbent üretim yöntemlerinden tarak makinesinin düz serimi sonucu liflerin birbirine paralel bir şekilde yerleşmesi ve bağ dokusunun yapısından dolayı kumaşlar uzama yönünden anizotropik yapıdadır ve telef artışı bu oranı daha da artırmıştır.

4.5. Eğilme Dayanımı Sonuçları

Kumaşlara yapılan eğilme dayanımı testleri sonucunda elde edilen eğilme dayanımı değerleri Çizelge 4.19 ve Şekil 4.13'te verilmektedir. Çizelge 4.20'de eğilme dayanımı sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05'ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.21'de verilmiştir. Eğilme dayanımı için ana etkiler grafiği Şekil 4.14'de yer almaktadır.

Çizelge 4.19. CD yönünde eğilme dayanımı test verileri

CD Eğilme Dayanımı (g.cm)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	144,969	112,842	94,186	56,333
Minimum	91,609	60,628	53,081	42,830
Değişim Aralığı (R)	53,360	52,214	41,105	13,503
Ortalama	119,984	83,997	69,812	48,438
Varyans	577,031	483,181	307,955	40,869
Standart Sapma	24,021	21,981	17,549	6,393
Varyasyon Katsayısı (CV)	20,021	26,169	25,137	13,198



Şekil 4.13. CD yönünde eğilme dayanımı sonuçları

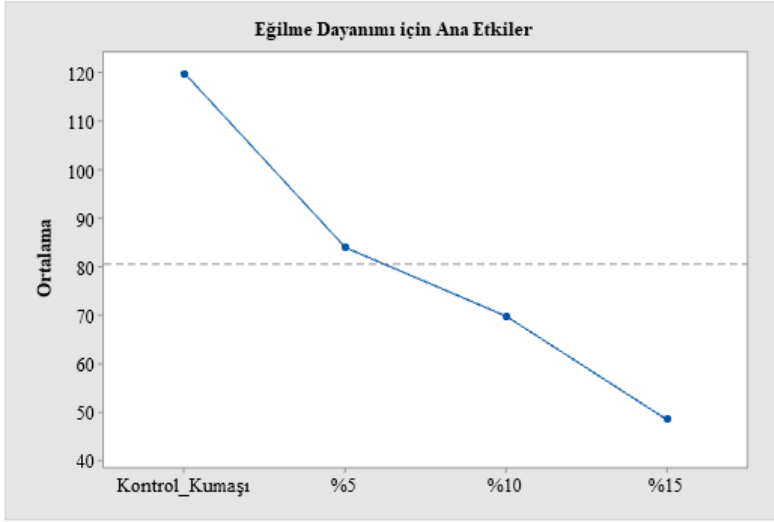
Çizelge 4.19 ve Şekil 4.13 ayrıntılı olarak incelendiğinde kumaşın CD yönündeki eğilme dayanımı verilerine göre kumaşların en yüksekte en düşüğe doğru sıralaması kontrol kumaşı > %5 > %10 > %15 telef oranı içeren kumaşlar şeklindedir. Kumaş içerisindeki telef oranının artmasıyla eğilme dayanımında düşüş gözlenmiştir.

Çizelge 4.20. CD yönünde eğilme dayanımı ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	10.854	3617,800	10,270	0,001
Hata	12	4.227	352,300		
Toplam	15	15.081			

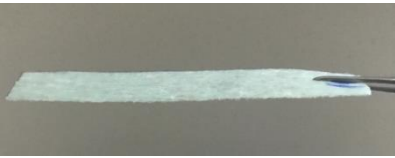
Çizelge 4.21. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak CD yönünde eğilme dayanımı gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup	
Kontrol Kumaşı	4	120,00	A	
%5	4	84,00	A	B
%10	4	69,81		B
%15	4	48,44		B



Şekil 4.14. Eğilme dayanımı için ana etkiler grafiği

Çizelge 4.20 CD yönünde eğilme dayanımı ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.21 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların CD yönünde eğilme dayanımı 2 gruba ayrıldığını görebiliriz. Kontrol kumaşı diğerlerine kıyasla eğilme dayanımı değeri yüksek olup %5 telef kumaşı ile A grubunda yer almaktadır. %5, %10 ve %15 telefe sahip kumaşlar B grubu olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 4.14'te eğilme dayanımı için ana etkiler grafiği incelendiğinde %5 ve kontrol kumaşı ortalamasının üzerinde yer alırken %15 ve %10 telefli kumaşlar ortalamasının altında yer almaktadır. Telef miktarının artırılmasıyla eğilme dayanımında düşüş görülmüştür. Telef miktarı hem bağ yapısını zayıflatmış hem de kısa ve kıvrımsız olmasından dolayı liflerin birbiriyle tutunma direncini düşürmüştür. Ayrıca kumaşların kalınlık değerleri de göz önünde bulundurulduğunda telef içeriğinin artması kumaş kalınlığını düşürdüğü için bir yandan da eğilme direncinin düşmesine sebep olmuştur.



Şekil 4.15. MD yönünde eğilme dayanımı

Eğilme dayanımı testlerinde Şekil 4.15'te görüldüğü gibi MD yönünde herhangi bir eğilme gözlenmemiştir.

4.6. Boncuklanma Sonuçları

Boncuklanma testleri sonucunda elde edilen görseller Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilmektedir.



Şekil 4.16. Cihaz üzerinde boncuklanma testi görseli

	1. Tekrar	2. Tekrar	3. Tekrar
%15			
%10			
%5			
Kontrol kumaşı			

Şekil 4.17. Boncuklanma testi görseli

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 incelendiğinde yaklaşık 1700 turda kumaşların hassas yapılarından dolayı deformasyona uğradığı ve parçalandıkları gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.22’de boncuklanma testi değerlendirme sonuçlarına göre değerler çok düşüktür ve telef oranıyla bir ilişki kurulamamıştır.

Çizelge 4.22. Boncuklanma testi değerlendirme sonuçları

Kumaşlar	1.Tekrar	2.Tekar	3.Tekrar	Ort.
Kontrol Kumaşı	2	1	1	1,33
%5	1	2	2	1,67
%10	1	1	1	1,00
%15	2	1	1	1,33

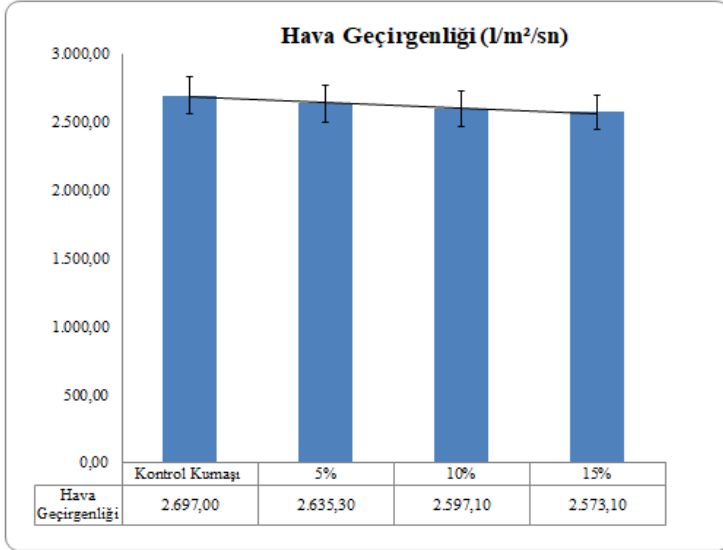
Kontrol Kumaşı	2	2	1	1,67
%5	2	2	2	2,00
%10	1	1	1	1,00
%15	2	1	1	1,33

4.7. Hava Geçirgenliği Sonuçları

Hava geçirgenliği testleri sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.23 ve Şekil 4.18'de verilmektedir

Çizelge 4.23. Hava geçirgenliği test verileri

Hava Geçirgenliği (l/m ² /s)	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	3.030,00	2.857,00	2.778,00	2.857,00
Minimum	2.500,00	2.326,00	2.381,00	2.326,00
Değişim Aralığı (R)	530,00	531,00	397,00	531,00
Ortalama	2.697,00	2.635,30	2.597,10	2.573,10
Varyans	27.305,33	33.295,12	17.266,54	25.783,87
Standart Sapma	165,24	182,47	131,40	160,57
Varyasyon Katsayısı (CV)	6,12	6,92	5,06	6,24



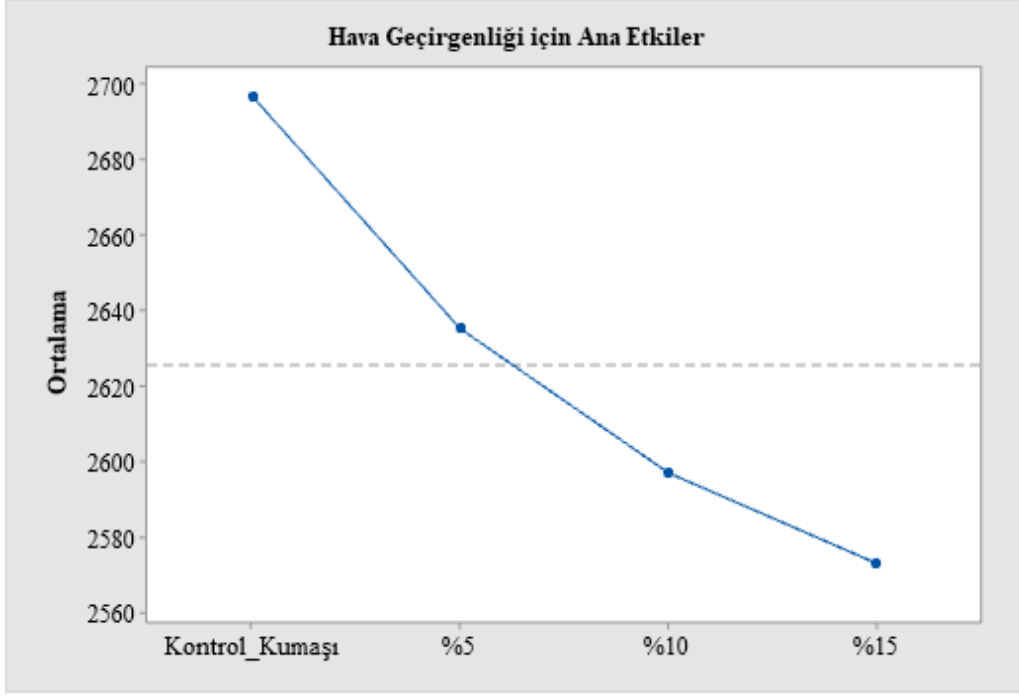
Şekil 4.18. Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları

Çizelge 4.23 ve Şekil 4.18 incelendiğinde en yüksek hava geçirgenliğine sahip olan kumaşın kontrol kumaşı olduğu ve telef oranının artmasıyla doğrusal olarak hava geçirgenliğinin düştüğü görülmüştür. Teorik olarak telef içerisindeki kısa elyafın kumaş yüzeyine dağılımında kumaş içerisindeki boşlukları doldurduğu için hava geçirgenliğinin düşmesine yol açabilmektedir. Fakat her ne kadar grafiksel olarak böyle bir görüş olsa da aslında aradaki farklar çok düşüktür.

. Çizelge 4.24’te MD hava geçirgenliği sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Hava geçirgenliği için ana etkiler grafiği ise Şekil 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.24. Hava geçirgenliği ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	87.605	29.202	1,130	0,351
Hata	36	932.858	25.913		
Toplam	39	1.020.463			



Şekil 4.19. Hava geçirgenliği için ana etkiler grafiği

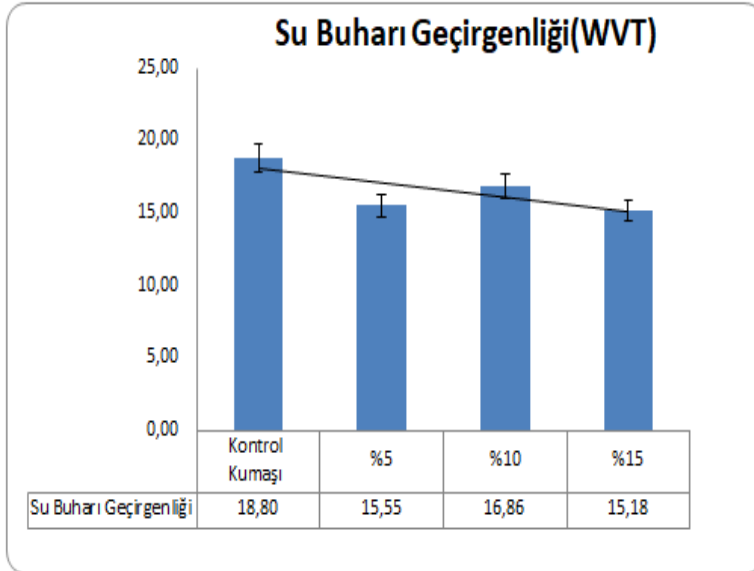
Çizelge 4.24'te ANOVA sonucunda aralarında bir farkın olmadığı çıkmaktadır. Şekil 4.19'da hava geçirgenliği için ana etkileri grafiği verilmiştir. %5 ve kontrol kumaşı ortalamanın üzerinde yer alırken %15 ve %10 telefli kumaşlar ortalamanın altında yer almaktadır.

4.8. Su Buharı Geçirgenliği Sonuçları

Kumaşlara yapılan kap metodu ile su buharı geçirgenliği testleri sonucunda elde edilen su buharı geçirgenliği değerleri Çizelge 4.25 ve Şekil 4.20'de verilmektedir. Çizelge 4.26'da su buharı geçirgenliği sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05'ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.27'de verilmiştir. Su buharı geçirgenliği için ana etkiler grafiği Şekil 4.22'de yer almaktadır.

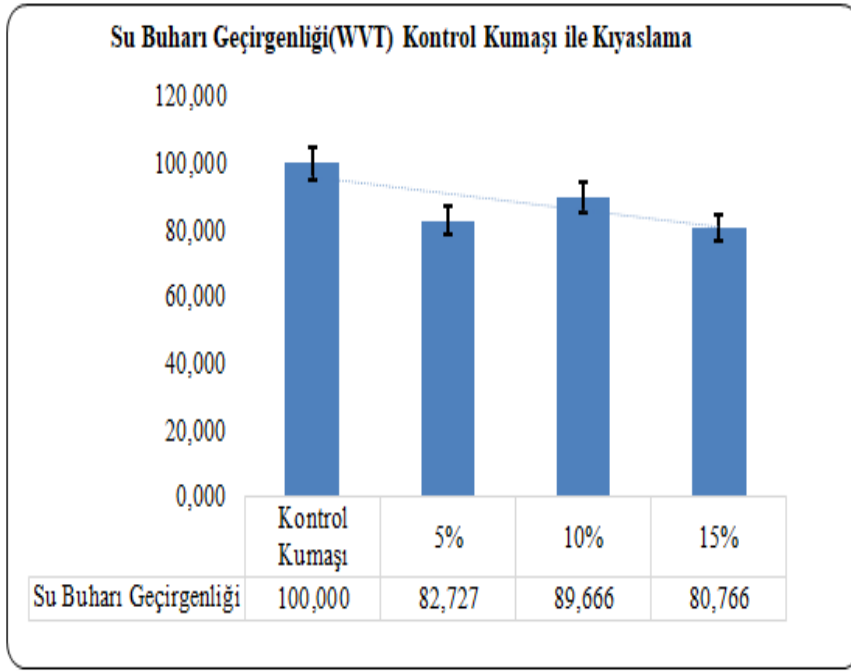
Çizelge 4.25. Su buharı geçirgenliği test verileri

Su Buharı Geçirgenliği	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	19,238	16,671	17,937	16,536
Minimum	18,025	14,159	15,035	14,390
Değişim Aralığı (R)	1,213	2,512	2,903	2,146
Ortalama	18,803	15,553	16,857	15,184
Varyans	0,457	1,634	2,520	1,384
Standart Sapma	0,676	1,278	1,587	1,177
Varyasyon Katsayısı (CV)	3,594	8,220	9,416	7,749



Şekil 4.20. Su buharı geçirgenlik sonuçları

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.20 ayrıntılı olarak incelendiğinde su buharı geçirgenliklerine göre kumaşların en yüksekten en düşüğe doğru sıralaması kontrol kumaşı > %10 > %5 > %15 telef oranı içeren kumaşlar şeklindedir. Telef oranının artmasıyla doğrusal bir düşüş gözlenmemiştir. Şekil 4.21’de kontrol kumaşı ile kıyaslama yapıldığında en düşük değere sahip olan %15 telefli kumaştaki düşüş oranı yüzde 19,2 oranındadır. Kontrol kumaşının su buharı geçirgenliği diğer telefli kumaşlara kıyasla yüksektir. Kontrol kumaşı içerisindeki boşluklar telefin dâhil olmasıyla azalmıştır.



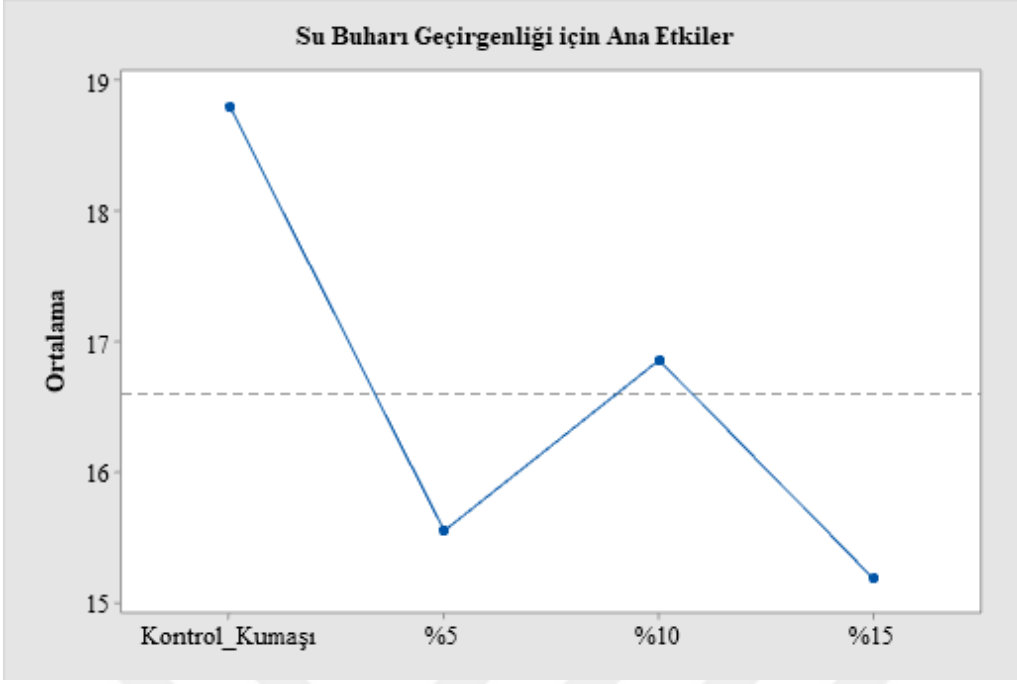
Şekil 4.21. Su buharı geçirgenliği kontrol kumaşı ile kıyaslaması

Çizelge 4.26. Su buharı geçirgenliği ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	24,070	8,0230	5,350	0,026
Hata	8	11,990	1,499		
Toplam	11	36,060			

Çizelge 4.27. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak su buharı geçirgenliği gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup	
Kontrol Kumaşı	3	18,803	A	
%10	3	16,857	A	B
%5	3	15,553		B
%15	3	15,184		B



Şekil 4.22. Su buharı geçirgenliği için ana etkiler grafiği

Çizelge 4.26 su buharı geçirgenliği ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.27 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların su buharı geçirgenlik dağılımının 2 gruba ayrıldığını görebiliriz. Kontrol kumaşı diğerlerine kıyasla su buharı geçirgenlik değeri yüksek olup %10 telef kumaşı ile A grubunda belirtilmiştir. %5, %10 ve %15 telefe sahip kumaşlar B grubu olarak sınıflandırılmıştır.

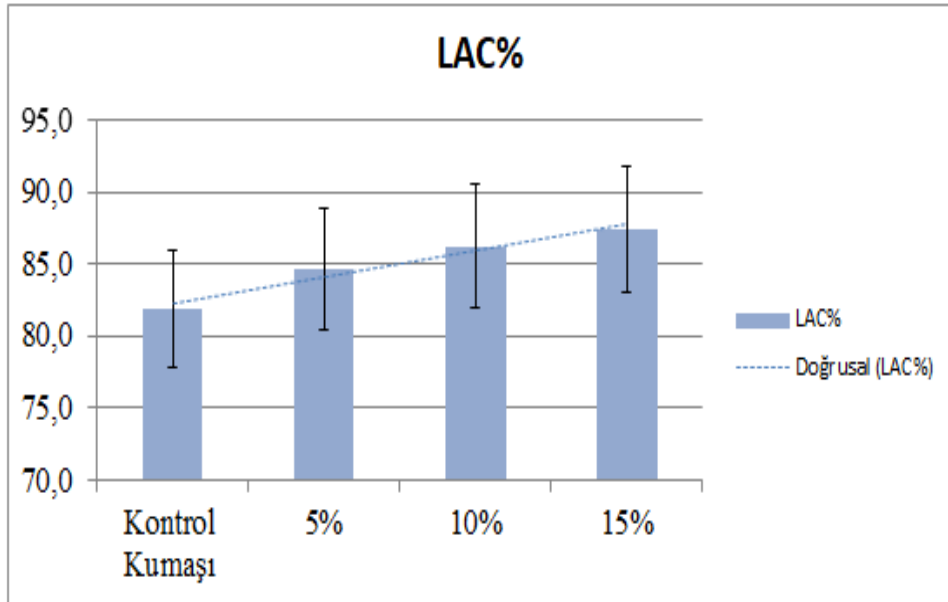
Su buharı geçirgenlik deneyinde kullanılan kumaş gramajlarının birbirine çok yakındır. Bu sebeple gramajın su buharı geçirgenliğinde etkisi yoktur. Su buharı geçirgenliğine kumaş içerisindeki elyaf dağılımının homojen bir yapıda olmadığı ve su buharı geçirgenliğine önemli bir derecede etki edebileceği düşünülebilir.

4.9. Su Emicilik Sonuçları

Kumaşlara yapılan su emicilik testleri sonucunda elde edilen su emicilik değerleri Çizelge 4.28 ve Şekil 4.23’de verilmektedir. Çizelge 4.28 ve Şekil 4.23 incelendiğinde en yüksek su emicilik oranına sahip kumaşın %15 telef oranı içeren kumaş olduğu ve telef oranının artmasıyla doğrusal olarak su emiciliğin arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.28. Su emicilik test verileri

Su Emme Kapasitesi LAC%	Kontrol Kumaşı	%5	%10	%15
Maksimum	84,498	86,344	86,705	87,876
Minimum	80,141	82,372	85,351	86,212
Değişim Aralığı (R)	4,357	3,972	1,354	1,664
Ortalama	81,881	84,565	86,238	87,354
Varyans	4,600	2,209	0,298	0,434
Standart Sapma	2,145	1,486	0,546	0,658
Varyasyon Katsayısı (CV)	2,619	1,758	0,633	0,754



Şekil 4.23. Su emicilik test sonuçları

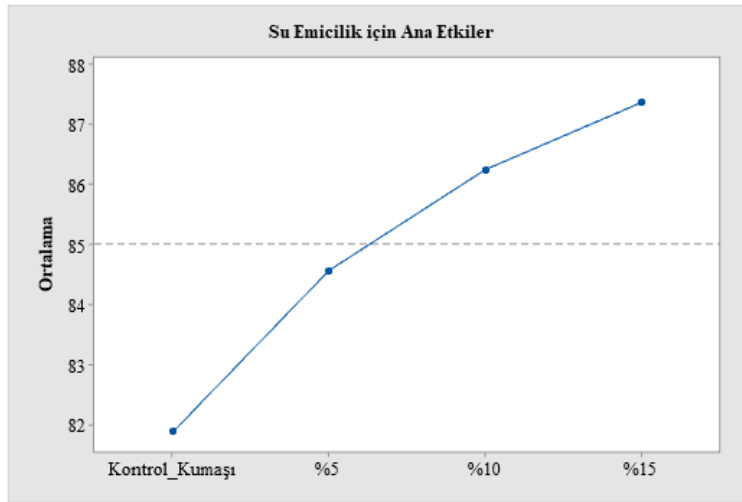
Çizelge 4.29’da eğilme dayanımı sonuçlarına ait varyans analizleri verilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına geldiğinden gruplar arasındaki farkı ayrıntılı incelemek adına Tukey yöntemi ile istatistiksel analiz Çizelge 4.30’da verilmiştir. Su emicilik için ana etkiler grafiği Şekil 4.24’te yer almaktadır.

Çizelge 4.29. Su emicilik değerleri ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Faktör	3	84,960	28,321	15,020	0,000
Hata	16	30,160	1,885		
Toplam	19	115,120			

Çizelge 4.30. Tukey yöntemi ile %95 güven aralığı kullanarak su emicilik gruplama bilgileri

Faktör	N	Ortalama	Grup		
%15	5	87,354	A		
%10	5	86,238	A	B	
%5	5	84,565		B	
Kontrol Kumaşı	5	81,881			C



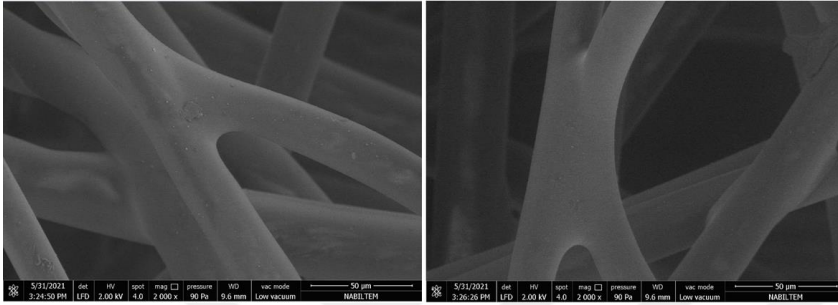
Şekil 4.24. Su emicilik için ana etkiler grafiği

Çizelge 4.29 su emicilik ANOVA sonucunda ise faktör seviyeleri arasında fark olduğu görülmektedir. Çizelge 4.30 Tukey verilerine bakıldığında kumaşların su emicilik dağılımının 3 gruba ayrıldığını görebiliriz. Tukey yöntemine göre %10 ile %15 telefli kumaşlar A grubu, %10 ile %5 telefli kumaşlar B grubu ve kontrol kumaşı ile %5 telefli kumaş C grubunda sınıflandırılmıştır. Şekil 4.24’de su emicilik için ana etkiler grafiğinde telef oranının artması

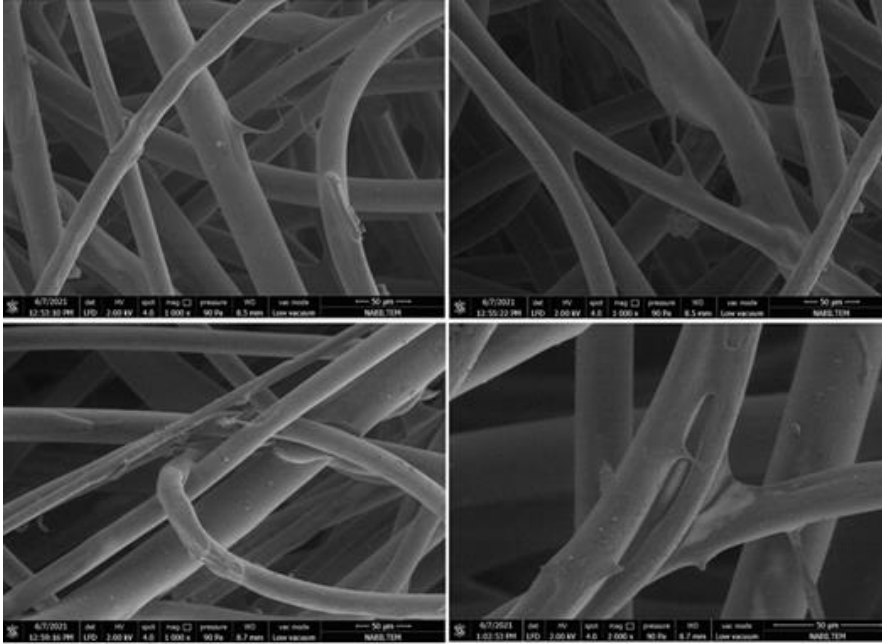
su emiciliği artırdığı görülmektedir. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu ortaya koymaktadır.

4.10. SEM Analiz Sonuçları

SEM analizinde dokusuz kumaşların yüzey özellikleri, liflerin birbirleriyle oluşturdukları bağ yapıları ve telefin bağ yapıları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Şekil 4.25'te kontrol kumaşının bağ yapısının kuvvetli olduğu görülmektedir

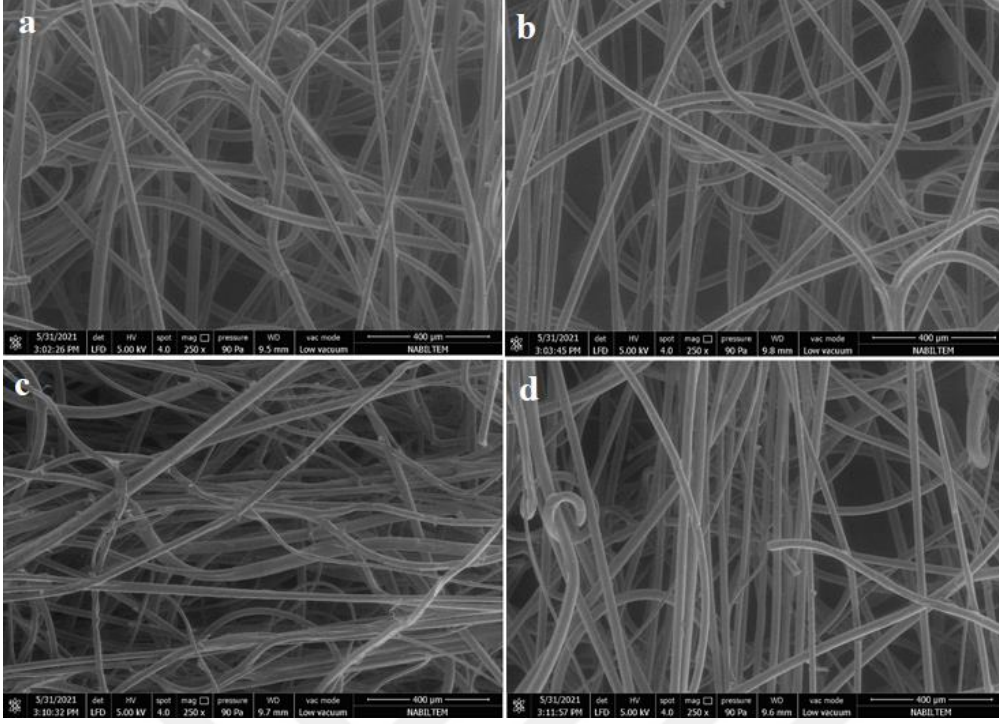


Şekil 4.25. Kontrol kumaşının SEM görüntüsü 2000x



Şekil 4.26. Telef içeren kumaşların SEM görüntüsü 1000x

Şekil 4.26'da telef liflerin bağ yapıları görüntülenmektedir. Lifler birbirleriyle zayıf bir bağ yapısı oluşturmaktadır. Telef oranı arttıkça zayıf bağ yapılarında artması muhtemeldir.



Şekil 4.27. Kumaşların SEM görüntüsü 250x (a) Kontrol kumaşı (b) %5 (c) %10 (d) %15

. Şekil 4.27’de telefli elyafın kısa ve kıvrımsız yapısından dolayı bağ oluşturmadan iki lif arasında kaldığı da görülmektedir. Telef miktarının artışı kıvrımsız ve kısa olması aradaki boşlukları doldurarak kalınlığın, su buharı geçirgenliğinin düşmesine sebep olmuştur. Zayıf bağ yapısı oluşturmasından dolayı MD yönde mukavemeti, eğilme dayanımını düşürmüştür.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmalar sonucu kumaş üzerinde gramaj değerlerine bakıldığında standart sapma değerinin büyükten küçüğe doğru %5, kontrol kumaşı, %15 ve %10 telefle üretilmiş kumaş olduğu görülmektedir. Telef oranı değişiminin gramaj dağılımı üzerinde bir etkisinin olmadığını kesin olarak söylemek zor olmakla birlikte makine performansının etkili olduğu yorumu yapılabilmektedir. Gramaj değişiminin hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, mukavemet, uzama, eğilme dayanımı, boncuklanma ve su emicilik testlerinde etkisi olmaktadır. Bu sebeple yapılan testlerin doğruluğu ve karşılaştırmaların sağlıklı yapılabilmesi için test edilen numunelerin gramaj değerleri olarak 80 g/m²'ye yakın olanlar alınmıştır.

Gramaj dağılımının kumaş kalınlığı üzerinde etkisi olsa da telef oranının artmasıyla kalınlık değerleri düşmüştür. Telef içerisinde kısa lif miktarının daha fazla olması bunun başlıca sebebidir.

Kumaşların MD yönünde kopma mukavemeti sonuçlarında en yüksek kontrol kumaşı olmakla birlikte diğer telef içeren kumaşların değerleri birbirine çok yakındır. Telef kumaşın kopma mukavemetini düşürmüştür. Doğrusal olarak bir düşüşe sebep olmamıştır.

Kumaşların MD yönünde uzamaları incelendiğinde kontrol kumaşı ile %5 ve %10 ile %15 telef oranı içeren kumaşların yüzdelik uzamalarının birbirine yakın olduğu fakat kontrol kumaşı ile %5 telef oranı içeren kumaşların %10 ile %15 telef oranı içeren kumaşlara oranla daha fazla uzamaya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Kumaşların CD yönünde kopma mukavemetleri ve yüzdelik olarak uzama değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

Kumaşların CD yönünde kopma mukavemetleri ve uzamaları incelendiğinde değerlerin birbirine çok yakın olduğu telef miktarının CD yönünde önemli bir değişikliğe yol açmamıştır.

Eğilme dayanımı testlerinde MD yönünde herhangi bir eğilme gözlenmemiştir. Kumaşın CD yönündeki eğilme dayanımı verilerine göre kumaş içerisindeki telef oranının artmasıyla eğilme dayanımda düşüş gözlenmiştir.

Boncuklanma testi değerlendirme sonuçlarına göre değerler çok düşüktür ve tüm kumaş numunelerinde deformasyonlar ve yırtılmalar olduğu gözlemlenmiştir.

Boncuklanmanın kumaşın hassa yapısından dolayı telef oranıyla bir ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kumaşların hava geçirgenlikleri incelendiğinde en yüksek hava geçirgenlik değerine sahip olan kumaşın kontrol kumaşı olduğu ve telef oranının artmasıyla doğrusal olarak hava geçirgenliğinin düştüğü görülmüştür. Telef içerisindeki kısa elyafın kumaş yüzeyine dağılımında kumaş içerisindeki boşlukları doldurduğu için hava geçirgenliğinin düşmesine yol açmıştır.

Su buharı geçirgenlikleri incelendiğinde su buharı geçirgenlik değerinin büyükten küçüğe doğru kontrol kumaşı, %10, %5 ve %15 telefle üretilmiş kumaş olduğu görülmektedir. Alınan numune gramajlarının eşit olduğu göz önünde bulundurularak su buharı geçirgenliğine kumaş içerisindeki elyaf dağılımının homojen bir yapıda olmadığı ve su buharı geçirgenliğine önemli bir derecede etki edebileceği düşünülebilir.

Kumaşların su emicilikleri incelendiğinde en yüksek su emicilik oranına sahip olan kumaşın %15 telef oranı içeren kumaş olduğu ve telef oranının azalmasıyla doğrusal olarak su emiciliğin düştüğü görülmüştür. Telef içerisindeki kısa liflerden ve telef elyafının kumaş yüzeyine dağılımında kumaş içerisindeki boşlukları doldurduğu için su emme kapasitesinde artışa yol açmıştır.

SEM görsellerinde telef miktarının artışı kıvrımsız ve kısa olmasından dolayı aradaki boşlukları doldurmuştur. Ayrıca telef liflerinin zayıf bağ yapısı oluşturduğu görülmektedir.

Çalışma kapmasında telefin hava geçişi bağlama yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerde kullanabileceği, kumaşın mekanik ve geçirgenlik özelliklerini olumsuz yönde çok fazla etkilemediği ve telef oranının son kullanıcının talepleri doğrultusunda artırılıp azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Böylece geri dönüşüme ve atıkların geri kazanımıyla çevreye katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bikomponent elyafının kg fiyatı 2,5 \$ ve polyester elyafının kg fiyatı 1,5 \$ dan olduğu varsayılırsa kontrol kumaşı üretiminde kilogram başına 2,0 \$ elyaf tüketilirken, %15 telefli kumaş üretiminde telef açma makinesindeki işçilik, enerji ve diğer maliyetler göz ardı edildiğinde, kilogram başına 1,7 \$ elyaf tüketilmektedir. Kullanılan telef ile hammadde tüketimi, kullanılan telef miktarı kadar azalıp üretim maliyetlerine yaklaşık %15 katkı sağlamıştır. Elde edilen bulgular sonraki çalışmalar için telef oranının artırılmasıyla üretilen kumaşların kullanılabilirliği ve kullanılabilecek asgari telef miktarı hakkında sağlıklı yorum yapılabilmesine ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- Albrecht, W., Fuchs, H., ve Kittelmann, W. (2003). Nonwoven fabrics: Raw materials, manufacture, applications, characteristics, testing processes. *WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA*. Weinheim.
http://dx.doi.org/10.1057/jibs.2015.47%0Ahttp://www.coloquiomoda.com.br/anais/anais/13-Coloquio-de-Moda_2017/CO/co_6/co_6_UMA_ABORDAGEM_AO_CONFORTO.pdf%0Ahttp://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2807442.2807484%5Cnpapers3://publication/doi/10.1145/280742.2807
- Çelen, R., ve Ulcay, Y. (2019). Bikomponent Lifler. *Tekstil ve Mühendis*, 26(114), 177–187.
<https://doi.org/10.7216/1300759920192611407>
- Dokusuz yüzeylerin tarihsel gelişimi. (2019). Erişim adresi:<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2019/05/dokusuz-yuzeylerin-tarihsel-gelisimi.html>
- Dokusuz yüzey ne demek. (2019). Erişim adresi:<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2019/05/dokusuz-yuzeyler-nonwovens-nedir.html>
- Gao, X., Wu, W., ve Wang, L. (2017). Anisotropic mechanical behavior of thermally bonded nonwoven fabric. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 42, 364–368.
- Gürkan Ünal, P. (2020). Dokusuz yüzeylere giriş ve üretim yöntemleri (Ders notları).
- Halimi, M. T., Hassen, M. B. E. N., ve Wannassi, B. (2018). Optimization and valorization of recycled fiber in non-woven fabric. *Industria Textila*, 69(6), 440–445.
<https://doi.org/10.35530/IT.0>
- Hossain, M., Acar, M., ve Malalasekera, W. (2009). Modelling of the through-air bonding process. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(2), 1–8.
<https://doi.org/10.1177/155892500900400202>
- INDA. (2012). Nonwoven definition guidance document. Erişim adresi:
<http://www.inda.org/wp-content/uploads/2012/02/NW-Definition-Guidance-Document.pdf>
- Shariful, I., ve Shaharia, A. (2019). Investigation of the mechanical properties of thermal bonded nonwoven composite produced of blends with sustainable fibers. *Advance Research in Textile Engineering*, 4(2), 2–6.

- Karthik, T., Rathinamoorthy, R., ve Praba Karan, C. (2016). *Nonwoven process structure properties and applications*. Woodhead Publishing India Pvt. Ltd. Daryaganj: New Delhi
- Kut, D. (2012). *Dokusuz yüzeylere genel bakış*. Uludağ Üniversitesi
- Liu, H., Feng, Y., ve Qian, X. (2019). Preparation and properties of eccentric hollow fiber nonwovens for acquisition distribution layer. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, 1–8. <https://doi.org/10.1177/1558925019885497>
- Liu, J., Zhang, X., Zhang, H., Zheng, L., Huang, C., Wu, H., Wang, R., ve Jin, X. (2017). Low resistance bicomponent spunbond materials for fresh air filtration with ultra-high dust holding capacity. *RSC Advances*, 7(69), 43879–43887. <https://doi.org/10.1039/c7ra07694k>
- Lou, C. W., Lin, J. H., ve Su, K. H. (2005). Recycling polyester and polypropylene nonwoven selvages to produce functional sound absorption composites. *Textile Research Journal*, 75(5), 390–394. <https://doi.org/10.1177/0040517505054178>
- Lyu, L., Li, C., Wang, Y., Lu, J., ve Guo, J. (2020). Sound absorption, thermal and flame retardant properties of nonwoven wall cloth with waste fibers. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.1177/1558925020934124>
- Mishra, R., Behera, B., ve Militky, J. (2014). Recycling of textile waste into green composites: Performance characterization. *Polymer Composites*, 35(10), 1960–1967. <https://doi.org/10.1002/pc.22855>
- Neznakomova, M., Boteva, S., Tzankov, L., ve Elhag, M. (2018). Non-woven textile materials from waste fibers for cleanup of waters polluted with petroleum and oil products. *Earth Systems and Environment*, 2(2), 413–420. <https://doi.org/10.1007/s41748-018-0048-8>
- Patel, M., ve Bhrambhatt, D. (2008). Nonwoven technology for unconventional fabrics. In *Textile Technology*. M.S.Univrsity: Vadodara.
- Rawal, A., Lomov, S., Ngo, T., Verpoest, I., ve Vankerrebrouck, J. (2007). Mechanical behavior of thru air bonded nonwoven structures. *Textile Research Journal*, 77(6), 417–431. <https://doi.org/10.1177/0040517507081313>
- Rubino, C., Bonet Aracil, M., Liuzzi, S., Stefanizzi, P., ve Martellotta, F. (2021). Wool waste used as sustainable nonwoven for building applications. *Journal of Cleaner Production*, 278(2021), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123905>

- Russell, S. J. (2007). *Handbook of nonwovens*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge:England
- Sadrolodabae, P., Claramunt, J., Ardanuy, M., ve Albert de la Fuente, A. (2021). Characterization of a textile waste nonwoven fabric reinforced cement composite for non-structural building components. *Construction and Building Materials*, 276, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122179>
- Sakthivel, S., Melese, B., Edae, A., Abedom, F., Mekonnen, S., ve Solomon, E. (2020). Garment waste recycled cotton/polyester thermal and acoustic properties of air-laid nonwovens. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8304525>
- Sakthivel, S., Ramachandran, T., Chandhanu, R., Gowthami, R., Padma Priya, J., ve Vadivel, P. (2010). Development of products using reclaimed fibres. *The Indian Textile Journal*, 1–8. <https://indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=3087>
- Santhanam, S., Bharani, M., Temesgen, S., Atalie, D., ve Ashagre, G. (2018). Recycling of cotton and polyester fibers to produce nonwoven fabric for functional sound absorption material. *Journal of Natural Fibers*, 16(2), 1–7. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1418472>
- Sayed, U., ve Parte, S. (2015). Recycling of nonwoven waste. *International Journal of Advanced Science and Engineering*, 1(4), 67–71. www.mahendrapublications.com
- Sharma, R., ve Goel, A. (2017). Development of nonwoven fabric from recycled fibers. *Journal of Textile Science & Engineering*, 07(02), 1–3. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000289>
- Viju, S., Rengasamy, R. S., Thilagavathi, G., Singh, C. J., ve Mohamed, H. A. K. (2021). Sustainable development of needle punched nonwoven fabrics from silk worm cocoon waste for oil spill removal. *Journal of Natural Fibers*, 00(00), 1–11. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1853652>
- Wazna, M. E. L., Gounni, A., Bouari, A. E. L., Alami, M. E. L., ve Cherkaoui, O. (2019). Development, characterization and thermal performance of insulating nonwoven fabrics made from textile waste. *Journal of Industrial Textiles*, 48(7), 1167–1183. <https://doi.org/10.1177/1528083718757526>