

T. C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TIRAŞLAMA ARTIĞI KIRPINTI LİFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

DOKTORA TEZİ

GONCA ALAN

HAZİRAN 2018

UŞAK

T. C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TIRAŞLAMA ARTIĞI KIRPINTI LİFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

DOKTORA TEZİ

GONCA ALAN

UŞAK 2018

Gonca ALAN tarafından hazırlanan Tıraşlama Artığı Kırpıntı Liflerin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt TERCAN

Tez Danışmanı, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Osman ASİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Prof. Dr. Mevlüt TERCAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Doç. Dr. A. Ebru TAYYAR

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Prof. Dr. Yahya CAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi

Doç. Dr. Meliha OKTAV BULUT

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi

Tarih: 06/06/2018

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. İsa YEŞİLYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gonca ALAN



TIRAŞLAMA ARTIĞI KIRPINTI LİFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

(Doktora Tezi)

Gonca ALAN

UŞAK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Günümüzde tekstil üretim süreçlerinde ve tekstil ürünlerinin kullanımı sonrasında ortaya çıkan atık malzemelerin, kullanıma hazır hammadde olarak görülmesi ve yeniden değerlendirilmesi ile düşük maliyetli ve çevreyle dost yenilikçi ürünler elde edilebilmektedir. Çalışma kapsamında PP, rPET ve kumaş açması liflerinden oluşan dış katmanlar arasında battaniye tıraşlama artığı kırıntı elyaf ve kumaş açması elyafın katman halde serilip iğneleme yöntemi kullanılarak bu 3 katmanın birleştirilmesiyle 3 katmanlı dokusuz yüzey kumaşlar elde edilmiştir. Elde edilen ürünler gramaj, kalınlık, kopma mukavemeti ve uzaması, hava geçirgenliği, yırtılma mukavemeti, delinme mukavemeti, aşınma mukavemeti ve eğilme rijitliği testlerine tabi tutulmuştur. Böylece ürünlerin membran koruyucu nitelikte jeotekstil olarak kullanımına yönelik özellikleri ve performansları belirlenip bu alana yönelik normal dokusuz yüzey ürünlerle istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Battaniye tıraşlama artığı kırıntı elyafın değerlendirilmesi ile çevre dostu ve kullanım amacına uygun yenilikçi ürünler elde edilmiştir.

Bilim Kodu: 621.01.00.

Anahtar Kelimeler: Kırıntı elyaf, geri dönüşüm, dokusuz yüzeyler, iğneleme, jeotekstil

Sayfa Adedi: 211

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Mevlüt TERCAN

AN INVESTIGATION ON RECYCLING OF TRIMMED FIBRES

(PhD Thesis)

Gonca ALAN

UNIVERSITY OF UŞAK

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2018

ABSTRACT

Nowadays in the case of considering textile waste materials as ready-to-use raw materials and reusing them, cost effective and environmentally benign innovative products can be achieved. Within this scope 3 layered nonwoven fabrics containing trimmed fibres from blankets and mechanically recycled fibres as one of the layers laid down through needlepunching technology between the others consisting of PP, rPET and mechanically recycled fibres are produced in this study. The products were subjected to the tests of mass per unit area, thickness, tensile strength and elongation, air permeability, tear resistance, static puncture resistance, abrasion resistance and bending rigidity. Thus the properties and performances of these products to be used as membrane protective geotextiles were assessed through standard test methods and compared to traditional ones' by using statistical methods. By reuse of trimmed fibres novel products which are environmentally benign and suitable for the intended use are gained.

Science Code: 621.01.00.

Key Words: Trimmed fibre, recycling, nonwovens, needlepunching, geotextiles

Page Number: 211

Supervisor: Prof. Dr. Mevlüt TERCAN

TEŞEKKÜR

Doktora programına başladığım günden itibaren bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, tez çalışmamın her aşamasında kıymetli zamanını benimle paylaşıp ilgi ve desteğini göstermiş olan, zorlu süreçlerde makul ve serinkanlı tavrıyla beni çözüm odaklı düşünmeye sevk eden saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mevlüt Tercan'a çalışmamın başlangıcından tamamlanmasına kadar olan süreçteki tüm değerli katkılarından dolayı teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam boyunca belirli aralıklarla çalışmalarımı takip eden, kıymetli görüş ve önerilerini paylaşarak bana yol gösteren tez izleme komitesi üyelerim Sayın Prof. Dr. Osman ASİ ve Sayın Doç. Dr. A.Ebru TAYYAR'a ilgi ve desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım kumaşların KNG Nonwoven bünyesinde üretilmesinde, tüm teknik bilgi ve donanımıyla, sabır ve desteğini esirgmeden başrolü üstlenerek çalışanlarıyla birlikte dikkat ve titizlikle kumaşlarımın üretilmesini sağlayan Sayın Rıza KAHRAMAN'a, pozitif enerjisi ve çalışkanlığıyla moral ve motivasyon sağlayan sevgili oğlu İsmet Kaan KAHRAMAN'a, kumaşların üretilmesi sırasında büyük emek harcayan Sayın Orhan YILMAZ'a teşekkür ederim. Çalışmada kullandığım kırıntı elyafın temin edilmesindeki ve işletme içindeki yardımlarından ötürü Bekir GÜNEŞHAN ve sevgili kızı Bahar GÜNEŞHAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her aşamada ilgisini ve desteğini en içten şekilde sunan, teknik bilgi ve yardımını benden esirgemeyen, akademik ve sosyal olarak görüş ve önerilerini benimle paylaştığı için çok mutlu olduğum sevgili arkadaşım Arş. Gör. Dr. Ayşe ŞEVKAN MACİT'e ve bu süreçteki her adımda pozitif yönlendirmeleriyle destek sağlayan sevgili arkadaşım Öğr. Gör. Sevcan Üstün ÇETİN'e teşekkür ederim.

Çalışmamda yer alan çeşitli kısımlarla ilgili desteklerini benden esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Gamze TETİK'e, Arş.Gör.Dr. Ersen BALCIOĞLU'na ve Öğr. Gör. Dr. Ahmet Çağdaş SEÇKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tanıştığımız günden itibaren biricik kızımın ve bizim manevi ailemiz olan, iyi ve kötü zamanlarda hep yanımızda olarak sevgi ve destek veren sevgili Havva YILMAZ ve Yaşar YILMAZ nezdinde YILMAZ ailesinin tüm fertlerine teşekkür ederim.

Çocuk kalbi ve saf sevgisiyle hayatıma anlam, neşe ve derinlik, gözlerindeki pırıltıyla gücüme güç katan canım kızım biricik Öykü'me tez çalışmam süresince her koşulda bana uyum sağlayarak yardımcı olduğu için teşekkür ederim. Zorlu çalışma hayatına rağmen tez çalışmam süresince fedakarlıkla ilgi ve desteğini her an hissettiren sevgili eşim Tarık ALAN'a teşekkür ederim.

Hayattaki güçlü ve dimdik duruşunu örnek aldığım, asaletine, zekasına ve sezgi kabiliyetine hayranlık duyduğum, bir ömür ilgisini ve sevgisini üzerimden eksik etmeyen canım annem Sevim ARIN'a ve her daim beni uzaklardan izlediğini hissettiğim babam Emin ARIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Uşak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: 2016/MF008

Gonca ALAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xxiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1. Geri Dönüşüm Kavramı ve Tekstil Atıklarının Geri Dönüştürülme Yöntemleri ...	3
1.1.1. Mekanik Yöntemle Geri Dönüşüm - Açma Yöntemi.....	3
1.1.2. Sentetik Liflerin Geri Dönüşümü	7
1.2. Kimyasal Geri Dönüşüm	10
1.3. Battaniye Tıraşlama Artığı Kırpıntı Elyaf	11
1.4. Çalışmanın Amacı ve İçeriği	14
2. DOKUSUZ YÜZEY TEKSTİLLER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	16
2.1. Yüzey Oluşturma Yöntemleri.....	19
2.1.1. Kuru Serme Yöntemi.....	19
2.1.1.1. Mekanik Serme Yöntemi	19
2.1.1.2. Havalı Serme Yöntemi	19
2.1.1.3. Mekanik ve Havalı Serme	20
2.1.2. Sulu Serme Yöntemi.....	20
2.1.3. Kesiksiz Lif Serme Yöntemleri	20
2.1.3.1. Sonsuz Elyaf Serme Yöntemi	20
2.1.3.2. Eriyik Püskürtme Yöntemi.....	21
2.1.3.3. Elektrostatik Serme Yöntemi	21

2.1.3.4.	Ani Olarak Doku Oluşturma Yöntemi	21
2.2.	Tülbent Sabitleştirme Yöntemleri.....	22
2.2.1.1.	İğneleme Yöntemi.....	22
2.2.1.2.	Su Jetiyle Sabitleştirme Yöntemi	22
2.2.1.3.	Dikme Yöntemi.....	22
2.2.2.	Kimyasal Sabitleştirme Yöntemleri.....	23
2.2.3.	Isıl Bağlama Yöntemleri.....	23
2.3.	Dokusuz Yüzeyle ve Jeotekstillere	23
2.3.1.	Jeotekstillere Kullanım Alanları ve Fonksiyonları	25
2.3.1.1.	Ayrırma Fonksiyonu.....	25
2.3.1.2.	Takviye (Stabilizasyon) Fonksiyonu.....	26
2.3.1.3.	Koruma Fonksiyonu.....	26
2.4.	Önceki Çalışmalar.....	27
2.4.1.	Çeşitli Teknik Alanlarda Kullanılmak Üzere Üretilmiş Geri Dönüşüm Lif İçeren Dokusuz Yüzeyle İlgili Çalışmalar.....	28
2.4.2.	Jeotekstil alanında Kullanılmak Üzere Üretilmiş Geri Dönüşüm Lif İçeren Dokusuz Yüzeyle İlgili Çalışmalar	32
3.	MATERYAL ve METOT	36
3.1.	Materyal	36
3.1.1.	Poliester Lifi	36
3.1.2.	Poliproilen Lifi	38
3.1.3.	Geri Dönüşüm Elyaf.....	40
3.1.4.	Şardon Havı	40
3.1.5.	Battaniye Tıraşlama Artığı Kırpıntı Elyaf.....	40
3.2.	Metot.....	40
3.2.1.	Mekanik Serme.....	41
3.2.2.	İğneleme Yöntemi	43
3.3.	Kumaş Üretimi Aşamaları	47
3.3.1.	Liflerin Hazırlanması.....	48
3.3.2.	Tülbent Oluşumu ve Serilmesi	49
3.3.2.1.	İğneleme Tezgahı	53
3.4.	Kumaşlara Uygulanan Testler	57

3.4.1.	Metrekare Ağırlık Tayini.....	58
3.4.2.	Kalınlık Tayini0.....	59
3.4.3.	Hava Geçirgenliği Tayini	60
3.4.4.	Aşınma Mukavemeti Tayini	61
3.4.5.	Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini.....	63
3.4.6.	Yırtılma Mukavemeti Tayini	64
3.4.7.	Eğilme Rijitliği Tayini.....	64
3.4.8.	Statik Delinme Mukavemeti Tayini	65
4.	BULGULAR	67
4.1.	Gramaj Tayini Sonuçları.....	68
4.2.	Kalınlık Tayini Test Sonuçları.....	70
4.3.	Kopma Mukavemeti Test Sonuçları	72
4.3.1.	Kopma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	94
4.3.2.	Kopma Uzaması Test Sonuçları	97
4.3.3.	Kopma Uzaması Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	102
4.4.	Hava Geçirgenliği Tayini.....	106
4.4.1.	Hava Geçirgenliği Tayini Test Sonuçları	106
4.4.2.	Hava Geçirgenliği Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	116
4.5.	Yırtılma Mukavemeti Testi.....	119
4.5.1.	Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları	119
4.5.2.	Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	140
4.6.	Statik Delinme Mukavemeti Tayini.....	143
4.6.1.	Statik Delinme Mukavemeti Tayini Test Sonuçları	143
4.6.2.	Statik Delinme Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	155
4.7.	Aşınma Mukavemeti Tayini	158
4.7.1.	Aşınma Mukavemeti Test Sonuçları	158
4.7.2.	Aşınma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	168
4.8.	Eğilme Rijitliği Tayini	171
4.8.1.	Eğilme Rijitliği Test Sonuçları	173
4.8.2.	Eğilme Rijitliği Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi	191
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	194

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. Dokusuz yüzeylerin yaygın kullanım alanları [28]	17
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan rPET lifinin özellikleri.....	37
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan PP lifinin özellikleri.....	39
Çizelge 3.3. Alt ve üst katman dokusuz yüzey kumaşlara ait üretim parametreleri.....	55
Çizelge 3.4. Ara katmanı oluşturan dokunun özellikleri	56
Çizelge 3.5. Ara katmanı oluşturan dokunun özellikleri	57
Çizelge 3.6. Kumaşlara uygulanan testler	58
Çizelge 4.1. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların gramaj tayini test sonuçları.....	68
Çizelge 4.2. I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin gramaj tayini test sonuçları.....	69
Çizelge 4.3. II. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin gramaj tayini test sonuçları	69
Çizelge 4.4. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların kalınlık tayini test sonuçları	70
Çizelge 4.5. I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin kalınlık tayini test sonuçları.....	71
Çizelge 4.6. II. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin kalınlık tayini test sonuçları	71
Çizelge 4.7. Dış katmanlar için kopma yükü değerleri	72
Çizelge 4.8. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma yükü değerleri... 73	
Çizelge 4.9. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma yükü değerleri.. 74	
Çizelge 4.10. Dış katmanlar için kopma mukavemeti değerleri.....	75
Çizelge 4.11. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri	83
Çizelge 4.12. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri	89
Çizelge 4.13. Dokusuz yüzey kumaşların kopma mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri.....	94
Çizelge 4.14. Dokusuz yüzey kumaşlarda iğneleme yoğunluğunun kopma mukavemetine etkisi	95

Çizelge 4.15. Dokusuz yüzey kumaşlarda hammaddenin kopma mukavemetine etkisi.....	95
Çizelge 4.16. Dokusuz yüzey kumaşlarda gramajın kopma mukavemetine etkisi	96
Çizelge 4.17. Dış katmanlar için kopma uzaması değerleri	97
Çizelge 4.18. I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin kopma uzaması değerleri.....	99
Çizelge 4.19. II.iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin kopma uzaması değerleri.....	101
Çizelge 4.20. Dokusuz yüzey kumaşların kopma uzaması bulguları için varyans analizi verileri.....	103
Çizelge 4.21. Dokusuz yüzey kumaşlarda iğneleme yoğunluğunun kopma uzamasına etkisi	103
Çizelge 4.22. Dokusuz yüzey kumaşlarda hammaddenin kopma uzamasına etkisi.....	104
Çizelge 4.23. Dokusuz yüzey kumaşlarda gramajın kopma uzamasına etkisi	105
Çizelge 4.24. Dış katmanlar için hava geçirgenliği değerleri.....	106
Çizelge 4.25. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri	111
Çizelge 4.26. II.iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri	113
Çizelge 4.27. Dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliği bulguları için varyans analizi verileri.....	116
Çizelge 4.28. İğneleme yoğunluğunun hava geçirgenliğine etkisi.....	117
Çizelge 4.29. Hammaddenin hava geçiergenliğine etkisi.....	117
Çizelge 4.30. Gramajın hava geçirgenliğine etkisi.....	118
Çizelge 4.31. Dış katmanlar için yırtılma yükü değerleri.....	119
Çizelge 4.32. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma yükü değerleri	120
Çizelge 4.33. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma yükü değerleri	121
Çizelge 4.34. Dış katmanlar için yırtılma mukavemeti değerleri.....	122
Çizelge 4.35. I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma mukavemeti değerleri.....	130
Çizelge 4.36. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma mukavemeti değerleri.....	135

Çizelge 4.37. Dokusuz yüzey kumaşların yırtılma mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri.....	140
Çizelge 4.38. İğneleme yoğunluğunun yırtılma mukavemetine etkisi	140
Çizelge 4.39. Hammaddenin yırtılma mukavemetine etkisi.....	141
Çizelge 4.40. Gramajın yırtılma mukavemetine etkisi	141
Çizelge 4.41. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri	143
Çizelge 4.42. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri.....	148
Çizelge 4.43. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme yükü değerleri.....	151
Çizelge 4.44. Dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri.....	155
Çizelge 4.45. İğneleme yoğunluğunun delinme mukavemetine etkisi.....	155
Çizelge 4.46. Hammadde tipinin delinme mukavemetine etkisi	156
Çizelge 4.47. Gramajın delinme mukavemetine etkisi.....	157
Çizelge 4.48. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri.....	158
Çizelge 4.49. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri.....	162
Çizelge 4.50. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri.....	165
Çizelge 4.51. Dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri.....	168
Çizelge 4.52. İğneleme yoğunluğunun aşınma mukavemetine etkisi	168
Çizelge 4.53. Hammaddenin aşınma mukavemetine etkisi	169
Çizelge 4.54. Gramajın aşınma mukavemetine etkisi	170
Çizelge 4.55. Dış katmanlar için eğilme uzunluğu değerleri	171
Çizelge 4.56. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin eğilme uzunluğu değerleri.....	172

Çizelge 4.57. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin eğilme uzunluğu değerleri.....	172
Çizelge 4.58. Dış katmanlar için eğilme rijitliği değerleri	173
Çizelge 4.59. I. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri.....	181
Çizelge 4.60. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri.....	186
Çizelge 4.61. Dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği bulguları için varyans analizi verileri.....	191
Çizelge 4.62. İğneleme yoğunluğunun eğilme rijitliğine etkisi	191
Çizelge 4.63. Hammaddenin eğilme rijitliğine etkisi.....	192
Çizelge 4.64. Gramajın eğilme rijitliğine etkisi	192

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. PET şişe geri dönüşümünde mekanik basamaklar [20]	9
Şekil 1.2. PET şişe kimyasal geri dönüşümü [20].....	11
Şekil 2.1. Dokusuz yüzey kumaş üretim teknikleri [29]	18
Şekil 3.1. Dokusuz yüzey kumaş üretiminde kullanılan tarak makinesi [30]	41
Şekil 4.1. Dış katmanlar için makine yönündeki numunelerde kopma mukavemeti değerleri	76
Şekil 4.2. Dış katmanlar için makineye dik yöndeki numunelerde kopma mukavemeti değerleri	76
Şekil 4.3. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon	77
Şekil 4.4. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon	77
Şekil 4.5. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon	78
Şekil 4.6. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon	78
Şekil 4.7. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon	79
Şekil 4.8. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon	79
Şekil 4.9. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon	80
Şekil 4.10. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon	80
Şekil 4.11. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon	81
Şekil 4.12. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon	81

Şekil 4.13. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yön kopma mukavemeti arasındaki regresyon	82
Şekil 4.14. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön kopma mukavemeti arasındaki regresyon	82
Şekil 4.15. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki kopma mukavemeti değerleri	84
Şekil 4.16. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki kopma mukavemeti değerleri	84
Şekil 4.17. Dış Katmanı PP elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	86
Şekil 4.18. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	86
Şekil 4.19. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönündeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	87
Şekil 4.20. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	87
Şekil 4.21. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönündeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon	88
Şekil 4.22. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon ..	88
Şekil 4.23. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki kopma mukavemeti değerleri	89
Şekil 4.24. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki kopma mukavemeti değerleri	90
Şekil 4.25. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	91
Şekil 4.26. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	92
Şekil 4.27. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	92
Şekil 4.28. Dış Katmanı rPET elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yön kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	93

Şekil 4.29. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon.....	93
Şekil 4.30. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon ..	94
Şekil 4.31. Dış katmanlar için makine yönündeki numunelerde kopma uzaması değerleri	97
Şekil 4.32. Dış katmanlar için makine yönüne dik numunelerde kopma uzaması değerleri	98
Şekil 4.33. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönündeki numunelerde kopma uzaması değerleri	99
Şekil 4.34. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönüne dik numunelerde kopma uzaması değerleri	100
Şekil 4.35. II.iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönündeki numunelerde kopma uzaması değerleri	101
Şekil 4.36. II.iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönüne dik numunelerde kopma uzaması değerleri	102
Şekil 4.37.Dış katmanlar için hava geçirgenliği değerleri.....	106
Şekil 4.38. PP hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	108
Şekil 4.39. PP hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların gramaj ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	108
Şekil 4.40. rPET hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	109
Şekil 4.41. rPET hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların gramaj ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	109
Şekil 4.42. Kumaş açması hamaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	110
Şekil 4.43. Kumaş açması hamaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	110
Şekil 4.44. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri	111
Şekil 4.45. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon.....	112

Şekil 4.46. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	112
Şekil 4.47. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon.....	113
Şekil 4.48. II.iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri	114
Şekil 4.49. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	115
Şekil 4.50. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon	115
Şekil 4.51. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon.....	116
Şekil 4.52. Dış katmanlar için makine yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri	122
Şekil 4.53. Dış katmanların makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri	123
Şekil 4.54. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon.....	124
Şekil 4.55. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon.....	124
Şekil 4.56. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	125
Şekil 4.57. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	125
Şekil 4.58. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	126
Şekil 4.59. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	126
Şekil 4.60. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	127
Şekil 4.61. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	127
Şekil 4.62. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	128

Şekil 4.63. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arandaki regresyon	128
Şekil 4.64. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arandaki regresyon	129
Şekil 4.65. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arandaki regresyon	129
Şekil 4.66. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri	130
Şekil 4.67. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	131
Şekil 4.68. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon.....	132
Şekil 4.69. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	132
Şekil 4.70. Dış katmanı r PET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	133
Şekil 4.71. Dış katmanı r PET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon .	133
Şekil 4.72. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	134
Şekil 4.73. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon .	134
Şekil 4.74. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri	136
Şekil 4.75. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	136
Şekil 4.76. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	137
Şekil 4.77. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	137
Şekil 4.78. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	138

Şekil 4.79. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon .	138
Şekil 4.80. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon	139
Şekil 4.81. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon .	139
Şekil 4.82. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri	144
Şekil 4.83. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	145
Şekil 4.84. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu	145
Şekil 4.85. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	146
Şekil 4.86. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu	146
Şekil 4.87. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	147
Şekil 4.88. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu	147
Şekil 4.89. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri	149
Şekil 4.90. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu.....	150
Şekil 4.91. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu.....	150
Şekil 4.92. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu	151
Şekil 4.93. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri	152
Şekil 4.94. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu.....	153

Şekil 4.95. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu.....	153
Şekil 4.96. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu	154
Şekil 4.97. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri.....	158
Şekil 4.98. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	159
Şekil 4.99. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu	159
Şekil 4.100. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	160
Şekil 4.101. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu	160
Şekil 4.102. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu.....	161
Şekil 4.103. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu.....	161
Şekil 4.104. I.İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri.....	162
Şekil 4.105. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	163
Şekil 4.106. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu.....	164
Şekil 4.107. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	164
Şekil 4.108. II. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri.....	165
Şekil 4.109. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu	166
Şekil 4.110. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu.....	167

Şekil 4.111. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma dayanımı değerlerinin kalınlıkla regresyonu	167
Şekil 4.112. Dış katmanlar için makine yönündeki numunelerde eğilme rijitliği değerleri	174
Şekil 4.113. Dış katmanlar için makineye dik yöndeki numunelerde eğilme rijitliği değerleri.....	174
Şekil 4.114. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	175
Şekil 4.115. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	175
Şekil 4.116. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	176
Şekil 4.117. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön eğilme rijitliği arandaki regresyon.....	176
Şekil 4.118. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	177
Şekil 4.119. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	177
Şekil 4.120. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yön eğilme rijitliği arandaki regresyon.....	178
Şekil 4.121. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön eğilme rijitliği arandaki regresyon.....	178
Şekil 4.122. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	179
Şekil 4.123. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü eğilme rijitliği arandaki regresyon	179
Şekil 4.124. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yön eğilme rijitliği arandaki regresyon	180
Şekil 4.125. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön eğilme rijitliği arandaki regresyon	180
Şekil 4.126. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makine yönü eğilme rijitliği değerleri.....	181

Şekil 4.127. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makineye dik yöndeki eğilme rijitliği değerleri	182
Şekil 4.128. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon	183
Şekil 4.129. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon	183
Şekil 4.130. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon.....	184
Şekil 4.131. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon.....	184
Şekil 4.132. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon ..	185
Şekil 4.133. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon	185
Şekil 4.134. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makine yönü eğilme rijitliği değerleri	186
Şekil 4.135. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makineye dik yön eğilme rijitliği değerleri	187
Şekil 4.136. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon	188
Şekil 4.137. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon	188
Şekil 4.138. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon.....	189
Şekil 4.139. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon.....	189
Şekil 4.140. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon ..	190
Şekil 4.141. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon	190

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 1.1. Geri dönüştürülmek üzere sınıflandırılmış tekstil atıkları.....	4
Resim 1.2. a) Kumaş parçalarının açma ünitesine girişi b) Ana tambura geçişi.....	4
Resim 1.3. Ön tarama tamburu ve tutucu-yolucu silindir çiftleri.....	5
Resim 1.4. Ana tarama tamburu ve çalışıcı-sıyırıcı silindir çiftleri.....	6
Resim 1.5. Elde edilen kumaş açması geri dönüşüm elyaf	6
Resim 1.6. Bazı plastiklere ait kodlar [16]	8
Resim 1.7. Dokunmuş battaniyenin şardonlama ünitesine sevki	12
Resim 1.8. Battaniyenin şardon silindirlerinden geçişi	13
Resim 1.9.a) Battaniyenin tıraşlama basamağından geçişi (kapalı konum) b) Battaniyenin tıraşlama basamağından geçişi (açık konum).....	13
Resim 2.1. Jeotekstillerin ayırma ve koruma fonksiyonu [37].....	25
Resim 2.2. Jeotekstilin stabilizasyona ve düzgün yük dağılımına katkısı [35]	26
Resim 2.3. Jeotekstilin stabilizasyona ve düzgün yük dağılımına katkısı [37] Resim 2.4. Koruma fonksiyonu [38]	27
Resim 3.1. Çalışmada kullanılan rPET lifine ait enine kesit görüntüsü	38
Resim 3.2. Çalışmada kullanılan PP lifine ait enine kesit görüntüsü	39
Resim 3.3. Paralel tülbent serme düzeneği [30].....	42
Resim 3.4.Çapraz tülbent serme düzeneği [30].....	43
Resim 3.5.Tipik bir iğneleme ünitesinin şematik gösterimi [67]	43
Resim 3.6.İğnelemede kullanılan tipik bir iğne kısımlarının gösterimi [29].....	44
Resim 3.7. İğnenin tülbent içindeki hareketi [26]	45
Resim 3.8. İğneleme ile dokusuz yüzey oluşumu [27].....	45
Resim 3.9. Çalışma kapsamında üretilen nihai ürünlerin örnek şematik gösterimi	47
Resim 3.10. Liflerin üretime hazırlanması	48

Resim 3.11. Tarama bölgesine sevk edilen lifler	49
Resim 3.12.Liflerin tarağa geçişi.....	50
Resim 3.13.Tarama bölgesindeki alıcı-çalışıcı silindirler	50
Resim 3.14.Çalışıcı-Sıyırıcı silindir çiftlerinin tarama tamburundaki yerleşimi	51
Resim 3.15.Tarama bölgesinden tülbendin çıkışı.....	51
Resim 3.16. Çapraz serim tertibatının önden görünüşü.....	52
Resim 3.17. Çapraz serim tertibatı ile serilmiş tülbent katmanı.....	52
Resim 3.18. Tülbent katmanının iğneleme bölgesine sevki	53
Resim 3.19. İğne tablasındaki iğnelerin yerleşimi	54
Resim 3.20. İğneleme bölgesinden çıkan dokusuz yüzey kumaş.....	54
Resim 3.21. Hassas Terazisi.....	59
Resim 3.22. Unitronics kalınlık ölçüm cihazı	60
Resim 3.23. Prowhite Airtest II hava geçirgenliği ölçüm cihazı.....	61
Resim 3.24. Martindale aşınma ve pilling cihazı	62
Resim 3.25. UTEST çekme test cihazı	63
Resim 3.26. Eğilme rijitliği ölçüm cihazı.....	65
Resim 3.27. a) Zwick Z010 Çekme Cihazı [77] b) Kullanılan uç.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış olan bazı simgeler ve kısaltmalar aşağıda açıklamaları ile birlikte sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

σ

Kesit alan başına düşen yük (N/mm^2)

ϵ

İğneleme sayısı

Kısaltmalar

Açıklama

UV

Ultraviyole

PET

Polietilenteraftalat

rPET

Geri dönüştürülmüş polietilenteraftalat

PP

Polipropilen

cN

Santi Newton

dtex

Desitex

MY

Makine yönü

MDY

Makineye dik yön

GD

Geri dönüşüm

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya genelinde yaşanan nüfus artışı ve tüketim alışkanlıklarının gelişen teknolojiye bağlı olarak şekillenmesi, endüstriyel üretimde ve dolayısıyla da ürün tüketiminde önemli bir artışa yol açmaktadır. Ekonomik ve çevresel faktörler göz önüne alındığında üretim süreçlerinde ve ürünlerin kullanımı sonrasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir.

Atık, üretim sürecinde ve kullanım sonucu oluşan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak ortama bırakılması sakıncalı olan her türlü maddeyi ifade etmektedir [1,2]. Atıklar, doğrudan bir yararı olmaması ve bulunduğu ortamda yer işgal etmesi sebebiyle üretici tarafından değersiz görülerek uzaklaştırılmak istenmektedir. Atıkların kontrolsüzce uzaklaştırılması ise atığın yeniden kullanım potansiyelini tamamen kaybetmesine ve çevresel bir soruna dönüşmesine yol açmaktadır [3]. Bu noktada araştırmacılar tarafından, çeşitli ürün ve malzeme tiplerinin üretim ve kullanım sürecindeki çevresel etkileri ve geri dönüşümünün sağlanması konularında çalışmalar yapılmaktadır. Geri dönüşümü yaygın olarak yapılan ürünler arasında elektronik sektörde elde edilen ürünler, ambalaj ürünleri ve otomotiv ürünleri yer almaktadır. Malzeme sınıfı olarak bakıldığında ise cam, metal, plastik, kâğıt malzemelerin geri dönüşümünün düzenli ve nispeten yaygın olarak yapıldığı söylenebilmektedir [4]. Tekstil alanındaki atıkların değerlendirilmesi ve geri dönüşüm ile ilgili çalışmaların ise daha çok üretim süreçlerinde ortaya çıkan kimyasal atıkların ve kirli suların arıtılmasına yönelik çalışmalar olup katı atıkların değerlendirilmesi ile ilgili bilimsel ya da pratik çalışmaların tek yönlü ve sınırlı olduğu görülmektedir.

Küresel ölçekte tekstil ve hazır giyim üretimi yıllık 80 milyon tonun üzerinde gerçekleşmektedir [3]. Bu büyük üretim hacmi göz önünde bulundurulduğunda üretim basamaklarında meydana gelen ve ürünlerin kullanım ömrünün dolmasının ardından oluşan atıkların değerlendirilmesi hem çevresel hem de ekonomik sebeplerle oldukça önemli hale gelmektedir. Öte yandan teknolojik gelişmelerin elverişli olmasının da etkisiyle tekstil ürünlerinin üretim aşamalarında izlenen yol ve yöntemler birbirinden oldukça farklı şekilde seyretmektedir. Dolayısıyla üretim sürecinde kullanılan hammadde,

makine parkı, enerji kaynakları gibi parametreler farklı olacağından, üretim basamaklarında izlenen çevresel etkileşimler ve tekstil ürünlerinin geri dönüşümü karmaşık bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır [4].

Tekstil atıkları tüketici öncesi ve sonrası olarak iki kategoride ele alınmaktadır. Tüketici öncesi atıklar üretim sırasında nihai ürünün elde edilmesine kadar olan basamaklarda ortaya çıkan atıkları ifade etmektedir. Örneğin iplik üretimi sırasında oluşan döküntü, dokuma ve örme proseslerinde ortaya çıkan artık kumaşlar, yüzeylerin düzgünleştirilmesi adına yapılan kesim ve tıraşlama gibi işlemler sonucunda meydana gelen kırpıntı elyaf gibi malzemeler tüketici öncesi atıklar arasında yer almaktadır. Tüketici sonrası atıklar ise herhangi bir tekstil eşyasının tüketici için ömrünü tamamlayarak bir sebeple kullanılmaz hale gelmesiyle oluşmaktadır. Tüketicilerin bir şekilde artık ihtiyaç duymayıp elden çıkarmak istediği giyim ve ev tekstili ürünleri bu gruba girmektedir [5]. Doğal kaynakların tükenmekte olması, çevreye duyarlı atık imha maliyetlerinin yükselmesi ve depolama alanlarının azalması gibi sebepler tekstil atıklarının değerlendirilmesinde itici güç unsurlarını teşkil etmektedir. Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu (Council for Textile Recycling – CTR) dahil bir çok organizasyon, tekstil atıklarına ilişkin farkındalık yaratmak amacıyla çalışmaktadır ve 2037 yılına gelindiğinde çöplüklerde hiç tekstil atığı olmamasını hedeflemektedir [6]. Tekstil atıklarının kullanıma hazır hammadde olarak görülüp yeniden değerlendirilmesi hem çevresel hem de ekonomik açıdan oldukça önemlidir [3,7-9]. Ekolojik dengenin bozulmaması ve sağlıklı bir çevresel hayatın sürdürülebilmesi adına endüstriyel üretim süreçlerinde ürünlerin elde edilmesi sırasında tüketilen hammadde kaynakları ve enerji kaynaklarının korunması önem taşımaktadır. Hem üretim süreçlerinde hem de kullanım sonrasında meydana gelen atıklar için depolama alanlarına duyulan ihtiyacın azalmasıyla kentsel yaşam alanlarındaki çevresel unsurların olumsuz yönde etkilenmesi engellenmiş olmaktadır. Ekonomik açıdan bakılacak olursa çevreye duyarlı atık imha maliyetleri ile karşılaştırıldığında tekstil atıklarının geri dönüştürülerek üretime dahil edilmesi çoğu zaman daha düşük maliyetlidir. Çevresel bilincin artmasıyla birlikte geri dönüşüm tekstil ürünleri günlük hayatta daha geniş kullanım alanı bulmakta ve teknik kullanım alanlarına yönelik değerlendirilmeleri üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Böylece bir tekstil ürününde kullanım alanına bağlı olarak bulunması gereken temel nitelikler korunmak suretiyle hammaddeden başlayarak düşük maliyetle atık malzemelerden elde edilmiş ikame ürünler elde edilebilmektedir.

1.1. Geri Dönüşüm Kavramı ve Tekstil Atıklarının Geri Dönüştürülme Yöntemleri

Geri dönüşüm, atık malzemelerin yeni ürünlerde kullanılmak üzere hammadde olarak değerlendirilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir. Bu kavram, atık malzemenin geri dönüşümüyle elde edilecek yeni ürünün üretim akışına göre açık çevrim ve kapalı çevrim geri dönüşüm olmak üzere iki sınıfta değerlendirilmektedir [10]. Tekstilde yaygın olarak kullanılan açık çevrim sisteminde malzeme tekrar tekrar geri dönüştürülmemekte ve bunun yerine nispeten daha düşük kaliteli bir ürün eldesinde değerlendirilmek üzere kullanımı sağlanmaktadır. Kapalı çevrim geri dönüşümde ise malzeme tekrar tekrar geri dönüştürülerek üretim hattında yer almaktadır. Her iki yöntem de sürdürülebilir tekstil endüstrisi için oldukça önemlidir.

Geri dönüşüm teknolojileri 4 grupta incelenebilir: Birincil geri dönüşüm bir ürünün orijinal haline geri dönüştürülmesidir; ikincil geri dönüşüm, atığın, orijinal halinden farklı bir uygulama alanına sahip olabilen ve daha düşük fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerde yeni bir ürüne dönüştürülmesidir; üçüncül geri dönüşüm, atığın piroliz, gazlaştırma ve hidroliz yoluyla basit kimyasallara veya yakıtlara dönüştürülmesidir; dördüncül geri dönüşüm ise katı atıkların yakılması ile oluşan ısıdan yararlanılmasıdır [11]. Birincil ya da orijinal geri dönüşüm, en fayda sağlayan geri dönüşüm yöntemidir. Bu yöntem özellikle poliester ve poliamid gibi sentetik liflerin geri dönüşümüne yöneliktir. Bu yöntem "kapalı çevrim geri dönüşüm" (closed-loop recycling) de denilmektedir [12]. Tekstillerin kapalı çevrim geri dönüşümü tüketici sonrası atıkların toplanmasını ve yeni giysilerde kullanılmak üzere bu atıklardan iplik üretilmesini kapsamaktadır. Günümüzde en yaygın uygulanan geri dönüşüm tekniği (open-loop) açık çevrimdir [3]. Bu yaklaşımda geri dönüştürülmüş elyaftan üretilen yeni bir ürünün kalitesi ve performans özellikleri aynı ürünün orijinal haliyle karşılaştırılarak çalışmalar yapılabilmektedir.

1.1.1. Mekanik Yöntemle Geri Dönüşüm - Açma Yöntemi

Geleneksel bir mekanik açma sürecinde atıklar öncelikle renklerine ve çeşitlerine göre sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırmada temel amaç geri dönüşümü sağlanacak atıkların muhtemel kullanım alanları göz önüne alınarak renk ve hammadde tipi bakımından benzer özelliklerde olanların bir arada bulunmasını sağlamaktır. Aşağıda Resim 1.1'de tez

çalışması kapsamında kullanılmış olan geri dönüşüm liflerden kumaş açması olanların açılmadan hemen önceki sınıflandırılmış hali görülmektedir.



Resim 1.1. Geri dönüştürülmek üzere sınıflandırılmış tekstil atıkları

Bu yöntem kumaşın kesme, ufalama, tarama ve diğer mekanik proseslerle liflerine kadar açılmasını ifade etmektedir. Öncelikle kumaşların küçük parçalara kesilmesiyle elde edilen ufalanmış kumaş öbekleri makinenin besleme haznesine sevk edilerek yüksek hızla dönen testere dişi şeklinde ya da iğne tipli tellerle kaplı bir dizi silindirden geçirilmektedir [13]. Resim 1.2 a.'da kesilmiş kumaş parçalarının açma ünitesine girişi gösterilmektedir. Resim 1.2.b'de görüldüğü gibi kesilmiş haldeki kumaş parçalarının alıcı silindirlerle tarama tamburuna iletilmektedir.



Resim 1.2. a) Kumaş parçalarının açma ünitesine girişi b) Ana tambura geçişi

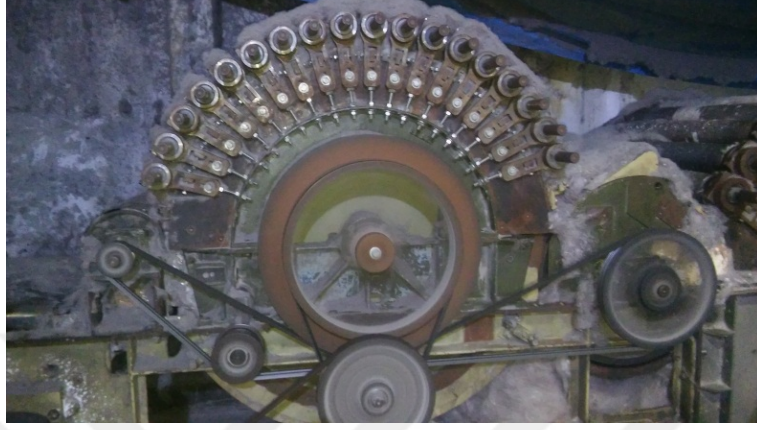
Burada ana işlem basamağını tarama prosesi oluşturmaktadır. Taramanın temel amacı küçük lif tutamlarını ayırık lifler haline getirmektir. Böylece paralelleştirme ve liflerin bir ağ oluşturabilmesi için sevki mümkün olmaktadır. Tarama işleminin temel prensibi olarak lifler bir yüzeyinden tutulmaktayken diğer yüzeyinden taranarak ayırık hale getirilmektedir. Merkezde tarak garnitür telleriyle kaplı büyük bir metalik silindir bulunmaktadır. Taramayı sağlayan yapılar, iğne ya da tel şeklinde ya da ince metalik dişler şeklinde olabilmektedir. Resim 1.3'te küçük parçalar halinde kesilmiş kumaşların ön tarama tamburunun etrafında yer alan tutucu ve yolucu silindir çiftleri sayesinde lif öbekleri haline getirilmesi gösterilmektedir.



Resim 1.3. Ön tarama tamburu ve tutucu-yolucu silindir çiftleri

Ön tarama tamburundan gelen lif tutamları alıcı silindir vasıtasıyla küçük öbekler halinde ana silindire iletilmektedir. Ana silindirin dönüş hızının yüksek olması ve tellerin birbirine zıt yerleşimi sayesinde lif tutamları alınarak taranmış olmaktadır. Çalışıcı silindir ile ana silindir arasındaki etkileşimde ise lifler makine yönünde bir hizalanma göstermekte ve ana silindirin tel yüzeylerinin altında birbirini tutan bir ağ yapı meydana getirmektedir [14]. Bu yapı makinenin alt kısmından bir emiş borusu ile fan yardımıyla depolama alanına sevk edilmektedir. Böylece lifler katma değeri olan ürünlere dönüştürülmek üzere yeniden düzenlenmiş olmaktadır.

Resim 1.4'te ana tarama tamburu ve etrafında tarama işlemini gerçekleştiren çalışıcı-sıyırıcı silindir çiftleri ve Resim 1.5'te de elde edilen geri dönüşüm elyaf yığını görülmektedir.



Resim 1.4. Ana tarama tamburu ve çalışıcı-sıyırıcı silindir çiftleri



Resim 1.5. Elde edilen kumaş açması geri dönüşüm elyaf

Malzemedeki lifler açma sürecinde yoğun bir hasara maruz kalmaktadır. Boyları değişen ve orijinal liflere göre daha kısalmış lifler elde edilmektedir. Açma sırasında iplik ve kumaş parçaları elde edilen lifler arasında bulunabilmektedir. Mevcut teknolojilerde açılan liflerin %25-55'i 10 mm'den uzun olmaktadır [13]. Nispeten yüksek kaliteli geri dönüşüm liflerin elde edilebilmesi için liflerin birbirine daha gevşek şekilde geçirilmiş olduğu örme kumaş yapılar sıkı dokumalara göre daha iyi sonuç vermektedir [15].

Mekanik yöntemde daha çok herhangi bir sebeple kullanılmaz hale gelmiş giysilerin geri dönüşümü yapılmaktadır. Buradan elde edilen lifler iplik yapımında kullanılabilir. Böylece dokuma ve örme proseslerinde geri dönüşüm iplik olarak yer alabilmektedirler. Aynı zamanda ev uygulamalarında ya da endüstriyel alanda kullanılan dokusuz yüzey yapıdaki ürünlere de dönüştürülebilmektedir [14].

Doğal liflerin kimyasal geri dönüşümü mümkün olmadığından takip eden kısımda sentetik liflerin geri dönüşümü mekanik ve kimyasal açıdan incelenerek sunulmuştur.

1.1.2. Sentetik Liflerin Geri Dönüşümü

Termoplastiklerin geri dönüşümü (plastik ürün ve tekstil ürünleri formunda bulunan) eritme ve akabinde taneleştirmeyi ifade etmektedir. Eritme prosesi için en önemli kriter nihai ürünün saflığıdır dolayısıyla geri dönüşüme girmeden önce atıkların özenli bir şekilde sınıflandırılarak ayrılması gerekmektedir. Bu işlem elle ya da makine ile plastik atıkların rengine ve cinsine göre yapılabilir. Ayırmanın ardından termoplastik malzeme ya direkt olarak eritilip kalıplamayla yeni bir şekil verilmektedir ya da pulcuklar halinde ufak parçalara kesilerek ve granüle edilerek regranülize denilen işlem basamağına geçilmektedir.

Plastiklerin ekstrüzyonunda küçük boncuk formundaki termoplastik malzeme ekstrüder variline bir besleme haznesinden yerçekimi etkisi ile beslenir. Malzemenin beslenmesinden önce renklendirici ya da UV tutucu gibi katkı maddeleri eklenebilir. Besleme ağzından giren malzeme dönen bir vida yapılı kol ile termoplastiğin erime sıcaklığına ısıtılmış olan (termoplastiğin tipine göre 200 °C - 275 °C) varile geçişi sağlanmaktadır. Pek çok proseste varilde 3 ya da daha çok bölgede kademeli olarak ısıtma sağlayan profiller yerleştirilmektedir. Böylece plastiğin kademeli olarak eriyip varil içinde iletilmesi ve polimer degradasyonuna sebep olabilecek aşırı ısınmanın önüne geçilmesi sağlanmış olmaktadır. Bununla birlikte termoplastiklerin geri dönüşümü sırasında ısı bir geçmişi oluşmaktadır. Dolayısıyla yeniden kullanımlarında bu özellik göz önünde bulundurulmalıdır. Bu teknoloji PET şişelerin geri dönüşülmesinde de kullanılmaktadır [14].

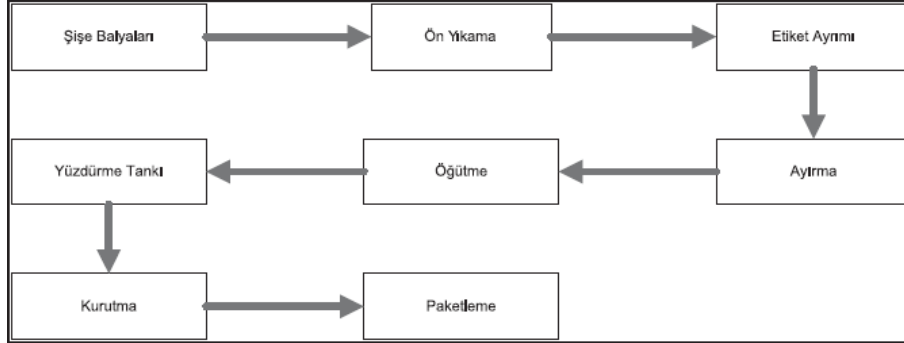
PET yarı kristalin yapısı sayesinde liflerin, film yüzeylerin, şişelerin ve kalıplanabilecek parçaların üretimine fiziksel ve mekanik özellikler bakımından oldukça elverişlidir. PET'in en yaygın kullanımına şişe üretiminde rastlanması bir taraftan katı atık depolama sahalarının tükenme hızı göz önünde bulundurulduğunda PET geri dönüşümünü kaçınılmaz hale getirmiştir. Plastikler birbirine göre yüzlerce farklılık içeren yaklaşık 50 grupta toplanabilmektedir. Bununla birlikte her tip plastiğin geri dönüştürülmesi mümkündür. Plastiklerin geri dönüşümünde ilk basamak olan sınıflandırmanın daha kolay yapılabilmesi için Amerikan Plastik Endüstrisi Topluluğu bir kodlama sistemi geliştirmiştir. Bu sistemle ana plastik tiplerinin tanıma kodları sayesinde geri dönüşüm prosesi öncesinde sınıflandırılmak için ayrılmaları rahatça yapılabilir. Aşağıda Resim 1.6'da bazı plastiklere ait kodlar sunulmuştur.



Resim 1.6. Bazı plastiklere ait kodlar [16]

PET atıklarını geri dönüştürmek için 3 ana yöntem bulunmaktadır. Bunlar, mekanik yöntemler, kimyasal yöntemler ve termomekanik yöntemler olmak üzere 3 gruba ayrılabilir. Mekanik yöntemler yün atıkları ve pamuk atıkları gibi doğal kökenli atıklar ve poliester, naylon atıkları gibi sentetik ve rejenere polimer kökenli atıklar da dahil olmak üzere her türlü atığa uygulanabilir. Mekanik yöntem diğerlerine kıyasla en basit ve en yaygın olanıdır. Mekanik geri dönüşüm tüm dünyada 1970'lerde büyük önem kazanmış

ve ticarileşmiştir [17-19]. Mekanik geri dönüşümdeki basamaklar için genel bir akış diyagramı aşağıda Şekil 1.1’de sunulmuştur.



Şekil 1.1. PET şişe geri dönüşümünde mekanik basamaklar [20]

Birikmiş durumdaki şişeler balyalanarak geri dönüşüm tesisine gönderilmektedir. Ardından PET şişe balyaları açılarak pet şişeler rengine ve malzeme tipine göre sınıflandırılmaktadır. Şeffaf şişelerin ekonomik değeri renkli olanlara göre daha yüksektir [19]. Balyalar açıldıktan sonra kağıt toz ve diğer olası kirleticiler bir siklon içerisinde plastiklerden ayrılır. Bazı üreticiler şişelerin etiket vb. kirleticilerden arınması için yıkama işlemine tabi tutmaktadır. Şişeler bir öğütücüden geçirilerek kabaca parçalanmış olmaktadır. Devamında daha ince yapıları bir öğütücüden geçirilen parçalar uniformpelet boyutuna getirilmektedirler. Takip eden basamakta farklı çeşitlerdeki plastik tabakaların bir yüzdürme tankında yoğunluk farklarına göre birbirinden ayrılması sağlanmaktadır [14]. Bu noktaya kadar ön işlem basamaklarından geçirilmiş olan PET cipsleri ana işlem olarak bir teknede karıştırıcı yardımıyla sodyum karbonat çözeltisi ile işleme tabi tutulmaktadır. Bu karışım döner bir fırın içerisinde saatlerce kalacak şekilde yavaşça ilerlemektedir. PET malzeme ve kostik çözelti fırının ön kısmında reaksiyona girmektedir. Belirli bir sıcaklık ve sisteme verilen hava akımı ile yabancı maddelerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Fırınlama işlemi sonunda reaksiyon sırasında yan ürün olarak oluşan tuz ve temiz PET malzemesi karışım halde birarada bulunmaktadır. Son adımda ise bir eleyip ayırma makinesi sayesinde tuz/PET karışımı ayrılmaktadır. Bu şekilde ayrılmayan tuz parçacıkları içinse yıkama işlemi yapılmaktadır. Yıkama hattının başında ön yıkama aşaması gelmektedir. Esas plastik yıkaması bir sonraki işlem basamağı gerektiriyorsa yapılmaktadır. Her iki yıkamada da su kullanılmaktadır. Bazı özel durumlarda (plastikten yapışkan giderilmesi) kostik soda ve yüzey aktif maddelerle kimyasal yıkama da yapılmaktadır. Yıkamadan sonra mekanik bir kurutucu yardımıyla malzeme üzerinde kalan

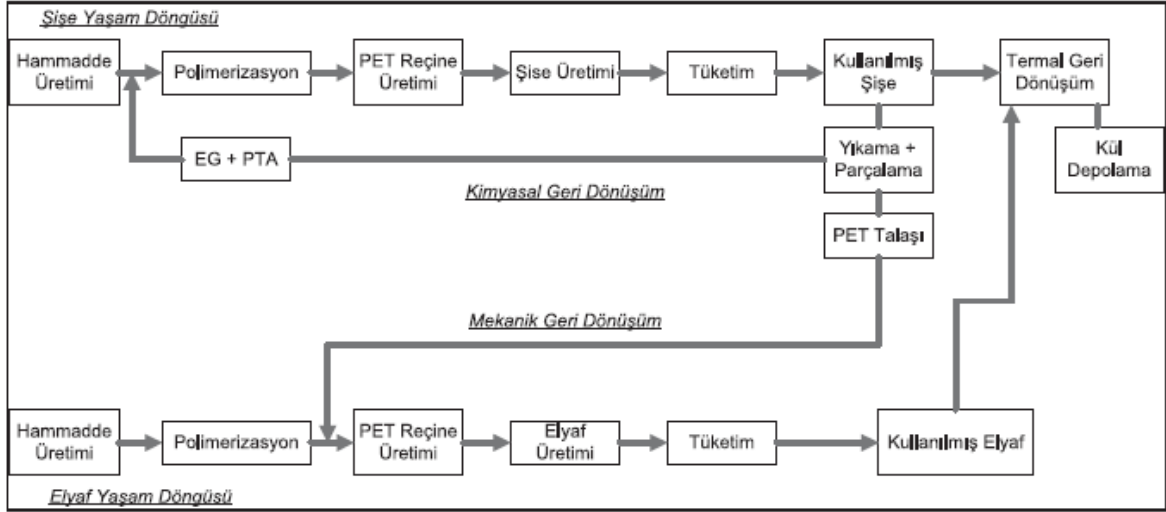
nemin tamamen uzaklaştırılması sağlanmaktadır [19,21]. Bu şekilde elde edilen geri dönüştürülmüş PET malzeme eriyikten lif çekim yöntemi ile rPET lifi haline getirilerek tekstil endüstrisinde kullanımı sağlanmaktadır.

Uşak, Türkiye tekstil geri dönüşüm sektörünün %75'ine sahip olarak marka değer haline gelmiştir. Uşak'ta bulunan ve tekstil teleflerinin geri kazanımı ile de ilgili olan en önemli husus, PET şişe atıklarının geri kazanımıdır. Türkiye'deki PET şişelerin geri dönüşümden ortaya çıkan 104 500 ton poliester elyafın 35 200 tonu Uşak'ta üretilmektedir. Üretilen poliester elyafın %55'i ihraç edilmekte, %45'i ise iç piyasaya sunulmaktadır. Elde edilen poliester elyaf iç piyasada ağırlık olarak dokusuz yüzey teknolojisi, iplik ve battaniye üretimi alanlarında değerlendirilmektedir [22].

1.2. Kimyasal Geri Dönüşüm

Poliesterin geri dönüştürülmesinde diğer bir yöntem ise kimyasal işlemdir. Bu yöntemde mekanik yöntemle göre çok daha yüksek kalitede, işlenmemiş liflerle kıyaslanabilir nitelikte lifler elde edilmektedir. Kimyasal geri dönüşüm ile polimerler oligomerlerine veya monomerlerine indirgenmektedir. Böylelikle geri dönüşüm ürünleri yeniden polimer veya lif elde edilecek şekilde polimerizasyona tabi tutularak farklı uygulamalarda kullanılabilir. Ancak bu işlem yüksek sıcaklık, basınç ve uzun işlem süreleri gerektirmektedir. Polietilen tereftalatın depolimerizasyonu; hidroliz, metanoliz ve glikoliz olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Hidroliz aşamasında polietilen tereftalattereftalikasite (TPA) ve etilen glikole (EG) depolimerize edilmektedir. Bu proses sonucunda yeniden PET elde edilebilen bis (hidroksietil) tereftalat üretilmektedir [3].

Aşağıda Şekil 1.2’de görülen akış diyagramında kimyasal geri dönüşüm basamakları sunulmuştur.



Şekil 1.2. PET şişe kimyasal geri dönüşümü [20]

1.3. Battaniye Tıraşlama Artığı Kırpıntı Elyaf

Günümüz teknolojisinde farklı hammadde türleri üretim proseslerinde pek çok çeşidi üretilen battaniyeler ev tekstilleri arasında önemli bir yere sahiptir. Dünya genelinde özellikle doğal afetlerde, insanların en önemli ihtiyaçlarından olan malzemelerin içinde başta çadır ve battaniye bulunmaktadır. Kızıllı Haç, Birleşmiş Milletler (BM) ve Kızılay gibi yardım kuruluşlarının ihtiyaç listesinde battaniye öncelikli olarak yer almaktadır. Battaniyeler günümüz teknolojisinde dokuma, örme ve dokusuz yüzey yapıda üretilmektedir. Farklı kullanım alanlarına hitap edebilen bu üretim tekniklerinden en yaygın olanı dokuma tekniği ile battaniye üretimidir. Dokuma teknolojiyle battaniye üretim süreci, battaniyelik iplik üretimi ya da temini aşamasından başlamaktadır. Battaniyelik iplik, ülkemizde yaygın olarak kullanılan doğal liflerden pamuk ve yün, yapay liflerden de akrilik, poliester ve poliamid liflerinden elde edilmektedir. Battaniye üretiminde kullanılan çözümlü ve atkı iplikleri seçilen hammadde cinsine göre de değişmekle beraber birbirinden farklı kalınlık değerlerinde ve elyaf karakterinde olacak şekilde kullanımları yaygındır [22].

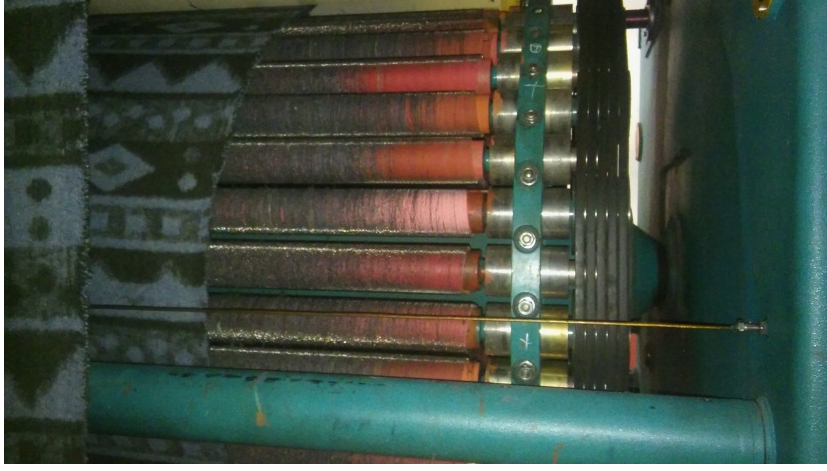
Dokuma işlemini takiben ham battaniyelerin dokuma hatalarının kontrolü ve giderilmesine cımbız işlemi adı verilmekte olup, cımbız dairesinde ışıklı bir kalite kontrol masasından veya üstten iyi aydınlatılmış eğik yüzeyli bir masadan geçirilen battaniye ruloları kontrol edilmektedir. Burada dokuma işlemi sırasında oluşabilecek atkı kıvrımları, boncuklanma, balık gibi hatalar cımbız yardımıyla işçi tarafından giderilerek battaniye yüzeyi tamamen eşit düzgünlüğe geldiğinde şardonlama için hazır hale getirilmiş olmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan geri dönüşüm lifler arasında battaniye şardon havı da yer almaktadır. Resim 1.7’de dokunmuş battaniyenin şardonlama ünitesine sevki gösterilmektedir.



Resim 1.7. Dokunmuş battaniyenin şardonlama ünitesine sevki

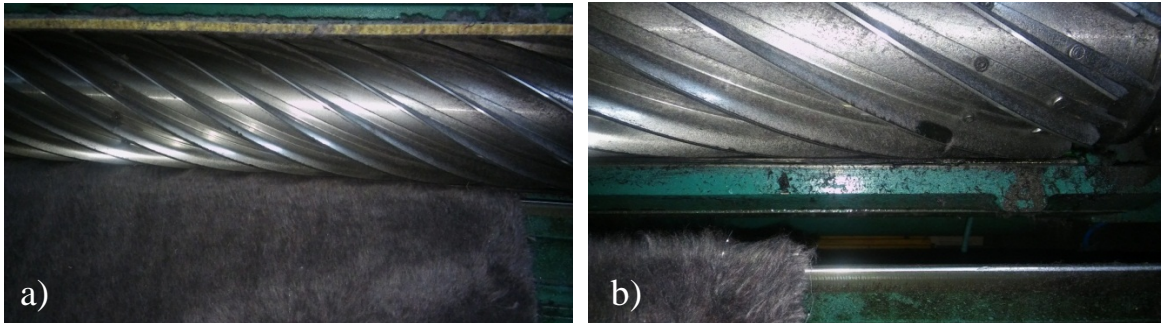
Şardonlama, dokunmuş kumaşın ipliklerinin yapısında bulunan liflerin yüzeye çıkartılması işlemidir. Bu işlem yırtıcı ve uzatıcı silindirlere oluşan şardon makinesiyle gerçekleştirilmektedir. Silindirler bir yırtıcı ve bir uzatıcı silindir olacak şekilde peşpeşe dizilmiştir. Silindirlerin yüzeylerinin kaplı olduğu teller şardonlanan battaniye cinsine göre farklı kalınlıkta ve uzunlukta seçilmektedir. Bir battaniye için 5 geçiş tekrarından sonra tüylerin kabartılması için yatış yönüne ters tarama işlemi gerçekleştirilir.

Resim 1.8’de battaniyenin şardon silindirleri arasından geçişi görülmektedir.



Resim 1.8. Battaniyenin şardon silindirlerinden geçişi

Şardonlama sonrasında battaniye yüzeyinde belirli uzunlukta kabartılmış olan tüylerin fırçalama işlemi ile dikleşmesi ve düzenli hale getirilmesi sağlanmaktadır. Şardonlama ve fırçalamadan geçirilen battaniye kumaşının yüzeyinden uzaklaştırılan lifler uzunluk olarak elverişli olduğu için tekrar iplik üretiminde kullanılabilir. Kabartılmış olan battaniye tüyleri daha düzgün ve tüm battaniye kumaşı boyunca homojen bir yüzey elde edilmesi için belli uzunluklarda tıraşlama yapan makineden geçirilerek kesilir. Tıraşlama makinesinde tüyler tekrar taranıp silindirler arasından geçen battaniye kumaşı üzerinden bıçaklı silindir yardımıyla önceden ayarlanmış hav yüksekliği boyutuna uygun olacak şekilde kesilmektedir. Resim 1.9 a ve 1.9 b’de battaniyenin tıraşlama basamağından geçişi kapalı ve açık konumlarda gösterilmiştir.



Resim 1.9.a) Battaniyenin tıraşlama basamağından geçişi (kapalı konum) b) Battaniyenin tıraşlama basamağından geçişi (açık konum)

Bu aşamadan sonra battaniye kumaşının boydan sire dikimi, kesim, enden sire dikimi son kalite kontrol ve paketleme işlemiyle üretim tamamlanmış olmaktadır.

Tıraşlama basamağı sonrasında ortaya çıkan ve boyutları eğilmeye elverişli olmayan kırpıntı elyaf makinenin telef bölümünde biriktirilmektedir. Dolgu malzemesi olarak kullanılabilen ve boyları genelde 1 mm-4 mm arasında değişen bu lifler üretici tarafından balyalanarak “çöp” olarak nitelendirilip bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Ülkemizde battaniye üretimi Uşak'ta ön plana çıkmış durumdadır. Battaniye üretiminde ülke genelinde %80'lik bir paya sahip olan Uşak'ta yıllık ortalama 6 000 000 adet battaniye üretilmektedir [23]. Bu büyük üretim miktarı göz önünde bulundurularak battaniye üretimi sırasında meydana gelen tıraşlama artığı kırpıntı elyafın çöp olarak nitelendirilmeyerek dokusuz yüzey üretim teknolojisinde değerlendirilmesi bu çalışmanın temel amacını teşkil etmektedir.

1.4. Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu çalışma kapsamında mekanik yolla tülbent eldesi gerçekleştirilen ve iğneleme yoluyla tülbent birleştirilmesi sağlanan bir dokusuz yüzey üretim teknolojisi kullanılmıştır. Hammadde olarak seçilen polipropilen ve rPET lifleriyle birlikte tüketici sonrası ortaya çıkan ve mekanik yöntem ile geri dönüşümü sağlanan açma elyaf, dokunmuş battaniye üretim sürecinde ortaya çıkan şardon havı ve tıraşlama artığı kırpıntı elyaf kullanılarak açık çevrim bir geri dönüşüm sistemi kapsamında dokusuz yüzey tekstil numuneleri elde edilmiştir.

Polipropilen, rPET, mekanik yöntemle geri dönüşümü yapılmış açma liflerden elde edilen farklı gramajlardaki ve farklı iğneleme yoğunluklarındaki numunelerin üzerine katman halde kırpıntı elyaf serimi, mekanik yöntem ile geri dönüştürülmüş açma elyafın ve şardon havının taşıyıcı rol üstlenmesiyle gerçekleştirilmiş ve bu kırpıntı elyaf iki yüzey arasında kalması sağlanacak şekilde iğneleme yoluyla sabitlenmiştir. Bu şekilde klasik bir dokusuz yüzey üretim hattında hammadde içeriği bakımından geri dönüşüm özelliğinde 14 adet dış katman ve 28 çeşit nihai ürün olmak üzere toplam 42 çeşit dokusuz yüzey keçe tekstil ürünü elde edilmiştir. Bu ürünlerin membran koruyucu nitelikte jeotekstil olarak kullanımına yönelik performansını belirlemek üzere gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, aşınma mukavemeti, statik delinme

mukavemeti, eğilme rijitliği özellikleri standart yöntemlerle test edilmiş ve söz konusu ürünlerin geri dönüşüm lif içermeyen halleri ile SPSS 23 paket programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve çoklu karşılaştırma (Post Hoc) metoduyla %95 güven aralığında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Kumaşların kalınlık ve gramaj değerleri bağımsız değişken olarak kabul edilip bağımlı değişken olarak alınan test sonuçları arasındaki ilişki regresyon analizi çerçevesinde incelenmiştir. Analiz sonuçları her bir hammadde tipindeki kumaş için makine yönündeki ve makineye dik yönündeki numunlerde ayrı ayrı incelenmiş olup regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ile %95 güven aralığında istatistiksel olarak değerlendirilmiş olarak sunulmuştur.



2. DOKUSUZ YÜZEY TEKSTİLLER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Tekstil endüstrisinde kumaşlar; dokuma teknolojisi, örme teknolojisi ve dokusuz yüzey teknolojisi kullanılarak oluşturulmaktadır. Dokusuz yüzey teknolojisinde kumaş oluşumu; liflerin bir dizi işlemde geçerek doğrudan kumaş yapısını meydana getirmesi esasına dayanmaktadır. Dokusuz yüzeyler (nonwoven kumaşlar); kesikli ya da kesiksiz liflerin tülbent haline getirilerek mekanik, kimyasal, ısı yollarla uygun birleştirme işlemi sonucunda, birbirlerine tutundurulmasıyla elde edilen tekstil yüzeyleri olarak tanımlanmaktadır [24]. Dokusuz yüzey üretiminde hammadde olarak daha çok polipropilen, poliester, viskon, selüloz esaslı lifler gibi lifler tercih edilmektedir [25-27]. Liflerin üretime hazırlanmasında kesikli lifler balyalardan açılarak temizlenir, tülbent yüzey oluşturacak şekilde uygun tekniklerle serilir ve oluşan tülbent farklı yöntemlerle sabitlenir. Kesiksiz liflerin ise polimerden eriyik hale dönüştürülmesi ile hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra liflerin oluşumu ve tülbentin serilmesi aynı anda gerçekleşerek dokusuz yüzey üretimi sağlanır.

Kullanım alanı ve amacına bağlı olarak çok farklı özellikler taşıyacak şekilde elde edilebilen dokusuz yüzeylerin üretiminde elyaftan doğrudan kumaş meydana getirildiğinden, örme ve dokuma kumaşlara göre üretim sırasında daha az basamakla ürün elde edilmektedir. Kumaşı oluşturan işlem basamaklarının azlığı ve nispeten kolaylığı dokusuz yüzey üretimini avantajlı hale getirmektedir.

Günümüzde teknik uygulamalarda kullanımları giderek yaygınlaşan dokusuz yüzeyler özellikle aşağıda Çizelge 2.1’de sunulan alanlarda tercih edilmektedirler.

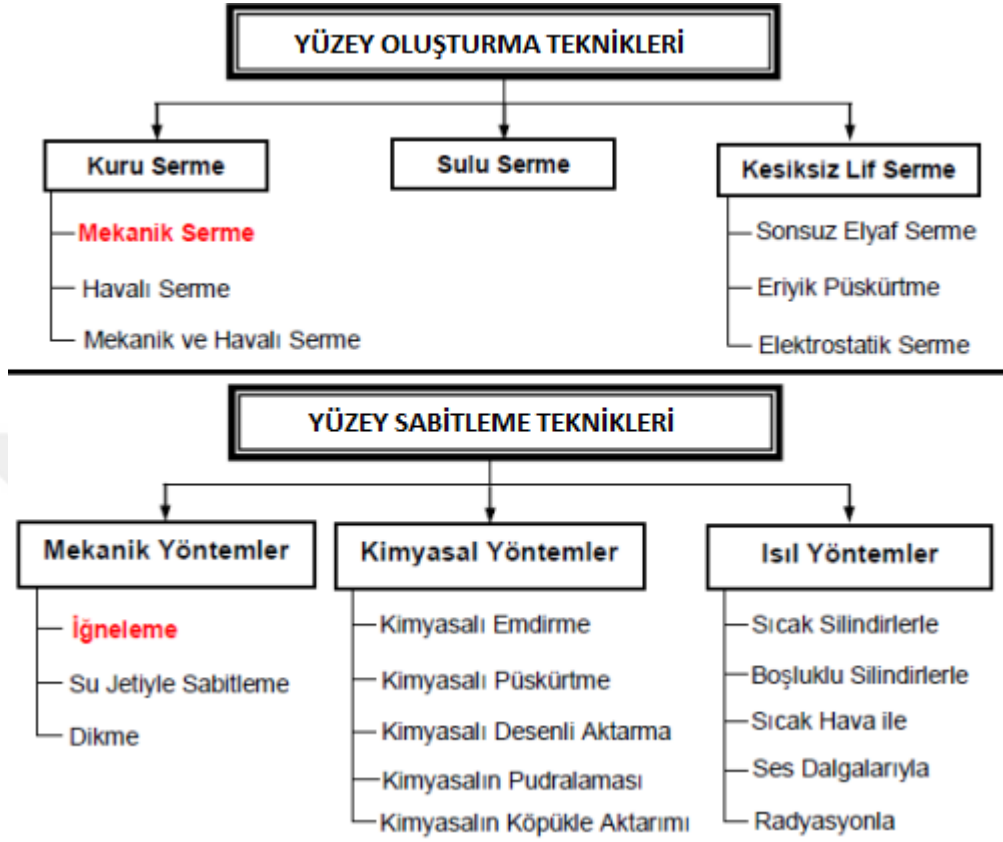
Çizelge 2.1. Dokusuz yüzeylerin yaygın kullanım alanları [28]

Tanım	Pazarlar/Tanımlar
Tarım Teknik Tekstilleri (Agrotech)	Tarım, su ürünleri, bahçecilik ve ormancılık
Bina ve İnşaat Sektörü Teknik Tekstilleri (Buildtech)	Yapı ve inşaat sektörleri
Giyim Teknik Tekstilleri	Ayakkabı ve hazır giyimde kullanılan teknik parçalar
Jeotekstiller (Geotech)	İnşaat mühendisliği ve çevre düzenlemesinde kullanılan jeotekstiller
Ev Teknik Tekstilleri (Hometech)	Mobilya, ev tekstili ve yer kaplamalarının teknik parçaları
Endüstriyel Tekstiller (Indutech)	Filtrasyon, taşıma bandı, temizlik ve diğer endüstriyel kullanımlar
Hijyen ve Tıbbi Tekstiller (Medtech)	Hijyen ve Tıp
Taşımacılık Tekstilleri (Mobiltech)	Otomobiller, deniz taşıtları, raylı taşıtlar ve uzay araçları
Ambalaj Tekstilleri (Pachtech)	Paketleme
Koruyucu Elbiseler (Protech)	Personel ve malzeme koruması
Spor ve Boş zaman Tekstilleri (Sportech)	Spor ve boş zaman
Ekolojik ve Çevre Teknik Tekstilleri (Ecotech)	Çevre

Dokusuz yüzey üretim teknolojilerinde oldukça farklı lifler bir arada kullanılarak yenilikçi ve farklı sorunlara çözüm getirebilecek ürünler elde edilebilmektedir. Bu durum dokusuz yüzey endüstrisinin teknik tekstil sektörünün en dinamik ve potansiyel arz eden alanı olmasının başlıca sebebi olarak gösterilebilir [28].

Dokusuz yüzeylerden kullanım yerinde beklenen özellikler; yüzeyi oluşturan hammaddenin (cinsi, inceliği, uzunluğu, kıvrım sayısı, kesit ile yüzey özellikleri, karışım oranı gibi) özelliklerinden, yapıdaki liflerin yerleşim biçiminden (belli yönde ya da rastgele), üretim yönteminin türünden ve üretim parametrelerinden etkilenmektedir. Bu nedenle en uygun üretim yönteminin belirlenmesinde bu parametreler göz önünde bulundurulmaktadır [29,30].

Kesikli ve kesiksiz liflerin kullanımıyla elde edilen dokusuz yüzeylerin üretim basamakları aşağıda Şekil 2.1’de ifade edilmiştir.



Şekil 2.1. Dokusuz yüzey kumaş üretim teknikleri [29]

Dokusuz yüzeylerin üretilmesinde 3 temel aşama esas alınmaktadır. Bu aşamalar:

- Tülbent oluşumu
- Fiksaj (Tülbent sabitleştirme)
- Bitim işlemleri olarak sıralanabilir.

2.1. Yüzey Oluşturma Yöntemleri

Dokusuz yüzey kumaş üretiminde başlangıç olarak lif tülbenti oluşturma aşamasında; kuru serme, sulu serme ve kesiksiz elyaf serme tekniklerinden biri uygulanarak liflerin serilmesi gerçekleştirilir. Lif serimi için uygun yöntemin seçilmesinde hammadde türü ve üründen beklenen kullanım özellikleri gibi parametreler dikkate alınmaktadır.

2.1.1. Kuru Serme Yöntemi

Kuru serme yöntemi kesikli lifler için uygun bir yöntem olup; serime hazırlık olarak liflerin balyalardan alınması, karıştırılması, kaba açma ve ince açma işlemleri uygulanmaktadır. Mekanik (tarakla) serme, havalı serme ve bu iki yöntemin birleştirilmesi ile olmak üzere üç farklı teknikle kuru serme yapılabilmektedir [27].

2.1.1.1. Mekanik Serme Yöntemi

Mekanik sermede; lifler serime hazırlık aşamalarını takiben bir tarak makinesinden geçirilerek tarak tülbendi oluşturulmaktadır. Oluşan tarak tülbendinin serim ünitesine sevkiyle farklı tertibatlarla yapılabilen serim işlemi sonrasında vatka haline gelmiş doku işleme tezgahına iletilmektedir. Bu çalışmada kullanılan dokusuz yüzey kumaşların üretimi sırasında tarakla serme yöntemi uygulandığından söz konusu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgi Materyal Metod kısmında sunulmuştur.

2.1.1.2. Havalı Serme Yöntemi

Bu yöntemde mekanik serme öncesinde uygulanan hazırlık işlemleriyle açılmış ve tek lif haline getirilmiş hammaddenin, içerisinde hava akımı olan bir kanala yönlendirilerek hava emişiyle delikli tambur üzerinde biriktirilip tülbent oluşumu sağlanmaktadır. Oluşan tülbent sabitleme ünitesine iletilmektedir. Bu yöntem farklı tipte liflerin kullanımına ve liflerin tülbent içerisinde rastgele yerleşimine elverişli olup hacimli ve oldukça izotropik yapıların elde edilmesini sağlamaktadır [25, 27]. Bunun yanında söz konusu yöntemde yüksek enerji tüketimi ve lif tutamlarının iyi açılmaması gibi olumsuz yönler de bulunmaktadır.

2.1.1.3. Mekanik ve Havalı Serme

Bu yöntemde; mekanik sermede kullanılan tarağa eklenen silindirlerin dönüş hızlarından kaynaklanan hava akımı veya tarak makinesine vakumlu silindirler eklenmesi sayesinde tülbent oluşumu sağlanmaktadır. Bu teknikle; yalnızca tarakla serme ya da yalnızca havalı serme yöntemlerinden elde edilen tülbentlerden daha homojen, daha izotropik yapıda düşük gramajlı yapılar elde edilebilmektedir [25,30].

2.1.2. Sulu Serme Yöntemi

Sulu serme yönteminde doğal ve sentetik liflerden tülbent oluşturulabilmekte olup lifler çeşitli kimyasallar kullanılarak suyla karıştırılmakta ve liflerin homojen şekilde bulunduğu süspansiyon elde edilmektedir. Bu süspansiyon delikli ve hareketli bant ya da silindirler üzerine dökülerek tülbent oluşumu sağlanmakta, oluşan tülbent daha sonra kurutulmaktadır. Elde edilen tülbende kurutma işleminden önce kimyasal eklenmesiyle yüzey kurutulduğunda aynı zamanda sabitlenmesi sağlanabilmektedir. Bu yöntemde üretim hızı oldukça yüksektir ancak tülbentin kurutulması için yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyulması yöntemin bir dezavantajını teşkil etmektedir [25,26].

2.1.3. Kesiksiz Lif Serme Yöntemleri

Kesiksiz lif serme yöntemlerinde temel prensip, eriyik haldeki polimerden liflerin oluşturulması ve oluşturulan liflerin doğrudan tülbende dönüştürülmesidir. Tülbent serme işleminin ardından uygun doku bağlama teknikleri kullanılarak dokusuz yüzey oluşumu gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde elde edilen dokusuz yüzey kumaşlar nispeten daha hafif yapıya sahiptir. Kesiksiz doku oluşturma teknikleri sonsuz elyaf serme, eriyik püskürtme, elektrostatik serme ve ani doku oluşturma olmak üzere 4 farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir [25,26].

2.1.3.1. Sonsuz Elyaf Serme Yöntemi

Yaygın olarak kullanılan bir doku oluşturma yöntemi olan bu yöntemde lif oluşumu ile doku oluşumu aynı anda gerçekleşmektedir. Bu yöntemde termoplastik polimer elyaf cipsleri eriyik hale getirilerek, yapay elyaf üretimine benzer şekilde düzelerden sabit basınç altında püskürtülmektedir. Oluşan filamentler soğutulmakta, lif yapısındaki moleküllerin düzgün yönlendirilmesi amacıyla germe işlemi uygulanmaktadır. Bu hale getirilen

filamentler; yüzeyi delikli, vakumlu bant üzerine serilerek tülbent oluşturulmaktadır. Sistemi takip eden ve ısı, mekanik ya da kimyasal olabilen doku bağlama yöntemlerinden biri ile filamentlerin birbirine tutundurulması sağlanarak dokusuz yüzeyler elde edilmekte olup, ısı bağlama yönteminin kullanılması oldukça yaygındır [25,26].

2.1.3.2. Eriyik Püskürtme Yöntemi

Sonsuz elyaf serme yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de termoplastik polimer cipsleri ekstrüder ile eriyik hale getirilmektedir. Hammadde olarak düşük viskoziteli polimer maddelerin kullanıldığı eriyik püskürtme yönteminde polimerlerin eritilmesi, sevki ve filtrelenmesi sonsuz elyaf serme yöntemi ile aynı şekilde yapılmaktadır. Püskürtme başlığı içerisinde bulunan eriyik haldeki polimerin düze deliklerinden geçerek filamentleri oluşturduğu noktada iki yandan verilen yüksek basınçlı sıcak hava ile filamentler mikron seviyesinde inceltilmekte ve kesikli hale getirilmektedir. Bu haldeki lifler bant şeklinde ya da silindirik delikli bir yüzey üzerine vakum etkisiyle biriktirmektedir. Oluşturulan doku, takip eden proseslerle sabitleştirilerek dokusuz yüzey kumaşı meydana getirmektedir [25,30]. Bu yöntemde elyaf yönlendirilmesi rastgele olduğundan izotropik yapılar meydana gelmektedir.

2.1.3.3. Elektrostatik Serme Yöntemi

Bu yöntemde; polimer eriyiği, elektrik akımıyla kutuplaştırılarak elektrostatik olarak yüklenmiş karşılıklı iki elektrod arasındaki kuvvetler yardımıyla lif haline dönüştürülmekte ve aynı anda doku oluşumu sağlanmaktadır [31].

2.1.3.4. Ani Olarak Doku Oluşturma Yöntemi

Sonsuz elyaf serme yöntemiyle benzerlik gösteren bu teknikte, hammadde türüne uygun şekilde çözücü içerisinde çözülmüş halde bulunan polimer, belirlenmiş sabit basınçta tutulan bir kap içerisine püskürtülmektedir. Çözücü kabın içerisinde buharlaşmakta ve püskürtme devam ettikçe ardında devamlı bir elyaf yığını bırakmaktadır. Meydana gelen elyaf yığını, bir şablon üzerinde toplanmakta ve doku oluşturulmaktadır [29].

2.2. Tülbent Sabitleştirme Yöntemleri

Kesikli ya da kesiksiz elyaf kullanılarak farklı yöntemlerle elde edilen tülbent yapının, dokusuz yüzey kumaşların kullanım performansı açısından gereken nitelikleri sağlayabilmesi için birtakım yöntemlerle sabitleştirilmesi gerekmektedir. Kumaşların nihai fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretimlerinde kullanılan hammadde ve tülbent oluşturma yöntemine ek olarak tülbent sabitleştirme yönteminden de önemli ölçüde etkilenmektedir.

2.2.1. Mekanik Sabitleştirme Yöntemleri

2.2.1.1. İğneleme Yöntemi

İğneleme ile tülbent sabitleştirmede tülbent içerisindeki lifler özel tasarlanmış iğnelerin dalıp çıkma hareketi sırasında iğnelerin çentikleri yardımıyla birbirlerinin içerisinden çekilerek dolaŐtırılmaktadır. Çalışma kapsamındaki dokusuz yüzey kumaşların üretilmesinde bu yöntem kullanılmış olup yöntemle ilgili ayrıntılı bilgi “Materyal Metot” Bölümünde sunulmuştur.

2.2.1.2. Su Jetiyle Sabitleştirme Yöntemi

Bu yöntemde tülbent yapıdaki lifler yüksek basınçlı su kullanılarak karıŐtırılıp, birbirine dolaŐtırılmakta ve böylelikle tülbent yapı saėlamlaŐtırılmaktadır. Tülbent yapıya dik Şekilde yerleşmiş bulunan su jetlerinden giderek artan kademedeki basınçla fiŐkıran su sayesinde lifler birbirine tutundurulmaktadır. EŐ zamanlı olarak tülbent yapının alt kısmından uygulanan vakumla fazla su uzaklaŐtırılmaktadır. Islak halde sabitleŐtirilmiş bulunan dokunun kurutularak sarılmasıyla işlem sona ermektedir. Bu yöntem eğilme rijitliği düşük olan liflerden oluşan tlbentlerin sabitleştirilmesi için daha uygundur. Bu noktada çalıŐılan makinelerin ilk yatırım maliyetlerinin ve çalışma sırasında enerji tüketiminin fazla olması yöntemin kısıtları arasında yer almaktadır [27,29,30].

2.2.1.3. Dikme Yöntemi

Dikerek bağlamada oluşturulan tülbent iğneleme yöntemine benzer Şekilde iğneler yardımıyla iplikle dikilmekte ya da tülbentin n yüzündeki liflerin iğne ile çekilmesi sonucu bağ oluŐturularak saėlamlaŐtırılmaktadır. Dikme işlemi düz dikiŐ Şeklinde gerçekleŐtirilebildiėi gibi, zgl örmeye benzer Şekilde uygulanabilmektedir. İŞlem sırasında; tülbentin hareketli bant ile dokusuz yüzey eni boyunca yerleŐen iğnelerin

bulunduğu bölgeden geçişi sağlanmakta transfer edilmekte, bu sırada ipliği taşıyan iğnenin tülbende giriş çıkışı ile dikme gerçekleştirilmektedir [30].

2.2.2. Kimyasal Sabitleştirme Yöntemleri

Kimyasal tülbent sabitleştirme tekniklerinde farklı özelliklerde reçineler, polimer emülsiyonu, dispersiyonu ya da çözeltisi gibi kimyasallar kullanılarak liflerin birbirine bağlanması sağlanmaktadır. Yöntem, liflerin birbirine bağlanmasını sağlayan kimyasalın tülbente farklı tekniklerle uygulanması, kurutma ve fiksaj adımlarından oluşmaktadır. Kimyasal bağlamada; yaygın olarak kullanılan bağlayıcı maddeler arasında akrilat polimer ve kopolimerleri, stiren-bütadien kopolimerleri ve vinilasetat etilen kopolimerleri gibi kimyasal maddeler yer almaktadır [25,30].

2.2.3. Isıl Bağlama Yöntemleri

Isıl tülbent sabitleştirmede tülbent üretiminde kullanılan hammaddenin termoplastik özellikte olmasından ve bazı durumlarda düşük sıcaklıkta eriyen bağlayıcı liflerden de faydalanılarak ısı etkisiyle eriyen liflerin tülbent içerisinde kenetlenmesiyle sabitleştirme yapılmaktadır. Yöntemde kullanılacak ısı

- Sıcak Silindirlerle Bağlama
 - Boşluklu Silindirlerle Bağlama
 - Sıcak Havayla Bağlama
 - Ses Dalgalarıyla Bağlama
 - Radyasyonla Bağlama
- olmak üzere beş farklı şekilde uygulanabilmektedir [25].

2.3. Dokusuz Yüzeyler ve Jeotekstiller

Günümüzde modern üretim teknolojilerinin gelişmesiyle tekstil endüstrisi, günlük yaşamdaki temel ürünlerden teknik alanlarda kullanılan özel ve fonksiyonel ürünlere kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı bulmaktadır. Dokusuz yüzey yapılar da çok çeşitli hammaddelerin kullanımıyla farklı ihtiyaçlara yönelik olacak şekilde üretilebilmelerinden dolayı ev tekstili ve kişisel bakım ürünlerinin yanısıra, tıbbi tekstiller, otomotiv ve inşaat tekstilleri gibi teknik uygulama alanlarında önemli yer tutmaktadır. Üretim basamakları

göz önüne alındığında dokuma ve örme kumaşlara göre zaman ve maliyet açısından üstünlük sağlayan dokusuz yüzey yapılarına olan talep artış göstermektedir. 2013 yılında 33,1 milyar dolar değerinde olan dokusuz yüzeyler pazarının her yıl %7,5'lik bir büyüme ile 2018'de 47 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Poliester ve poliolefinler kullanılan toplam hammaddenin %50'sini oluşturmaktadır [32].

Dokusuz yüzeylerin önemli kullanım alanlarından birini teşkil eden jeotekstiller; doğal ya da sentetik liflerden farklı üretim teknikleriyle elde edilebilen ve özellikle inşaat alanında olmak üzere çeşitli mühendislik uygulamalarında toprak, kaya ve diğer konstrüksiyon malzemeleri ile etkileşim içinde kullanılabilen tekstil yapılarını ifade etmektedir [33]. Günümüzde jeotekstil pazarının 2014-2019 arasında yıllık %10,59 luk büyüme göstererek 2019 yılında 8,6 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşması beklenmektedir [34].

Jeotekstillerin üretiminde doğal liflerin de kullanımına rastlamakla beraber ağırlıklı olarak başta polipropilen ve poliester olmak üzere sentetik polimerler tercih edilmektedir. Polipropilen düşük maliyetli, kopma özelliklerinin tatmin edici olması ve kimyasal olarak inert oluşundan dolayı jeotekstillerin üretiminde en sık tercih edilen hammaddedir. Düşük yoğunluklu olmasından dolayı birim hacimin fiyatını da düşüren bir özelliktedir. UV radyasyonuna ve yüksek sıcaklığa karşı hassasiyeti ve düşük sürtünme dayanımı göstermesi polipropilenin dezavantajları arasında yer almaktadır. Yaygın olarak poliester olarak anılan polietilen teraftalat da jeotekstillerin üretiminde en yaygın tercih edilen ikinci lif olarak geçmektedir. Poliester üstün sürtünme dayanımı ve çekme dayanımı göstermektedir. Özellikle jeotekstillerin gerilmeye ve yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı yerlerde hammadde olarak poliester kullanılmaktadır. Poliesterin temel dezavantajı pH10'un üzerindeki topraklarda hidrolitik bozunmaya olan hassasiyetidir [35]. Jeotekstillerin kullanım performansları üzerinde hammadde seçiminin etkisinin yanında kumaş yapısı ve üretim parametrelerinin de etkisi oldukça önemlidir. Uygun hammadde ve üretim teknolojisinin seçiminde nihai üründen beklenen performans özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Kumaş yapısı açısından değerlendirmek gerekirse dokusuz yüzey jeotekstillerin üretimindeki artış hızı dokuma ve örme yapılara göre daha yüksektir. Dokusuz yüzey yapılar benzer gramajdaki ve lif tipindeki dokumalara göre normal olarak %25-30 civarında daha düşük maliyetle elde edilmektedir. Örme kumaşlar ise genel anlamda dokumalara göre %10-15 aralığında daha uygun fiyatlı olmaktadır. Buradan hareketle sonsuz elyaf kullanılarak spunbond yöntemiyle ve kesikli liflerden iğneleme yöntemiyle üretilmiş olan dokusuz yüzey yapıdaki jeotekstillerin pazarın %75'inden fazlasına hakim olduğu söylenebilmektedir [35].

2.3.1. Jeotekstillerin Kullanım Alanları ve Fonksiyonları

Jeotekstilller, genel olarak yol atıklarında, hava alanlarının ve atletizm sahalarının zemin yapılarında, toprak katmanlarının ayırımında, sürekli erozyon kontrolünde ve arazi doldurmada jeomembran yüzey koruma yapısı olarak kullanılmaktadırlar [36]. Kullanım alanlarına göre jeotekstillerden beklenen mekanik performans özellikleri olarak ayırma takviye ve koruma fonksiyonları ön plana çıkmaktadır.

2.3.1.1. Ayırma Fonksiyonu

Jeotekstillerin ayırma fonksiyonuyla kullanımının temelinde benzer ya da farklı özelliklerdeki iki yüzeyin ayrılması amaçlanmaktadır. Burada esas olan iki ayrı zemin tabakasının birbirine içine geçmesini önlemektir. Dolayısıyla farklı özelliklerdeki zemin yapılarının birbirine karışmasının önüne geçilmektedir. Bununla birlikte zemin stabilitesi ve bütünlüğü de korunmuş olmaktadır. Aşağıda Resim 2.1'de jeotekstillerin ayırma ve koruma fonksiyonuyla kullanımı gösterilmiştir.



Resim 2.1. Jeotekstillerin ayırma ve koruma fonksiyonu [37]

Ayırma fonksiyonu için kullanılacak jeotekstil kumaşlarda kalınlık, kopma mukavemeti ve uzaması ve delinme mukavemeti özellikle önemsenmesi gereken fiziksel özellikler arasında yer almaktadır [35].

Aşağıda Resim 2.3 ve 2.4'te uygulamalı ve şematik gösterimle jeotekstilin membran bir yüzeyi koruma fonksiyonu gösterilmiştir.



Resim 2.3. Jeotekstilin stabilizasyona ve düzgün yük dağılımına katkısı [37] **Resim 2.4.** Koruma fonksiyonu [38]

2.4. Önceki Çalışmalar

Dokusuz yüzey kumaş üretiminde genel olarak, dokuma ve örmeye göre daha kısa zamanda ve daha az işlem adımıyla nihai ürün elde edilebilmektedir. Üretim parametrelerinin rahatlıkla kontrol edilebilir olması ve kullanılacak hammadde tipleri bakımından da oldukça geniş bir yelpaze sunması gibi avantajlı yönleri dokusuz yüzeylerle yapılan çalışmaların hız kazanmasında önemli rol oynamaktadır. Dokusuz yüzeylerle ilgili olarak literatürde ulaşılabilen kaynaklarda araştırmacıların,

- Dokusuz yüzey üretim yöntemleri ve üretim parametrelerinin nihai ürün performansına etkileri,
- Dokusuz yüzey üretiminde farklı hammadde türlerinin kullanımıyla elde edilen kumaşların özelliklerinin değerlendirilmesi
- Genel amaçla üretilmiş dokusuz yüzey yapıların teknik kullanım performanslarının incelenmesi gibi konu başlıkları altında toplanabilecek çalışmalar gerçekleştirdiği görülmüştür.

Tez çalışması çerçevesinde yapılan literatür taramasında ise geri dönüşüm kavramıyla dokusuz yüzeylerin yakından ilişkili olduğu ve çeşitli teknik alanlarda

(otomotiv, endüstriyel yalıtım, akustik, elektromanyetik kalkanlama vb.) değerlendirilmek üzere geri dönüşüm liflerin kullanımıyla üretilmiş dokusuz yüzeylerin performans özelliklerinin incelendiği çalışmalara rastlanmıştır. Tez çalışması kapsamında izlenen üretim yöntemi ve parametreleri ile yakından ilgisi olan bu çalışmalar “**Çeşitli Teknik Alanlarda Kullanılmak Üzere Geri Dönüşüm Lif İçeren Dokusuz Yüzeylerle İlgili Çalışmalar**” başlığı altında yer almaktadır. Bununla birlikte çalışma kapsamında kullanılan hammaddelerin, uygulanan üretim yöntemi ve esaslarının ve elde edilen nihai ürünün hitap edeceği kullanım alanı göz önünde bulundurularak seçilen çalışmalara “**Jeotekstiller Alanında Kullanılmak Üzere Geri Dönüşüm Lif İçeren Dokusuz Yüzeylerle İlgili Çalışmalar**” başlığı altında yer verilmiştir.

2.4.1. Çeşitli Teknik Alanlarda Kullanılmak Üzere Üretilmiş Geri Dönüşüm Lif İçeren Dokusuz Yüzeylerle İlgili Çalışmalar

Radetic ve arkadaşları (2003) ikinci el örme ürünlerden garnet yöntemiyle yün ve poliester lifleri elde edip bu lifleri dokusuz yüzey üretiminde kullanmışlar ve iğneleme yoluyla üretilen dokusuz yüzey yapıların, endüstriyel akışkanlarda yer alan kurşun iyonunu emiciliğiyle ilgili çalışmışlardır. Araştırmacılar geri dönüşüm yün ve poliester liflerini %85 yün %15 poliester oranında kullanarak 4,5 m eninde 20 000 iğneden oluşan ve 200 dev/dk hızda çalışan Dilo marka bir iğneleme tezgahında 235 g/m² ağırlığında iğnelenmiş dokusuz yüzey elde etmişlerdir. Makine yönündeki kopma mukavemeti 19,23 N ve kalınlık değeri 1,56 mm olarak belirtilen geri dönüşüm liflerden oluşan dokusuz yüzey yapıların birtakım bitim işlemleriyle emiciliklerini artırmayı hedefleyen araştırmacılar, düşük maliyetli olarak elde edilmiş bu geri dönüşüm dokusuz yüzey mamülün endüstriyel atık sulardaki kurşun iyonu emiciliğiyle ilgili potansiyel bir malzeme olduğunu belirtmişlerdir [39].

Sakthivel ve arkadaşları (2014) %60 geri dönüşüm pamuk, %40 poliester lif karışımını havalı serme tekniğiyle tülbent hale getirerek çapraz serim yöntemiyle iğneleme tezgahına sevkini sağlamışlardır. Automatex marka 200 dev/dk hızla çalışan ve metresinde 6 000 iğne bulunan iğneleme tezgahında 1 700 g/m²'lik iğnelenmiş dokusuz yüzey kumaşlar elde etmişlerdir. Geri dönüşüm özellikteki dokusuz yüzeylerin kopma mukavemeti ve hava geçirgenliği özelliklerinin kalandırlama işlemi öncesinde ve sonrasında incelenmesi üzerine araştırmacılar kullanım alanlarına bağlı olarak düşük

maliyetle elde edilen bu kumaşların otomotiv tekstili olarak kullanım açısından yeterli nitelikte olduğunu belirtmişlerdir [40].

Kut ve Orhan (2004) geri kazanım oranının ve işlem basamağının otomobil ve evlerde kullanılan yer döşemeliği amaçlı dokusuz yüzey özellikleri üzerine olan etkileri incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada dokusuz yüzey üretim teknolojisinde en çok kullanılan hammaddelerden biri olmasından dolayı mekanik olarak geri kazanılmış ve orijinal PP kullanmışlardır. %50 normal %50 geri kazanım oranı ile üretilen dokusuz yüzeylerin toplam maliyet açısından daha avantajlı olmasına karşın özellikle otomobil ve evlerde yer döşemeliği olarak uzun süreli kullanım açısından %80 normal %20 geri kazanılmış oranı ile üretilen dokusuz yüzeylerin mekanik açıdan daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [41].

Sakthivel ve Ramachandran (2012) çalışmalarında giysi atıklarının mekanik yolla lif haline getirilmiş formunu kullanarak pamuk poliester hammaddeli paralel serimle anizotropik yapıda tülbentler elde etmişler ve kimyasal fiksajla tülbentlerin bağlanmasını gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen yapıların ısı iletkenlik değerlerinin geri dönüşüm lif tipine, yapı içerisindeki pamuk poliester oranına ve malzemelerin yoğunluk değerlerine bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Geri dönüşüm lif katkısının ısı yalıtım değerini önemli oranda iyileştirdiğini belirtmişlerdir [42].

Lin ve arkadaşları (2010) polipropilen dokusuz yüzey atıklarının poliester lifi ve poliamid jeogrid yüzeylerle birlikte kullanılarak lamine bir yüzey elde edilmesinin bu atıkların yakılarak yok edilmesinden daha çevreci bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Polipropilen dokusuz yüzey atıklarını 5 farklı oranda kullanarak poliester dokusuz yüzeyler arasına iğneleme yoluyla yerleşimini ve ısı iletkenliğini sağlayan araştırmacılar elde edilen sandviç yapıyı kopma, yırtılma, patlama mukavemeti ve su geçirgenliği testlerine tabi tutmuşlardır. Kullanılan polipropilen oranı arttıkça su geçirgenliği azalmıştır, poliamid jeogrid kullanımı da benzer şekilde etki yapmıştır. Polipropilen atık yüzdesinin artmasıyla patlama mukavemetinde düşme gözlemlendiğini belirtmişlerdir [43].

Lin ve arkadaşları (2015) bir başka çalışmalarında kıvrımlı PET ve düşük erime sıcaklığına sahip PET ile kevlar atıklarının 4 farklı oranda birlikte kullanılarak iğnelemeyle elde edilen dokusuz yüzey numunelerde kevlar oranının artmasıyla kopma mukavemetinde artış gözlenmiştir. Optimum yırtılma mukavemetinin ağırlıkça %20 kevlar içeren numunede gözlendiğini belirtmişlerdir [44].

Sharma ve Goel (2017), çalışmalarında %30-%70, %50-%50 ve %70-%30 oranlarında karıştırılmış olan geri dönüştürülmüş pamuk ve geri dönüştürülmüş poliester lifleri kullanmışlardır. Bu karışım oranlarındaki liflerden sırasıyla 188, 200 ve 190 g/m² ağırlıklarında iğneleme yoluyla elde ettikleri dokusuz yüzeyleri kopma mukavemeti, aşınma mukavemeti (ağırlık kaybı), patlama mukavemeti, eğilme uzunluğu performansları bakımından test etmişlerdir. Kopma mukavemeti en yüksek %30-%70'lik karışımda makine yönünde, aşınma mukavemeti en yüksek %30-%70 lik karışımda, patlama mukavemeti en yüksek %30-%70'lik karışıma sahip numunelerde, en yüksek eğilme uzunluğu değerinin de %50-%50 oranındaki karışımda üretilmiş numunelerde gözlendiği belirtilmiştir [45].

Altun (2012) çalışmasında Türkiye'de tekstil ve konfeksiyon katı atıklarının anketler, fabrika araştırmaları ve resmi verilerle analiz edilmesi üzerinde çalışmıştır. Bununla birlikte geri dönüşüm çalışmaları ve katı atık bertarafı yöntemleri hakkında bilgi vermiştir. Endüstriyel atık tipi ve kaynakları başlığı altında en yüksek atığın iplik üretim sürecindeki ipliğe dahil olamayacak kadar kısa olan lifler olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Yine dokuma ve örme sürecinde ortaya çıkan iplik atıkları, üretim süreçlerinde oluşan kumaş atıkları ilk sırada gelmektedir [46].

Goynes (2000) %70 geri dönüşüm poliester ve %30 orijinal pamuk kullanarak, düşük maliyetli ve kısa süreli kullanıma uygun bir dokusuz yüzey battaniye üretimi üzerinde çalışmıştır. Üretimde iğneleme yöntemi kullanan araştırmacı 230 devir/dakika hızda ve cm²'de 250 dalış olacak şekilde üretimi gerçekleştirmiştir. Yıkamaya karşı dayanımın geliştirilmesi ve stabilite sağlanması açısından kumaşlara karboksilik asit bitim işlemi uygulanmıştır. Üretilen numunelerin fiziksel ve ısıl özellikleri ticari olarak var olan battaniyelerle karşılaştırılmıştır. Hafif, tutumu ve ısıl konfor özellikleri iyi olan ürünler elde edildiği belirtilmiştir [47].

Lou ve arkadaşları (2005) çalışmalarında poliester ve polipropilen dokusuz yüzey atıklarını mekanik olarak açıp 1:1 oranında karıştırarak kalıplama tekniği ile ses yutumu fonksiyonu bulunan kompozit malzeme elde etmişlerdir. Sonuçta kompozit malzemelerin kalınlığının artmasıyla ses yutumu özelliğinin artarken yoğunluk artışıyla azaldığını tespit etmişlerdir [48].

Wang (1999) çalışmasında beton ve toprak takviyesi olarak geri dönüşüm liflerin kullanılmasının hammadde maliyetlerini düşürmesi ve ürün performans özelliklerinin iyileştirilmesi ve depolama alanlarına duyulan ihtiyacın azaltılması adına önemini vurgulamıştır [49].

Wang ve arkadaşları (2003) tekstil atıklarının değerlendirilmesine yönelik bir diğer çalışmada halı atıklarından liflerin eldesinde önce mekanik geri dönüşüm yöntemiyle lif yığınları elde etmekte ve halıyı oluşturan lif tipine göre uygun çözücülerle kimyasal olarak lif eldesi sağlamaktadırlar. Liflerin uygun çözücüde çözülmesinin ardından katı kısımlar filtre edilerek uzaklaştırılmakta ve çözücü içerisinde çözülmüş halde bulunan lif çözücünün soğutulmasıyla elde edilmiş olmaktadır. Bu ekstraksiyon sonucunda elde edilen polimer lifler takviye malzemesi olarak kullanılmaktadır [50].

Parikh ve arkadaşları (2006) çalışmalarında pamuk fitili döküntüleri, kenaf lifi, jüt, geri dönüşüm poliester ve standart polipropilen lifi kullanmışlardır. Bu lifleri belirli karışım oranlarında kullanarak 228 dev/dk hızla çalışan ve 46,5 iğneleme sayısı/cm² iğneleme yoğunluğunda, 618 ve 1017 g/m² ağırlıklarında olacak şekilde dokusuz yüzey kumaşlar elde etmişlerdir. Oluşturulan dokusuz yüzey kumaşların ses yutumu özelliği üzerinde çalışan araştırmacılar günümüzde artmakta olan çevresel bilince vurgu yaparak bu tür uygulamalarda farklı ve çevreyle dost liflerin kullanılabilirliği üzerinde çalışmaların devam etmesi gerektiğini belirtmişlerdir [51].

2.4.2. Jeotekstil alanında Kullanılmak Üzere Üretilmiş Geri Dönüşüm Lif İçeren Dokusuz Yüzeylerle İlgili Çalışmalar

Leon ve arkadaşları (2016) malzeme olarak %75 giysi artığından dönüştürülmüş akrilik ve %25 oranında tüketici öncesi elde edilmiş geri dönüşüm poliester lifinden geri dönüşüm karışımı elde etmişlerdir. Ardından orijinal PP ile 3 farklı karışımında bu geri dönüşüm lifleri kullanmışlardır. %67 PP - %33 geri dönüşüm, %50 PP- %50 geri dönüşüm ve %33 PP- %67 geri dönüşüm oranlarında olacak şekilde, 8 iğneleme sayısı/cm² yoğunluğunda iğnelenmiş ve oluşan jeotekstil olarak kullanılması planlanan dokusuz yüzeyler, kalınlık, ağırlık, statik delinme mukavemeti ve hava geçirgenliği testlerine tabi tutulmuştur. En kalın 5,394 mm ile PP 67, en yüksek gramaj 132,70 g/m² ile PP 33, en yüksek delinme dayanımı 0,98 kN ile PP 67 kodlu kumaşta ve en geçirgen PP 33 kodlu kumaş olarak bulunmuştur. Optimum maliyetle hedeflenen jeotekstil yapı özelliklerini bu üç karışımdan birinin karşılayacağı düşünülmektedir [52].

Gorchakova ve arkadaşları (2013) çalışmalarında PET şişeden geri dönüşüm poliesterin ısıtma, iğneleme ve diğer metodlar kullanılarak farklı malzemelerle bir araya getirilmesiyle dokusuz yüzey jeotekstil yapıların yaygınlıkla elde edildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar geri dönüşüm poliesterin mukavemet özelliklerinin iyileştirilmesi adına iğneleme yoluyla elde edilen dokusuz yüzey kumaşların organosilikon yüzey modifikasyon malzemeleriyle işleme sokulmasının kopma mukavemetini %25 oranında iyileştirdiğini belirtmişlerdir [53].

Rawal ve Anandjiwala (2007) çalışmalarında poliester ve keten liflerinden üretilen dokusuz yüzey jeotekstillerin özellikleri karşılaştırılmıştır. Keten lifinin doğal özelliği olarak incelik ve uzunluk açısından gösterdiği yüksek varyasyonun nihai üründe mukavemet kaybına neden olabileceği gözlenmiştir. Bununla birlikte keten lifinin inşaat alanındaki uygulamalarda nispeten daha az anizotropik olmaları ve açık bir yapı üretilmesine müsait oldukları için potansiyel kullanım olanağına sahip olduğunu belirtmişlerdir [54].

Rawal ve Saraswat (2011) çalışmalarında PP, viskoz ve poliester-viskoz lif karışımlarından oluşan 200 ve 400'er gram/m² ağırlıklarında iğneleme yöntemi ile üretilmiş dokusuz yüzey jeotekstillerin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir.

Her iki gramaj için de 60/40 PET/V karışımındaki hibrit jeotekstil yapı makine yönü ve makineye dik yön için en yüksek kopma mukavemeti değerini göstermiştir. 400 g/m² ağırlığındaki PP numunelerde %40'a kadar viskoz eklenerek hibrit yapı oluşturulduğunda delinme dayanımının etkilenmediği gözlenmiştir. Özellikle toprak stabilizasyonu uygulamalarında viskoz rayonu gibi selülozik liflerin poliester ve polipropilen lifleri ile kombinasyon içinde kullanımın uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır [55].

Lin ve arkadaşları (2014) çalışmalarında, PET, kevlar atığı ve LPET liflerinin %60/20/20 oranlarında kullanılarak iğneleme yöntemi ile elde edilen 180±10 g /m² ağırlığındaki dokusuz yüzey jeotekstillerin üretiminde 3 farklı iğne dalış derinliğinin elde edilen dokusuz yüzey kumaşların özellikleri üstüne etkilerini değerlendirmişlerdir. İğne dalış derinliğinin 0,3 cm'den 0,5 cm'ye yükselmesiyle kopma, yırtılma, patlama ve delinme mukavemetlerinin yükseldiği görülmüştür. Dalış derinliği 0,7 cm'ye çıktığında ise mekanik özelliklerin hafifçe düştüğü gözlenmiştir. Belirlenen üretim şartlarında optimum dalış derinliği 0,5 cm alınarak üretilen jeotekstillerin erozyon kontrolünde, meyil stabilizasyonunda kullanıma uygun olabileceği belirtilmiştir [56].

Bulacu ve arkadaşları (2015) ambalaj amaçlı kullanılan PET malzemeden geri dönüşümle elde edilmiş lifleri polipropilen lifleriyle bir arada kullanarak iğneleme yoluyla elde edilmiş dokusuz yüzey jeotekstillerin kalite özelliklerini işlem koşulları aynı kalacak şekilde orijinal poliester ve polipropilen karışımından elde ettikleri numunelerle kıyaslamışlardır. Karışım oranı ilk numune için %80 geri dönüşüm PET- %20 orijinal PP, ikinci numune içinse %80 orijinal PET-%20 orijinal PP olarak belirlenmiştir. Numunelerin performans özelliklerinden kopma yüküne bakıldığında her iki karışımındaki numunelerin kopma yükü değerleri arasında %2,25'lik önemsenmeyecek bir fark olduğunu belirtmişlerdir. Makineye dik yöndeki kopma yükü her iki numune tipi için de makine yönündekine göre %50 daha yüksektir. Bununla birlikte kopma uzamaları benzer değerlerde seyretmiştir. İkinci karışım oranındaki numunelerin delinme mukavemeti diğerlerine göre %7 daha iyi çıkmıştır. Araştırmacılar ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin birbirine yakınlığından yola çıkarak geri dönüşüm liflerin ikame olarak kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir [57].

Broda ve arkadaşları (2016) çalışmada yenilikçi koruyucu jeotekstil olarak tasarlanmış, atık liflerin kullanımıyla büyük ve 12 cm kalınlığında urganlar şeklinde jeotekstiller üretilmiştir. Bu yapıların içleri yün lifleri, yünlü dokusuz yüzeylerden kesilmiş parçalar ve parçalanmış tekstil atıkları ile doldurulmuştur. Dış yüzey ise örme bir kılıf yapı şeklinde olup sisal ve pamuk sicimler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu jeotekstiller 6 ay boyunca toprak altında tutulmuşlardır. Urganların kılıf ve öz bölgelerini teşkil eden malzemelerin mekanik özellikleri toprak altında kalmadan önce ve sonra ölçülmüştür ve urganların morfolojisi analiz edilmiştir. Urganların dış yüzeyinde kullanılmış olan jüt, sisal ve pamuktan meydana gelen yapılar hızlı bir bozulma göstermişlerdir. Tersine yünden ve geri dönüşüm liflerden elde edilen dokusuz yüzey yapılar daha yavaş bio-bozunmaya uğramışlardır [58].

Sarsby (2007) çalışmasında zemin mühendisliği alanında sürdürülebilirlik açısından geliştirilebilecek en iyi stratejinin kısa süreli zemin iyileştirmelerinde bioçözünür malzemelerin kullanımına yönelmek olduğunu belirtmiştir. Kimyasal liflerin elde edilebilme kolaylığı ve uzun süreli kullanım ömürlerinin bulunması gibi sebeplerle bitkisel liflerin teknik alanlarda kullanımı kısıtlı kalmıştır. Özellikle parametrik çalışmalarda yer alan jüt, sisal ve hindistan cevizi lifleri gibi bitkisel kaynaklı liflerin çevresel bilinç çerçevesinde kısa süreli zemin uygulamalarında da kullanım için uygun olduğunu vurgulamışlardır. Öte yandan Mwasha (2009) biyobozunur liflerin stabilizasyon amaçlı jeotekstillerde kullanımı ile ilgili bir çalışmada doğru miktarda bitkisel özellikli biyobozunur lif seçiminin jeotekstilin stabilizasyon performansını düşürme miktarı göz önüne alınarak belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir [59,60].

Fangueiro ve arkadaşları (2011) çalışmalarında metrekare ağırlığının kopma ve delinme mukavemeti üzerine etkisini incelemek amacıyla polipropilen, poliester ve akrilik liflerini kullanarak 5 farklı gramajda iğnelenmiş dokusuz yüzey elde etmişler, aynı zamanda %100 polipropilen düz dokuma bir takviye kumaşının da dokusuz yüzey kumaşlarla hibrit yapı oluşturacak şekilde kullanımını gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında dokusuz yüzey kumaşların gramajları arttığında kopma ve delinme mukavemetlerinin arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda ikinci bir katman olarak dokunmuş kumaş kullanımının liflerin oryante olma yönleri göz önünde

bulundurulduğunda jeotekstillerin mekanik özelliklerinde iyileştirici yönde rol oynadıklarını belirtmişlerdir [61].

Li ve arkadaşları (2013) çalışmalarında geri dönüşüm kevlar lifleri, yüksek mukavemetli naylon 6 lifleri ve düşük erime sıcaklığına sahip bikomponent poliester lifleri kullanarak farklı karışım oranlarında $200 \pm 10 \text{ g/m}^2$ metrekafe ağırlığında olacak şekilde dokusuz yüzey kumaşlar elde etmişlerdir. Dokusuz yüzey yapının iç kısmında katman olarak kullanılmak üzere 328 g/m^2 ağırlığında cam lifinden dokuma kumaş üretilmiştir. Elde edilen dokusuz yüzey kumaşlara ara katman olarak cam lifinden dokuma kumaş yerleştirilerek tekrar $100 \text{ iğneleme sayısı/cm}^2$ iğneleme yoğunluğunda olacak şekilde iğneleme yapılmıştır. Oluşan nihai yapı ısıtılarak geçirilerek bikomponent poliester lifinin bağlayıcı etkisinden faydalanılmıştır. Karşılaştırma için numunelerin bir kısmı arada cam katmanı olmadan üretilmiştir. İçeriğindeki bikomponent poliester ve Kevlar lifi oranından bağımsız olarak cam ara katmanı içeren numuneler içermeyenlere göre daha yüksek delinme dayanımı göstermişlerdir. Delinme dayanımı özelliği ile patlama mukavemeti özelliğinin birbiriyle uyumlu olarak değiştiği gözlenmiştir. Bununla birlikte cam katman içeren ve içermeyen yapıların koruyucu ayakkabı ve delinme dayanımının gerekli olduğu zırh ve eldiven gibi yapılarda kullanılmaya uygun olduğu belirtilmiştir [62].

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak polipropilen ve PET şişeden mekanik-termik olarak geri dönüştürülmüş poliester lifleri (rPET), mekanik yolla elde edilmiş kumaş açması geri dönüşüm lifler, şardon havı ve battaniye tıraşlama artığı kırpıntı lifler kullanılmıştır.

3.1.1. Poliester Lifi

Tekstil endüstrisinde yaygın bir şekilde poliester olarak anılan PET (polietilenteraftalat) termoplastik poliesterlerin en önemlilerinden biri olarak kabul edilir. Geçtiğimiz yirmi yıl içinde PET hafifliği, ucuzluğu, hazır ulaşılabilir stoğu ve işlenmesinde düşük enerji gerektirdiği için yaygın şekilde kullanılan mühendislik polimerlerinden bir olmuştur [63].

PET esaslı poliesterin ticari üretimi 1941 yılında J.R.Whinfield ve J.T.Dickson tarafından gerçekleştirilmiştir. Poliester, dialkol ile dikarboksilli asidin kondenzasyonu sonucunda oluşan ve yapısında ester bağları çok sayıda tekrarlanan bir polimer maddedir. Elde edilen poliester eriyiği direkt olarak lif çekimine gönderilebildiği gibi katılaştırılarak çips (granül) hale getirildikten sonra da satılabilir veya kendi lif çekim tesisine gönderilebilir. Poliester liflerinin çekimi eriyikten lif çekimi yöntemine göre yapılmaktadır. Bu yöntemde çipsler, sarmal şekilde yerleştirilmiş ısıtılabilen borulardan oluşan eritme ızgaraları ya da silindir içerisinde salyangoz yapıdan meydana gelen ekstrüder yardımıyla erime noktasının üzerindeki sıcaklıkta ısıtılarak eritilip akışkan hale getirilmektedir. Eriyik haldeki polimer bir pompa yardımıyla sabit basınç altında düze bloklarının hemen üzerinde bulunan filtrelerden geçerek düze başlıklarından lif çekim kanallarına iletilir. Düze delikleri çoğunlukla dairesel kesitli olmakla beraber özel poliester lifleri için farklı kesitlerde düzeler de kullanılabilir. Buradan geçen eriyiğin soğuk hava akımı ile katılması sağlanır. Katı haldeki lif telciklerinin belirli bir kayganlık, yumuşaklık, statik elektriklenmeyi önleme gibi özellikleri kazanması için preparasyon da denilen bitim işlemi uygulanarak germe-çekme ile kristalin bölgelerin oranı artırılıp lifler bobinlere sarılmaktadır. Kullanım yerine göre; kesikli lif üretimi için lifler istenen boyda kesilmekte ve balyalanmaktadır [64,65].

Poliester lifinin mikroskop altında boyuna yüzey görüntüsü pürüzsüz, parlak bir camsı çubuk şeklindedir. Enine kesit görüntüsü ise çoğunlukla dairesel olmakla beraber geçirildiği düze deliğinin kesit şekline bağlı olarak üçgen, yıldız gibi şekillerde olabilmektedir. Lif özgül ağırlık değeri değeri $1,35 \text{ g/cm}^3$ ile $1,45 \text{ g/cm}^3$ aralığında değişmektedir. Lif kopma dayanımı ortalama 4,5-5,5 g/denyedir. Hidrofob yapılarından dolayı poliester lifleri standart atmosfer koşulları altında %0,4-0,8 oranında nem çekebilmektedirler. Erime noktaları 255-260 °C civarındadır [65].

PET, oldukça iyi çekme ve darbe dayanımı, berraklığı, işlenebilirliği, kimyasal dayanımı ve termal stabilitesi sayesinde şişelerde, lif eldesinde, kalıplamada ve levha yapımı gibi çeşitli uygulama alanlarında geniş çaplı olarak kullanılmaktadır [63]. Çalışmanın “1.1.2 Sentetik Liflerin Geri Dönüşümü” kısmında geri dönüşümü detaylı şekilde açıklanan PET şişelerin mekanik geri dönüştürülüp yeniden eriyikten çekme yöntemi ile elde edilmiş rPET kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan rPET lifi Tübitak Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı’nda TS EN ISO 5079:2003 standart numaralı Tek Lif Kopma Kuvveti testine tabi tutulmuştur [66]. Çizelge 3.1’de çalışma kapsamında kullanılan rPET lifinin özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan rPET lifinin özellikleri

İncelik	Uzunluk	Kopma Kuvveti	Kopma Uzaması	Kıvrım Sayısı
6 denye	64 mm	3,50 cN/dtex	%78,6	4 kıvrım/cm

Sentetik lifler farklı enine kesit şekillerine sahip olabilecek şekilde üretilmektedirler. Çalışmada kullanılan rPET ve PP liflerinin enine kesit şekilleri Tübitak Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı’nda mikrotom ile kesit şekli belirleme yöntemiyle tespit edilmiştir.

Resim 3.1’de çalışmada kullanılmış olan rPET liflerinin enine kesit görüntüsü sunulmuştur.



Resim 3.1. Çalışmada kullanılan rPET lifine ait enine kesit görüntüsü

3.1.2. Poliproilen Lifi

Kimyasal liflerin poliolefinler grubunda yer alan polipropilen lifleri, petrolden elde edilen propilen gazının polimerizasyonu sonucu elde edilen termoplastik bir polimerdir. Polimerizasyon reaksiyonu çoğunlukla Ziegler-Natta katalizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir [65]. Lif çekimine uygun polimer maddenin eldesi sonrasında polipropilen liflerinin endüstriyel olarak üretimi 1957 yılında “Meraklon” ticari ismi ile İtalya’da başlamıştır. 1960’lı yıllarda ilk stapel lifler üretilmiştir. 1970’li yıllardan sonra liflerin üretimi yaygınlaşmıştır [35].

Polimerizasyon sonucu elde edilen polipropilen genellikle granül (cips) haline dönüştürülerek lif çekimi için uygun halde ambalajlanır. Polimer maddeye cips üretimi sırasında veya öncesinde çeşitli katkı maddeleri ilave edilerek polimer lif üretimine hazırlanır. Diğer termoplastik liflerin üretiminde olduğu gibi polipropilen lifleri de eriyikten çekim yöntemi ile üretilir. Polimerin çeşitli yöntemler ile eritilmesi sonucunda tekstil sanayinde kullanılmak üzere monofilament ve multifilament iplikler, kesikli lifler, filmler elde edilir [64,65]. Ekstrüderdeki polimer eriyiği birtakım filtrelerden geçirilerek düze başlığına iletilmektedir. Lifin enine kesit şeklini belirleyecek olan düze delikleri yuvarlak, üçgen, tri-loblu gibi yapılarda olabilmektedir. Düzelerden gelen eriyik telcikleri soğutma bölgesinden geçtiği sırada katlaşıp filament hale gelerek biriktirme silindirlerine sarılmaktadır. Amorf ve kristalin bölge oryantasyonu sağlanması ve lif inceliğinin

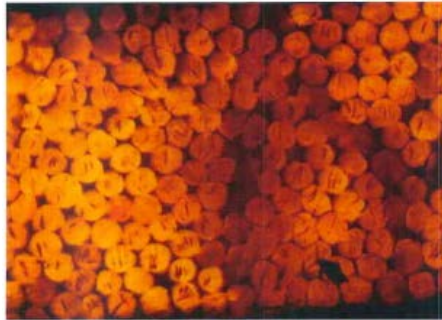
belirlenmesi amacıyla germe çekme işlemi uygulanmaktadır. Eriyikten lif çekimi sonucunda lifler monofilament veya multifilament halde elde edilmektedir. Kesikli olarak kullanılacak lifler için kıvrım verme (yığma kutusu ile) ve kesme işlemi adımlarının da uygulanması gerekmektedir [65].

Polipropilen beyaz, yarı kristalin bir polimerdir. Polipropilen liflerinin mikroskop altında boyuna yüzey görüntüsü incelendiğinde lif yüzeyinin düz ve pürüzsüz olduğu görülür. Enine kesitlerine bakıldığında ise üretimlerinde yaygın olarak kullanılan düze delik şekli yuvarlak olmakla birlikte üçgen, oyuklu vb. şekillerde kesitlere de rastlanmaktadır. Polipropilen liflerinin özgül ağırlığı $0,90-0,95 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmektedir. Erime noktası genellikle $165-175 \text{ }^\circ\text{C}$ civarındadır. Polipropilen liflerinin kimyasallara dayanımı genel olarak çok iyidir ve bu özelliği birçok teknik tekstil uygulaması için avantaj yaratmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan PP lifi Tübitak Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı'nda TS EN ISO 5079:2003 standart numaralı Tek Lif Kopma Kuvveti testine tabi tutulmuştur [66]. Çizelge 3.2'de çalışma kapsamında kullanılan PP lifinin özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan PP lifinin özellikleri

İncelik	Uzunluk	Kopma Kuvveti	Kopma Uzaması	Kıvrım Sayısı
6 denye	64 mm	4,31 cN/dtex	%92	6 kıvrım/cm

Çalışma kapsamında kullanılan PP liflerinin enine kesit şekilleri Tübitak Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı'nda mikrotom ile kesit şekli belirleme yöntemiyle tespit edilmiştir. Resim 3.2'de çalışmada kullanılmış olan PP liflerinin enine kesit görüntüsü sunulmuştur.



Resim 3.2. Çalışmada kullanılan PP lifine ait enine kesit görüntüsü

3.1.3. Geri Dönüşüm Elyaf

Çalışma kapsamında kumaş açması olarak tabir edilen ve çoğunlukla kullanılmaz durumdaki giysilerle birlikte diğer tüketici sonrası tekstil atıklarını içeren mekanik olarak geri dönüşümden elde edilen lifler kullanılmıştır. Doğal ve sentetik lifler içeren her türlü tekstil ürününün geri dönüşümüyle edinilen bu liflerin boyları 6-22 mm arasında değişmektedir.

3.1.4. Şardon Havı

Çalışmanın 1.3 numaralı “Battaniye Tıraşlama Artığı Kırpıntı Elyaf” başlıklı kısmında elde edilmesi hakkında detyalı bilgi verilmiş olan şardon havı, çalışmada üretilen dokusuz yüzey kumaşlardaki ara katmanı teşkil eden geri dönüşüm katmanı içerisinde yer alan battaniye tıraşlama artığı kırpıntı elyaf için taşıyıcı rol üstlenecek şekilde kullanılmıştır.

3.1.5. Battaniye Tıraşlama Artığı Kırpıntı Elyaf

Çalışmanın 1.3 numaralı “Battaniye Tıraşlama Artığı Kırpıntı Elyaf” başlıklı kısmında elde edilmesi hakkında detyalı bilgi verilmiş olan battaniye üretimi sırasında tıraşlama basamağında ortaya çıkan boyları 1-5 mm arasında değişen kırpıntı elyaf, çalışma sırasında üretilen dokusuz yüzey kumaşlardaki ara katmanı oluşturan geri dönüşüm katmanı içerisinde kullanılmıştır.

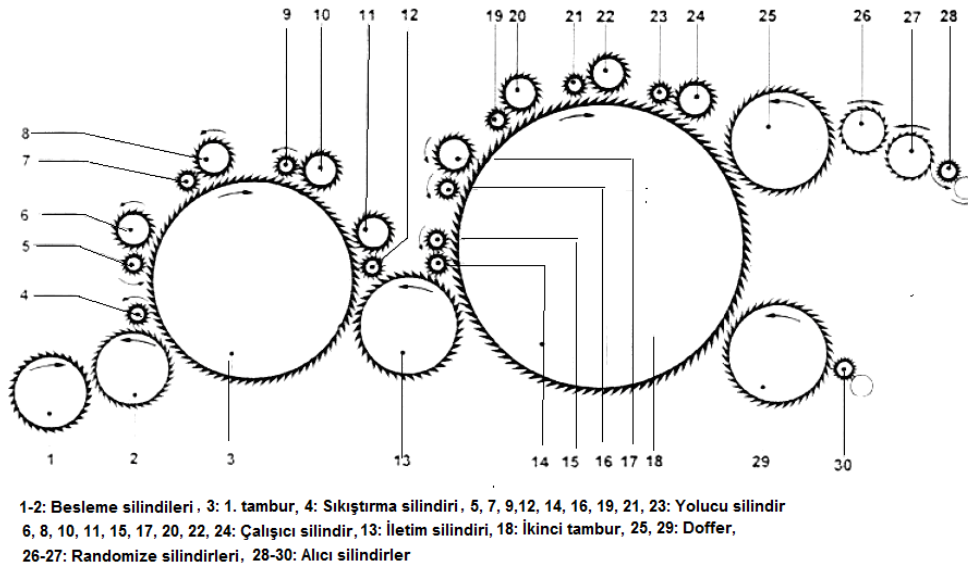
3.2. Metot

Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzey kumaşların elde edilmesi sırasında doku oluşturma yöntemi olarak mekanik (tarakla) serme, doku sabitleme yöntemi olarak ise iğneleme yöntemi kullanılmıştır. Bu kısımda söz konusu yöntemler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

3.2.1. Mekanik Serme

Bu yöntemle öncelikle liflerin balyalardan alınarak açılması ve bir fan mekanizması yardımıyla tarak makinesine iletilmesi sağlanmaktadır. Liflerin tarama işleminden geçmesiyle işlemlerle küçük elyaf yumakları tek lif halinde açılmakta, yapıdaki yabancı maddeler uzaklaştırılmakta, elyafa paralellik sağlanmakta ve belirli ağırlıkta-genişlikte tülbent oluşturulmaktadır.

Dokusuz yüzey kumaş üretiminde genellikle pamuklu ya da yünlü iplikçilik endüstrisinde kullanılan veya bunların modifiye edilmiş modelleri olan tarak makineleri kullanılmaktadır. Söz konusu tarakların, iplikçilikte kullanılan taraklardan daha geniş enli olup, enleri 2 ile 5m arasında değişmekte, makine hızları daha yüksek olmaktadır. Aşağıda Şekil 3.1’de dokusuz yüzey üretiminde kullanılan bir tarak makinesinin şematik çizimi sunulmuştur.

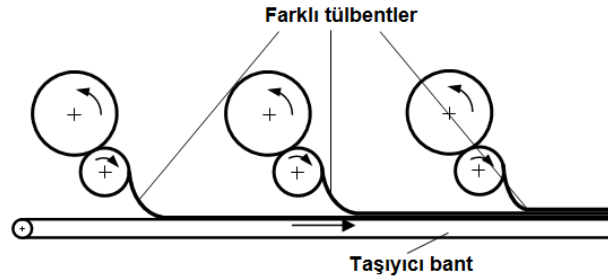


Şekil 3.1. Dokusuz yüzey kumaş üretiminde kullanılan tarak makinesi [30]

Şekil 3.1 incelendiğinde; bu tip taraklarda iplikçilikte kullanılan taraklardan farklı olarak, şapka tertibatı yerine çalışıcı ve yolucu silindirlerin yer aldığı görülmektedir. Brizör, tambur, çalışıcı ve yolucu silindirlerin yüzeyleri metal teller ile kaplı olup, teller karşılıklı çalışan silindirlerde ters yönde yönlemiş durumda bulunmaktadır. Bu tip taraklarda tarama işlemi tambur ve çalışıcı silindirinin temas noktasında gerçekleşmekte,

çalışıcı silindirlerden yolucu vasıtasıyla alınan lifler taranıp paralel hale gelinceye kadar tekrar tarama işlemine tabi tutulmaktadır [25,30].

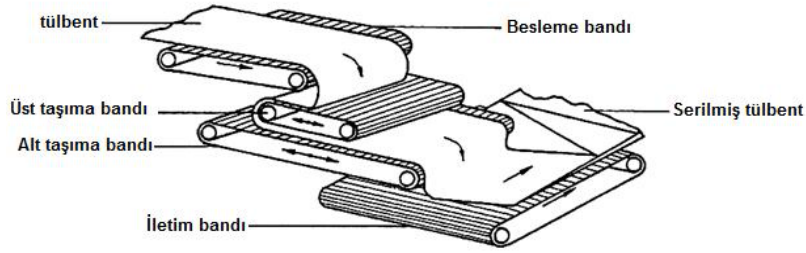
Tarak makinesinde liflerin taranması sırasında aynı zamanda ilerleme yönü boyunca paralel hale getirildiklerinden, oluşan tülbent içerisinde lifler makine yönüne paralel halde bulunmaktadır. Bu durum tülbentin makine yönündeki performans özelliklerinin makineye dik yöndeki özelliklerinden daha iyi olması anlamına gelmektedir. Elde edilecek son ürünün kullanım özellikleri açısından her iki yönde aynı performansı göstermesi gerekiyorsa bu noktada tülbent katlama düzeneğinden faydalanılabilir. Tülbent katlama düzeneğinin bir diğeri işlevi de tülbent homojenliğinin sağlanmasına ve kumaş için belirlenen metrekare ağırlığın elde edilmesine katkıda bulunmaktadır. Tülbentin katlar oluşturacak şekilde serilmesinde sıklıkla paralel serim veya çapraz serim yöntemleri kullanılmaktadır. Aşağıdaki Resim 3.3'te görülen paralel sermede farklı tülbentler paralel halde olacak şekilde üst üste serilmekte ve daha sonra doku sabitleme ünitesine taşıyıcı bantlar sayesinde sevk edilmektedir.



Resim 3.3. Paralel tülbent serme düzeneği [30]

Çalışmada kullanılan yöntem çapraz serme; en çok kullanılan doku serme tipi olup, bu yöntemde besleme bandı vasıtasıyla beslenen tarak tülbendi ileri-geri hareket eden taşıma silindirleriyle üst üste çapraz şekilde sevk bantlarına dik biçimde hareket eden iletim bandı üzerine serilmektedir. Bu şekilde elde edilen dokularda liflerin bir yöne yönlenmesi engellenmiş olmaktadır.

Aşağıda Resim 3.4'te şematik bir çapraz serim düzeneği görülmektedir.

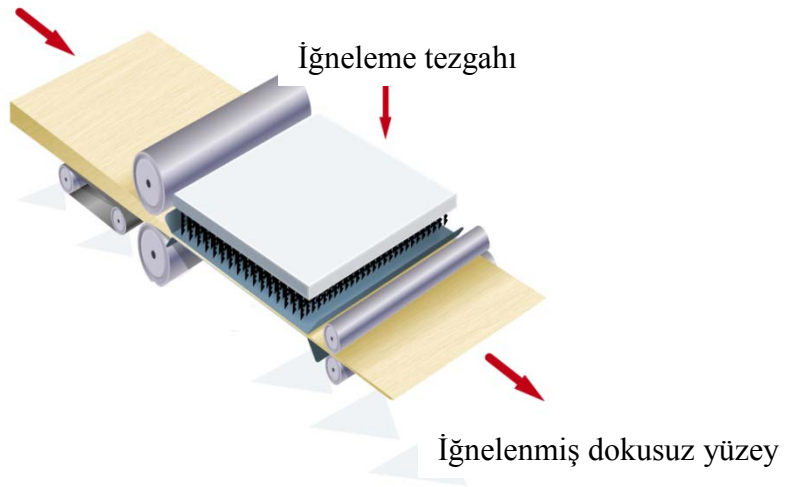


Resim 3.4.Çapraz tülbent serme düzeneği [30]

3.2.2. İğneleme Yöntemi

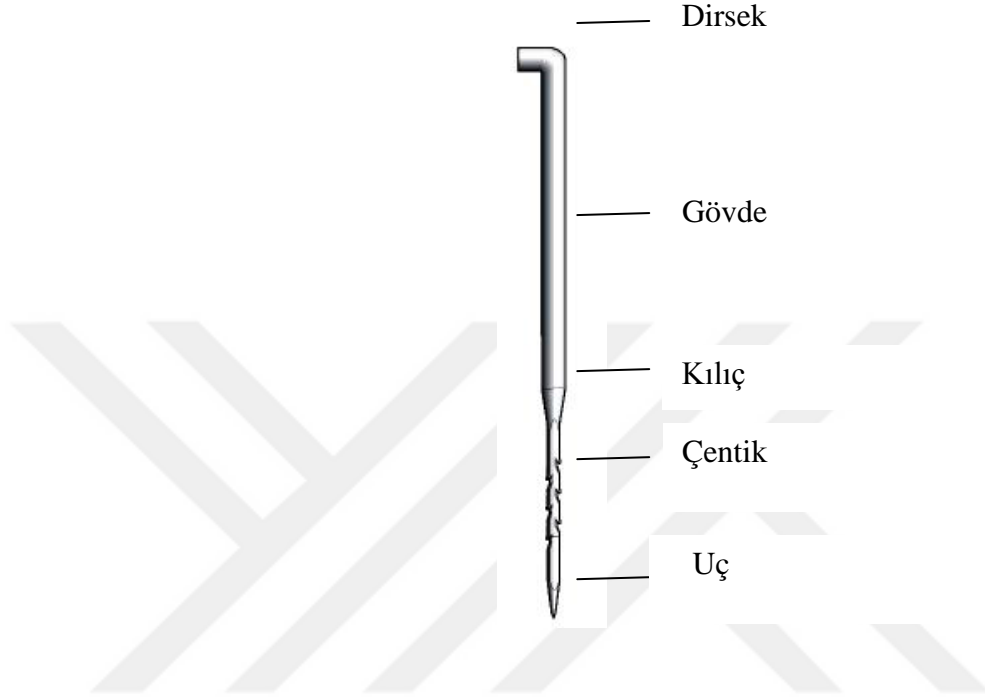
İğneleme yöntemi, doğal ve sentetik elyafın kullanılmasıyla elde edilen ve herhangi bir tülbent üretim yöntemiyle oluşturulan her türlü dokunun sabitleştirilmesi için uygun bir yöntemdir. Aşağıda Resim 3.5'te şematik olarak gösterilen teknikte vatka halinde bulunan bağlanmamış tülbent katmanları sevk silindirleri vasıtasıyla iğneleme tezgahına sevk edilmektedir. İğneleme bölgesinde iğne tablası üzerinde bulunan özel tasarlanmış çentikli yapıdaki iğneler üst tutucu plakada bulunan kılavuz deliklere tekrarlı şekilde batıp çıkma hareketi yaparak lif tutamlarını birbiri içerisinden geçirmek suretiyle tülbent yapıyı sabitleştirmektedir. İğnelerin batıp çıkma hareketiyle bağlanmış olan dokusuz yüzey taşıyıcı bant sayesinde ilerletilerek sarıma sevk edilmektedir [25, 26, 29].

Tülbent besleme



Resim 3.5.Tipik bir iğneleme ünitesinin şematik gösterimi [67]

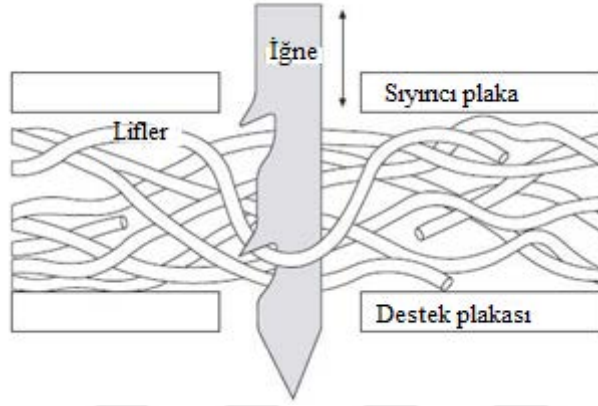
Bir iğneleme ünitesinde temel işlevi yerine getiren parça iğne olup çok farklı tipte iğneler bulunmaktadır. Aşağıdaki Resim 3.6'da iğneleme ile tülbent sabitleştirmede yaygın olarak kullanılan tipik bir iğnenin kısımları görülmektedir.



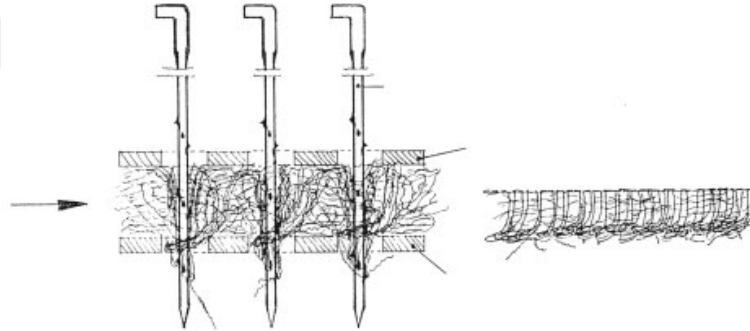
Resim 3.6.İğnelemede kullanılan tipik bir iğne kısımlarının gösterimi [29]

- **Dirsek:** İğnenin iğne tablasına takılmasını sağlayan kısımdır. Aynı zamanda iğne tablasındaki iğne diziliminin düzeninde de yardımcı rol üstlenmektedir.
- **Gövde:** İğnelerin iğne tablası üzerinde sabit olarak durmasını sağlayan kısımdır.
- **Kılıç:** İğneleme işlevini yerine getiren çentikleri üzerinde taşıyan parça olup, kesit şekli eşkenar üçgen, yıldız, dörtgen olabilmektedir. Kılıcın her bir köşesinde yer alan çentik farklı hizada olacak şekilde ve eşit aralıklarla yerleştirilmiş olarak bulunmaktadır.
- **Çentik:** İğnelerin tülbent katmanına girmesiyle liflerin tutulup dalma ve çıkma hareketleri sırasında aşağı-yukarı doğru taşınmasını gerçekleştirerek birbirine dolaşmasını sağlayan kısımdır. Çentiklerin yüksekliği, derinliği, açısı, çentik ucunun şekli gibi parametreleri iğne tiplerine göre değişkenlik gösterebilmektedir.
- **Uç:** İğnelerin tülbent katmanıyla temas eden ilk noktası uç kısımları olmaktadır. Nihai ürünün kullanım yerine göre iğneler sivri ya da küt uçlu olabilmektedir [25,29].

Aşağıda Resim 3.7 ve Resim 3.8’de sırasıyla bir iğnenin dokusuz yüzey tülbentine dalıp çıkma hareketi ve bu hareket sonucunda dokusuz yüzey kumaş oluşumu şematik olarak sunulmuştur.



Resim 3.7. İğnenin tülbent içindeki hareketi [26]



Resim 3.8. İğneleme ile dokusuz yüzey oluşumu [27]

İğnelerin, farklı tiplerde ürünlerin elde edilmesine olanak sağlayacak şekilde belirtilen kısımlarının özellikleriyle bağlantılı olarak standardize edilebilmeleri için firmalar tarafından kullanılan numaralandırma sistemleri mevcuttur.

Üretilen dokusuz yüzey kumaşın kullanım alanına ve kumaştan beklenen performans özelliklerine göre iğneleme aşamasında iğne tipi, sayısı, dizilişi, iğnelerin dalma derinliği ve iğneleme hızı değiştirilebilmektedir. Tülbentin yalnızca bir yüzeyinden ya da alt ve üst yüzeyinden, dik ya da açılı iğne yerleşimiyle iğneleme yapılabilmektedir. İğneleme işlemi sırasında genellikle ön iğneleme ile tülbentin hafifçe sabitlenmesi

sağlanmaktadır. Ardından üretilecek dokusuz yüzey kumaşın metrekare ağırlığı ve birtakım özellikleri göz önünde bulundurularak esas iğneleme yapılmakta ve daha yoğun bir iğneleme etkisi elde edilmektedir.

İğneleme etkisinin yoğunluğu iğneleme sırasındaki geçerli olan üretim parametreleriyle ilişkilendirildiğinde aşağıda yer alan Eşitlik 3.1'deki gibi formülüle edilmektedir.

$$\varepsilon = \frac{n}{P/m} \quad (3.1)$$

Burada ε = İğneleme yoğunluğu; üretilen kumaşın birim alanındaki iğne penetrasyon sayısıdır (m^{-2});

n = İğne tablasının birim genişliğindeki iğne sayısını, (m^{-1}).

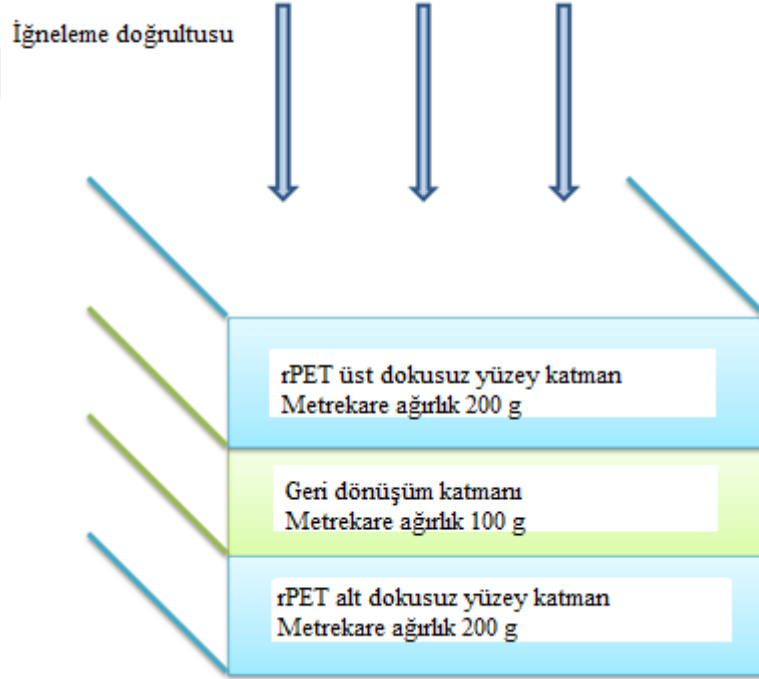
P = üretim hızını, ($m.dak^{-1}$)

m = birim zamandaki iğneleme sayısını (dk^{-1}) ifade etmektedir [26].

Dokusuz yüzeylerin üretiminde lifler iplik formuna getirilmeden doğrudan kullanıldığı için dokuma kumaşlarda olduğu gibi atkı/çözgü ya da örme kumaşlarda olduğu gibi ilmek sırası/ilmek çubuğu yönü şeklinde tanımlanan yönleri bulunmamaktadır. Bu tanımlamaların dokusuz yüzeylerdeki karşılığı üretim yönü esas alınarak geliştirilmiş olan Makine Yönü (MY) ve Makineye Dik Yön (MDY) kavramlarıdır. Makine yönü üretim sırasında kumaşın ilerlediği yönü belirtmektedir ve dokuma kumaşlardaki çözgü yönüne karşılık gelmektedir. Makineye Dik Yön ise kumaş üretim yönüne dik olan yönü ifade etmektedir ve dokuma kumaşlardaki atkı yönüne denk gelmektedir. Kumaş yönü kavramlarına ek olarak dokusuz yüzey kumaşların mekanik ve yapısal özelliklerinin açıklanmasında izotropik ve anizotropik terimleri de kullanılmaktadır. İzotropik yapı; birdokusuz yüzey kumaş yapısında makine yönündeki ve makineye dik yöndeki performans özelliklerinin birbirinin aynı olması durumunda kullanılmaktadır. Anizotropik yapı ise; kumaşın her iki yönünün özelliklerinin birbirinden farklı olduğu yapıyı ifade etmektedir. Dokuyu oluşturan lifler belirli bir yöne doğru yönlendirilmişse bu dokusuz yüzeyin anizotropik yapıda olduğu söylenebilmektedir.

3.3. Kumaş Üretimi Aşamaları

Tez çalışması kapsamında KNG Nonwoven firmasında Dilo marka LSE 25 model makinede polipropilen, rPET ve mekanik açma yöntemiyle geri dönüştürülmüş lifler kullanılarak proje kapsamında üretilecek nihai ürünlerdeki alt ve üst katmanları (dış katman) teşkil edecek dokusuz yüzey kumaşlar farklı metrekare ağırlık değerlerinde ve iğneleme yoğunluğunda üretilmiştir. Ardından battaniye tıraşlama artığı olan lifler ve şardon havı olan lifler, ara katmanda tıraşlama artığı lif oranı %25 olacak şekilde harmanlanarak ara katmanı teşkil edecek dokusuz yüzey kumaş iğnelemesi gerçekleştirilmiştir. Her bir lif tipi için dış katman serimi yapılarak ara katmanlarla birleştirme aşamasında ise iki farklı iğneleme yoğunluğunda nihai ürün üretimi yapılmıştır. Bu sırada her bir tipteki nihai ürünün metrekare ağırlığı 500 gram olarak sabit tutulmuştur. Aşağıda Resim 3.9'da çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen nihai ürünlerden bir örnek şematik olarak sunulmuştur.



Resim 3.9. Çalışma kapsamında üretilen nihai ürünlerin örnek şematik gösterimi

3.3.1. Liflerin Hazırlanması

Üretime hazırlık aşamasında balyalar halinde temin edilmiş olan her bir tip hammadde için aynı işlem basamakları uygulanmıştır. Liflerin balyalardan alınması elle yapılmış ve lif tutamlarının açılması için bir fan sistemiyle sağlanan hava emişiyle besleme odasına beslenmiştir. Bu işlem ikinci kez tekrarlandıktan sonra bekleme odasında lif serimi yapılmış ve statik elektriklenmenin önlenmesi için liflere antistatik yağ uygulanmıştır. Resim 3.10'da üretime hazırlanan liflerin antistatik yağ uygulanarak bekletilmesi gösterilmektedir.



Resim 3.10. Liflerin üretime hazırlanması

Ardından kumaş üretimi için; lifler Resim 3.11’de görüldüğü gibi tarak makinesine sevk edilmiştir.



Resim 3.11.Tarama bölgesine sevk edilen lifler

3.3.2. Tülbent Oluşumu ve Serilmesi

Çalışmada tülbent oluşturma yöntemi olarak tarakla mekanik serme yöntemi kullanılmış, oluşan tülbendin istenen metrekare ağırlık değerini sağlamak ve liflerin farklı yönlerde yönlendirilmesi amacıyla katlama sırasında çapraz serim tekniği uygulanmıştır. Tülbent elde edilmesinde kullanılan tarak makinesi yün iplikçiliğinde kullanılmakta olan geleneksel bir makine iken dokusuz yüzey üretimine uygun olacak tambur-silindir düzeneği ile modifiye edilmiş bulunmaktadır. Burada bulunan 3 çift açıcı-temizleyici silindir çifti arasından geçen açılmış ve temizlenmiş elyafın alıcı silindir vasıtasıyla ana tambura geçişi sağlanmıştır. Ana tamburda yer alan 6 çift temizleyici ve bant telli tarayıcı silindir sayesinde iyice temizlenmiş ve taranmış olan tülbent ana tamburdan bir alıcı silindir vasıtasıyla serim bandına iletilmiştir.

Aşağıda yer alan Resim 3.12 ve Resim 3.13 'te elyaf katmanının tarak ünitesine sevki ve tarak makinesine ait silindir çiftlerinin yerleşimi görülmektedir.



Resim 3.12.Liflerin tarağa geçişi



Resim 3.13.Tarama bölgesindeki alıcı-çalıyıcı silindirler

Tambur ile çalıyıcı-sıyırıcı silindir çiftleri arasındaki etkileşimle lif tutamları tek lif halinde açılmakta, paralelleştirilmektedir. Liflerin oryantasyonu ve taranmasıyla oluşturulan tülbentin gramajı besleme silindirinin hızının artırılıp azaltılmasıyla ayarlanabilmektedir.

Resim 3.14'te çalışıcı-sıyırıcı silindir çiftlerinin tamburdaki yerleşimi görülmektedir.



Resim 3.14.Çalışıcı-Sıyırıcı silindir çiftlerinin tarama tamburundaki yerleşimi

Tarama bölgesinde meydana gelen tarak tülbendinin oluşumu ve serim ünitesine sevki Resim 3.15'te gösterilmiştir.



Resim 3.15.Tarama bölgesinden tülbendın çıkışı

Tülbentlerin metrekare ağırlık değerleri; tülbent kat sayısı, en ayarı ve çapraz serim ve iğneleme sonunda istenen metrekare ağırlık değerleri elde edilecek şekilde ayarlanmıştır. Tarak makinesinden tülbendinin çıkış noktasında yer alan çapraz serim düzeneği ile oluşturulan tülbent, yapı içerisinde liflerin homojen ve farklı yönlerde oryante

olmuş halde yerleşiminin sağlanması, elde edilecek kumaş eni ve boyunca gramaj ile kalınlığın sabit olması amacıyla Resim 3.16 ve Resim 3.17’de görüldüğü şekilde çapraz olarak serilmiştir. Çapraz olarak serilen yapı, çapraz serim tertibatına dik şekilde konumlandırılan taşıyıcı bant vasıtasıyla iğneleme ünitesine iletilmiştir.



Resim 3.16. Çapraz serim tertibatının önden görünüşü



Resim 3.17. Çapraz serim tertibatı ile serilmiş tülbent katmanı

Aşağıda Resim 3.18’de görüldüğü gibi katmanlar halinde serilen tarak tülbentleri taşıyıcı hasır vasıtasıyla iğneleme bölgesine sevk edilmiştir.



Resim 3.18. Tülbent katmanının iğneleme bölgesine sevk

3.3.2.1. İğneleme Tezgahı

Çalışmada kullanılan ön iğneleme bölgesindeki 12 cm x 240 cm boyutlarındaki iğne tablasında yaklaşık 3 600 adet iğne bulunmakta olup iğne yerleşimi tablaya dik şekildedir. Kullanılan iğneler Groz Beekert marka olup 15 x 18 x 32 x 3 ½ R333 G 1002 özelliktedir. Ana iğneleme bölgesindeki 46 cm x 240 cm boyutlarındaki tablada ise yaklaşık 22 000 iğne bulunmaktadır. Üretim sırasında iğneleme tezgahının hızı her iki iğneleme bölgesi için de 300 d/dk olarak ayarlanmıştır. İğneleme bölgesine sevk edilen tülbentin sevk hızı 3,67 m/dk’dır. Bu değerler eşitlik 3.1’de yerine koyulduğunda ön iğneleme için iğneleme yoğunluk değeri aşağıdaki gibi 10 218 iğneleme sayısı /m² olarak bulunmaktadır.

$$\varepsilon = \frac{(3600/12*240)*100}{3,67 / 300} = 10 218$$

Ana iğneleme için ise aşağıda olduğu gibi 16 348 iğneleme sayısı /m² olarak bulunmuştur.

$$\varepsilon = \frac{(22.000/46*240)*100}{3,67 / 300} = 16 348$$

Aşağıda Resim 3.19’da iğne tablasında iğnelerin dizilimi gösterilmiştir.



Resim 3.19. İğne tablasındaki iğnelerin yerleşimi



Resim 3.20. İğneleme bölgesinden çıkan dokusuz yüzey kumaş

Üretimi gerçekleştirilen ürünlerin iğneleme bölgesinden çıkışı Resim 3.20’de gösterilmektedir. Kumaşların sarım levendine aktarılarak top haline getirilmesiyle iğneleme basamağı tamamlanmıştır.

Çalışmada öncelikle nihai üründeki alt ve üst katmanları teşkil edecek dokusuz yüzey kumaşlar her bir hammadde tipi için ön iğnelemeden geçirilerek aşağıda Çizelge 3.3'te belirtilen özelliklerde üretilmiştir.

Çizelge 3.3. Alt ve üst katman dokusuz yüzey kumaşlara ait üretim parametreleri

Alt ve Üst Katman Hammadde Türü	Alt ve Üst Katman Metrekare Ağırlıkları (g/m ²)	Ön İğneleme Yoğunluğu
PP	75	10 218 iğneleme sayısı/m ²
	100	
	150	
	200	
	250	
rPET	75	
	100	
	150	
	200	
	250	
Kumaş Açması Geri Dönüşüm Elyaf	100	
	150	
	200	
	250	

Çizelge 3.3'te görüldüğü üzere PP ve rPET elyaftan 5'er farklı gramajda alt ve üst katmanı teşkil edecek dokusuz yüzey üretimi gerçekleştirilmiştir. Kumaş açması geri dönüşüm elyaf ile yapılan deneme üretimleri sonucunda efektif olarak üretimi gerçekleştirilebilen ilk metrekare ağırlık değeri olan 100 g/m² ile başlamak suretiyle 4 farklı gramajda ürün elde edilmiştir. Böylece toplam 14 tipte dış katman üretimi gerçekleştirilmiştir.

Dış katmanların üretimini takiben ağırlıkça % 25 battaniye kırpıntısı, % 25 şardon havı ve % 50 kumaş açması geri dönüşüm elyaf içeren ve nihai üründe ara katmanı teşkil edecek olan geri dönüşüm katmanının üretimi Çizelge 3.4'te belirtilen özelliklerde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.4. Ara katmanı oluşturan dokunun özellikleri

Ara Katmanı Oluşturan Liflerin Ağırlıkça Kullanım Miktarı (%)		Ön İğneleme Yoğunluğu
Battaniye tıraşlama artığı kırpıntı elyaf	25	10 218 iğneleme sayısı/m ²
Şardon havı	25	
Kumaş Açması Geri Dönüşüm Elyaf	50	

Ara katmanlar, dış katmanlarla birlikte kullanılarak planlandığı üzere 500 g/m²'lik nihai ürün elde edileceğinden 100, 200, 300 ve 350 g/m² ağırlıklarda olacak şekilde 4 farklı tipte üretilmişlerdir. Ara katman üretim basamağını takiben nihai ürünün eldesinde kullanılacak alt ve üst katmanlar elle serilerek araya aynı ön iğneleme parametrelerinden geçirilmiş, ağırlıkça % 25 oranında battaniye tıraşlama artığı lif içeren geri dönüşüm katmanı serilmiştir. Bu üç yüzey tekrar ön iğnelemeye tabi tutularak nihai metrekare ağırlığı 500 gram ve iğneleme yoğunluğu değeri 40 872 iğneleme sayısı /m² olan ürünler elde edilmiştir. Böylece I. iğneleme yoğunluğu grubundaki ürünlerin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Bu ürünlerin birer eşleri ayrılarak ikinci iğneleme yoğunluğu grubundaki ürünleri elde edebilmek için diğer tüm üretim parametreleri sabit tutulmak şartıyla ana iğneleme bölgesindeki iğneleme tablasından geçirilmişlerdir. Bu şekilde 57 220 iğneleme sayısı/m² değerindeki iğneleme yoğunluğuna sahip nihai ürünlerin eldesi gerçekleştirilmiştir.

Aşağıda Çizelge 3.5'te tez çalışması kapsamında üretimi gerçekleştirilen dokusuz yüzey kumaşlara ait özellikler sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Ara katmanı oluşturan dokunun özellikleri

Alt ve Üst Katmanların Hammadde Türü	Alt ve Üst Katmanların Metrekare Ağırlıkları (g/m ²)	Nihai Ürünün İçerdiği Geri Dönüşüm Madde Miktarı	Aradaki Geri Dönüşüm Katmanının Nihai Üründeki Oranı	Nihai Ürünün İçerdiği Kırpıntı Miktarı	Kırpıntı Miktarının Nihai Üründeki Oranı	Gerçekleştirilen İğneleme Sayıları	
						I	II
rPET/GD/rPET (500g/m ²)	75	350 g	%70	87,5 g	%17,5	40 872 iğneleme sayısı/m ²	57 220 iğneleme sayısı/m ²
	100	300 g	%60	75 g	%15		
	150	200 g	%40	50 g	%10		
	200	100 g	%20	25 g	%5		
	250	0	0	0	%0		
PP/GD/PP (500g/m ²)	75	350 g	%70	87,5 g	%17,5		
	100	300 g	%60	75 g	%15		
	150	200 g	%40	50 g	%10		
	200	100 g	%20	25 g	%5		
	250	0	0	0	%0		
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500 g/m ²)	100	300 g	%60	75 g	%15		
	150	200 g	%40	50 g	%10		
	200	100 g	%20	25 g	%5		
	250	0	0	0	%0		

3.4. Kumaşlara Uygulanan Testler

Dokusuz yüzeylerin üretiminde dikkate alınan parametrelere bağlı olarak ürün yapısının ve özelliklerinin değişimi araştırmacıları yakından ilgilendiren bir konu olmuştur. Kullanım alanına bağlı olarak belirlenen performans özelliklerini sağlayabilecek nitelikte dokusuz yüzey ürünlerin üretilibilmeleri için uygun hammadde seçimi ve belirlenen üretim tekniğinin doğru olarak uygulanması temel şartları teşkil etmektedir.

Elde edilen dokusuz yüzey kumaşlardan beklenebilecek performans özellikleri kumaşların muhtemel kullanım alanı koruyucu jeotekstil uygulamaları olarak ön görülme suretiyle değerlendirilmiş ve bu yönde testler uygulanmıştır.

Kumaşlara uygulanan testler standart numaraları ile birlikte Çizelge 3.6’da sunulmuştur.

Çizelge 3.6. Kumaşlara uygulanan testler

No	Test Adı	Standart Numarası
1	Tekstil- Dokunmamış Kumaşlar İçin Dene Metotları- Birim Alan Kütleinin Tayini	TS EN ISO 29073-1
2	Tekstil-Dokunmamış Malzemeler İçin Dene Metotları –Kalınlık Tayini	TS EN ISO 9073-2
3	Tekstil- Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini	TS 391 EN ISO 9237
4	Tekstil-Dokunmamış Mamuller İçin Dene Metotları - Kopma Mukavemeti ve UzamaTayini	TS EN 29073-3
5	Tekstil-Dokusuz Yüzeyler İçin Dene Metotları –Yırtılma Direncinin Tayini	TS EN ISO 9073-4
6	Jeotekstil ve jeotekstille ilgili mamuller-Statik delme deneyi (cbr-Deneyi)	TS EN ISO 12236
7	Tekstil - Martindale metoduyla kumaşların aşınmaya karşı dayanımının tayini- Bölüm 2: Numune kopmasının tayini	TS EN ISO 12947-2
8	Tekstil-Dokusuz Yüzeyler İçin Dene Metotları-Eğilme Uzunluğunun Tayini	TS EN ISO 9073-7

3.4.1. Metrekare Ağırlık Tayini

Metrekare ağırlık; 1 m² kumaşın gram cinsinden ağırlığını ifade etmektedir. Çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen numunelerin metrekare ağırlıkları TS EN ISO 29073-1 numaralı standart esas alınarak tayin edilmiştir [68]. Dokusuz yüzey kumaşlarda liflerin kumaşın tüm alanındaki dağılımının yol açabileceği farklılıklar göz önünde bulundurularak çalışmada kullanılan kumaşların farklı bölgelerinden 20 x 20 cm boyutlarında 10’ar adet numune alınmıştır. Numuneler 24 saat boyunca standart atmosfer koşullarında (20°C±2 sıcaklık ve %65±2 bağıl nem) kondüsyonlanmıştır. Uşak Üniversitesi Tekstil mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri laboratuvarında bulunan ve Resim 3.21’de gösterilen Sartorius marka hassas terazide tartılarak tartım

sonuçları numune alanına b3l3nmek suretiyle metrekare ağırlık değerleri elde edilmiştir. Farklı b3lgelerden alınan numunelerin tartım sonuçlarının ortalaması alınmış, standart sapmaları ve %CV değerleri hesaplanmıştır.



Resim 3.21. Hassas Terazi

3.4.2. Kalınlık Tayini

Kumaş kalınlığı tayini; bir referans tablasına konulan dokunmamış malzemeye, bu tablaya paralel bir baskı ayağı ile basınç uygulandıktan sonra, tabla ile basınç ayağı arasındaki uzaklığın 3l3lmesi prensibine dayanmaktadır. TS EN ISO 9073-2 [69] standardına uygun olacak şekilde 10 cm x 10 cm boyutlarında hazırlanan ve her bir kumaşın 10 farklı b3lgesinden alınarak 24 saat boyunca standart atmosfer şartlarında ($20^{\circ}\text{C}\pm 2$ sıcaklık ve $\%65\pm 2$ bağıl nem) kond3syonlanan numunelere uygulanan kalınlık 3l3lme Uşak 3niversitesi UBATAM'da bulunan ve Resim 3.22'de g3sterilen Unitronics marka dijital kalınlık 3l3lme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. 3l3lme sonuçları mm cinsinden okunarak kaydedilmiştir. Her bir kumaş için 3l3lme 10 değerin ortalaması alınmış, standart sapması ve % CV değeri hesaplanmıştır.



Resim 3.22. Unitronics kalınlık ölçüm cihazı

3.4.3. Hava Geçirgenliği Tayini

Hava geçirgenliği, deney alanı, basınç düşmesi ve zaman gibi şartları belirlenmiş bir deney parçasından düşey yönde geçen havanın hızı olarak ifade edilmektedir. Test, TS 391 EN ISO 9237 standardı [70] esas alınarak UBATAM'da bulunan Resim 3.23'te görülen Prowhite Airtest II hava geçirgenliği test cihazında gerçekleştirilmiştir. Standarda göre 24 saat boyunca standart atmosfer şartlarında kondüsyonlanan her bir kumaş için 10'ar adet olmak üzere numuneler test edilmiştir. Numuneler cihazın ölçüm başlığına yerleştirilmiş ve cihazın çalışmasıyla numuneden hava geçişi sağlanmıştır. Cihazın çalışma prensibine göre basınç düşmesi 200 Pa olduğunda cihaz sinyal vererek testi sonlandırmaktadır. Her bir numune kumaşın 10 farklı bölgesinden alınan ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmış, standart sapmaları ve % CV değerleri hesaplanmıştır.



Resim 3.23. Prowhite Airtest II hava geçirgenliği ölçüm cihazı

3.4.4. Aşınma Mukavemeti Tayini

Bir kumaşın belirli bir yüzey üzerinde sürtünme hareketi sonucunda oluşan aşınmaya gösterdiği direnç, o kumaşın aşınma mukavemeti olarak ifade edilmektedir. Bu tanımdan hareketle aşınma dayanımı tayininde test numunesinin belirli bir basınç altında aşındırma kumaşına sürtünmesiyle numunede oluşan deformasyonun tespiti esas alınmaktadır. Tez çalışması kapsamında elde edilen numunelerin aşınma mukavemetlerinin belirlenmesinde ISO 12947-2 standardı esas alınmıştır [71]. Testin uygulanmasında Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri laboratuvarında bulunan ve Resim 3.24'te gösterilen Martindale Aşınma ve Pilling cihazı kullanılmıştır.



Resim 3.24. Martindale aşınma ve pilling cihazı

Resim 3.24'te görüldüğü üzere; cihaz üzerinde testin gerçekleştirildiği 4 adet bölme bulunmaktadır. Bölmelerin her birinde alt ve üst kumaş tutucu başlık yer almaktadır. Alt kumaş tutucuya aşındırma kumaşı yerleştirilirken üst kumaş tutucuya ise aşınma dayanımı tayin edilecek olan numune yerleştirilmektedir. Cihazın çalışması sırasında üst kısımdaki kumaşlar belirli bir hareket eğrisi çizerek alt kısımdaki aşındırma kumaşına belirlenmiş devir sayısı tamamlanana kadar sürtünmektedir. Sürtünme etkisiyle kumaş deforme olmakta ve test sonucu değerlendirilirken dikkate alınacak hususlar aşağıdaki gibi 3 farklı şekilde olabilmektedir.

- Kumaş yüzeyinde ilk deliğin oluştuğu sürtünme devrinin kaydedilmesi,
- İşlem öncesi ve sonrası gramaj ölçümü yapılarak ağırlık kaybının tayin edilmesi
- Standart fotoğraflarla görüntü karşılaştırması yapılması.

Çalışmada; kumaşın yüzeyinde çapı 0.5 mm olan ilk deliğin oluştuğu devir sayısı tespit edilerek değerlendirme yapılmıştır [72]. Standarda uygun olarak 38 mm çapında kesilmiş 4'er adet numune 24 saat boyunca $20^{\circ}\text{C}\pm 2$ sıcaklık ve $\%65\pm 2$ bağıl nemde kondüsyonlanmıştır. Çalışmada numunelerin metrekare ağırlıkları dikkate alınarak standarda uygun şekilde 12 kPa'lık ağırlık kullanılmıştır. Alınan 4 adet numune için tarif edilen şekilde uygulanan aşınma dayanımı test sonuçlarının ortalaması alınmış, standart sapması ve % CV değerleri hesaplanmıştır.

3.4.5. Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini

Kumaşların kopma mukavemeti ve uzama tayini için testler TS EN 29073-3;1998 “Tekstil- Dokunmamış (nonwoven) mamuller için deney metotları kısım 3: Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini” [73] standardına göre Uşak Üniversitesi UBATAM’da bulunan ve Resim 3.25’te görülen Utest marka Profi X6 model mukavemet test cihazında yapılmıştır. Her bir deney numunesi standartta uygun olarak $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ve 300 mm boyutlarında kesilerek 5 adet makine yönünde ve 5 adet de makineye dik yönde olacak şekilde hazırlanıp 24 saat boyunca $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklık ve $\%65 \pm 2$ bağıl nemde kondüsyonlanmıştır. Numuneler cihazın çeneleri arasına yerleştirilerek numuneler çekilmiş ve numunenin kopma anına kadar olan kuvvetin ve bu esnada numunede oluşan boyutsal değişimin tayin edilmesi prensibiyle çalışılmıştır. Cihaz standart bir bilgisayar ile uyumlu olarak özel yazılımıyla bağlantılı şekilde çalıştırılmaktadır. Numunede kopmanın gerçekleştiği andaki uygulanan kuvvet ve o anda numunede gözlenen $\%$ uzama değeri kaydedilmiştir. Kumaşın farklı bölgelerinden alınan numunelere ait ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmış, standart sapma ve $\%CV$ değerleri hesaplanmıştır.



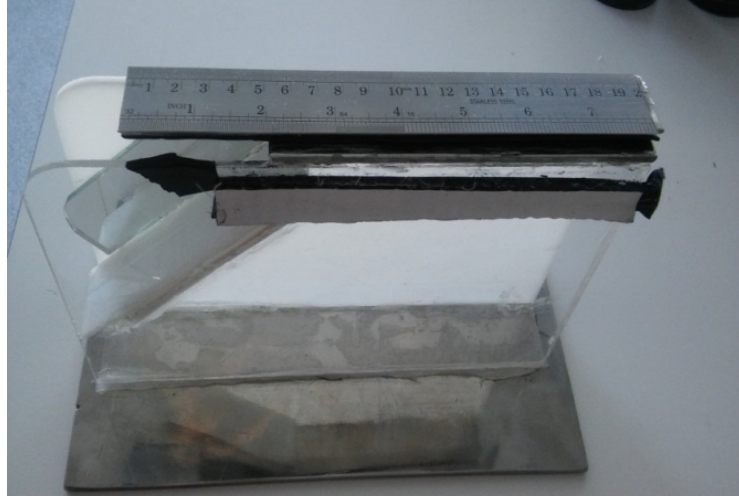
Resim 3.25. UTEST çekme test cihazı

3.4.6. Yırtılma Mukavemeti Tayini

Kumaşların yırtılma mukavemeti ve uzama tayini için testler TS EN ISO 9073-4 “Tekstil- Dokusuz Yüzeyler için deney metotları- (nonwoven) mamuller için deney metotları Bölüm 4: Yırtılma Direncinin Tayini standardı [74] esas alınarak Uşak Üniversitesi UBATAM’da bulunan 3.25’te görülen Utest marka Profi X6 model mukavemet test cihazında yapılmıştır. Numuneler makine yönünde ve makine yönüne dik doğrultuda 75 mm x150 mm boyutlarında 5 er adet kesilip her bir numune iki kenarı birbirine eşit yamuk şeklinde işaretlenmiştir. Numunenin uzun kenarının tam orta noktasından iç kısma doğru 15 mm’lik başlangıç çentiği atılarak numune hazırlanması tamamlanmıştır. Numuneler 24 saat boyunca 20°C±2 sıcaklık ve %65±2 bağıl nemde kondüsyonlanmıştır. Numune kısa kenarı gergin ve uzun kenarı serbest olacak şekilde çentik cihazın çeneleri arasında kalacak pozisyonda çeneler arasına yerleştirilir. Deney parçası çentikten başlayarak tamamen yırtılıncaya kadar meydana gelen yırtılma direnci değeri cihazın otomatik kaydedicisi tarafından kaydedilerek alınan ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmış, standart sapma ve % CV değerleri hesaplanmıştır.

3.4.7. Eğilme Rijitliği Tayini

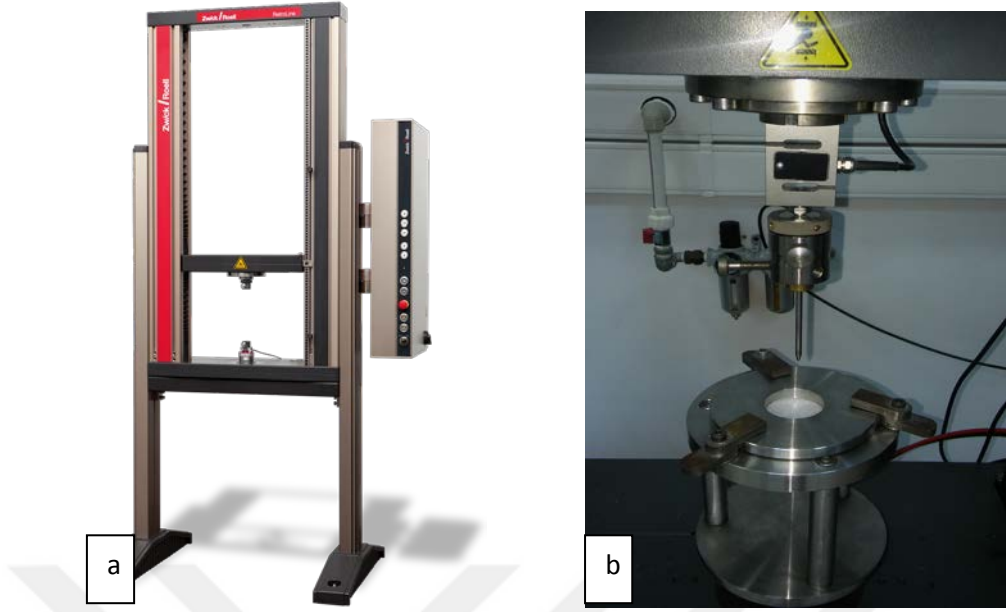
Eğilme rijitliği ve eğilme uzunluğu tayini için TS EN ISO 9073-7 “Tekstil- Dokusuz Yüzeyler için deney metotları-Bölüm 7: Bükülme Uzunluğunun Tayini” [75] standardına göre Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri laboratuvarında bulunan eğilme uzunluğu ölçüm cihazında yapılmıştır. Numuneler 2,5 cm x 25 cm boyutlarında makine yönünde ve makine yönüne dik doğrultuda 6’şar adet olmak üzere kesilip 24 saat boyunca 20°C±2 sıcaklık ve %65±2 bağıl nemde kondüsyonlanmıştır. Ölçümlerden elde edilen sarkma uzunlukları kullanılarak standartta yer alan eşitliğe uygun şekilde eğilme rijitliği değerleri bulunarak ortalamaları ve % CV değerleri hesaplanmıştır. Resim 3.26’da Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri laboratuvarında standarda uygun şekilde tasarlanmış bulunan eğilme rijitliği ölçüm cihazı yer almaktadır.



Resim 3.26. Eğilme rijitliği ölçüm cihazı

3.4.8. Statik Delinme Mukavemeti Tayini

Kumaşların delinmeye gösterdiği direncin belirlenmesi amacıyla Ege Üniversitesi TEKAUM’da TS EN ISO 12236 numaralı “Jeotekstil ve Jeotekstille İlgili Mamuller-Statik Delme Deneyi (CBR Deneyi)”standarına göre [76] test yapılmıştır. Her bir kumaşın 5 farklı bölgesinden alınan numuneler 24 saat boyunca $20^{\circ}\text{C}\pm 2$ sıcaklık ve $\%65\pm 2$ bağıl nemde kondüsyonlanmıştır. Bu standard, düz uçlu bir pistonu, jeotekstillerin veya jeotekstille ilgili mamullerin içinden itmek için gerekli kuvvetin ölçülmesi suretiyle delinme direncinin tayinine yönelik bir metodu içermektedir. Numunelerin uzama ve kalınlık durumları göz önünde bulundurulduğunda deneme testleri sonucunda nispeten sivri uçlu bir başlık kullanılarak test gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar cihaz traversinin aldığı yoldan hesaplanmaktadır ve Newton cinsinden okunmaktadır [74]. Resim 3.27.’de cihaz ve test için kullanılan uç görülmektedir. Elde edilen sonuçların ortalamaları ve % CV değerleri hesaplanmıştır.



Resim 3.27. a) Zwick Z010 Çekme Cihazı [77] b) Kullanılan uç

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında nihai ürünlerdeki alt ve üst katmanı teşkil edecek olan ve dış katman olarak adlandırılmış ürünler PP ve rPET hammaddelerinden 75 g/m^2 , 100 g/m^2 , 150 g/m^2 , 200 g/m^2 ve 250 g/m^2 ağırlıklarında, kumaş açması tabir edilen mekanik geri dönüşümle elde edilmiş hammaddeden ise 100 g/m^2 , 150 g/m^2 , 200 g/m^2 ve 250 g/m^2 ağırlıklarında olmak üzere toplam 14 çeşit olarak elde edilmiştir. Kumaş açması geri dönüşüm elyaf, şardon havı ve battaniye tıraşlama artığı karışımı içeren geri dönüşüm katmanı ise her bir nihai ürünün ağırlığını 500 g/m^2 'ye tamamlayacak şekilde 100 g/m^2 , 200 g/m^2 , 300 g/m^2 ve 350 g/m^2 ağırlıklarında üretilerek ön iğnelemeden geçirilmişler ve katman olarak “geri dönüşüm GD” ismiyle kodlanmışlardır. Her bir hammadde tipi için alt ve üst katmanlar arasına nihai ürünün metrekare ağırlığını 500 grama tamamlayacak ağırlıktaki geri dönüşüm katmanı serilerek tekrar iğnelemeden geçirilmiş ve 14 çeşit I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünler elde edilmiştir.

Bu nihai ürünlerin ikinci bir iğneleme tablasından geçirilmesiyle 14 çeşit II. iğneleme yoğunluğundaki ürünler oluşmuştur. Üretilen toplam 42 tipteki ürünün her biri için Materyal Metot bölümünde “3.4 Kumaşlara Uygulanan Testler” başlığı altında belirtilen testler ilgili standartlara uygun olarak yapılmıştır.

Bulgular bölümünde çalışma kapsamında üretilmiş olan dokusuz yüzey kumaşlara uygulanan testlerin sonuçları çizelge ve grafiklerle irdelenerek sunulmuştur. Kumaşların kalınlık ve gramaj değerlerinin performans özelliklerine etkisi her bir gramaj ve iğneleme yoğunluğu grubundaki kumaş için hammadde özelinde doğrusal regresyon analizi ile irdelenmiştir. Analiz sonuçları ve regresyon formülleri şekillerde gösterilmiştir. Test sonuçları SPSS 23 paket programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve çoklu karşılaştırma (Post Hoc) yöntemleriyle istatistiksel olarak analiz edilip %95 güven aralığında yorumlanarak sunulmuştur. Değişkenlerin varyanslarının homojenliği Levene testi ile incelenmiş olup varyanslar homojen bulunduğundan Tukey testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sırasında hammadde, numunelerin makine yönünde veya makineye dik yönde alınmış olması, gramaj ve iğneleme yoğunluğu parametrelerinin kumaşların test edilen performans özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

4.1. Gramaj Tayini Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen kumaşların gramaj değerleri üretim sırasındaki kontrol ve denemelerle planlanan şekilde sağlanmaya çalışılmıştır. Bu noktada ürünlerin hedef gramaj değerlerinde olup olmadığı gramaj tayini testi ile belirlenmiş ve Çizelge 4.1.-4.3'te, % CV değerleri ile birlikte sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların gramaj tayini test sonuçları

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Ağırlık (g/m ²)	Standart Sapma	CV (%)
Dış Katman	PP	10 218	75	76,958	4,180	5,432
			100	102,139	3,455	3,383
			150	151,724	5,885	3,878
			200	202,527	6,998	3,456
			250	251,489	8,940	3,555
Dış Katman	rPET	10 218	75	76,932	2,804	3,645
			100	102,309	1,611	1,575
			150	151,827	2,240	1,475
			200	202,693	5,205	2,568
			250	252,33	6,550	2,596
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	101,88	5,067	4,974
			150	151,407	5,712	3,772
			200	201,831	8,198	4,062
			250	251,579	9,687	3,851

Çizelge 4.2. I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin gramaj tayini test sonuçları

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Ağırlık (g/m ²)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	505,793	3,612	0,714
			100	504,49	3,789	0,751
			150	504,28	4,050	0,803
			200	503,461	3,597	0,714
			250	502,401	2,205	0,439
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	40 872	75	505,013	3,977	0,787
			100	504,96	5,826	1,154
			150	504,127	3,355	0,666
			200	505,012	3,167	0,627
			250	504,371	4,241	0,841
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	502,364	5,396	1,074
			150	504,214	2,332	0,462
			200	503,623	4,355	0,865
			250	503,012	2,804	3,645

Çizelge 4.3. II. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin gramaj tayini test sonuçları

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Ağırlık (g/m ²)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	504,291	4,803	0,952
			100	503,56	6,697	1,13
			150	504,372	4,323	0,857
			200	503,304	4,39	0,872
			250	503,212	5,546	1,102
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	57 220	75	504,288	3,669	0,727
			100	505,013	3,738	0,74
			150	503,988	4,655	0,924
			200	504,438	5,562	1,103
			250	504,492	3,769	0,747
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	503,802	4,53	0,899
			150	503,766	2,647	0,525
			200	504,289	3,557	0,705
			250	504,233	2,325	0,461

4.2. Kalınlık Tayini Test Sonuçları

Çizelge 4.4. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların kalınlık tayini test sonuçları

rn Tipi	rn Hammadde	rn İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	lilen Ortalama Kalınlık (mm)	Standart Sapma	CV (%)
Dış Katman	PP	10 218	75	3,333	0,280	8,388
			100	3,572	0,199	5,585
			150	3,637	0,250	6,885
			200	3,743	0,251	6,701
			250	3,942	0,235	5,973
Dış Katman	rPET	10 218	75	3,215	0,131	4,085
			100	3,482	0,205	5,890
			150	3,56	0,233	6,542
			200	3,726	0,188	5,038
			250	3,96	0,310	7,837
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,248	0,157	6,991
			150	2,754	0,275	9,983
			200	3,34	0,316	9,471
			250	3,97	0,343	8,645

Çizelge 4.5. I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin kalınlık tayini test sonuçları

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	0,162	4,219
			100	3,919	0,232	5,918
			150	4,075	0,079	1,930
			200	4,1	0,168	4,096
			250	4,391	0,251	5,723
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	0,201	4,826
			100	4,323	0,272	6,286
			150	4,541	0,375	8,265
			200	4,756	0,345	7,256
			250	4,873	0,312	6,412
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	0,225	5,578
			150	4,198	0,278	6,612
			200	4,263	0,287	6,733
			250	4,45	0,400	8,993

Çizelge 4.6. II. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin kalınlık tayini test sonuçları

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	0,242	6,682
			100	3,882	0,134	3,448
			150	3,952	0,139	3,511
			200	4,12	0,123	2,988
			250	4,261	0,168	3,950
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	0,355	8,667
			100	4,234	0,398	9,391
			150	4,325	0,141	3,249
			200	4,61	0,366	7,933
			250	4,792	0,218	4,558
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	0,265	6,800
			150	4,04	0,188	4,652
			200	4,234	0,347	8,193
			250	4,354	0,175	4,021

4.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Dış katmanlar için makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki kopma yükü değerleri Çizelge 4.7’de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Dış katmanlar için kopma yükü değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Kopma Yükü (N)	Std. Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Kopma Yükü (N)	Std. Sapma	CV (%)
Dış Katman	PP	10 218	75	3,4	0,141	4,159	4,42	0,240	5,430
			100	3,66	0,206	5,626	5,4	0,200	3,704
			150	16,9	0,972	5,749	22,14	0,997	4,504
			200	25,54	1,508	5,904	31,92	1,841	5,768
			250	39,22	0,527	1,343	43,48	2,230	5,129
Dış Katman	rPET	10 218	75	2,22	0,117	5,253	2,32	0,133	5,718
			100	2,638	0,017	6,179	2,88	0,147	5,103
			150	10,72	0,611	5,701	18,82	1,042	5,536
			200	17,06	0,944	5,531	28,82	1,593	5,527
			250	28,58	0,941	3,292	36,22	1,922	5,306
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,06	0,102	4,950	3,7	0,210	5,669
			150	5,44	0,344	6,325	6,4	0,253	3,953
			200	7,5	0,253	3,373	11,38	0,293	2,571
			250	11,3	0,533	4,716	14,28	0,449	3,144

Her iki yön için Çizelge 4.7 incelendiğinde dış katmanı teşkil eden dokusuz yüzey kumaşlarda gramaj artışıyla beraber kopma yükü değerleri de artış göstermiştir. Bununla birlikte her bir gramaj grubundaki numuneler içinde en yüksek kopma yükü değerlerine PP lifinden üretilmiş olanlarda rastlanırken rPET ve kumaş açması hammaddeden üretilmiş olan dış katman dokusuz yüzey kumaşların kopma yükü değerleri sırasıyla azalarak takip etmektedir.

I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünler için makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki kopma yükü değerleri Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma yükü değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammaddesi	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Kopma Yükü(N)	Std. Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Kopma Yükü(N)	Std. Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	162,208	4,715	2,907	276,249	6,292	2,278
			100	191,88	9,491	4,946	282,4	8,780	3,109
			150	291,68	4,521	1,550	436,54	7,342	1,682
			200	328,02	6,821	2,080	440,76	9,344	2,120
			250	434,68	6,588	1,516	632,58	6,687	1,057
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	40 872	75	137,2	2,327	1,696	259,4	9,956	3,838
			100	147,34	3,385	2,297	270,2	6,042	2,236
			150	219,68	3,456	1,573	405,2	9,210	2,273
			200	272,28	7,216	2,650	438,9	7,516	1,712
			250	321,78	9,641	2,996	451,04	8,104	1,797
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	44,26	1,139	2,574	46,9	1,552	3,309
			150	60,48	2,619	4,331	85,84	2,530	2,948
			200	62,04	3,406	5,490	90,04	4,328	4,807
			250	64,28	2,576	4,008	104,1	5,744	5,518

Her iki yön incelendiğinde, dış katmanı teşkil eden ürünlerden I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlere geçildiğinde iğneleme yoğunluğunun ve gramajın artmasıyla ürünlerin kopma yükü değerlerinde artış gözlenmiştir. Ürünlerin kopma yükü değerleri büyükten küçüğe sıralandığında en yüksek değer PP lifinden üretilmiş dış katmanlı nihai ürünlerde görülürken en düşük değerler kumaş açması dış katmanlı ürünlerde görülmüştür. Gramaj artışı ürünün birim alanındaki lif sayısının artması ve dolayısıyla da kopma kuvvetine karşı koyan lif sayısının artması anlamına geldiği için kopma yükünde artışa neden olmaktadır.

İğneleme yoğunluğu artışı ile ise lif bağlantı noktası ve birbirine entegre olarak dolaşma sayısı arttığından kopma yükü artmaktadır. Polipropilen lifleri orijinal olmaları ve bireysel lif mukavemet değerinin de daha yüksek olması sebebiyle rPET liflerinden daha yüksek kopma yükü değerlerine sahip ürünlerin hammaddesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

II. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünler için makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki kopma yükü değerleri Çizelge 4.9’da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma yükü değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Kopma Yükü(N)	Std. Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Kopma Yükü (N)	Std. Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	180,86	6,368	3,521	283,24	8,491	2,998
			100	195,12	9,134	4,681	286,4	6,322	2,207
			150	383,66	7,897	2,058	497,44	7,946	1,597
			200	470,64	5,385	1,144	514,34	7,022	1,365
			250	496,62	9,653	1,944	585,6	9,741	1,663
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	57 220	75	178,48	4,543	2,545	270,9	7,890	2,912
			100	183,48	4,781	2,605	289,7	6,083	2,100
			150	250,12	5,677	2,270	443,86	8,811	1,985
			200	295,74	9,491	3,209	477,42	7,550	1,581
			250	446,22	8,259	1,851	576,24	6,850	1,189
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/ Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	58,08	3,594	6,188	53,4	1,812	3,394
			150	83,86	2,627	3,133	90,02	3,832	4,256
			200	84,14	2,060	2,448	93,56	3,180	3,399
			250	91,42	3,188	3,487	105,94	6,171	5,825

Çizelge 4.9 incelendiğinde I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerle aynı (500 g/m²) gramaj değerine sahip olan ve II. iğneleme yoğunluğu değerine sahip ürünlerin iğneleme yoğunluğu arttığında kopma yükü değerlerinde artış gözlenmiştir. İğneleme yoğunluğu liflerin birbirine olan dolanma ve bir arada bulunma sıklığını artırıcı etkisiyle kopma yükü üzerine olumlu etki yapmaktadır.

Her iki yön için de PP lifinden üretilmiş dış katmandan oluşan ürünlerin kopma yükü değerlerine bakıldığında en yüksek ara katman miktarını içeren üründen hiç ara katman içermeyen ürüne doğru kopma kuvveti değerlerinde artış görülmektedir.

Dokusuz yüzey kumaşlarda kumaşların kalınlıkları, fiziksel performans özellikleri üzerine önemli şekilde etki etmektedir. Kumaşlar için elde edilmiş olan kopma yükü değerlerinin test edilen numunenin ortalama kalınlık değeri ile eninin çarpımına bölünmesi sonucu kesit alan başına düşen yük N/mm² olarak Eşitlik 4.1’deki gibi hesaplanmıştır.

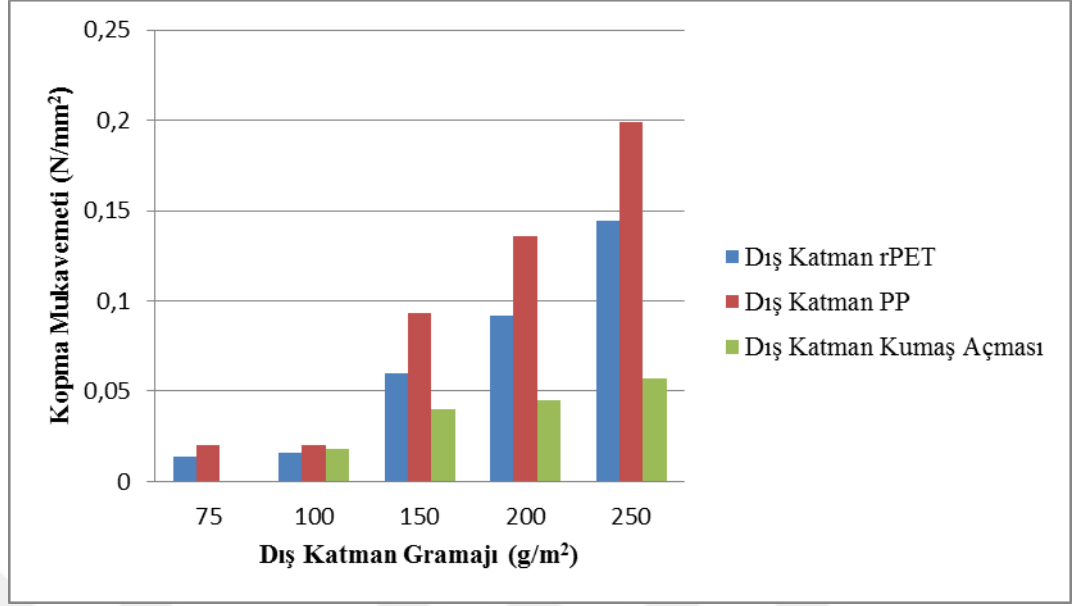
$$\sigma = \frac{F}{x \cdot t} \quad (4.1)$$

Burada F: Kopma yükünü (N), x: mm cinsinden numune kumaş enini ve t de numune kumaş kalınlığını (mm) belirtmektedir.

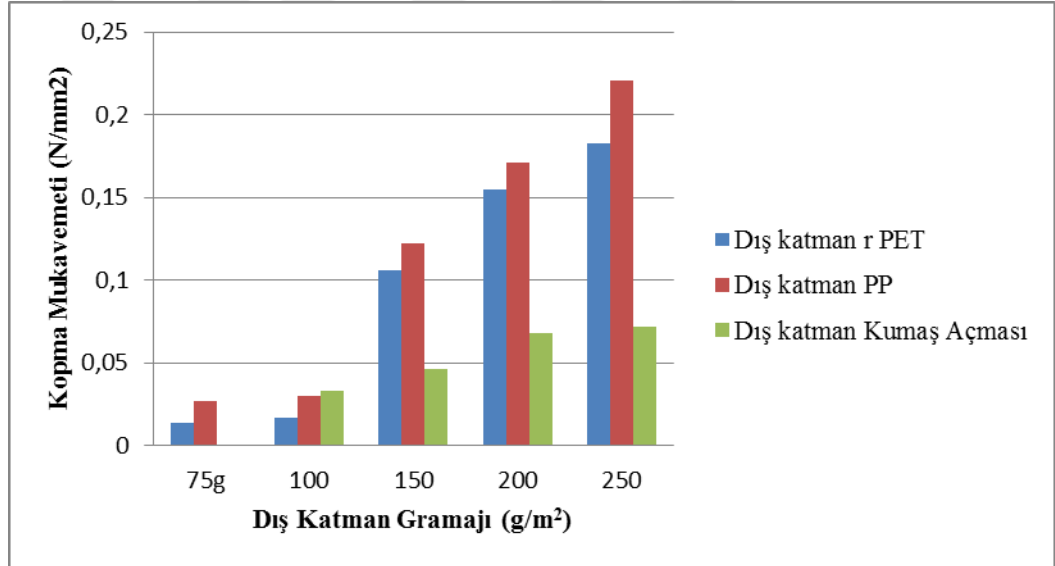
Sırasıyla Çizelge 4.10 ve Şekil 4.1-4.2’de dokusuz yüzey kumaşlar için ölçülmüş olan kopma yükü değerleri, Eşitlik 4.1’e göre hesaplanıp kopma mukavemeti olarak elde edilmiş halde sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Dış katmanlar için kopma mukavemeti değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Kopma Muk. (N/mm ²)	MYD Ortalama Kopma Muk. (N/mm ²)
Dış Katman	PP	10 218	75	3,333	0,020	0,027
			100	3,572	0,020	0,030
			150	3,637	0,093	0,122
			200	3,743	0,136	0,171
			250	3,942	0,199	0,221
Dış Katman	rPET	10 218	75	3,215	0,014	0,014
			100	3,482	0,016	0,017
			150	3,56	0,060	0,106
			200	3,726	0,092	0,155
			250	3,96	0,144	0,183
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,248	0,018	0,033
			150	2,754	0,040	0,046
			200	3,34	0,045	0,068
			250	3,97	0,057	0,072



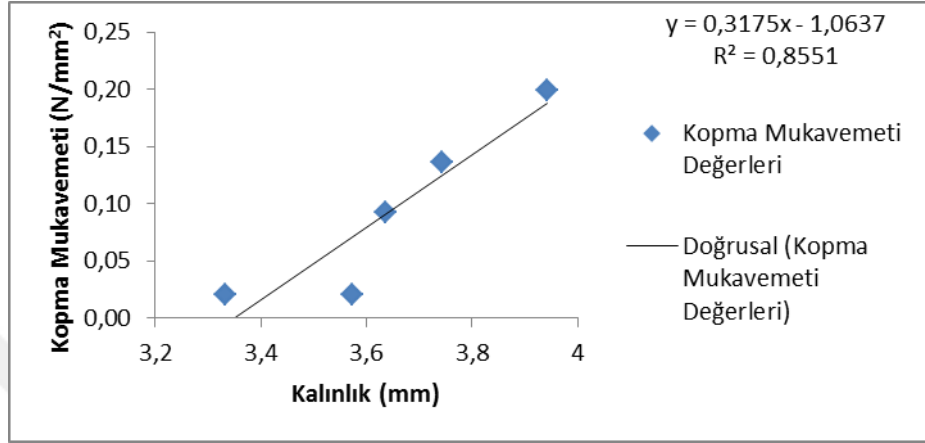
Şekil 4.1. Dış katmanlar için makine yönündeki numunelerde kopma mukavemeti değerleri



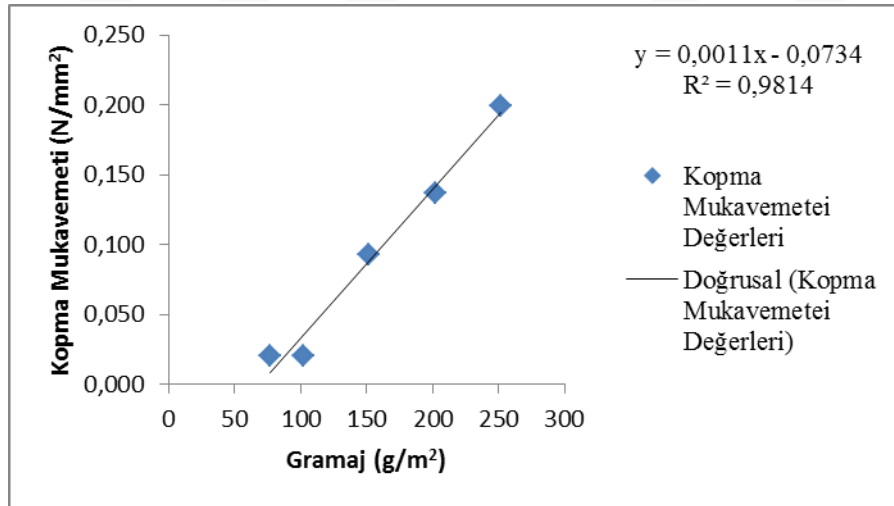
Şekil 4.2. Dış katmanlar için makineye dik yöndeki numunelerde kopma mukavemeti değerleri

Her iki yön için Çizelge 4.10 ve Şekil 4.1-4.2 incelendiğinde dış katmanı teşkil eden dokusuz yüzey kumaşlarda gramaj artışıyla beraber kopma mukavemeti değerlerinin de artış gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte her bir gramaj grubundaki numuneler içinde en yüksek kopma mukavemeti değerlerine PP elyaftan üretilmiş olanlarda rastlanırken rPET ve kumaş açması hammaddeden üretilmiş olan dış katman dokusuz yüzey kumaşların kopma mukavemeti değerleri sırasıyla azalarak takip etmektedir.

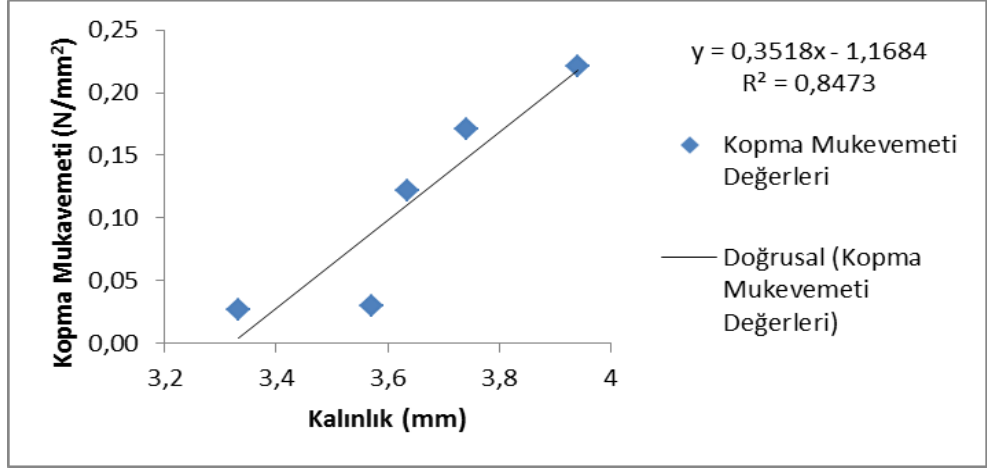
Kumaşların kalınlık ve gramaj değerleri ile kopma mukavemeti arasındaki ilişki regresyon analizi çerçevesinde incelenmiştir. Analiz sonuçları her bir hammaddede tipindeki kumaş için makine yönündeki ve makineye dik yöndeki numunlerde ayrı ayrı incelenmiş olup regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ile birlikte sırasıyla Şekil 4.3-4.14 arasında sunulmuştur.



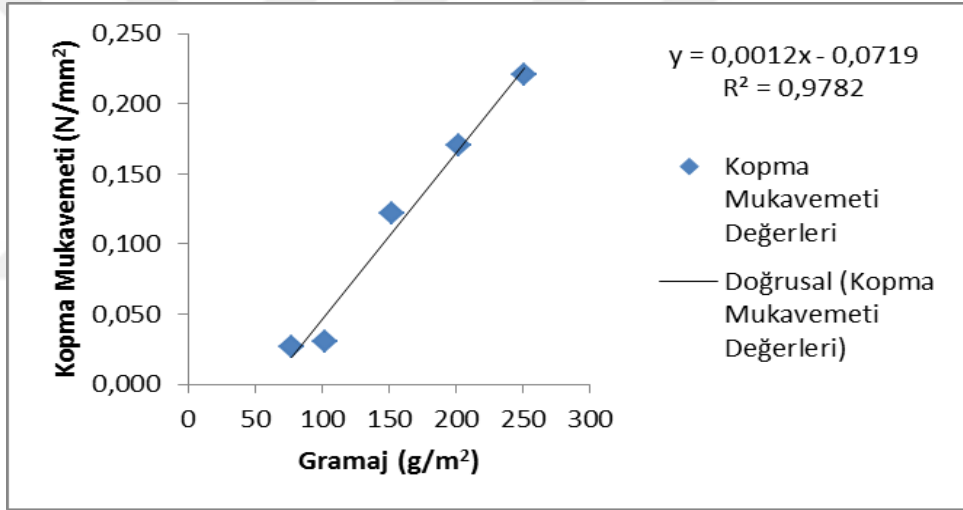
Şekil 4.3. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



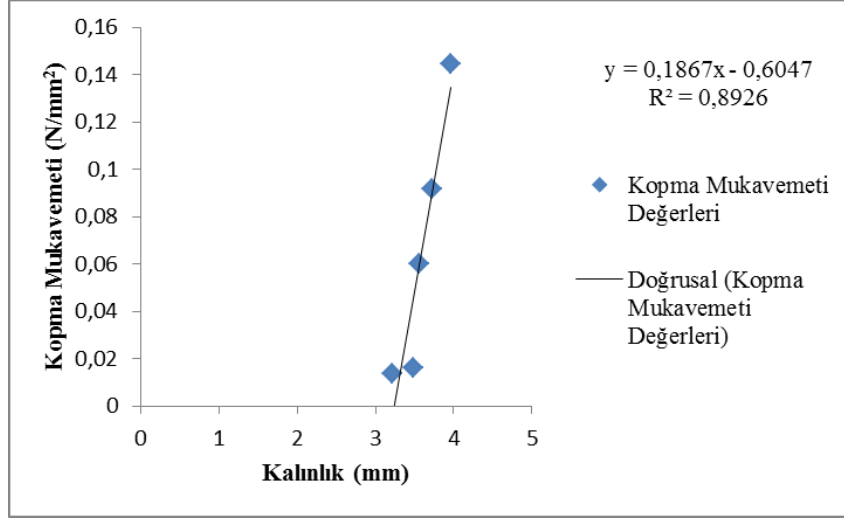
Şekil 4.4. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



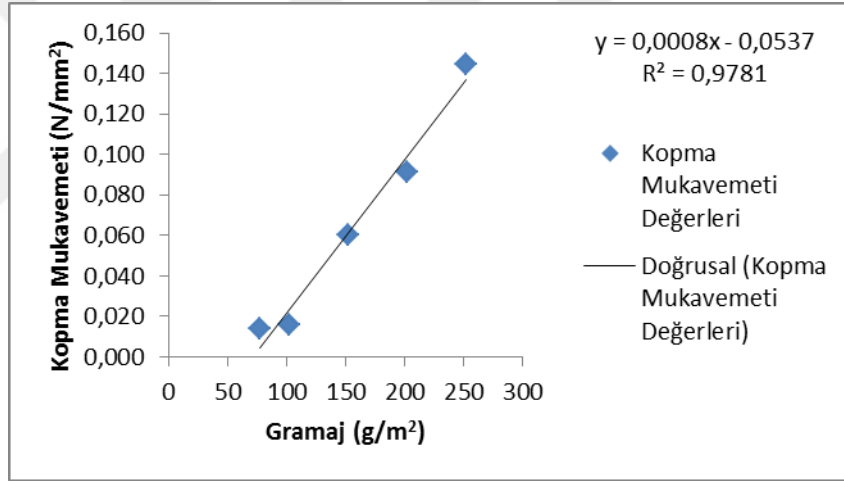
Şekil 4.5. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



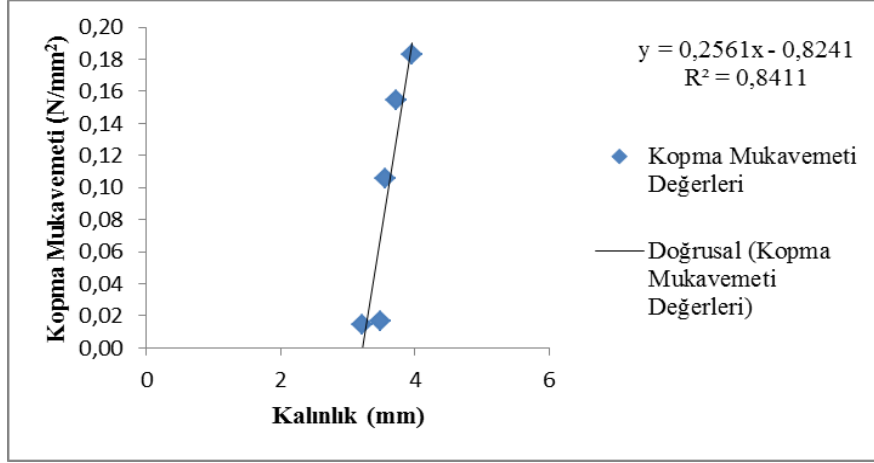
Şekil 4.6. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



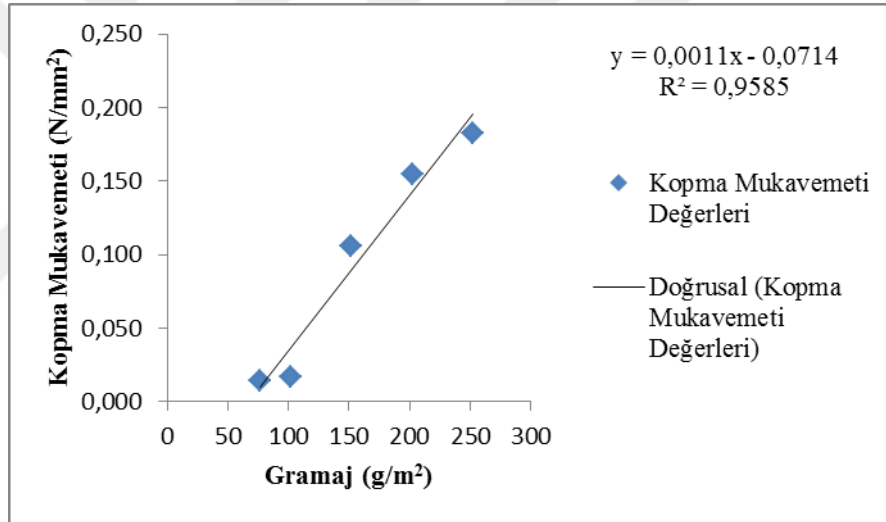
Şekil 4.7. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



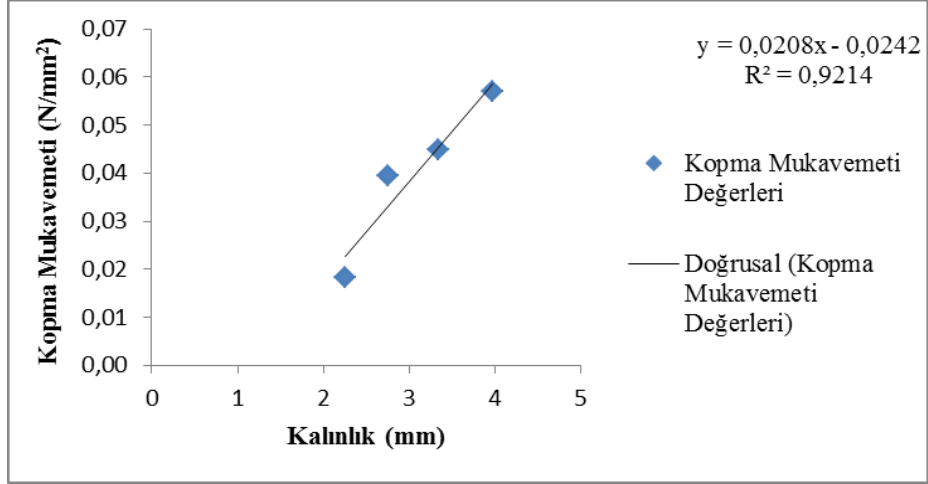
Şekil 4.8. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



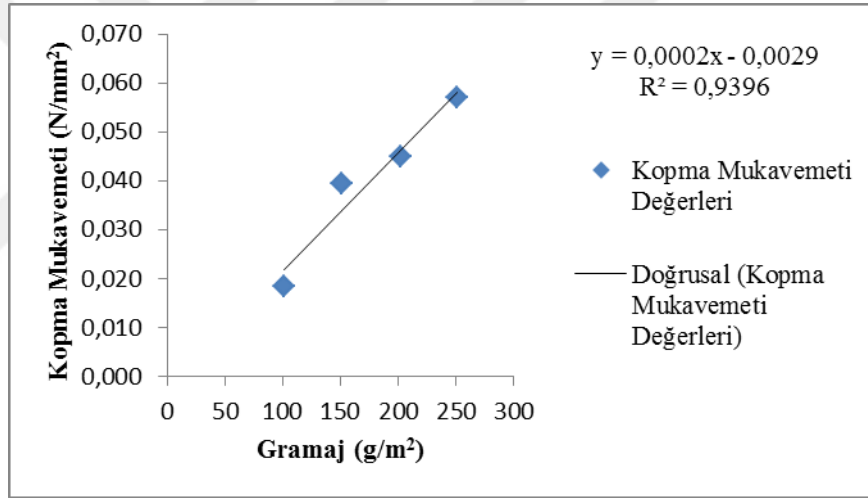
Şekil 4.9. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma muavemeti arasındaki regresyon



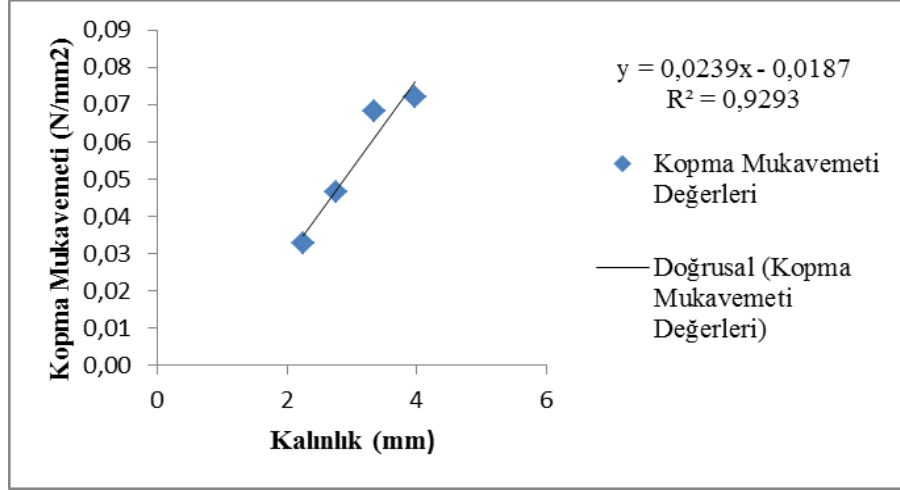
Şekil 4.10. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki kopma muavemeti arasındaki regresyon



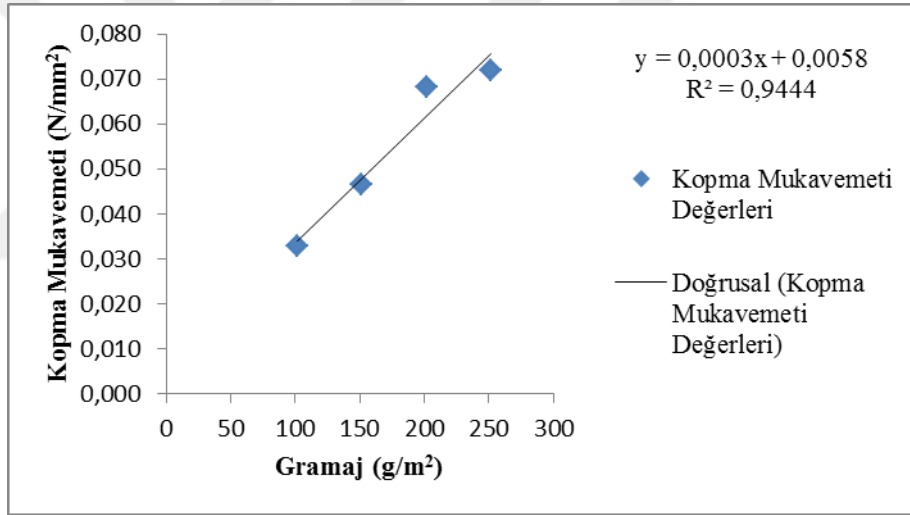
Şekil 4.11. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.12. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.13. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yön kopma mukavemeti arasındaki regresyon



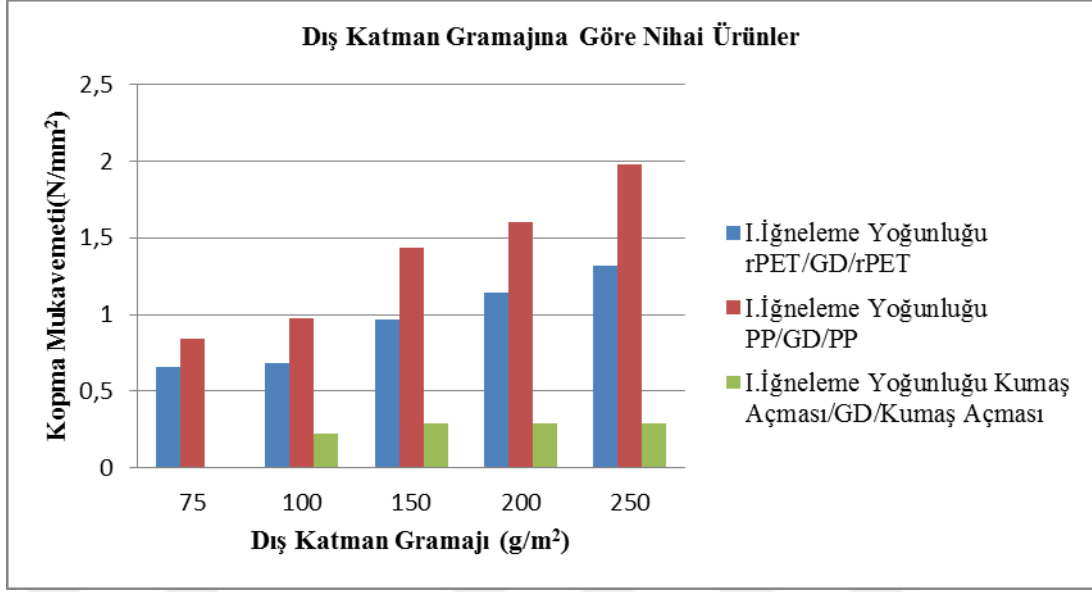
Şekil 4.14. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön kopma mukavemeti arasındaki regresyon

Şekil 4.3 ve 4.14 arasındaki şekiller incelendiğinde dış katmanların ölçülen kalınlık ve gramaj değerleri ile kopma mukavemeti değerleri arasındaki ilişki doğrusal regresyon analizi ile ifade edildiğinde yüksek korelasyon katsayıları ile söz konusu iki parametre ile kopma mukavemeti arasında %95 güven aralığında güçlü bir doğrusal ilişki olduğu söylenebilir.

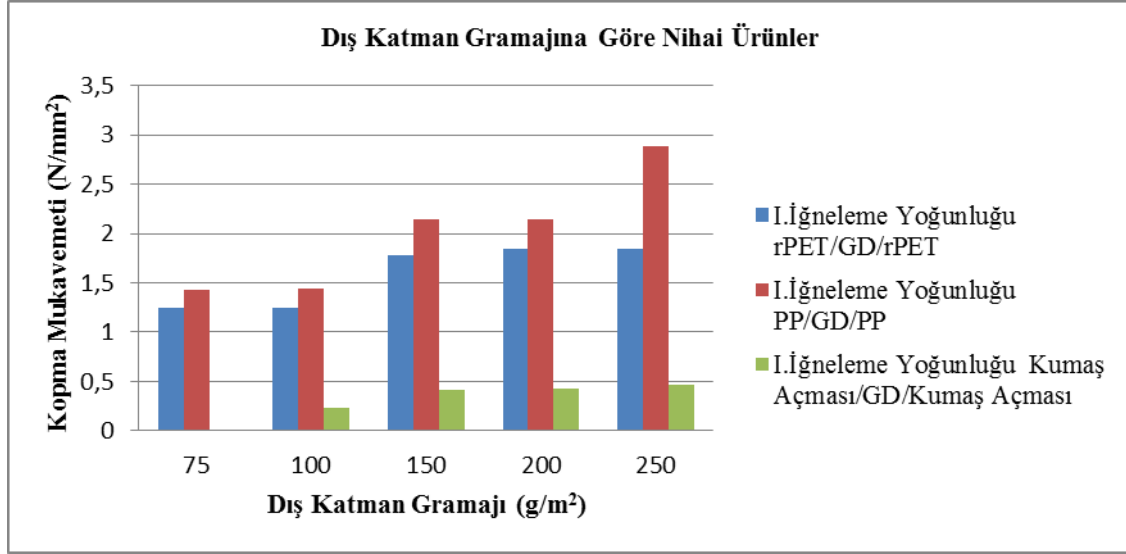
I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki kopma mukavemeti değerleri Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Kopma Muk (N/mm ²)	MYD Ortalama Kopma Muk (N/mm ²)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	0,843	1,435
			100	3,919	0,979	1,441
			150	4,075	1,432	2,143
			200	4,1	1,600	2,150
			250	4,391	1,980	2,881
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	0,658	1,244
			100	4,323	0,682	1,250
			150	4,541	0,968	1,785
			200	4,756	1,145	1,846
			250	4,873	1,321	1,851
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	0,219	0,233
			150	4,198	0,288	0,409
			200	4,263	0,291	0,422
			250	4,45	0,289	0,468



Şekil 4.15. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki kopma mukavemeti değerleri



Şekil 4.16. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki kopma mukavemeti değerleri

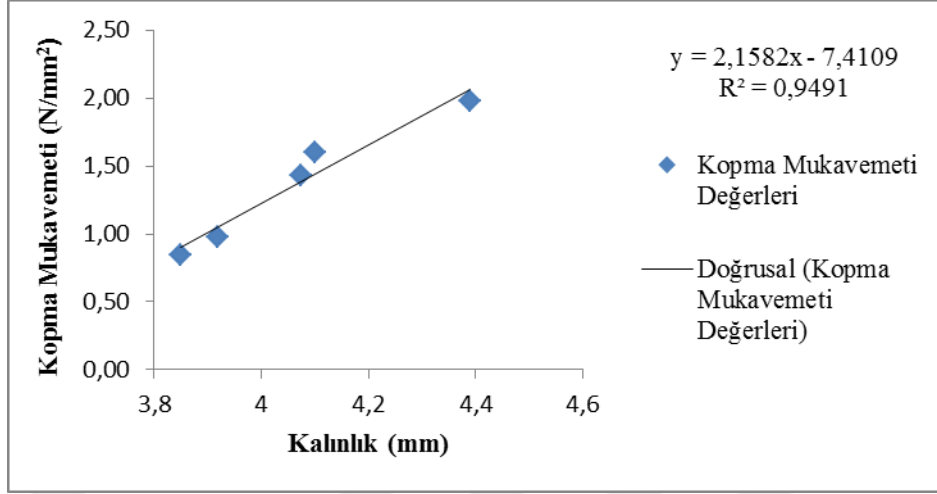
I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri dış katman hammaddesi dikkate alınarak değerlendirildiğinde, PP hammaddeden oluşan dış katmana sahip ürünlerde hiç ara katman içermeyen referans ürüne göre 200 g/m² ağırlığında dış katmandan oluşan ve en az miktarda geri dönüşüm katmanı içeren ürünlerin kopma mukavemet değerleri makine yönünde ve makineye dik yönde sırasıyla yaklaşık

%20 ve %25'lik düşüş göstermiştir. Kumaşların kopma mukavemeti değerlerinin oldukça iyi ve içerdikleri ara katman oranı değerlendirildiğinde uygun kullanım koşullarında birbirleri ile ikame edilebilir özellikte oldukları söylenebilir.

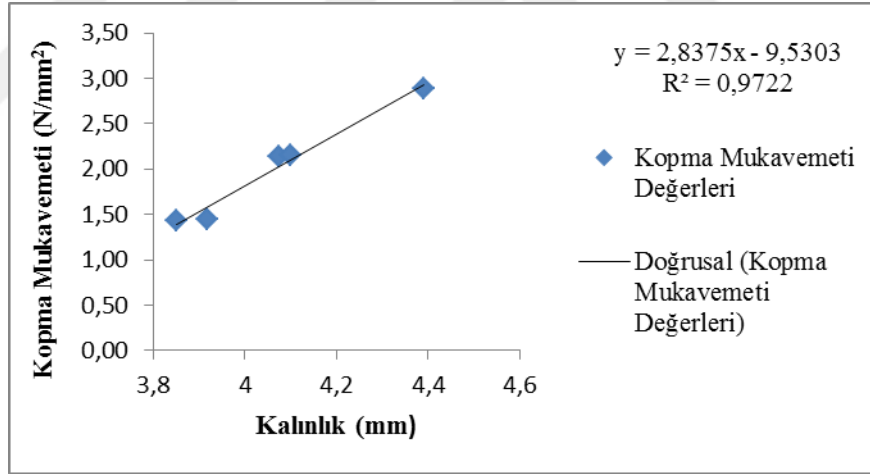
rPET hammaddeden oluşan dış katmana sahip ürünlerin kopma mukavemeti değerlerine bakılacak olursa genel olarak PP hammaddeden üretilmiş dış katmanlı ürünlerden daha düşük bulunmuşlardır. Bununla birlikte numunelerin hiç geri dönüşüm ara katmanı içermeyen referans ürüne göre en az miktarda geri dönüşüm katmanı içermeleri durumunda sırasıyla makine yönü ve makineye dik yöndeki mukavemet düşüş değerleri %13 ve % 0,27 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda geri dönüşüm katmanı içirme oranları göz önünde bulundurularak ürünlerin sahip oldukları kopma mukavemeti değerleri uygun kullanım koşullarında oldukça tatmin edici nitelikte olduğu değerlendirilmektedir.

Dış katmanı kumaş açması geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise genel kopma mukavemeti değerleri beklendiği üzere dış katmanı PP ve rPET liflerinden oluşan ürünlere göre daha düşük seyretmiştir. Aynı hammadde grubu olarak bakıldığında dış katman gramajındaki artışla birlikte kopma mukavemeti değerlerinin makine yönünde ve makineye dik yönde artmakta olduğu ve makine yönündeki değerlerin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

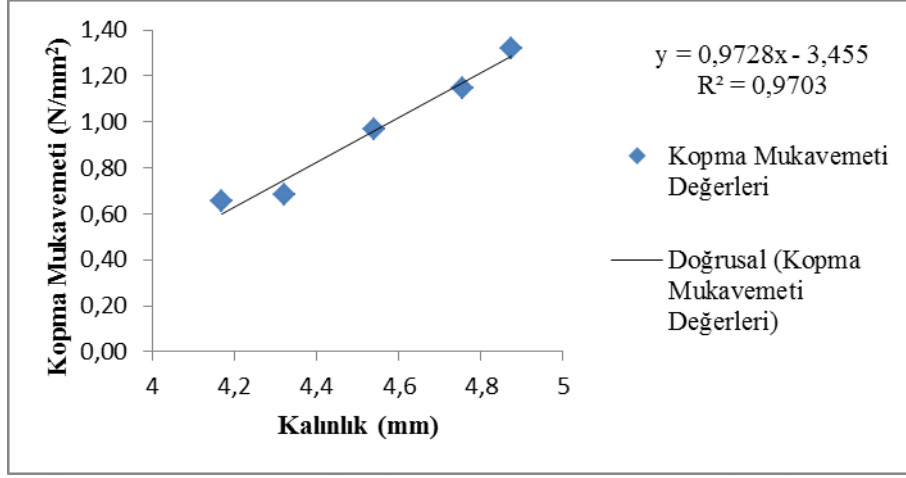
Kumaşların ölçülen kalınlık değerleri ile kopma mukavemeti arasındaki ilişki aynı zamanda regresyon analizi çerçevesinde incelenmiştir. Analiz sonuçları her bir hammadde tipindeki kumaş için makine yönündeki ve makineye dik yöndeki numunelerde ayrı ayrı incelenmiş olup regresyon denklemleri ile birlikte sırasıyla Şekil 4.17-4.22 arasında sunulmuştur.



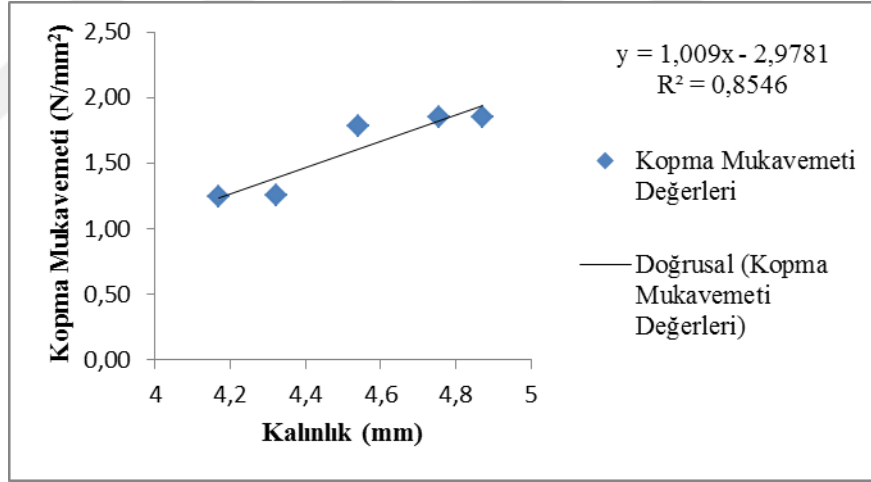
Şekil 4.17. Dış Katmanı PP elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



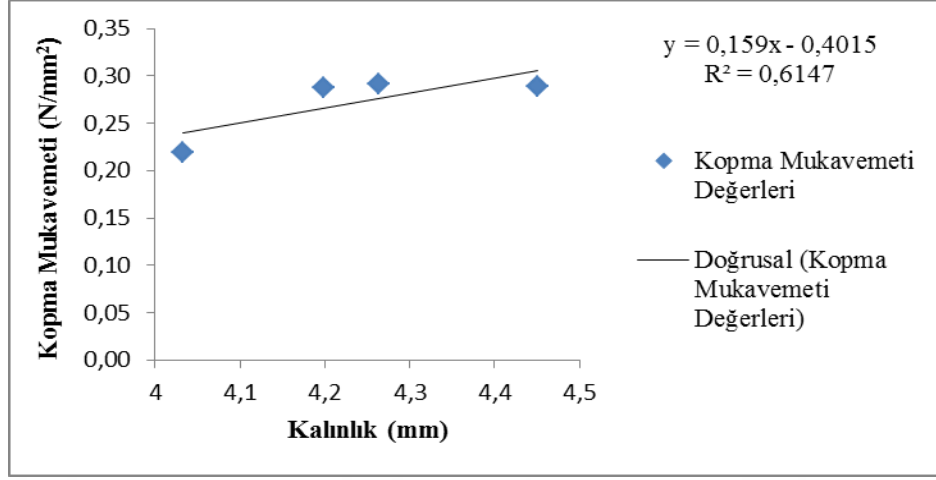
Şekil 4.18. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



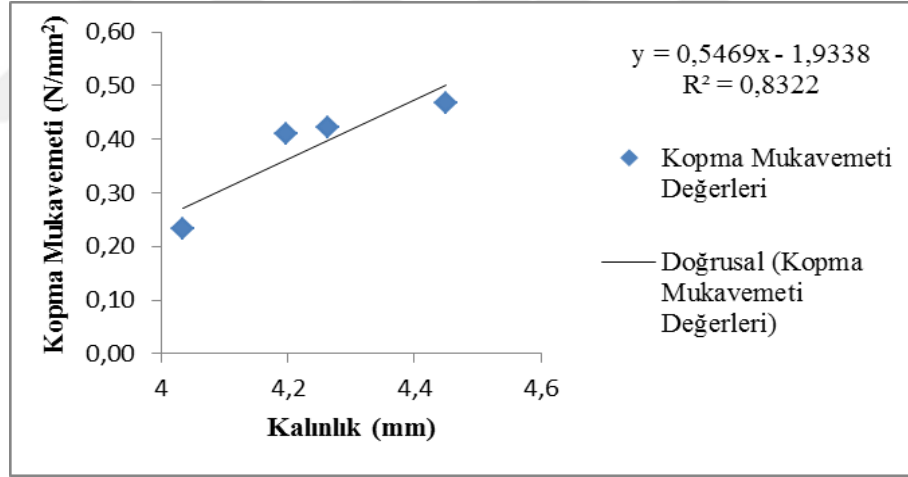
Şekil 4.19. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönündeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.20. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.21. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönündeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



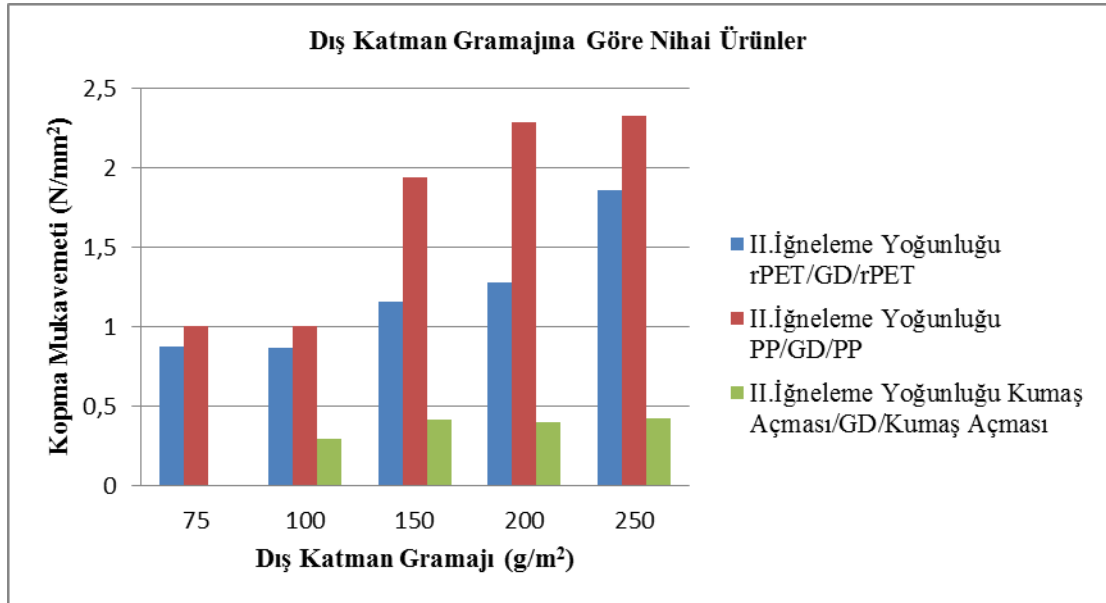
Şekil 4.22. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon

Şekil 4.17 ve 4.22 arasındaki şekiller incelendiğinde I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin her bir hammadde tipindeki ürün için kopma mukavemeti değerleri ile kalınlıkları arasında %95 güven aralığında korelasyon katsayıları dikkate alındığında doğrusal regresyon analizi ile açıkça ifade edilebilen doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

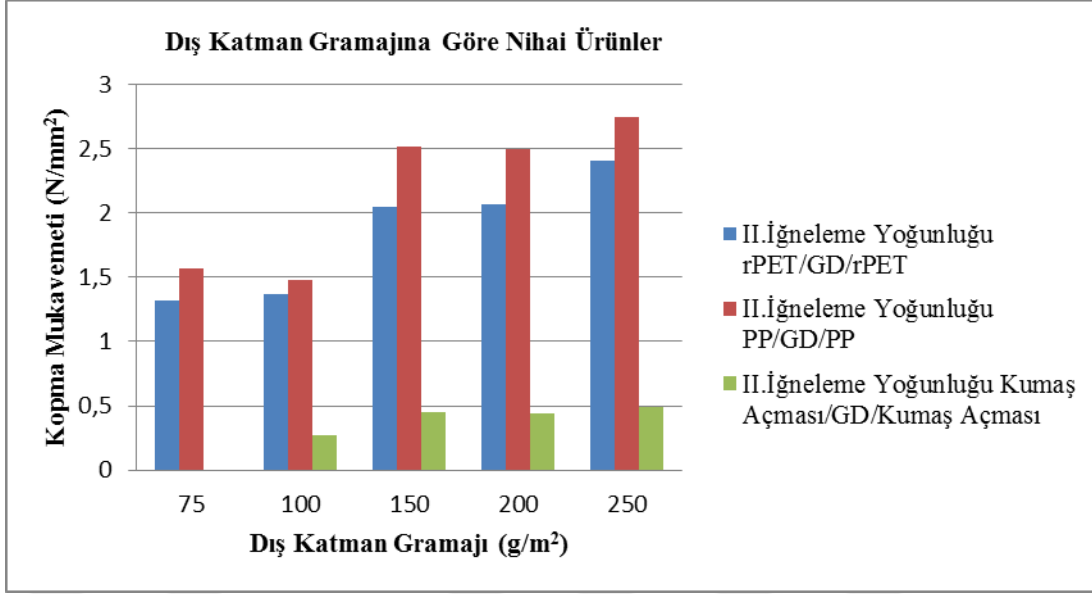
II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri Çizelge 4.12’de, Şekil 4.23 ve 4.24’te sunulmuştur.

Çizelge 4.12. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Kopma Muk. (N/mm ²)	MYD Ortalama Kopma Muk. (N/mm ²)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	1,001	1,567
			100	3,882	1,005	1,476
			150	3,952	1,942	2,517
			200	4,12	2,285	2,497
			250	4,261	2,331	2,749
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	0,872	1,324
			100	4,234	0,867	1,368
			150	4,325	1,157	2,053
			200	4,61	1,283	2,071
			250	4,792	1,862	2,405
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	0,298	0,274
			150	4,04	0,415	0,446
			200	4,234	0,397	0,442
			250	4,354	0,420	0,487



Şekil 4.23. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki kopma mukavemeti değerleri



Şekil 4.24. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki kopma mukavemeti değerleri

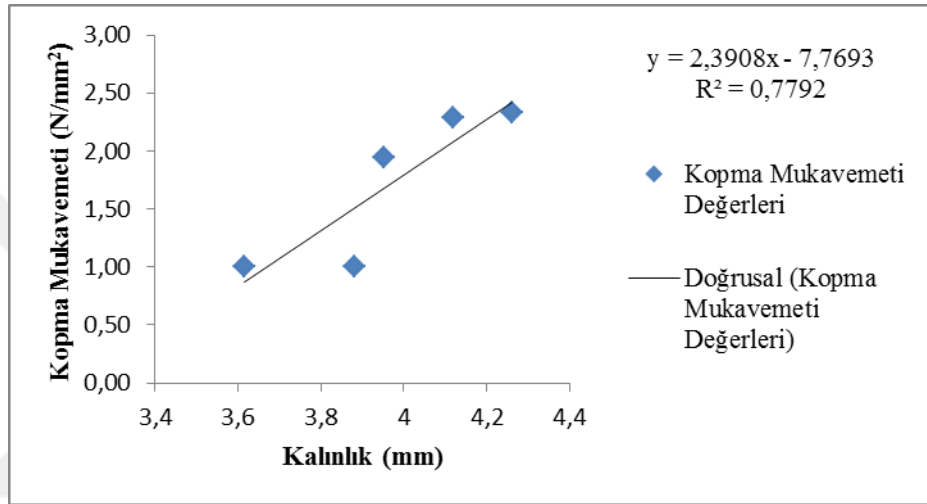
Çizelge 4.12 ve Şekil 4.23-4.24 incelendiğinde ara katman içermeyen 500 g/m² ağırlığında PP elyaftan oluşan ürünün kopma değerinden bir düşük olan ve 100 g/m² ağırlığında ara katman içeren ürünün kopma mukavemeti değeri referans ürüne göre makine yönünde yaklaşık %2 lik, makineye dik yöndeki ürünlerde ise yaklaşık %9'luk düşüş göstermiştir. Dış katmanı rPET lifinden üretilmiş ürünlere bakıldığında geri dönüşüm katmanı içermeyen ürüne göre en az miktarda geri dönüşüm ara katman içeren üründeki makine yönünde kopma mukavemeti değerinde yaklaşık %30'luk, makineye dik yönde ise %13'lük düşüğe rastlanmıştır.

Dış katmanı kumaş açması geri dönüşüm elyaftan üretilmiş olan ürünlerin kopma mukavemeti değerleri I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kopma mukavemeti değerlerine göre yükselme göstermiştir.

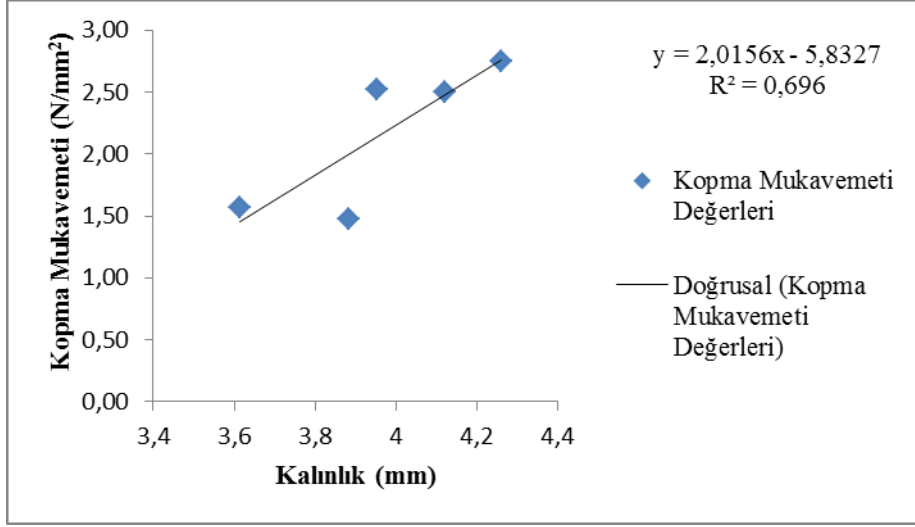
Çalışmada geri dönüşüm katmanı içermeyen referans ürünler baz alınarak değişen oranlarda geri dönüşüm katmanı içeren ürünlerin fiziksel performans özellikleri değerlendirilirken kopma mukavemeti için geri dönüşüm katmanı içeren ürünlerin de referans ürüne kıyasla kabul edilebilir kalite seviyesinde mukavemet değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Böylece geri dönüşüm katmanı içeren ürünlerin sahip olduğu

mukavemet değerleri, kullanım alanı temel alınarak değerlendirildiğinde çevresel ve ekonomik açıdan geri dönüşüm liflerin kullanımını sağlanabilecektir.

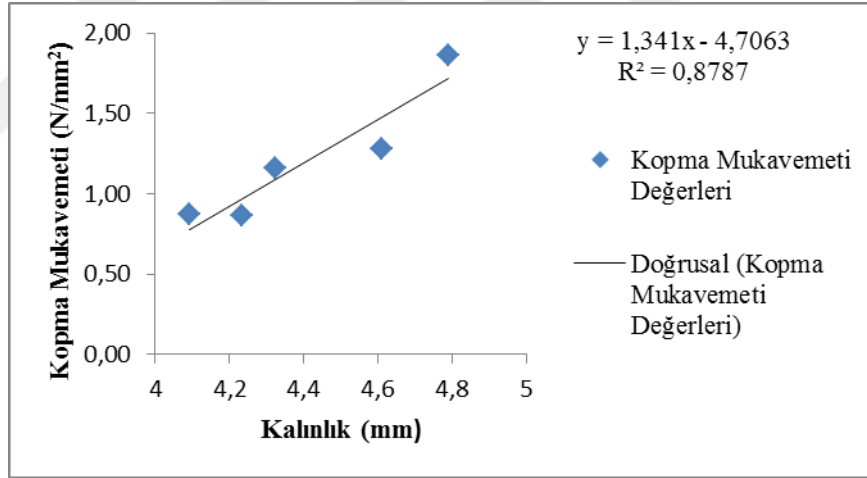
II. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve kopma mukavemeti değerleri arasındaki regresyon analizi kumaşları oluşturan dış katman hammaddesi ve kopma mukavemeti değerlerinin makine yönünde ya da makineye dik yönde oluşu esas alınarak gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçları Şekil 4.25-4.30 arasında üzerindeki denklemlerle birlikte sunulmuştur.



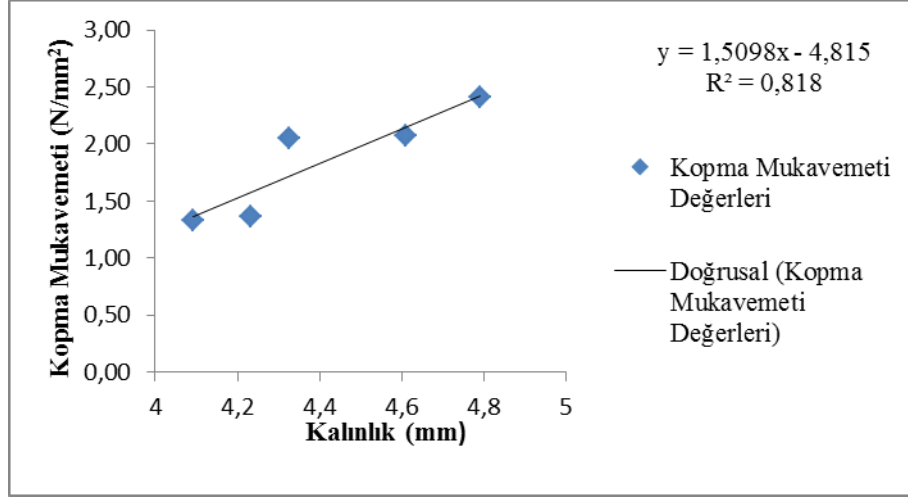
Şekil 4.25. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



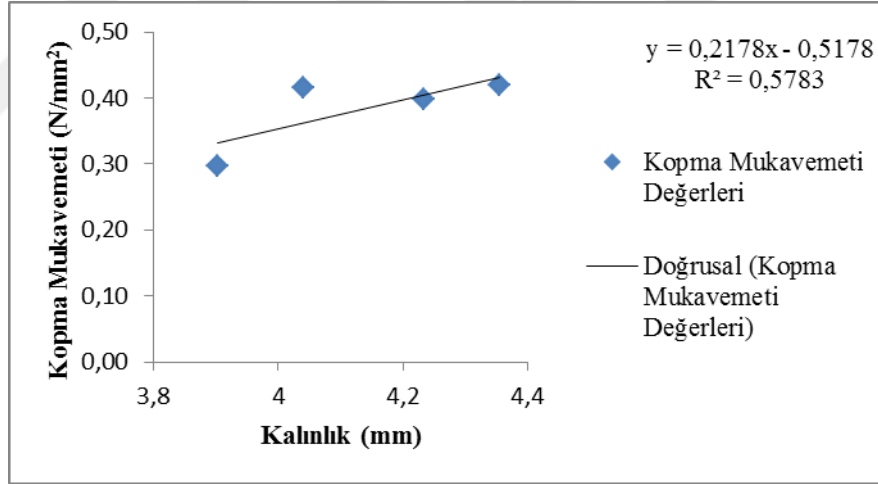
Şekil 4.26. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon



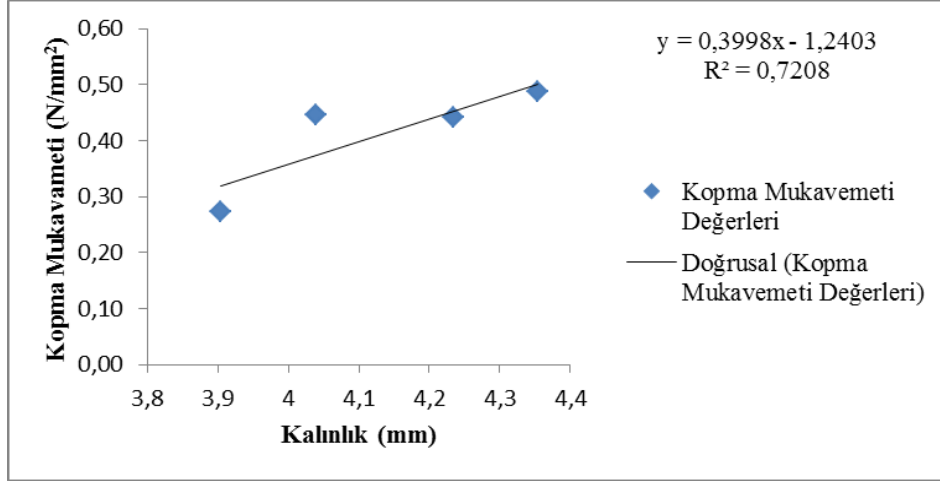
Şekil 4.27. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.28. Dış Katmanı rPET elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yön kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.29. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makine yönü kopma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.30. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve makineye dik yöndeki kopma mukavemeti arasındaki regresyon

Şekil 4.25 ve 4.30 arasındaki şekiller incelendiğinde II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin her bir hammadde tipindeki ürün için kopma mukavemeti değerleri ile kalınlıkları arasındaki ilişki doğrusal regresyon analizi ifade edildiğinde çıkan sonuçlar denklemlerle birlikte verilen korelasyon katsayıları da göz önüne alındığında %95 güven aralığında doğrusal olarak ilişkili bulunmuştur.

4.3.1. Kopma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Çizelge 4.13. Dokusuz yüzey kumaşların kopma mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
Numune Yönü	14,524	,000*
İğneleme Yoğunluğu	175,470	,000*
Hammadde	304,076	,000*
Gramaj	48,026	,000*

*($\alpha=0.05$)

Çizelge 4.13 incelendiğinde çalışma kapsamında üretilmiş olan tüm dokusuz yüzey kumaşlar için kopma mukavemeti üzerine incelenen tüm parametrelerin etkisinin %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13'te birlikte incelenmiş olan parametrelerin ayrı ayrı değerlendirilmiş olduğu Post Hoc analizine ait veriler aşağıda Çizelge 4.14-4.16'da sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Dokusuz yüzey kumaşlarda iğneleme yoğunluğunun kopma mukavemetine etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)		
		1	2	3
Dış Katman	140	,07922		
I. İğneleme Yoğunluğu	140		1,15187	
II.Yoğunluğu	140			1,35030
Önemlilik		1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.14'te iğneleme yoğunluğu faktörünün kumaşların kopma mukavemeti değerleri üzerine olan etkisine bakıldığında sırasıyla dış katmanların, I. İğneleme yoğunluğu ve II. İğneleme yoğunluğu değerlerinde üretilmiş olan nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerlerinin sırasıyla yükseldiği ve değerler arasındaki farkların istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15. Dokusuz yüzey kumaşlarda hammaddenin kopma mukavemetine etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
Kumaş Açması	40	,04740			
rPET	50	,08002			
PP	50	,10388			
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	80		,36241		
rPET/GD/rPET	100			1,40052	
PP/GD/PP	100				1,81259
Önemlilik		,965	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.15'te hammadde faktörünün kumaşların kopma mukavemeti değerleri üzerine olan etkisine bakıldığında dış katmanların kopma mukavemeti değerlerinin sırasıyla kumaş açması geri dönüşüm elyaftan PP hammaddeye doğru artış gösteren şekilde farklı olduğun ancak bu farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir.

Ara katman içeren nihai ürünlere geçildiğinde ise dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan nihai ürünlerin en düşük ve dış katmanı PP elyaftan oluşan ürünlerin en yüksek kopma mukavemeti değerlerine sahip olacak şekilde birbirlerinden farklı oldukları ve bu farkın istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.16. Dokusuz yüzey kumaşlarda gramajın kopma mukavemetine etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
75	20	,01880			
100	30	,02253			
150	30	,07773			
200	30	,11103			
250	30	,14587			
100/300/100	60		,84093		
75/350/75	40		1,11802	1,11802	
150/200/150	60			1,29605	1,29605
200/100/200	60			1,36912	1,36912
250/0/250	60				1,58695
Önemlilik		,995	,581	,712	,510

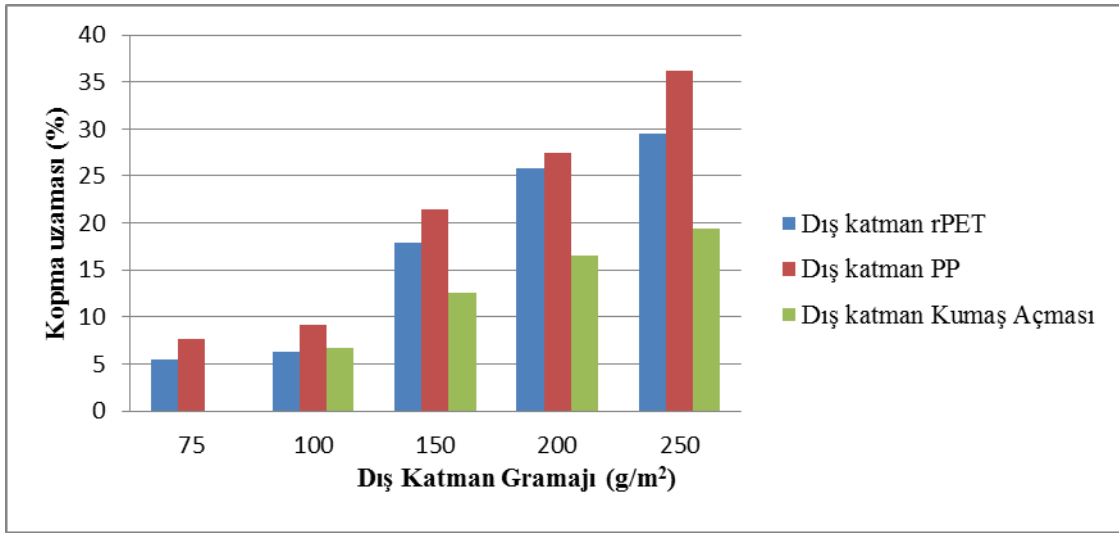
Çizelge 4.16’da dokusuz yüzey kumaşlarda gramajın kopma mukavemeti değerleri üzerine etkisi incelendiğinde dış katmanları oluşturan yapılarda gramaj artışıyla birlikte kopma mukavemeti değerlerindeki artış görülmektedir ve bununla birlikte dış katmanların arasındaki kopma mukavemeti değerleri farklılıklarının istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Geri dönüşüm ara katmanı içeren ürünlerin kopma mukavemeti değerlerinde ise 100 g/m²’lik dış katman ve 75 g/m²’lik dış katmandan oluşan ürünlerin kopma mukavemeti değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı ve dış katman ağırlıklarının 150 g/m² ve 200 g/m² olduğu nihai ürünler ile geri dönüşüm ara katman içermeyen referans ürünler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Bu durumda kopma mukavemeti açısından geri dönüşüm ara katman içeren ürünler ile referans ürünün ikame edilebilir olduğu söylenebilir.

4.3.2. Kopma Uzaması Test Sonuçları

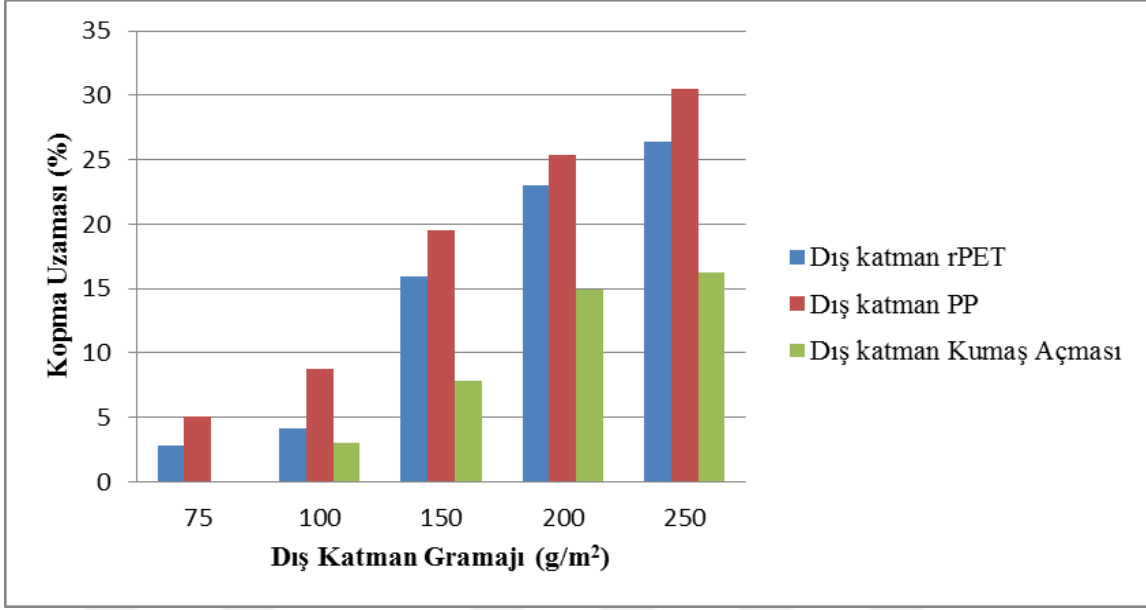
Dış katmanlar için makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki kopma uzaması değerleri Çizelge 4.17, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.17. Dış katmanlar için kopma uzaması değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İşneleme Yoğunluğu (İşneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Kopma Uzaması (%)	Std. Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Kopma Uzaması(%)	Std. Sapma	CV (%)
Dış Katman	PP	10 218	75	7,662	0,305	3,976	5,072	0,412	8,117
			100	9,097	0,408	4,486	8,814	0,591	6,706
			150	21,475	0,502	2,339	19,489	1,165	5,979
			200	27,408	0,224	0,818	25,377	2,160	8,512
			250	36,202	1,127	3,114	30,481	1,001	3,283
Dış Katman	rPET	10 218	75	5,472	0,203	3,710	2,805	0,258	9,125
			100	6,288	0,550	8,740	4,165	0,211	5,070
			150	17,954	0,692	3,857	15,989	1,214	7,590
			200	25,871	0,678	2,622	23,02	0,813	3,533
			250	29,459	0,386	1,312	26,363	1,442	5,468
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	6,63	0,408	6,157	2,982	0,208	6,985
			150	12,61	0,605	4,801	7,845	0,408	5,197
			200	16,466	0,449	2,725	14,878	0,598	4,022
			250	19,399	0,589	3,036	16,248	1,071	6,590



Şekil 4.31. Dış katmanlar için makine yönündeki numunelerde kopma uzaması değerleri



Şekil 4.32. Dış katmanlar için makine yönüne dik numunelerde kopma uzaması değerleri

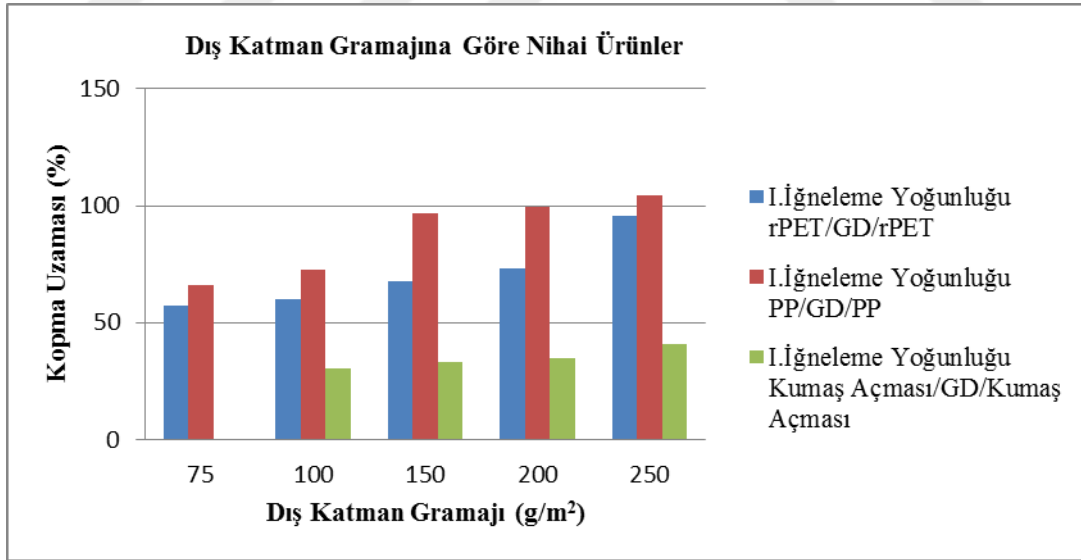
Çizelge 4.17, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32 incelendiğinde makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki dış katman numuneleri için kopma uzama değerleri gramaj artışıyla beraber kendi içinde artış göstermiştir. En yüksek kopma uzaması değerlerine ise PP elyaftan oluşan dış katman dokusuz yüzey kumaşlarda rastlanmıştır. Uzama değeri liflerin kumaş haline gelmeden önceki sahip oldukları uzama oranları ve kıvrım değerleriyle bağlantılı şekilde yorumlanabilmektedir. Bu noktada mekanik açma sırasında kıvrım ve uzama özelliklerini koruyamamalarından dolayı kumaş açması liflerden oluşan dış katman dokusuz yüzeylerin en düşük uzama değerine sahip olmaları beklenen bir durum olarak belirtilebilir.

Kumaş haline geldikten sonra ise gramajın artışıyla kesitteki lif sayısı artmakta ve iğneleme yoğunluğu etkisinin artışıyla da liflerin birbirine entegre olarak dolaşma miktarları artmakta dolayısıyla test sırasındaki uygulanan yüke karşı daha sıkı bir yapıda karşı koyarak uzamaya fırsat bulamadan kopmaktadırlar. Dolayısıyla makine yönünde ve makine yönüne dik doğrultu arasındaki kopma yüküne dayanım farkından dolayı uzama özelliği de benzer karakter göstermiştir.

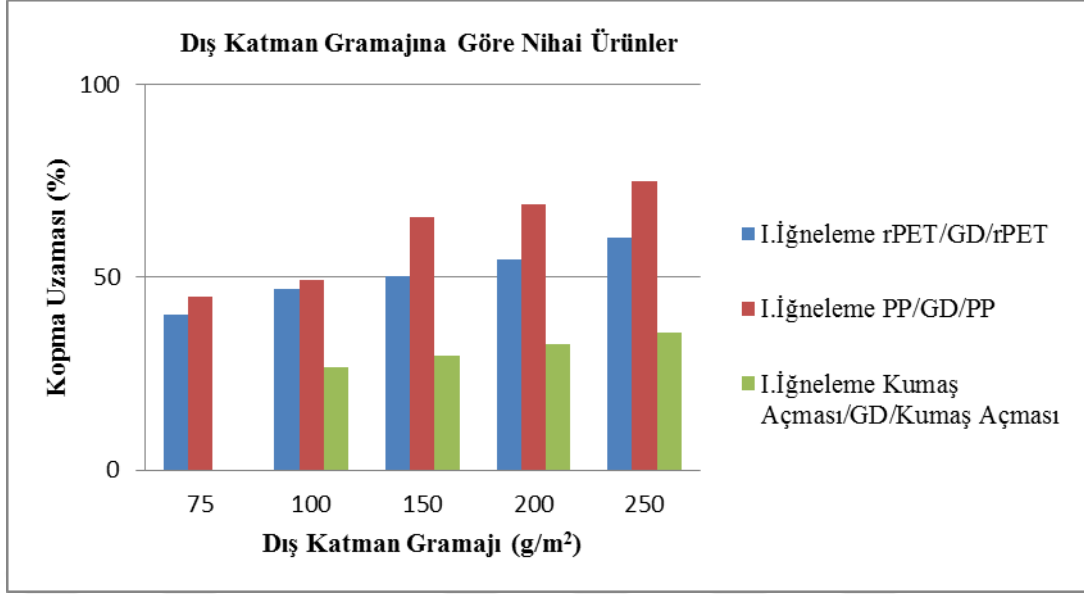
I. İğneleme yoğunluğu değerine sahip numunelerin kopma uzaması değerleri Çizelge 4.18, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.18. I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin kopma uzaması değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Kopma Uzaması (%)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Kopma Uzaması (%)	Std.Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	65,926	3,550	5,385	44,894	3,700	8,241
			100	72,376	3,033	4,191	49,467	4,651	9,402
			150	96,745	3,267	3,377	65,779	3,623	5,508
			200	99,386	0,265	0,267	68,899	6,442	9,350
			250	104,149	2,237	2,148	75,032	1,768	2,356
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	40 872	75	57,39	2,412	4,202	40,297	2,646	6,598
			100	59,962	3,845	6,413	46,972	3,534	7,524
			150	67,709	5,024	7,420	50,332	3,562	7,078
			200	73,044	3,477	4,760	54,65	4,464	8,168
			250	95,687	2,239	2,340	60,372	3,123	5,172
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD /Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	30,242	1,780	5,884	26,589	0,858	3,228
			150	33,391	2,167	6,490	29,659	2,419	8,155
			200	34,959	1,470	4,205	32,822	2,225	6,780
			250	40,779	2,697	6,613	35,692	2,340	6,555



Şekil 4.33. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönündeki numunelerde kopma uzaması değerleri



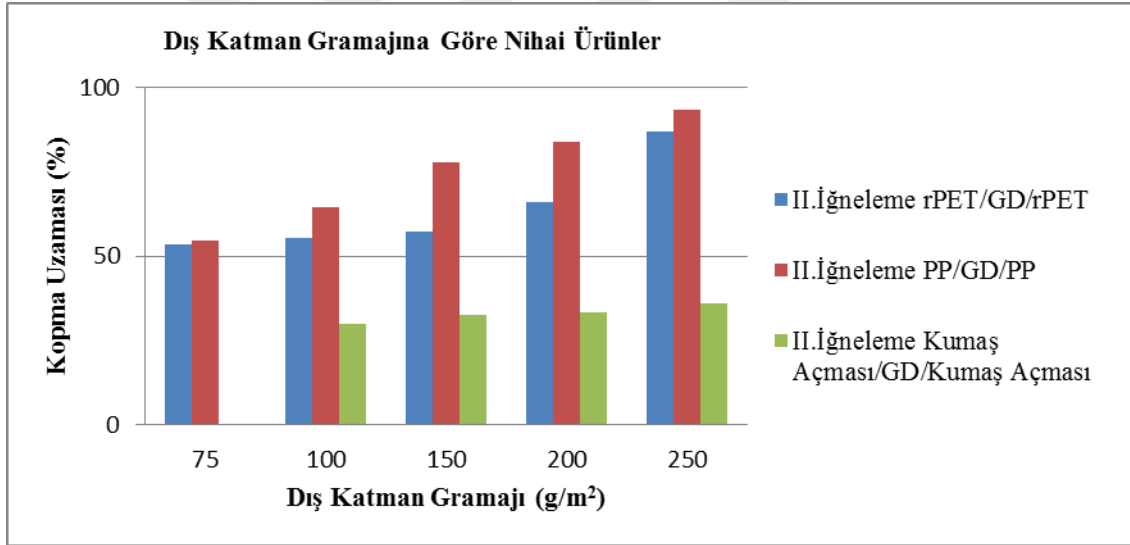
Şekil 4.34. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönüne dik numunelerde kopma uzaması değerleri

Dış katman dokusuz yüzey kumaşlardan I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere geçildiğinde, her bir hammadde tipi için ürün gramajı 500g/m^2 'ye ve iğneleme yoğunluğu değeri $40\ 872$ iğneleme sayısı/ m^2 'ye yükseldiğinden Çizelge 4.18 ve makine yönündeki numuneler için Şekil 4.33 incelendiğinde kopma uzaması değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Çizelge 4.18 ve makine yönüne dik doğrultudaki numunelerin kopma uzaması değerleri için Şekil 4.34 incelendiğinde ise her bir hammadde tipi için makine yönündeki numunelerin kopma uzaması değerlerine göre düşüş gözlenmiştir.

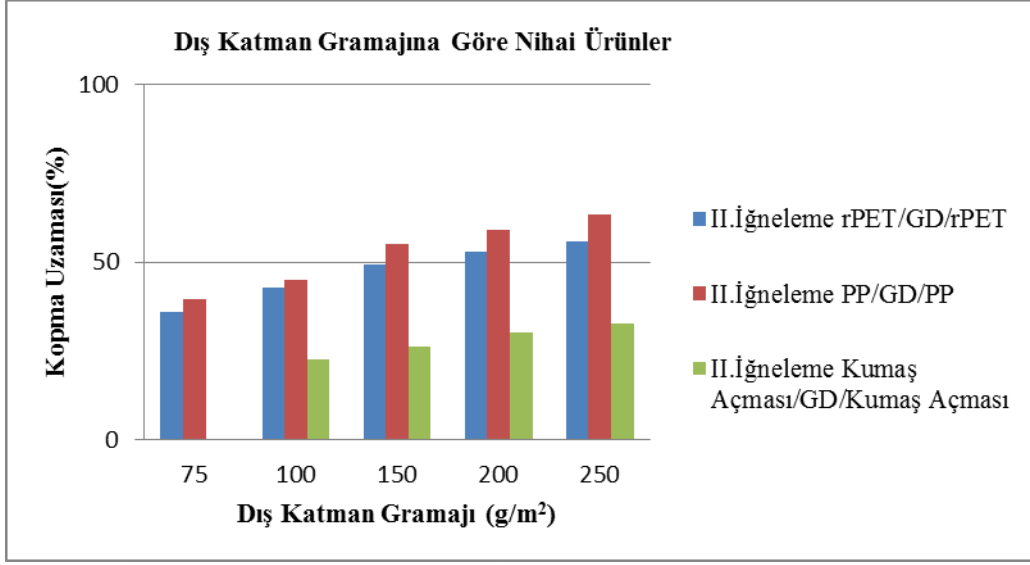
Kopma uzaması değerleri numunelerin kopma anındaki yüke karşı koymaları esnasında göstermiş oldukları uzama değerleridir. Makine yönüne dik doğrultudaki numunelerin kopma yükü değerlerinin lif oryantasyonundan kaynaklı olarak daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu durumda makineye dik yöndeki numunelerin kopma uzaması değerlerindeki düşüş nispeten daha sıkı bir yapı göstermeleriyle açıklanabilir.

Çizelge 4.19. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin kopma uzaması değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Kopma Uzaması (%)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Kopma Uzaması (%)	Std.Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP	57 220	75	54,595	1,985	3,636	39,725	1,532	3,856
			100	64,661	4,139	6,401	44,887	2,833	6,312
			150	77,954	1,402	1,799	55,217	4,133	7,484
			200	83,908	1,030	1,228	58,951	4,700	7,973
			250	93,582	3,652	3,903	63,511	4,419	6,957
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET	57 220	75	53,671	2,234	4,162	36,137	0,595	1,647
			100	55,565	1,250	2,249	42,728	0,858	2,009
			150	57,355	1,563	2,726	49,178	3,415	6,944
			200	66,077	1,867	2,826	52,856	3,632	6,871
			250	87,109	1,879	2,157	55,721	2,687	4,822
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	57 220	100	29,742	0,894	3,006	22,692	1,377	6,067
			150	32,714	0,733	2,241	26,367	2,559	9,707
			200	33,205	2,276	6,856	30,302	2,847	9,394
			250	35,976	0,915	2,544	32,616	1,691	5,185



Şekil 4.35. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönündeki numunelerde kopma uzaması değerleri



Şekil 4.36. II.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin makine yönüne dik numunelerde kopma uzaması değerleri

Cizelge 4.19, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36 incelendiğinde I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin kopma uzaması değerlerine göre, gramajın aynı kalıp iğneleme yoğunluğu değerinin artmasıyla makine yönünde ve makine yönüne dik doğrultudaki numunelerde kopma uzaması değerlerinin her bir hammadde grubu için düşüş gösterdiği görülmektedir. Burada iğneleme faktörünün yapıyı daha yüksek kopma yüküne dayanıklı hale getirmesi göz önünde bulundurularak daha düşük uzama değerlerine sahip olmasına neden olduğu söylenebilmektedir. Numunenin makine yönü veya makine yönüne dik doğrultuda olması da iğneleme faktörü ile benzer etki yaparak makine yönüne dik doğrultudaki numunelerin kopma uzaması değerlerinde dolaylı yoldan düşüğe sebep olmuştur.

4.3.3. Kopma Uzaması Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Kopma uzaması için gramaj, hammadde, iğneleme yoğunluğu ve testin makine yönünde ya da dik doğrultuda yapılmış olması parametreleri, dış katmanlar ve her iki iğneleme yoğunluğunda üretilmiş olan nihai ürünler için tek yönlü varyans analizi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir.

Bu istatistiksel analizlerin sonuçları Çizelge 4.20’de sunulmuştur.

Çizelge 4.20. Dokusuz yüzey kumaşların kopma uzaması bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
Numune Yönü	24,368	,000*
İğneleme Yoğunluğu	221,956	,000*
Hammadde	237,865	,000*
Gramaj	65,108	,000*

* $\alpha=0.05$

Çizelge 4.20 incelendiğinde çalışma kapsamında üretilmiş olan tüm dokusuz yüzey kumaşlar için kopma uzaması üzerine incelenen tüm parametrelerin etkisinin %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20’de birlikte incelenmiş olan parametrelerin ayrı ayrı değerlendirilmiş olduğu Post Hoc analizine ait veriler Çizelge 4.21-4.23’te aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.21. Dokusuz yüzey kumaşlarda iğneleme yoğunluğunun kopma uzamasına etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)		
		1	2	3
Dış Katman	140	15,91149		
II.İğneleme Yoğunluğu	140		51,32143	
I. İğneleme Yoğunluğu	140			57,61438
Önemlilik		1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.21’de iğneleme yoğunluğu faktörünün kumaşların kopma uzaması değerleri üzerine olan etkisine bakıldığında dış katmanların, I. İğneleme yoğunluğu ve II. iğneleme yoğunluğu değerlerinde üretilmiş olan nihai ürünlerin kopma uzaması değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.22. Dokusuz yüzey kumaşlarda hammaddenin kopma uzamasına etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)				
		1	2	3	4	5
Kumaş Açması	40	12,13225				
rPET	50	15,73872	15,73872			
PP	50		19,10766			
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	80			31,73433		
rPET/GD/rPET	100				58,14057	
PP/GD/PP	100					68,98210
Önemlilik		,646	,710	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.22’de kopma uzaması değerleri kumaşların hammadde özellikleri bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde dış katmanlarda sırasıyla kumaş açması, rPET ve PP liflerinden üretilmiş olan ürünlerin kopma uzaması değerleri küçükten büyüğe sıralanabilmektedir. Bununla birlikte ürünlerin uzama değerleri arasındaki sayısal farka rağmen yalnızca kumaş açması ve PP hammaddeden üretilmiş olanlar arasındaki fark istatistiksel açıdan %95 güven aralığında önemli bulunmuştur. Nihai ürünlere gelindiğinde ise sözü geçen her üç hammadde grubundaki ürünlerin kopma uzaması değerleri birbirinden farklı bulunmuştur ve bu fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Dokusuz yüzey kumaşlarda gramajın kopma uzamasına etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
75	20	5,25280			
100	30	6,32937			
150	30	15,89373	15,89373		
200	30		22,17000		
250	30		26,35867		
100/300/100	60			45,49027	
75/350/75	40			49,07925	
150/200/150	60			53,53345	53,53345
200/100/200	60			57,42153	57,42153
250/0/250	60				65,01880
Önemlilik		,164	,182	,070	,096

Gramajın kopma uzaması üzerine etkisi Çizelge 4.23'ten takip edilerek incelendiğinde dış katmanlar için gramaj artışıyla kopma uzaması değerlerinin de arttığı görülmüştür. Dış katmanların kopma uzaması değerleri nihai ürünlerinkinden farklıdır ve bu fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemlidir. Nihai ürünlere gelindiğinde ise en yüksek uzama değeri ara katman içermeyen ürünlerde görülmüştür. Bununla birlikte 100 g/m² ve 200 g/m² ağırlığında geri dönüşüm ara katmanı içeren ürünlerin kopma uzaması değerleri ara katman içermeyenlerden düşük olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

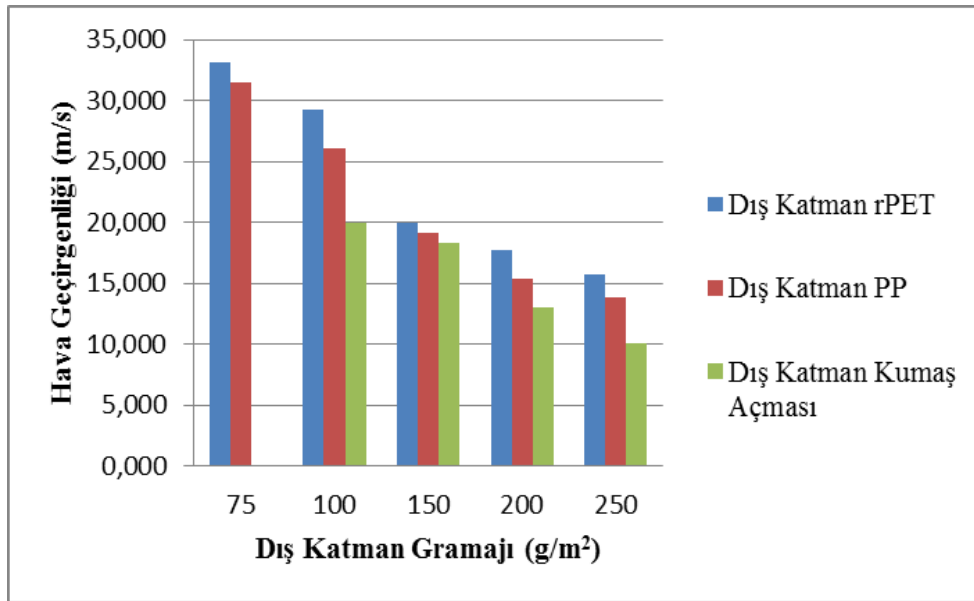
4.4. Hava Geçirgenliği Tayini

4.4.1. Hava Geçirgenliği Tayini Test Sonuçları

Dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları sırasıyla Çizelge 4.24 ve Şekil 4.37’de sunulmuştur.

Çizelge 4.24. Dış katmanlar için hava geçirgenliği değerleri

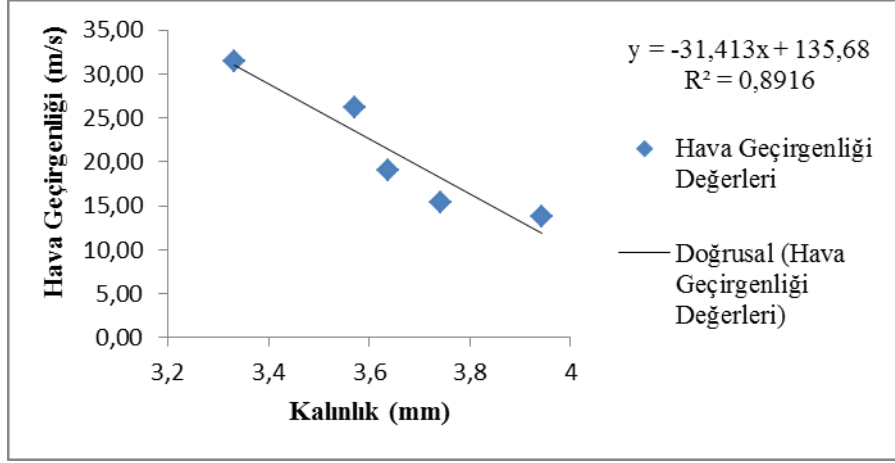
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Hava Geçirgenliği m/s	Std. Sapma	%CV
Dış Katman	PP	10 218	75	3,333	31,431	10,486	0,279
			100	3,572	26,136	7,655	0,245
			150	3,637	19,096	10,807	0,473
			200	3,743	15,370	9,696	0,527
			250	3,942	13,816	10,461	0,632
Dış Katman	rPET	10 218	75	3,215	33,079	10,356	0,261
			100	3,482	29,280	8,139	0,232
			150	3,56	19,945	9,646	0,404
			200	3,726	17,669	9,423	0,445
			250	3,96	15,693	10,288	0,547
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,248	19,914	7,700	0,323
			150	2,754	18,342	7,811	0,356
			200	3,34	13,000	8,960	0,576
			250	3,97	10,126	9,034	0,745



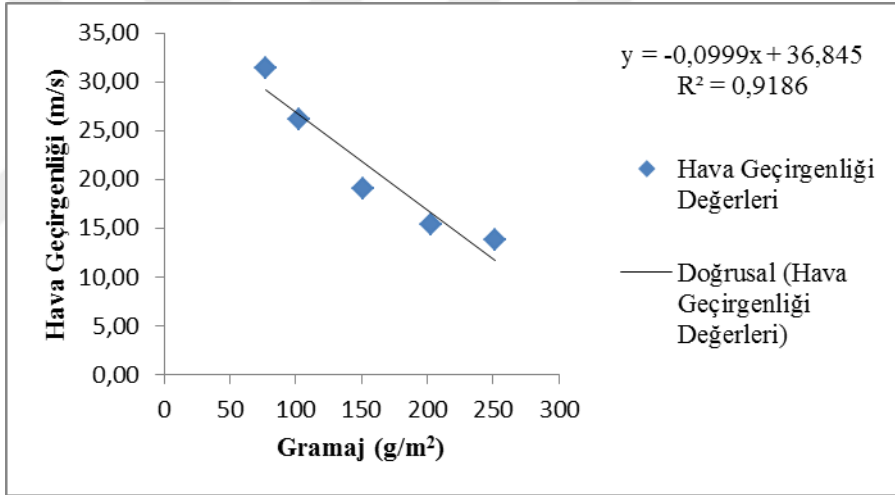
Şekil 4.37.Dış katmanlar için hava geçirgenliği değerleri

Çizelge 4.24 ve Şekil 4.37 incelendiğinde en yüksek hava geçirgenliği değerlerine rPET hammaddeden üretilmiş kumaşlarda rastlanırken en düşük hava geçirgenliği değerleri kumaş açması elyaftan üretilen numunelerde görülmüştür. rPET hammaddeden üretilmiş kumaşların rPET lifinin daha az kıvrımlı oluşu ve hacimlilik özelliğine bağlı olarak açıklanabilecek şekilde hava geçirgenliği daha yüksek çıkmıştır. PP liflerinin ise kıvrımlarının yüksek oluşunun etkisiyle iğneleme esnasında daha yüksek dolanma ve birbiri içine geçme özeliği gösterdiğinden daha sıkı yapılar meydana getirdiği söylenebilir. Kumaş açması elyaftan oluşan dış katmanların hava geçirgenliği ele alındığında en düşük hava geçirgenliği değerleri bu grupta görülmektedir. Burada kumaşlardan mekanik açma yoluyla lif elde edilmesi sırasında işlemin yapısı gereği liflerin hammaddeleri genelde birbirinden farklı olmaktadır. Bununla birlikte tam olarak açılmamış lif öbeklerinin de kumaş yapısına dahil olması söz konusu olabilmektedir. Her bir hammadde grubu için gramaj artışıyla birlikte hava geçirgenliği azalmıştır. Bu durumun sebebi olarak gramaj artışı ile kesitteki lif sayısının artması ve dolayısıyla da hava geçişine engel teşkil eden lif miktarının artması gösterilebilir.

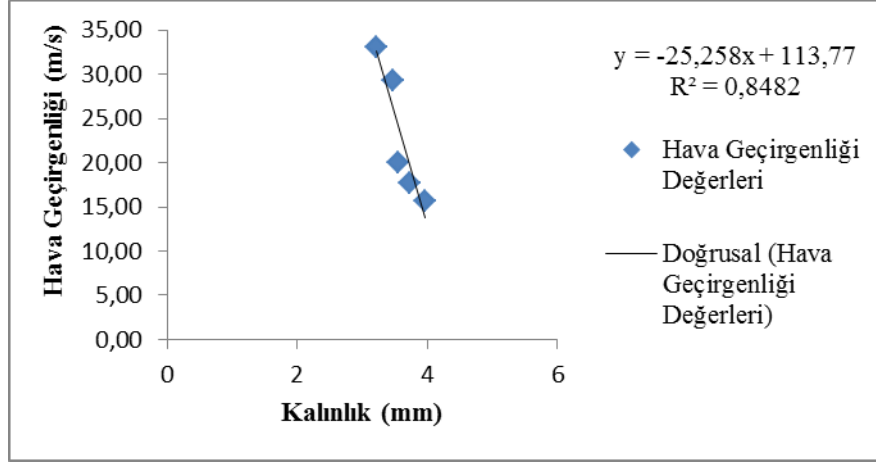
Kumaş kalınlığının artmasıyla hava geçirgenliğinin azalması beklenen bir sonuç olup kumaşların kalınlık ve dış katmanlar için ölçülen gramaj değerleri ile hava geçirgenliği arasındaki ilişki regresyon analizi çerçevesinde incelenmiştir. Analiz sonuçları her bir hammadde tipindeki kumaş için ayrı ayrı incelenmiş olup regresyon denklemleri ile birlikte sırasıyla Şekil 4.38-4.43 arasında sunulmuştur.



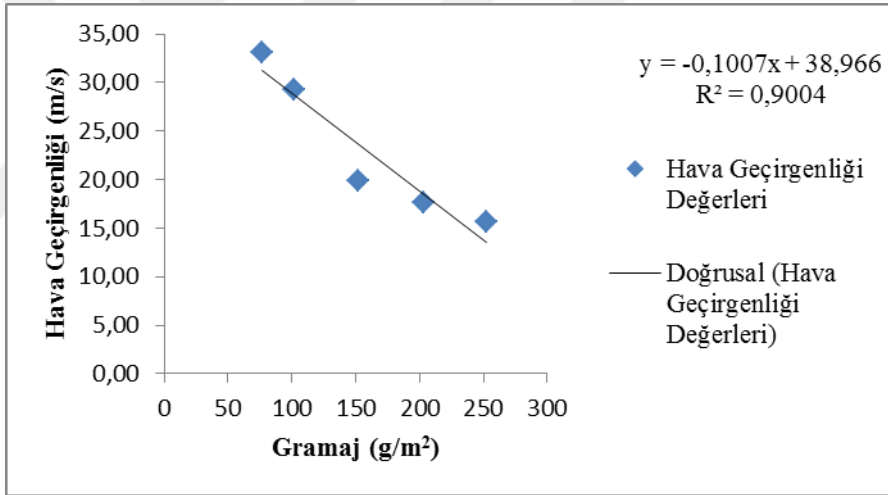
Şekil 4.38. PP hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



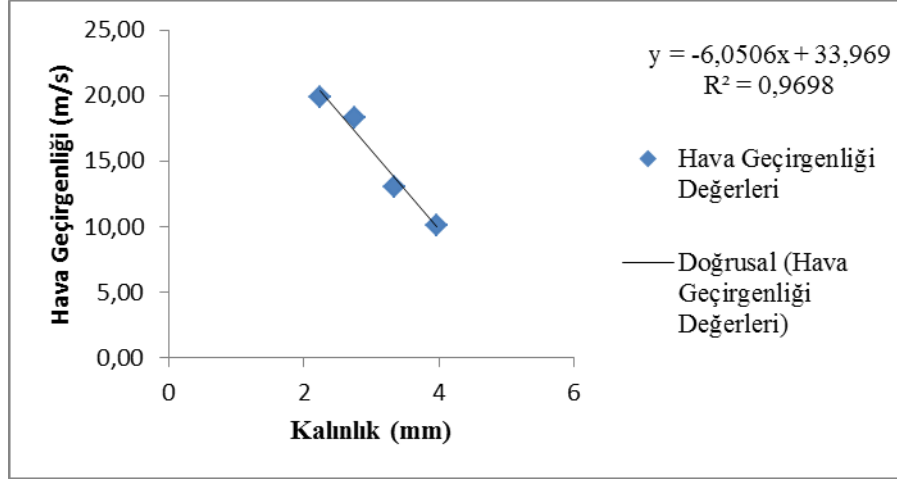
Şekil 4.39. PP hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların gramaj ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



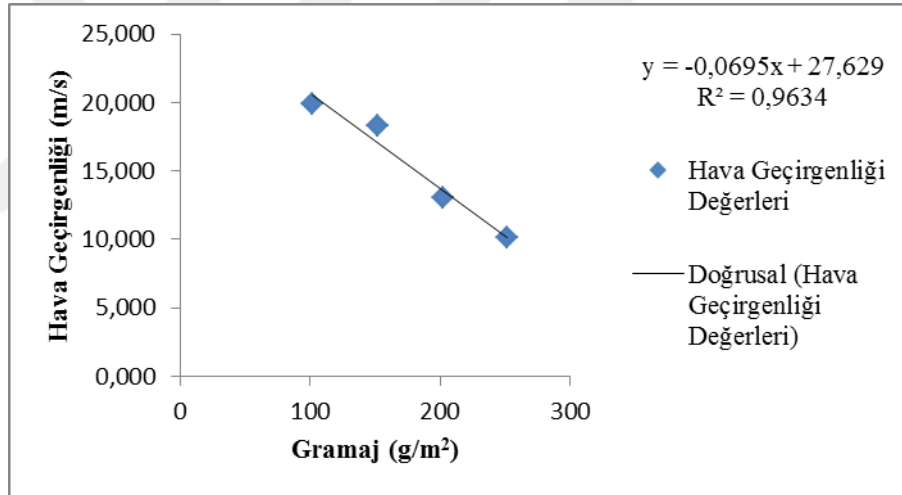
Şekil 4.40. rPET hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



Şekil 4.41. rPET hammaddeden üretilmiş dış katman kumaşların gramaj ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



Şekil 4.42. Kumaş açması hamaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon

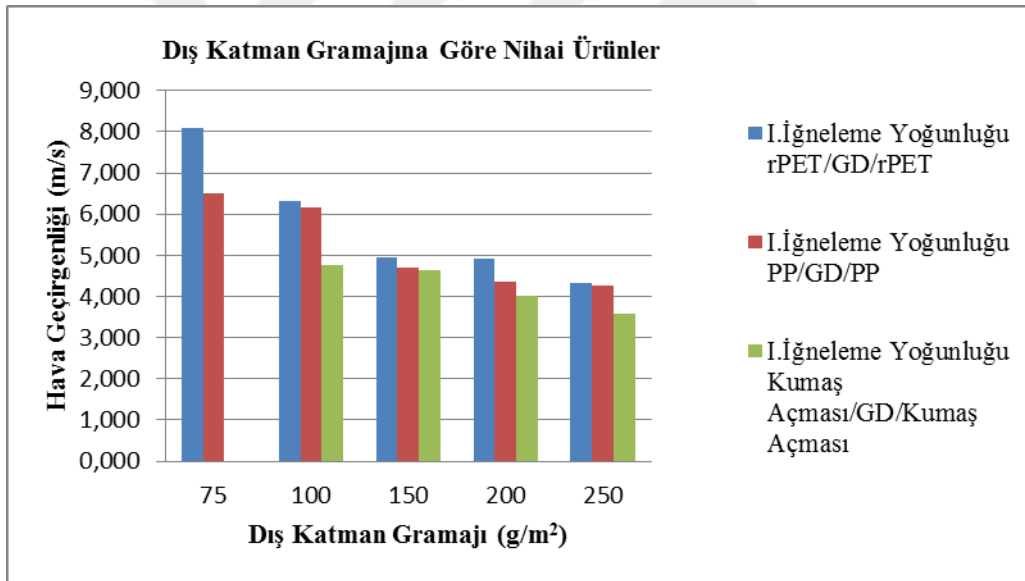


Şekil 4.43. Kumaş açması hamaddeden üretilmiş dış katman kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon

Dış katmanı teşkil eden kumaşların, ölçülen kalınlık ve gramaj değerleri ile hava geçirgenliği arasında Şekil 4.38-4.43 arasında sunulan regresyon analizi sonuçları ile %95 güven aralığında negatif yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Kumaş kalınlığının ve gramajının artmasıyla hava geçirgenliğinin doğrusal olarak azaldığı gözlenmektedir.

Çizelge 4.25. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri

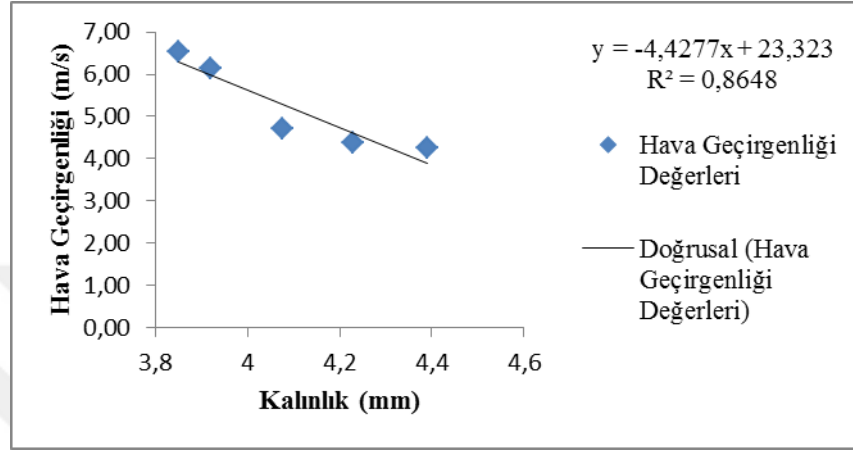
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Hava Geçirgenliği m/s	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	6,519	8,125	1,041
			100	3,919	6,151	9,540	1,295
			150	4,075	4,715	10,715	1,897
			200	4,1	4,368	8,276	1,582
			250	4,391	4,255	7,902	1,551
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	8,107	9,375	0,966
			100	4,323	6,328	9,724	1,283
			150	4,541	4,947	8,969	1,514
			200	4,756	4,916	7,390	1,255
			250	4,873	4,339	9,768	1,880
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	4,755	9,201	1,616
			150	4,198	4,637	7,976	1,436
			200	4,263	4,020	8,280	1,494
			250	4,45	3,570	7,499	1,754



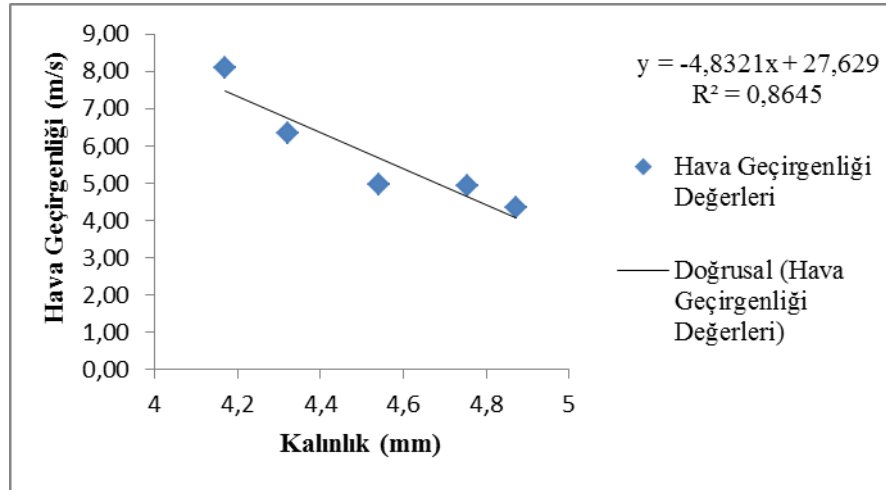
Şekil 4.44. I.İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.44 incelendiğinde dış katmanların I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere dönüşmesiyle meydana gelen gramaj ve kalınlık artışına bağlı olarak hava geçirgenliği değerleri düşüş göstermiştir. Dış katman hammadde tipi olarak değerlendirildiğinde en yüksek hava geçirgenliği değerlerine rPET hammaddeden üretilmiş olan dış katmanlardan oluşan nihai ürünlerde rastlanmaktadır.

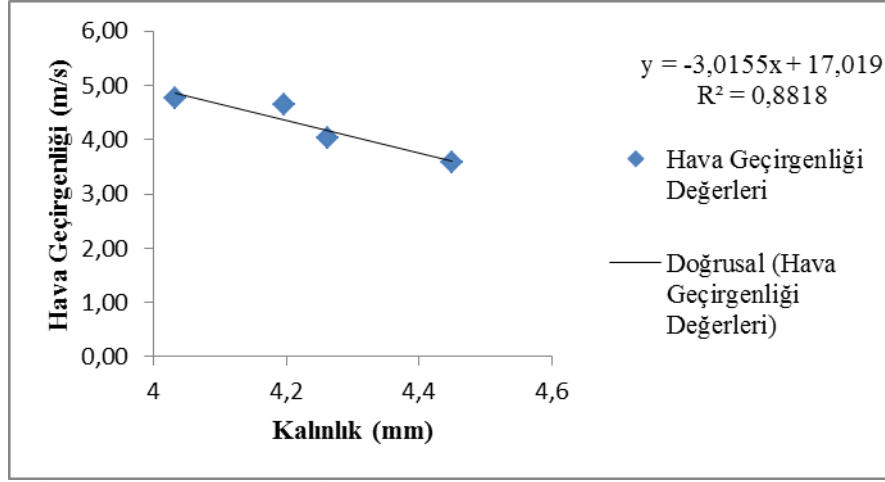
Kumaşların kalınlık değerleri ile hava geçirgenliği arasındaki ilişki regresyon analizi çerçevesinde incelenmiştir. Analiz sonuçları her bir hammadde tipindeki kumaş için ayrı ayrı incelenmiş olup regresyon denklemleri ile birlikte sırasıyla Şekil 4.45-4.47 arasında sunulmuştur.



Şekil 4.45. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



Şekil 4.46. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon

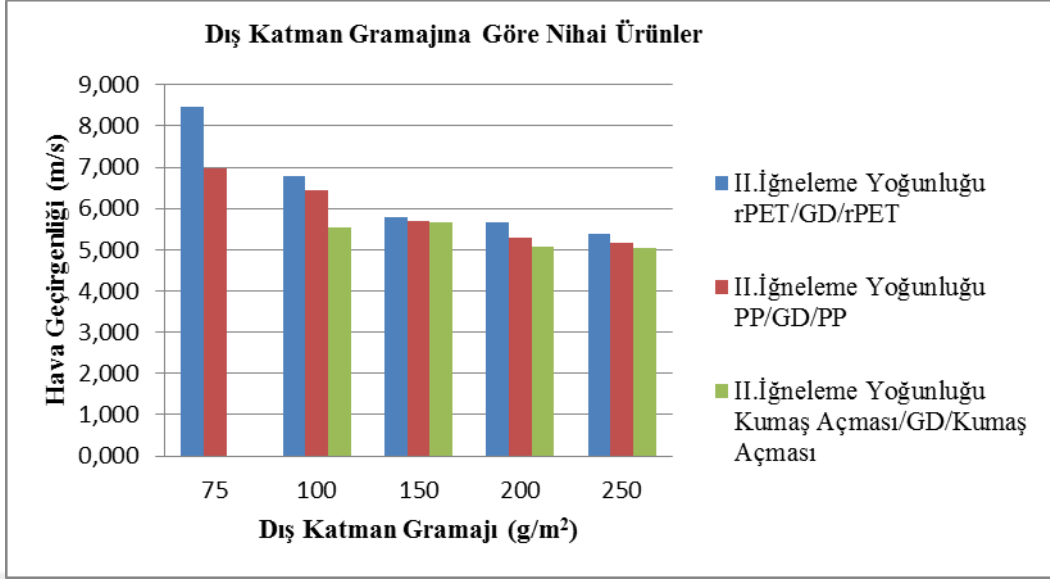


Şekil 4.47. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon

Her üç hammadde tipindeki dış katmandan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürün için kalınlık değerleri ve hava geçirgenliği ölçüm sonuçları arasında doğrusal regresyon analizi sonuçlarından da görüldüğü gibi ters orantı ile ifade edilebilen bir ilişki vardır.

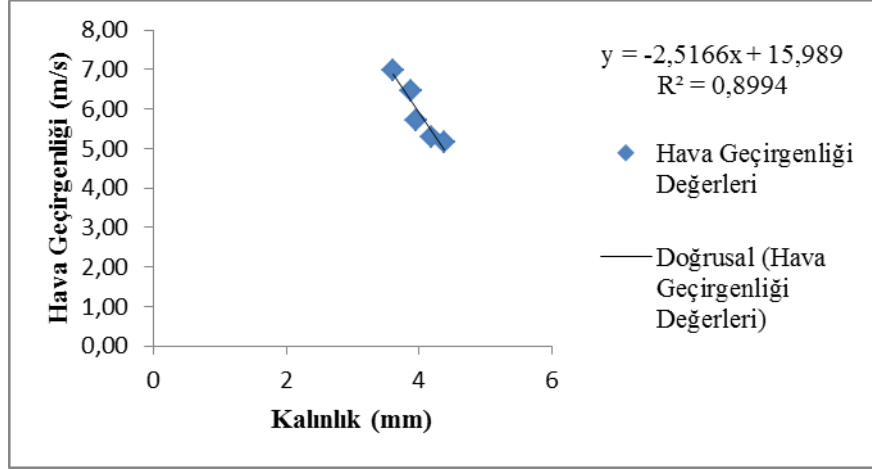
Çizelge 4.26. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Hava Geçirgenliği m/s	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	6,971	10,538	1,402
			100	3,882	6,455	9,242	1,283
			150	3,952	5,709	9,360	1,369
			200	4,12	5,289	9,687	1,529
			250	4,261	5,159	9,656	1,236
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	8,461	10,307	1,071
			100	4,234	6,771	9,038	1,266
			150	4,325	5,800	9,506	1,609
			200	4,61	5,660	10,863	1,240
			250	4,792	5,390	9,034	1,148
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	5,548	9,625	1,449
			150	4,04	5,670	8,195	1,181
			200	4,234	5,089	8,438	1,019
			250	4,354	5,050	8,931	1,275

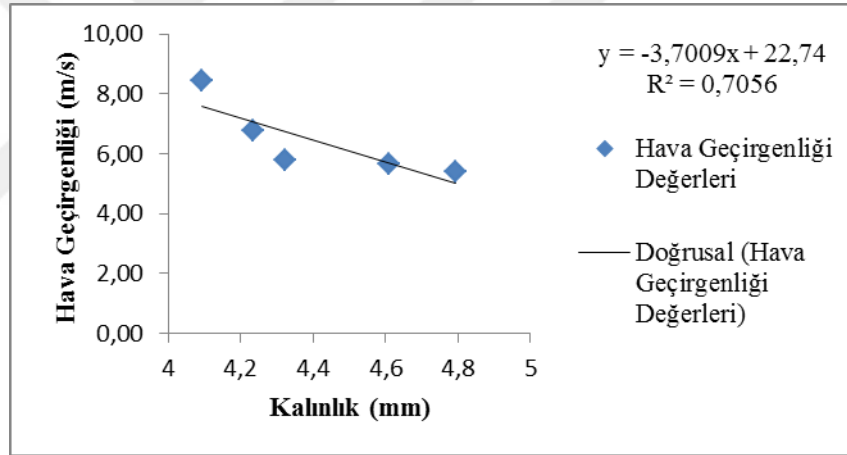


Şekil 4.48. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği değerleri

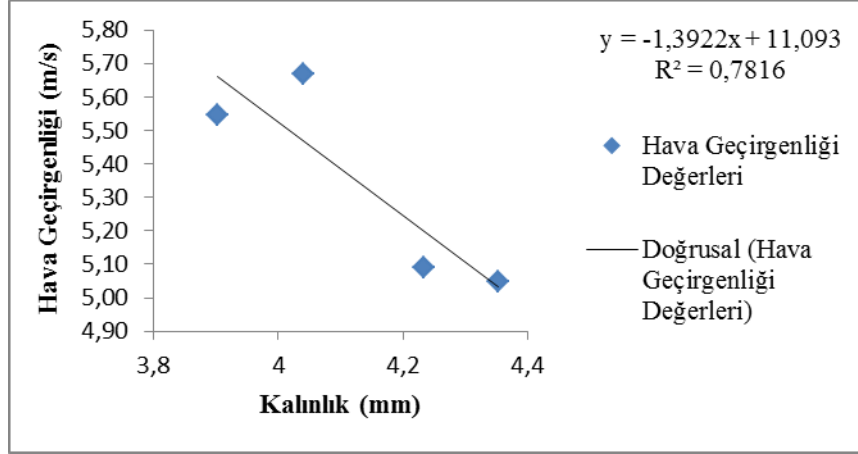
İğneleme yoğunluğunun artmasıyla ürünlerin hava geçirgenliği değerlerinde artış meydana gelmiştir. Burada iğneleme prosesinin etkisiyle liflerin birbirine sarmalanması ve etraflarında boşluk oluşması suretiyle hava geçirgenliğinin arttığı düşünülmektedir [27]. Ayrıca iğneleme yoğunluğunun artmasıyla kumaşta iğne dalma-çıkma sayısı arttığından oluşan boşluklar hava geçirgenliğinde artışa neden olmaktadır. Aşağıda Şekil 4.49 ve 4.51 arasında kumaşların dış katman hammadde tipine göre kalınlıkla regresyon analizinden elde edilen şekiller sunulmuştur.



Şekil 4.49. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



Şekil 4.50. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon



Şekil 4.51. Dış katmanlı kumaş açması elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşların kalınlık ve hava geçirgenliği arasındaki regresyon

Şekil 4.49-4.51. arasındaki şekiller incelendiğinde II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin ölçülen kalınlık değerleri ile hava geçirgenliği değerleri arasında ters yönlü doğrusal olarak ifade edilebilen bir ilişki bulunmuştur. Burada regresyon denklemleri ile çizelgeler üzerinde yer alan R^2 değerleri kalınlık ve hava geçirgenliği arasında kabul edilebilir ters yönlü bir lineer ilişkinin olduğunu göstermektedir.

4.4.2. Hava Geçirgenliği Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Hava geçirgenliği sonuçları gramaj, hammadde ve iğneleme yoğunluğu parametreleri, dış katmanlar ve her iki iğneleme yoğunluğunda üretilmiş olan nihai ürünler için tek yönlü varyans analizi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu istatistiksel analizlerin sonuçları Çizelge 4.27’de sunulmuştur.

Çizelge 4.27. Dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliği bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
İğneleme Yoğunluğu	619,782	,000*
Hammadde	334,335	,000*
Gramaj	1407,012	,000*

Çizelge 4.27 incelendiğinde dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenlik değerleri üzerinde her üç faktörün etkisinin de %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli

olduğu görülmektedir. Bu parametrelerin etkilerinin ayrı ayrı incelendiği Post Hoc analizlerinin sonuçları sırasıyla Çizelge 28-30'da sunulmuştur.

Çizelge 4.28. İğneleme yoğunluğunun hava geçirgenliğine etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)	
		1	2
I. İğneleme Yoğunluğu	140	5,11631	
II. Yoğunluğu	140	5,76105	
Dış Katman	140		20,20695
Önemlilik		,379	1,000

Çizelge 4.28 incelenecek olursa I. ve II. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Dış katmanlar hava geçirgenliğinin en yüksek bulunduğu kumaşlar olup I. ve II. iğneleme yoğunluğundaki kumaşlardan farkı istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemlidir.

Çizelge 4.29. Hammaddenin hava geçirgenliğine etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	80	4,79248			
PP/GD/PP	100	5,44555			
rPET/GD/rPET	100	5,94878			
Kumaş Açması	40		15,34565		
PP	50			21,16974	
rPET	50				23,13320
Önemlilik		,483	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.29 takip edilerek hammaddenin hava geçirgenliğine etkisine bakıldığında en düşük hava geçirgenliği değerleri nihai ürünlerde dış katmanı kumaş açması elyaftan üretilmiş olan ürünlerde görülmüştür. İkinci olarak dış katmanı PP lifinden üretilmiş olan nihai ürünler gelirken hava geçirgenliği değeri en yüksek bulunan ürünler dış katmanı rPET malzemedan üretilmiş olan ürünler olmuştur. Geri dönüşüm katmanı içeren nihai

ürünlerin hava geçirgenlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Dış katmanlar içinse nihai ürünlerdeki sıralamanın bozulmadığı görülmekte ve bununla birlikte dış katmanlar arasındaki hava geçirgenliği farkının istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.30. Gramajın hava geçirgenliğine etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
250/0/250	60	4,62738							
200/100/200	60	4,89018	4,89018						
150/200/150	60	5,24647	5,24647						
100/300/100	60		5,79325						
75/350/75	40			7,23485					
250	30				13,21163				
200	30					15,34623			
150	30						19,12790		
100	30							25,10987	
75	20								32,25520
Sig.		,717	,191	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Gramajın hava geçirgenliğine etkisine çizelge 4.30 esas alınarak bakıldığında en düşük hava geçirgenliği değeri referans ürünlerde görülmüştür. Ardından 100 ve 200 g/m² lik geri dönüşüm katmanı içeren ürünler sırasıyla takip etmektedir. Sözü geçen ürün grupları arasındaki hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Takip eden alt grupta yer alan 100, 200 ve 300 g/m²,lik ara katman içeren ürünlerin hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte 350 g/m²,lik ara katman içeren ve nihai ürünlerin hava geçirgenliği değeri bahsi geçen ilk iki ürün grubundaki ürünlerden daha yüksektir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Takip eden dış katman dokusuz yüzeylerinse gramajlarıyla ters orantılı şekilde ilerleyen hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

4.5. Yırılma Mukavemeti Testi

4.5.1. Yırılma Mukavemeti Test Sonuçları

Yırılma yükü test sonuçları makine yönü ve makine yönüne dik doğrultuda olmak üzere dış katmanı teşkil eden dokusuz yüzey kumaşlar için Çizelge 4.31’de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. Dış katmanlar için yırılma yükü değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Yırılma Yükü(N)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Yırılma Yükü(N)	Std.Sapma	CV (%)
Dış Katman	PP	10 218	75	11,476	0,598	5,215	14,034	0,374	2,662
			100	15,036	0,490	3,258	17,702	1,018	5,753
			150	21,718	1,495	6,884	23,876	1,297	5,432
			200	26,514	1,837	6,930	30	1,345	4,482
			250	32,2	1,209	3,754	36,786	1,625	4,418
Dış Katman	rPET	10 218	75	5,852	0,374	6,395	6,372	0,249	3,911
			100	6,586	0,339	5,144	14,792	0,643	4,349
			150	14,872	0,692	4,652	22,26	1,273	5,720
			200	23,896	1,485	6,214	25,178	1,956	7,768
			250	27,66	1,699	6,141	33,46	2,186	6,535
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	6,232	0,199	3,191	9,53	0,416	4,363
			150	10,66	0,761	7,134	12,104	0,748	6,182
			200	17,08	0,824	4,825	20,59	1,410	6,849
			250	25,398	1,617	6,368	26,81	1,271	4,742

Çizelge 4.31 incelendiğinde yırılma yükünün dış katmanlarda makine yönünde ve makine yönüne dik doğrultudaki numunelerde gramaj artışıyla beraber arttığı görülmüştür. Hammadde olarak bakıldığında ise en yüksek değerlere PP lifinden üretilmiş dış katman dokusuz yüzeylerde rastlanmaktadır. Yırılma yükü ölçümünde numunenin uzun kenarı kumaşın hangi yönüne paralel olacak şekilde alındıysa numuneye dik yönde atılan çentiğin ilerlemesi o yönle ters olacak şekilde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla makine yönünde alınan numunenin yırılma yükü değerini, makine yönüne dik doğrultuda yerleşmiş olan liflerin yırtılmaya gösterdiği direnç tayin etmektedir.

I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünler için makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki yırtılma yükü değerleri Çizelge 4.32’de sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.32. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma yükü değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Yırtılma Yükü (N)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Yırtılma Yükü (N)	Std.Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP	40 872	75	115,422	5,838	5,058	143,068	9,867	6,896
			100	152,582	8,468	5,550	166,274	6,584	3,960
			150	224,486	7,291	3,248	189,742	9,824	5,178
			200	253,932	7,363	2,900	259,09	4,695	1,812
			250	308,102	6,111	1,983	340,084	9,016	2,651
Nihai Ürün	rPET	40 872	75	109,14	4,791	4,365	132,346	5,898	4,457
			100	138,918	5,472	3,939	136,45	8,793	6,444
			150	205,352	8,394	4,088	145,882	7,915	5,426
			200	216,578	7,126	3,290	240,84	6,391	2,654
			250	235,14	9,622	4,092	250,58	9,920	3,959
Nihai Ürün	Kumaş Açması	40 872	100	29,668	1,850	6,236	39,838	3,117	7,824
			150	36,546	2,523	6,905	44,807	2,804	6,259
			200	43,866	2,288	5,216	59,552	4,063	6,822
			250	65,178	4,347	6,669	65,812	4,312	6,552

I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş dokusuz yüzey kumaşların yırtılma yükü değerlerine bakıldığında dış katman gramajı artıp ara katman miktarı azaldığında her bir ürün grubunun yırtılma yükü kendi içinde artış göstermektedir. Bununla birlikte yırtılma yükü değerleri kumaş açması dış katmandan oluşan nihai ürünlerden PP dış katmandan oluşan ürünlere doğru artış göstermektedir.

II. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünler için makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki yırtılma yükü değerleri Çizelge 4.33'te sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.33. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma yükü değerleri

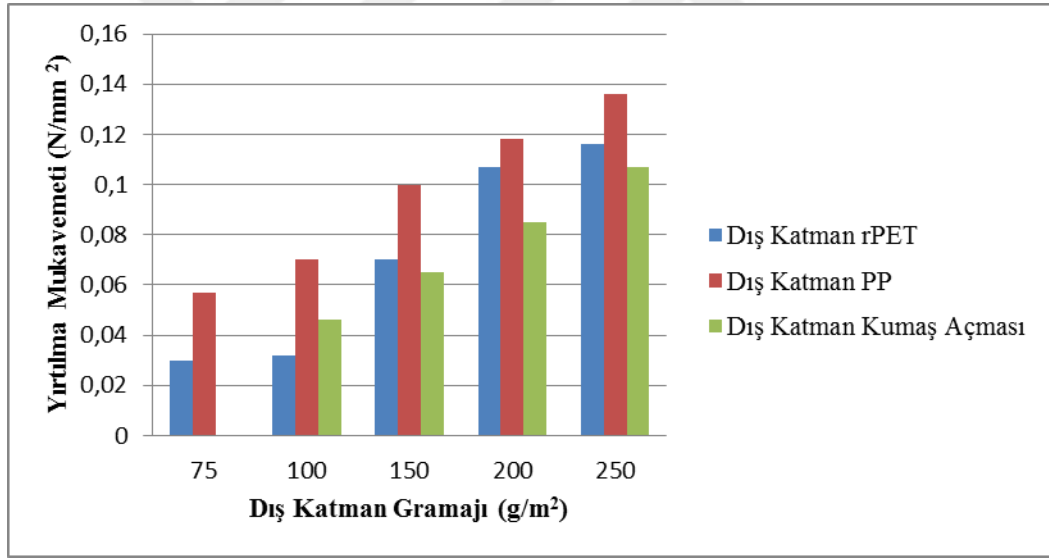
Ürün Tipi	Ürün Hammaddesi	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Yırtılma Yükü(N)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Yırtılma Yükü(N)	Std.Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP	57 220	75	129,686	6,361	4,905	156,31	8,858	5,667
			100	173,218	9,257	5,344	163,35	8,742	5,352
			150	229,728	9,243	4,023	294,068	9,356	3,182
			200	327,756	6,521	1,966	314,08	8,442	2,687
			250	338,456	8,182	2,417	356,818	8,266	2,317
Nihai Ürün	rPET	57 220	75	116,088	5,491	4,730	136,232	7,879	5,783
			100	156,08	7,166	4,591	159,732	8,620	5,397
			150	209,736	9,552	4,554	261,854	9,661	3,690
			200	228,356	7,067	3,095	285,793	7,446	2,605
			250	247,982	7,955	3,208	317,514	9,801	3,087
Nihai Ürün	Kumaş Açması	57 220	100	29,83	1,868	6,261	34,726	2,256	6,496
			150	42,54	2,322	5,457	37,106	2,256	6,079
			200	57,764	1,916	3,316	53,522	2,842	5,310
			250	68,1	3,427	5,032	62,636	3,033	4,842

II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma yükü değerlerine bakıldığında iğneleme yoğunluğunun ürünler üzerinde yırtılma yükünü artırma yönünde etki yaptığı söylenebilir. Makine yönü ve makine yönüne dik olacak şekilde alınan numunelerin yırtılma yükü değerlerinde genelleme yapmak mümkün görünmemektedir.

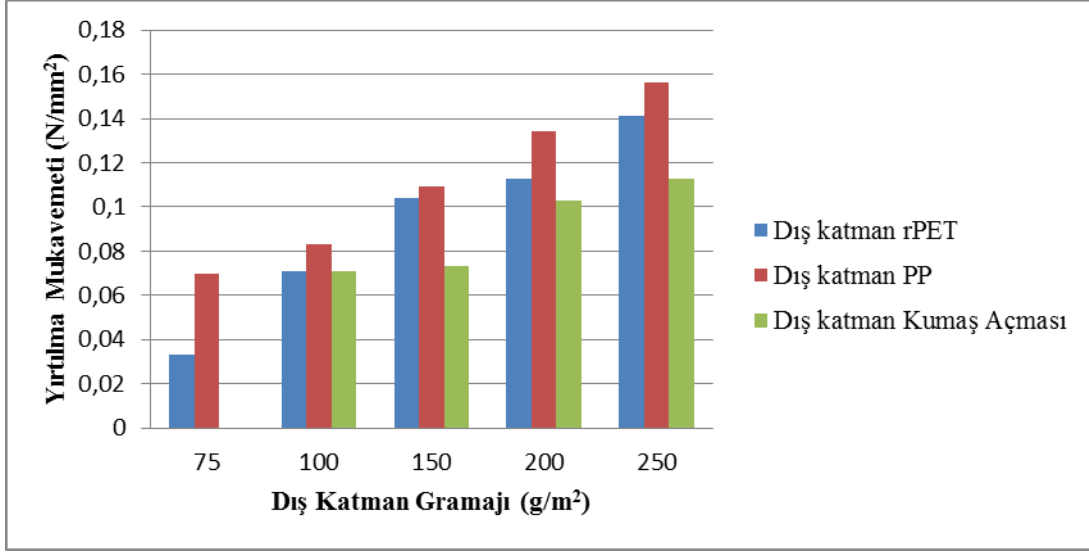
Kumaşlar için elde edilmiş olan yırtılma yükü değerlerinin test edilen numunenin ortalama kalınlık değeri ile eninin çarpımına bölünmesi sonucu kesit alan başına düşen yük N/mm² olarak hesaplanmıştır. Sırasıyla Çizelge 4.34 ve Şekil 4.52-53'te dokusuz yüzey kumaşlar için bu şekilde hesaplanan yırtılma mukavemeti değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.34. Dış katmanlar için yırtılma mukavemeti değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Yırtılma Muk. (N/mm ²)	MYD Ortalama Yırtılma Muk. (N/mm ²)
Dış Katman	PP	10 218	75	3,333	0,057	0,070
			100	3,572	0,070	0,083
			150	3,637	0,100	0,109
			200	3,743	0,118	0,134
			250	3,942	0,136	0,156
Dış Katman	rPET	10 218	75	3,215	0,030	0,033
			100	3,482	0,032	0,071
			150	3,56	0,070	0,104
			200	3,726	0,107	0,113
			250	3,96	0,116	0,141
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,248	0,046	0,071
			150	2,754	0,065	0,073
			200	3,34	0,085	0,103
			250	3,97	0,107	0,113

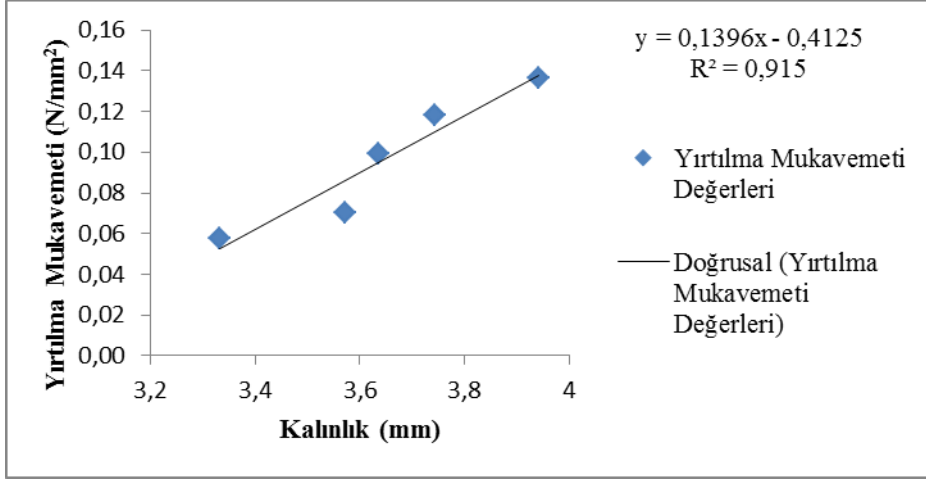


Şekil 4.52. Dış katmanlar için makine yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

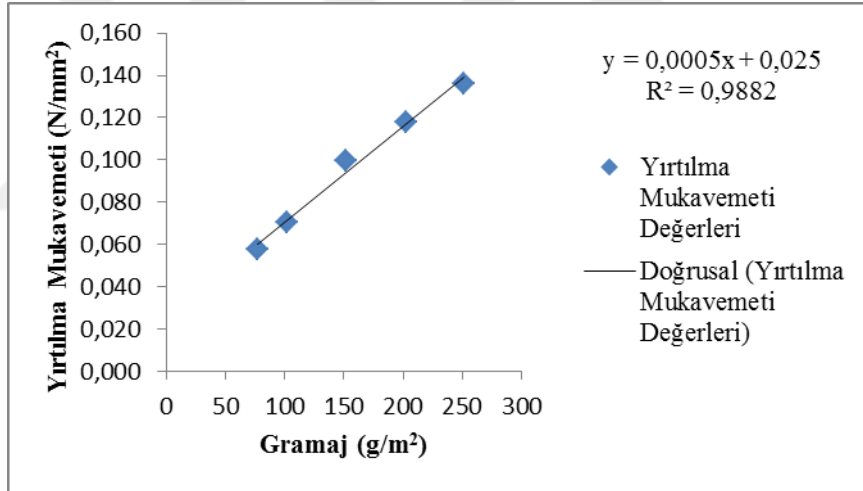


Şekil 4.53. Dış katmanların makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri

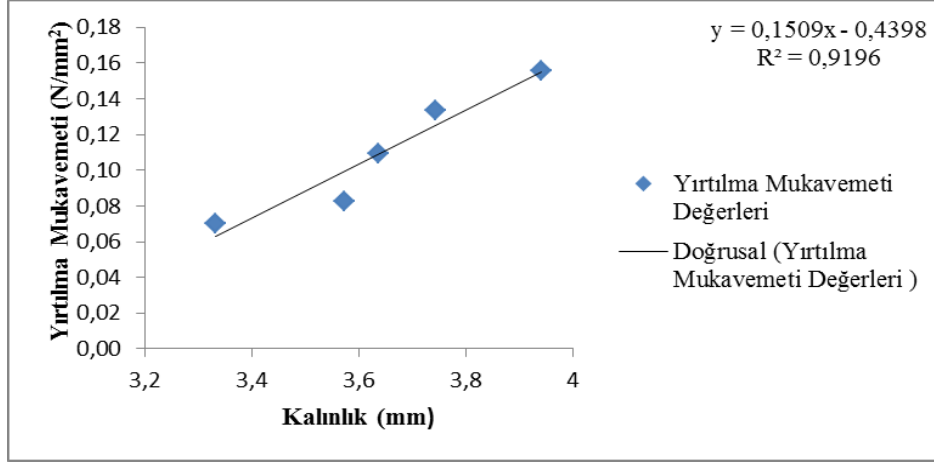
Çizelge 4.34, Şekil 4.52 ve 4.53 incelendiğinde her iki yön için de en yüksek yırtılma mukavemeti değerlerinin PP lifinden üretilmiş numunelerde görüldüğü söylenebilir. Her bir hammadde grubunda ürün gramajı arttıkça yırtılma mukavemeti değeri de artış göstermiştir. Bununla birlikte makine yönüne dik numunelerin yırtılma mukavemeti değerleri makine yönündeki numunelerin değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Dokusuz yüzey kumaşlar ölçülen kalınlık ve dış katmanlar için ölçülen gramaj değerleri ile makine yönündeki ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemetleri bakımından hammadde tiplerine göre ayrı ayrı doğrusal regresyon analizine tabi tutulmuşlardır. Analiz sonucu elde edilen şekiller Şekil 4.54-4.65 arasında aşağıda sırayla sunulmuştur.



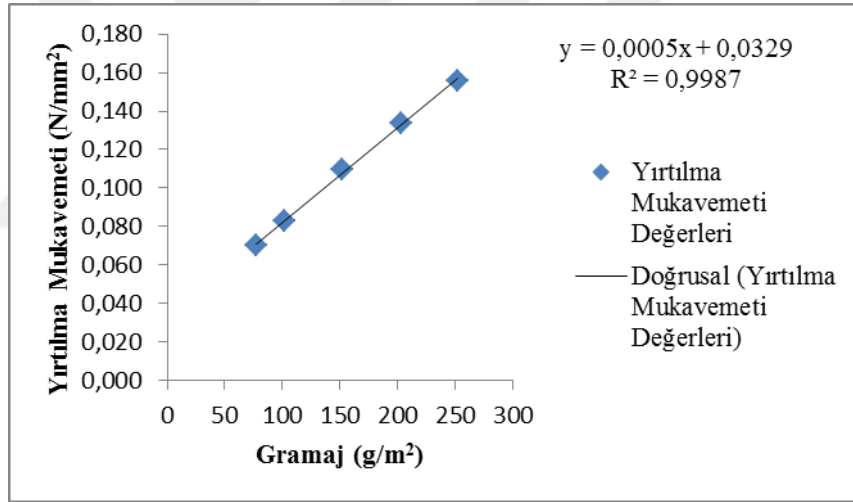
Şekil 4.54. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



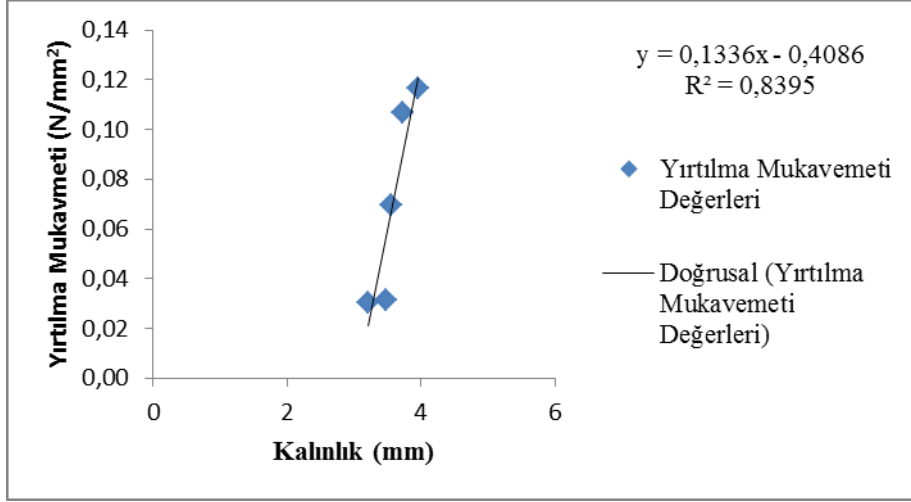
Şekil 4.55. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



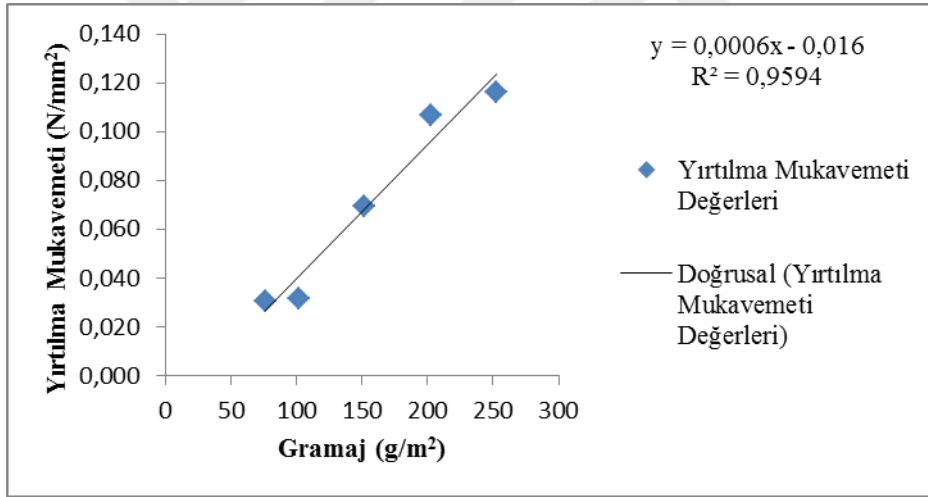
Şekil 4.56. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



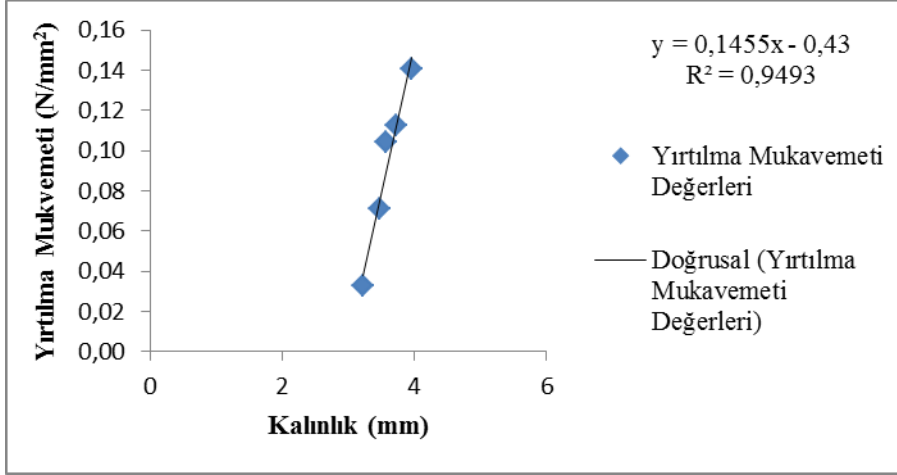
Şekil 4.57. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



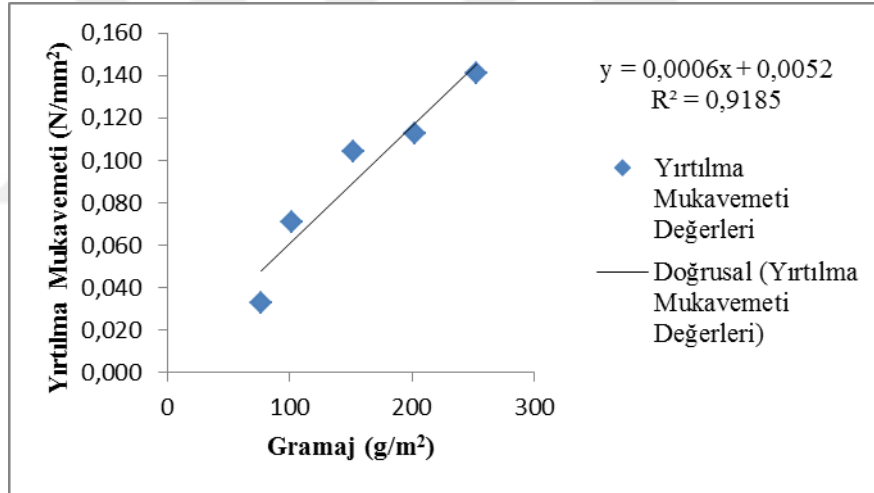
Şekil 4.58. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



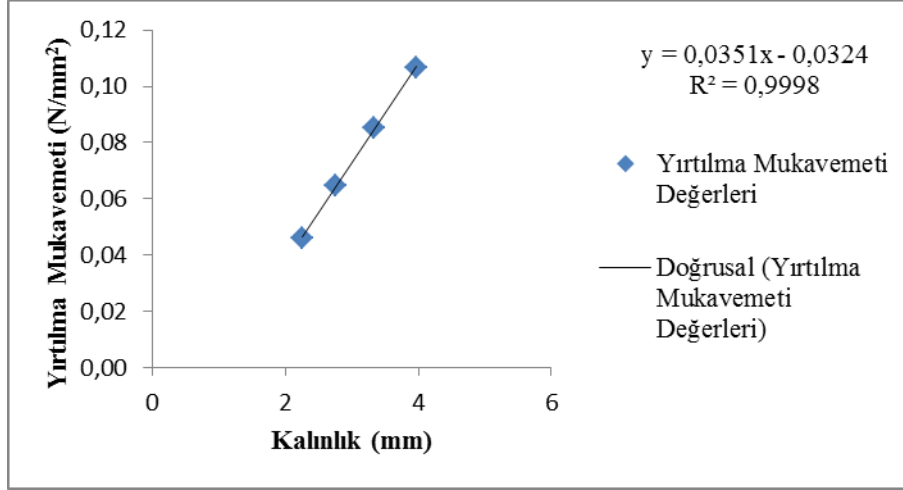
Şekil 4.59. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



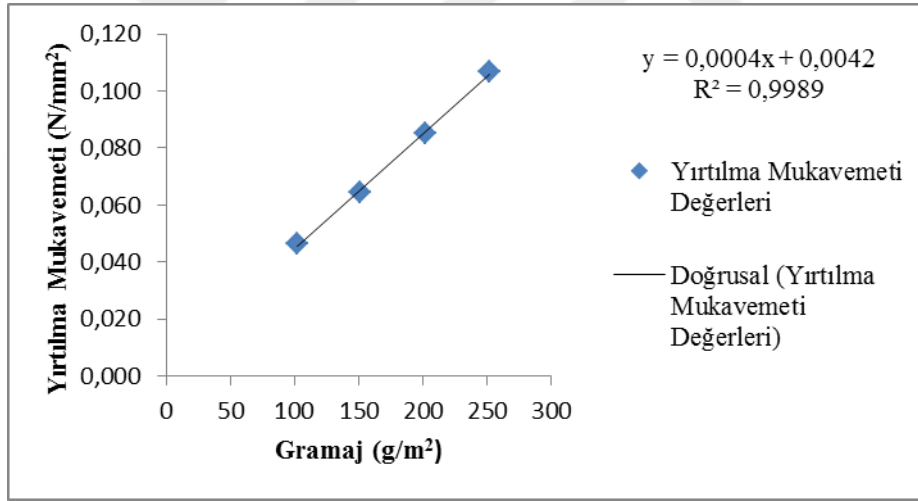
Şekil 4.60. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



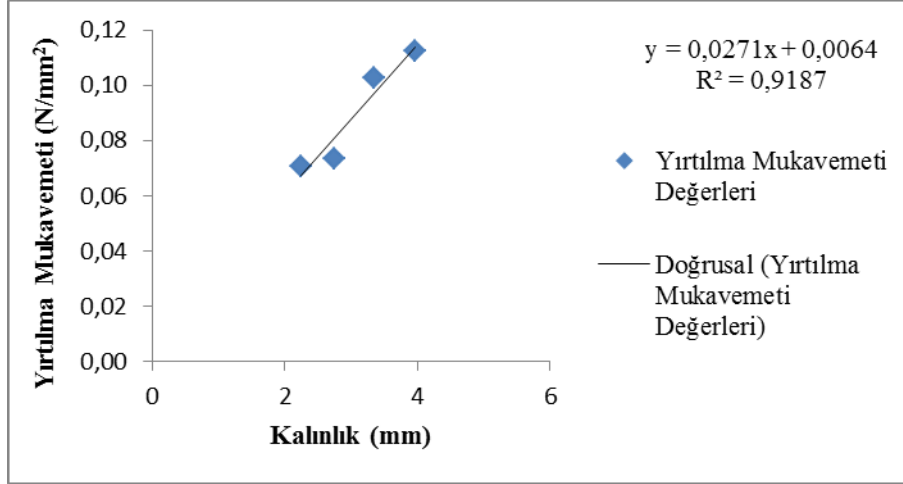
Şekil 4.61. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



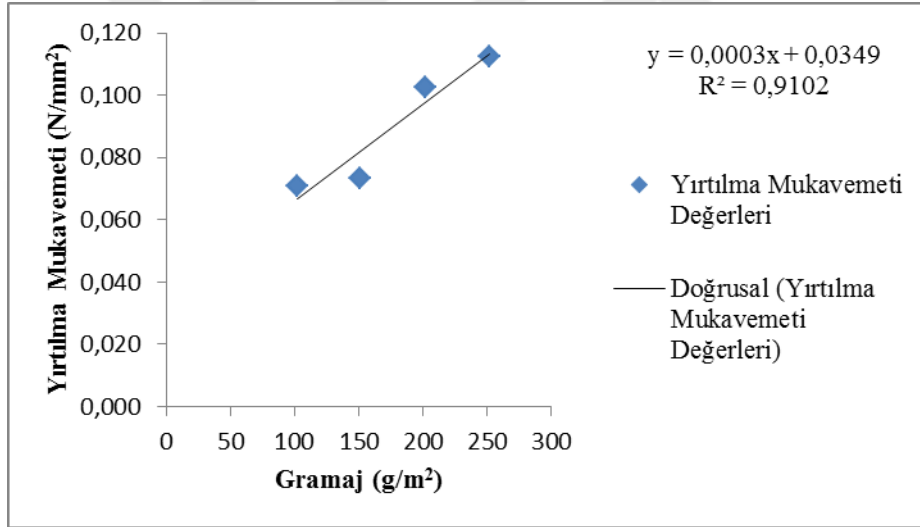
Şekil 4.62. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.63. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.64. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



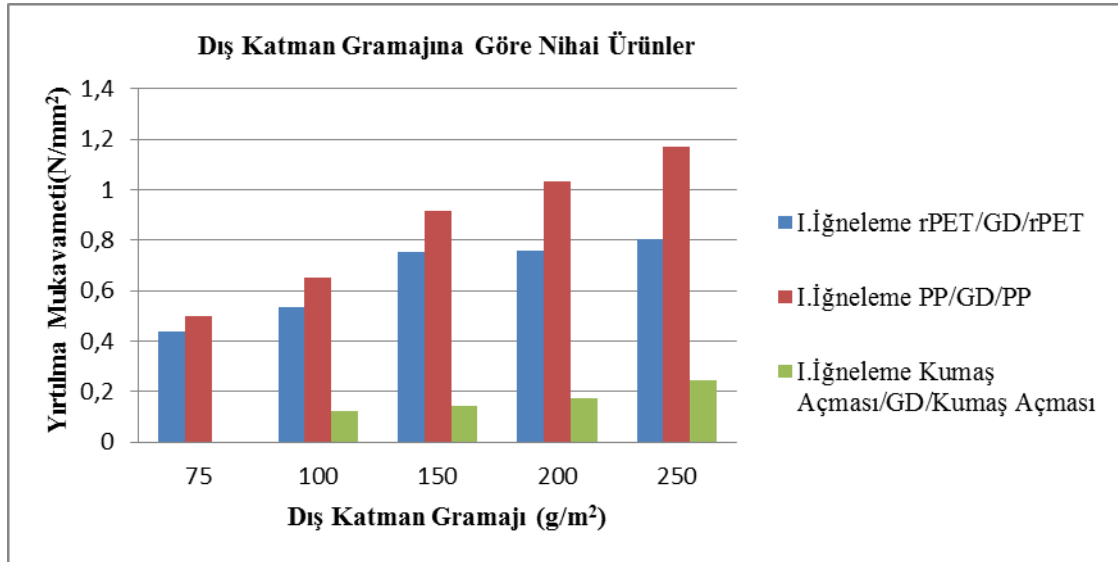
Şekil 4.65. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon

Elde edilen regresyon analizi sonuçları ve korelasyon katsayıları dikkate alındığında dokusuz yüzey kumaşların kalınlık ve gramaj değerleri ile yırtılma mukavemeti değerleri arasında %95 güven aralığında güçlü bir doğrusal ilişki olduğu söylenebilir.

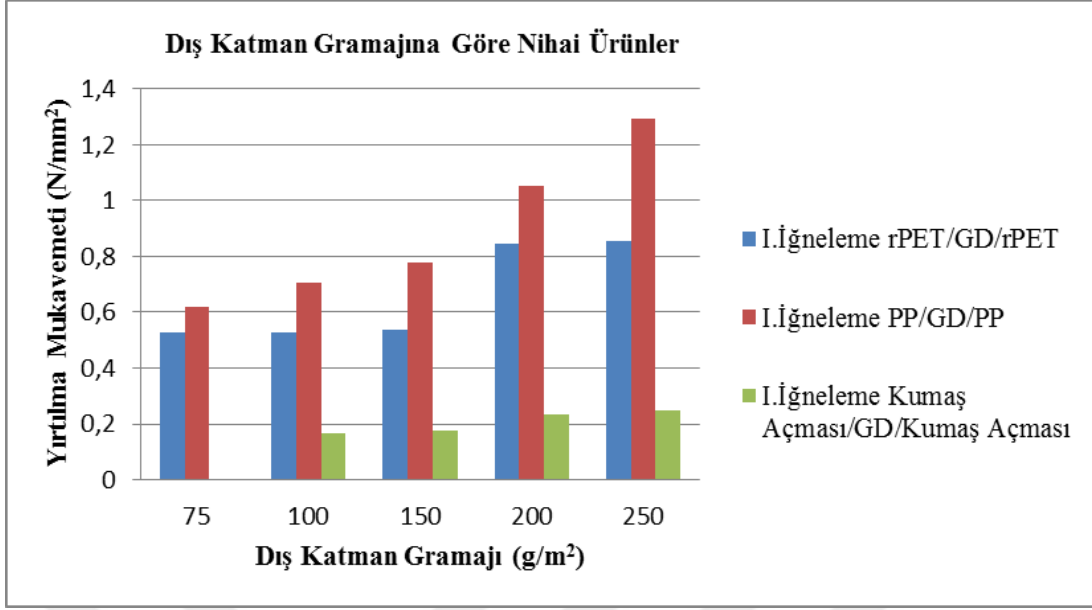
Çizelge 4.35 ve sırasıyla Şekil 4.66- 4.67’de I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki yırtılma mukavemeti değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.35. I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma mukavemeti değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Yırtılma Muk (N/mm ²)	MYD Ortalama Yırtılma Muk (N/mm ²)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	0,500	0,619
			100	3,919	0,649	0,707
			150	4,075	0,918	0,776
			200	4,1	1,032	1,053
			250	4,391	1,169	1,291
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	0,439	0,529
			100	4,323	0,536	0,526
			150	4,541	0,754	0,535
			200	4,756	0,759	0,844
			250	4,873	0,804	0,857
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/ Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	0,123	0,165
			150	4,198	0,145	0,178
			200	4,263	0,171	0,233
			250	4,45	0,244	0,246

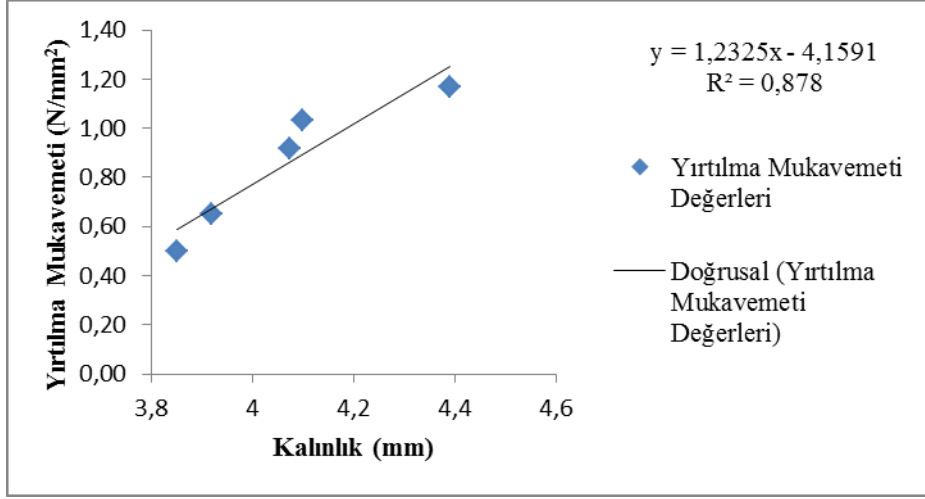


Şekil 4.66. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

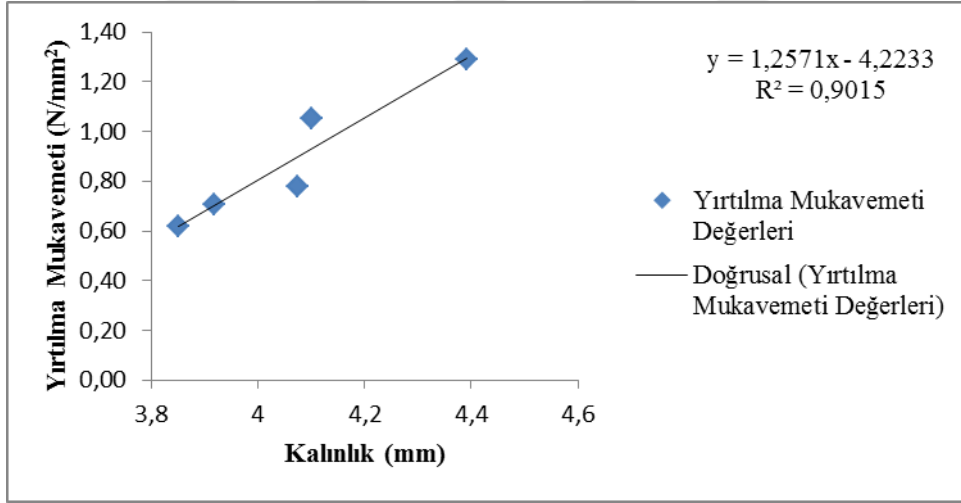


Şekil 4.67. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri

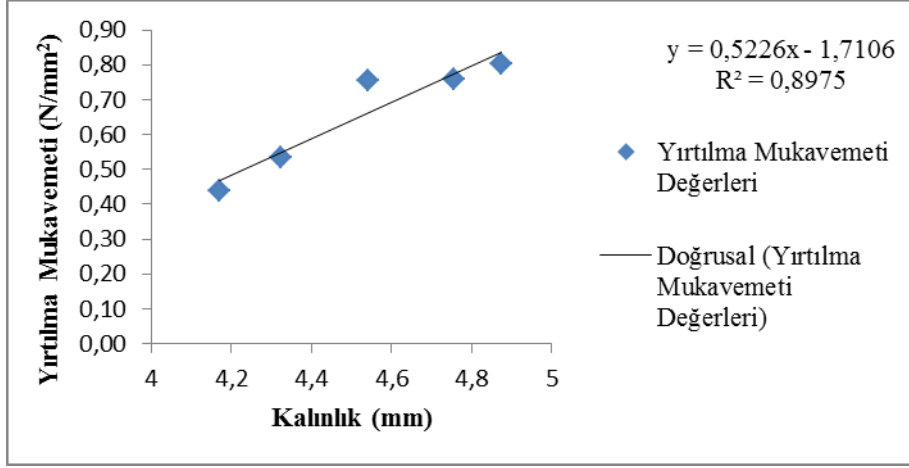
I.İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin yırtılma mukavemet değerleri Çizelge 4.35 ve her iki yön için Şekil 4.66, Şekil 4.67'den takip edildiğinde en yüksek yırtılma mukavemeti değerlerini PP hammaddeden üretilmiş dış katmandan oluşan kumaşlarda görüldüğü anlaşılmaktadır. Dış katman gramajının artarak geri dönüşüm katmanı içermeyen referans ürünlere doğru her bir kumaş grubunda yırtılma mukavemeti değerinin arttığı görülmektedir. Aşağıda Şekil 4.68-4.73 arasında kumaşların kalınlık değerleri ile yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki ilişki, doğrusal regresyon analizi ile her bir hammadde tipinden dış katman içeren kumaşlara göre verilmiştir.



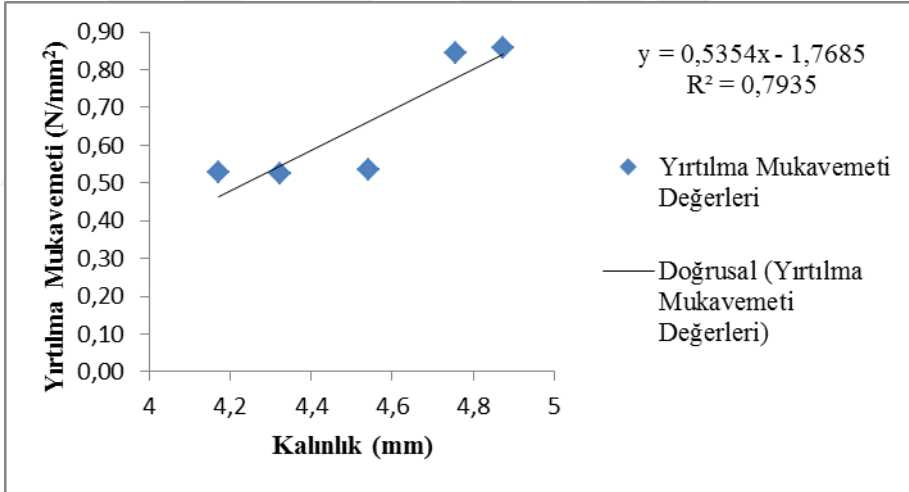
Şekil 4.68. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



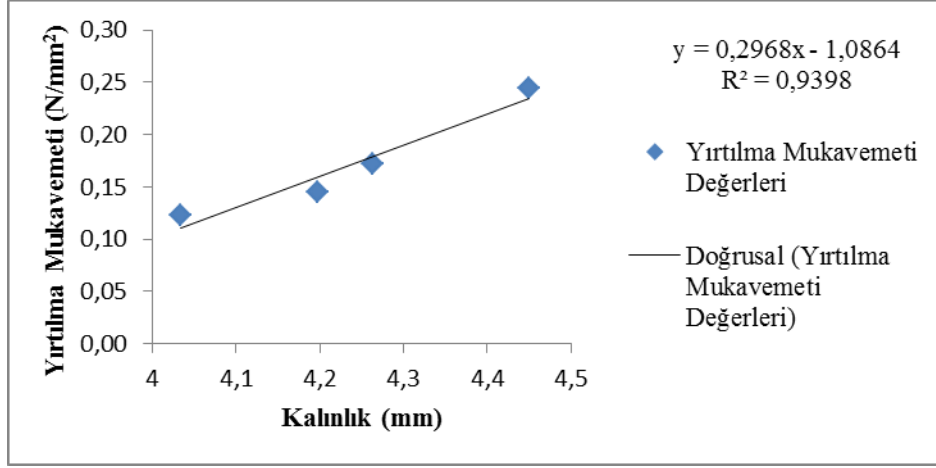
Şekil 4.69. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



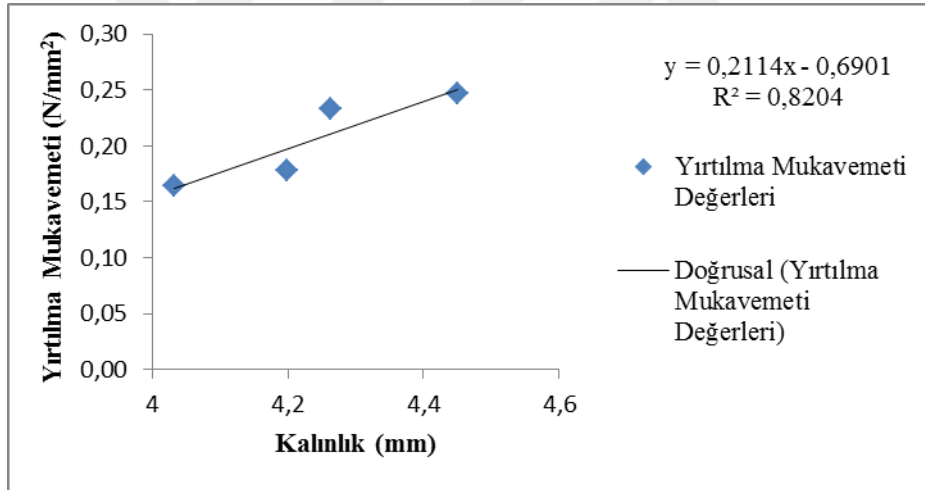
Şekil 4.70. Dış katmanı r PET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.71. Dış katmanı r PET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.72. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon

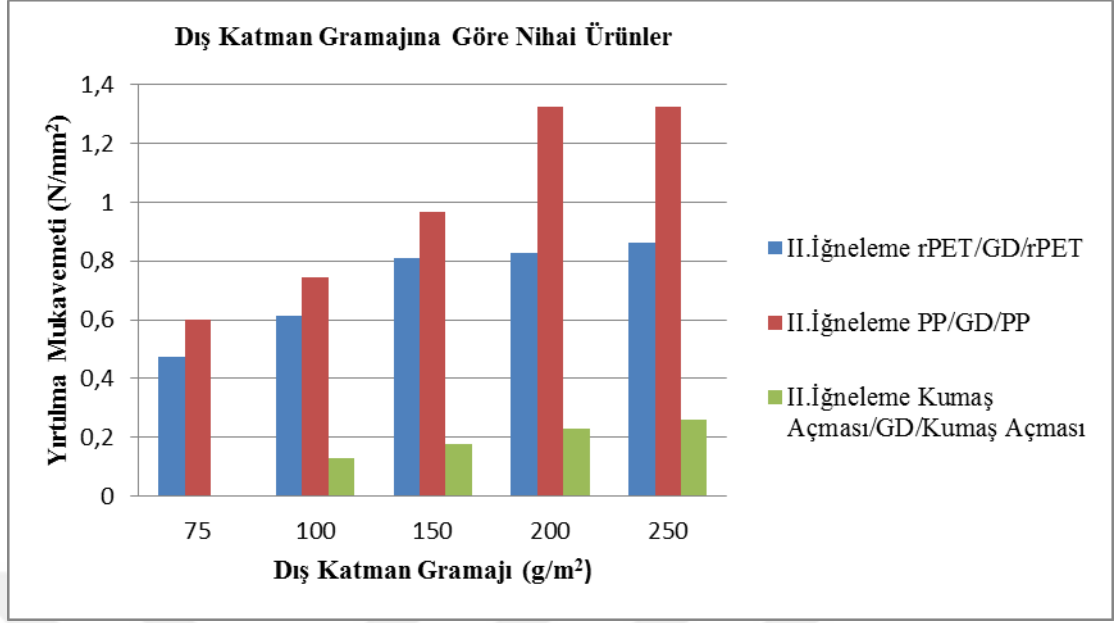


Şekil 4.73. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon

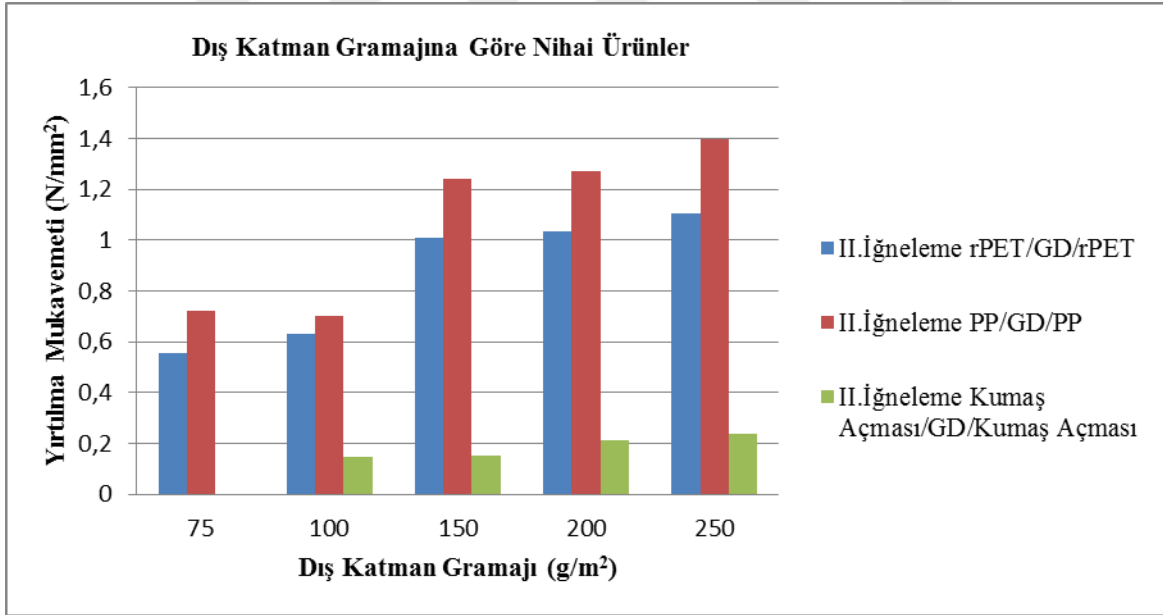
II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönü ve makineye dik doğrultudaki yırtılma mukavemeti değerleri sırasıyla Çizelge 4.36 ve Şekil 4.74-4.75'te sunulmuştur.

Çizelge 4.36. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin yırtılma mukavemeti değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Yırtılma Muk (N/mm ²)	MYD Ortalama Yırtılma Muk (N/mm ²)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	0,598	0,721
			100	3,882	0,744	0,701
			150	3,952	0,969	1,240
			200	4,12	1,326	1,271
			250	4,261	1,324	1,396
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	0,473	0,555
			100	4,234	0,614	0,629
			150	4,325	0,808	1,009
			200	4,61	0,826	1,033
			250	4,792	0,862	1,104
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	0,127	0,148
			150	4,04	0,175	0,153
			200	4,234	0,227	0,211
			250	4,354	0,261	0,240



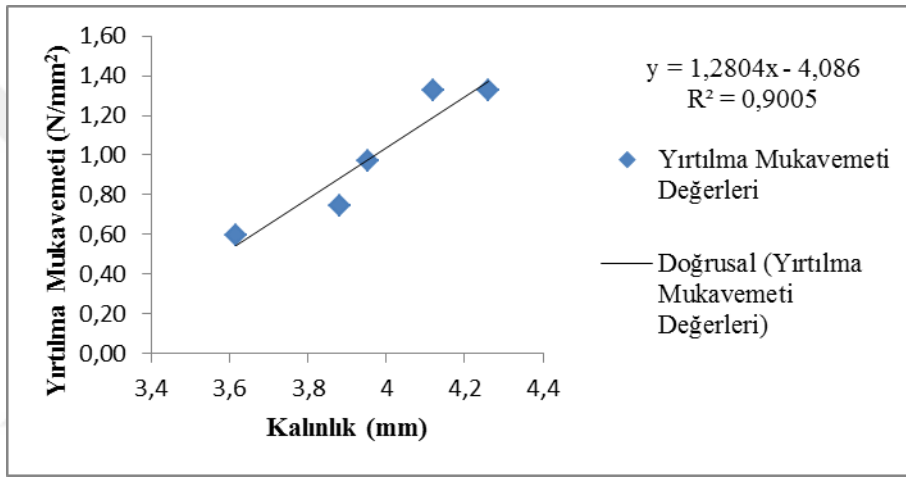
Şekil 4.74. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makine yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri



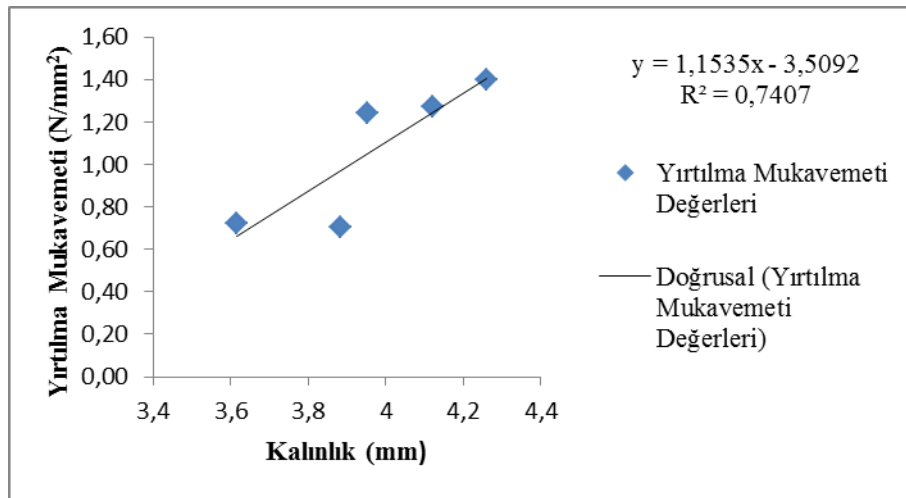
Şekil 4.75. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri

I. İğneleme yoğunluğu değerinde üretilmiş ürünlerden II. İğneleme yoğunluğu değerindeki ürünlere geçildiğinde Çizelge 4.36'dan ve her iki yön için Şekil 4.74 ve 4.75'ten takip edildiğinde iğneleme yoğunluğunun artmasıyla her bir hammadde grubundaki ürün için yırtılma mukavemeti değerlerinde artış gözlenmiştir.

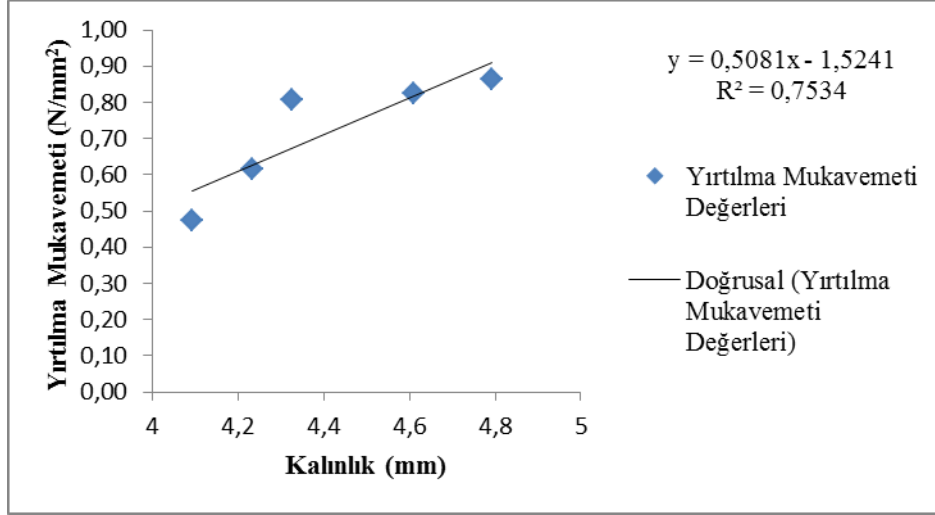
Kumaşların kalınlık değerleri ile makine yönündeki ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki her bir kumaşın dış katman hammaddesi esas alınarak yapılmış olan regresyon analizi sonuçları Şekil 4.76-4.81 arasında sunulmuştur.



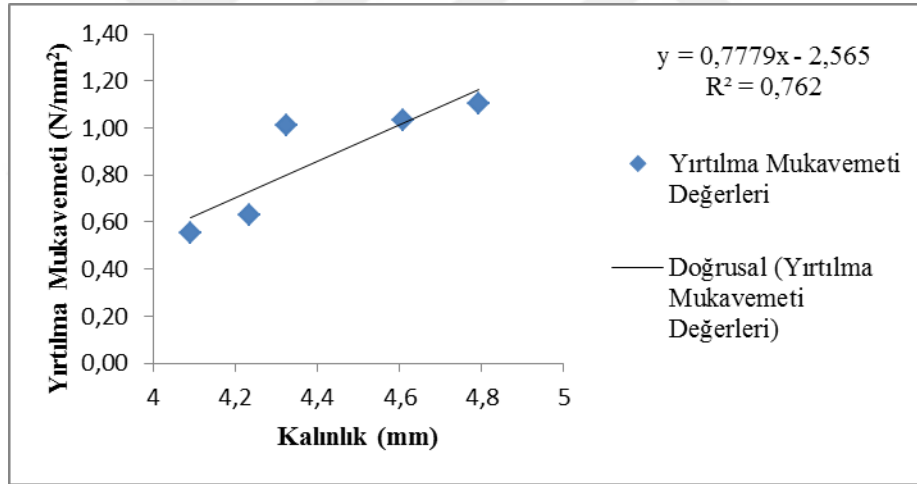
Şekil 4.76. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



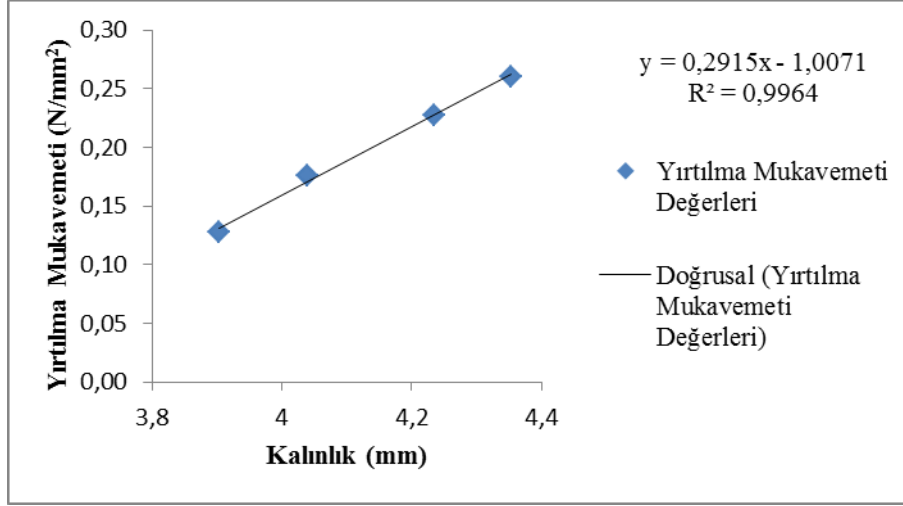
Şekil 4.77. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



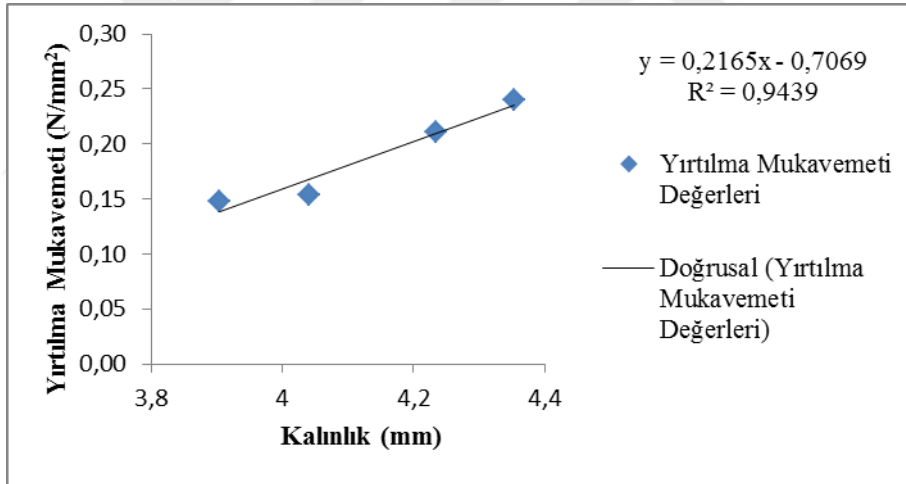
Şekil 4.78. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.79. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.80. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon



Şekil 4.81. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki yırtılma mukavemeti arasındaki regresyon

4.5.2. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Dokusuz yüzey kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri numune yönü, iğneleme yoğunluğu, hammadde ve gramaj parametreleri dikkate alınarak tek yönlü varyans analizi metoduyla istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.37’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.37. Dokusuz yüzey kumaşların yırtılma mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
Numune Yönü	,967	,326
İğneleme Yoğunluğu	166,370	,000
Hammadde	376,353	,000
Gramaj	45,596	,000

Çizelge 4.37 incelendiğinde numune yönü dışındaki tüm faktörlerin dokusuz yüzey kumaşların yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir. Faktörlerin etkilerinin ayrı ayrı incelendiği Post Hoc sonuçları sırasıyla Çizelge 4.38- 4.40’ta sunulmuştur.

Çizelge 4.38. İğneleme yoğunluğunun yırtılma mukavemetine etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)		
		1	2	3
Dış Katman	140	,08968		
I. İğneleme Yoğunluğu	140		,60009	
II.Yoğunluğu	140			,70516
Önemlilik		1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.38’den iğneleme yoğunluğunun dokusuz yüzey kumaşların yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisine bakıldığında yırtılma mukavemeti değerleri sırasıyla dış katmandan ikinci iğneleme yoğunluğundaki ürünlere doğru artış göstermektedir. İğneleme yoğunluğuna göre ürünlerin yırtılma mukavemet değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.39. Hammaddenin yırtılma mukavemetine etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
rPET	50	,08160			
Kumaş Açması	40	,08275			
PP	50	,10330	,10330		
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	80		,19046		
rPET/GD/rPET	100			,72480	
PP/GD/PP	100				,95018
Önemlilik		,982	,059	1,000	1,000

Çizelge 4.39'dan görülmektedir ki en düşük yırtılma mukavemeti değerleri dış katmanlarda görülmektedir. Geri dönüşüm ara katmanı içeren nihai ürünlerde ise sırasıyla dış katmanı kumaş açması olan ürünlerden yine dış katmanı PP olan ürünlere doğru yırtılma mukavemeti değerlerinde artış görülmektedir. Ürünlerin yırtılma mukavemeti değerleri üzerine hammadde faktörünün etkisi istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.40. Gramajın yırtılma mukavemetine etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
75	20	,04775			
100	30	,06200			
150	30	,08687			
200	30	,10977			
250	30	,12803			
100/300/100	60		,47243		
75/350/75	40		,55410	,55410	
150/200/150	60		,63837	,63837	,63837
200/100/200	60			,74883	,74883
250/0/250	60				,81655
Önemlilik		,974	,299	,116	,206

Çizelge 4.40 takip edildiğinde en düşük gramaja sahip olan dış katmanların yırtılma mukavemeti değerlerinin aynı grupta yer aldığı ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Geri dönüşüm ara katmanı içeren nihai ürünlere gelindiğinde ise 200, 300 ve 350 g/m²'lik geri dönüşüm ara katmanı içeren ürünlerin yırtılma mukavemeti değerlerinin aynı grupta çıktığı ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı söylenebilmektedir. 100 ve 200 g/m²'lik geri dönüşüm ara katmanı içeren ürünler ile ara katman içermeyen referans ürünlerin yırtılma mukavemeti değerlerinin aynı grupta çıktığı ve istatistiksel olarak aralarındaki farkın önemsiz olduğu görülmektedir.



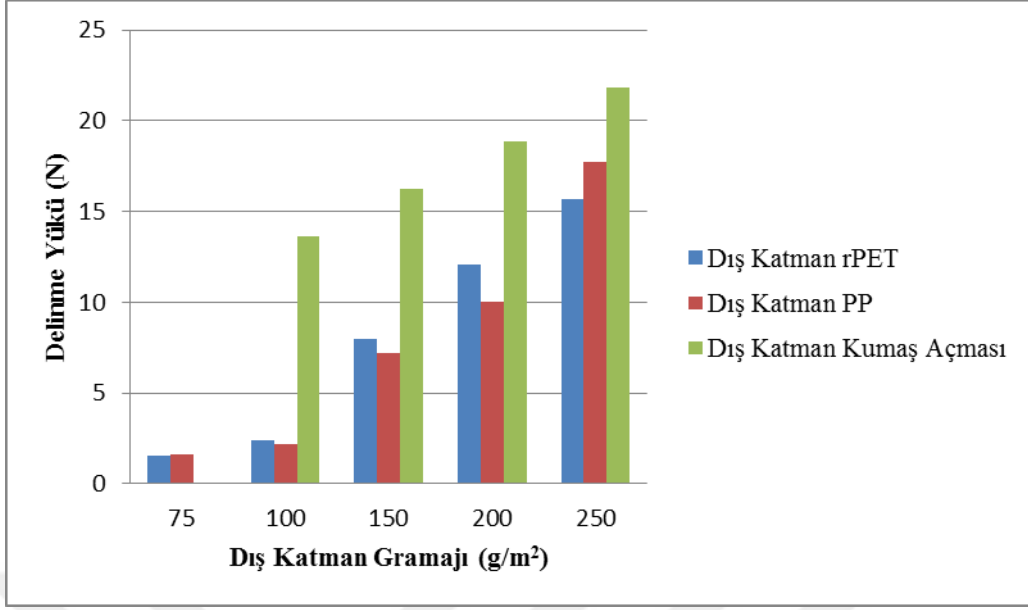
4.6. Statik Delinme Mukavemeti Tayini

4.6.1. Statik Delinme Mukavemeti Tayini Test Sonuçları

Dış katmanı teşkil eden dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti test sonuçları Çizelge 4.41 ve Şekil 4.82’de sunulmuştur. Dış katmanlar için delinme testi sonucunda PP 75, PP 100, rPET 100, rPET 250 ve Kumaş Açması 200 kodlu kumaşlar için edinilen değerler arasında tatmin edici bulunmayan ve tereddüte sebep olan değerler bulunduğundan bu kumaşlar için test yinelenmiştir.

Çizelge 4.41. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri

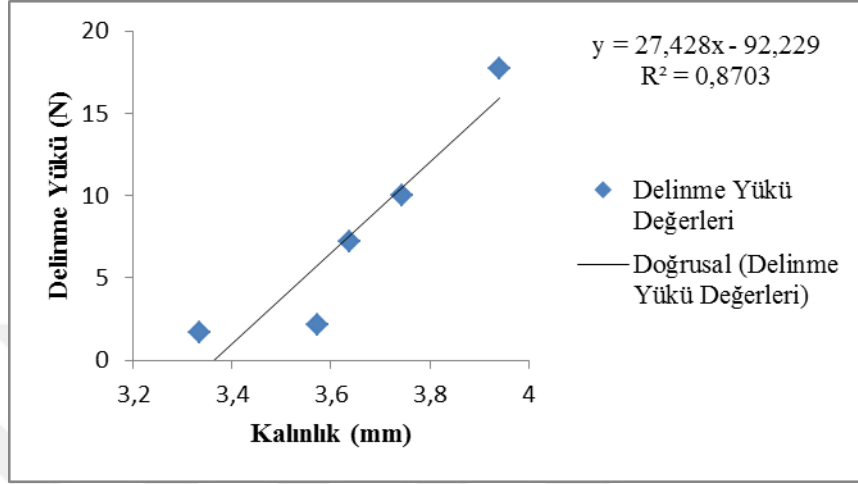
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Delinme Muk. (N)	Std. Sapma	%CV
Dış Katman	PP	10 218	75	3,333	1,654	0,106	5,956
			100	3,572	2,178	0,071	5,794
			150	3,637	7,216	0,438	5,773
			200	3,743	10,010	0,536	5,351
			250	3,942	17,738	1,226	6,915
Dış Katman	rPET	10 218	75	3,215	1,575	0,109	6,919
			100	3,482	2,380	0,083	3,144
			150	3,56	8,000	0,497	7,071
			200	3,726	12,080	0,896	6,733
			250	3,96	15,656	0,978	6,526
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,248	13,633	1,050	7,701
			150	2,754	16,248	0,830	5,110
			200	3,34	18,870	0,679	6,268
			250	3,97	21,812	1,440	5,941



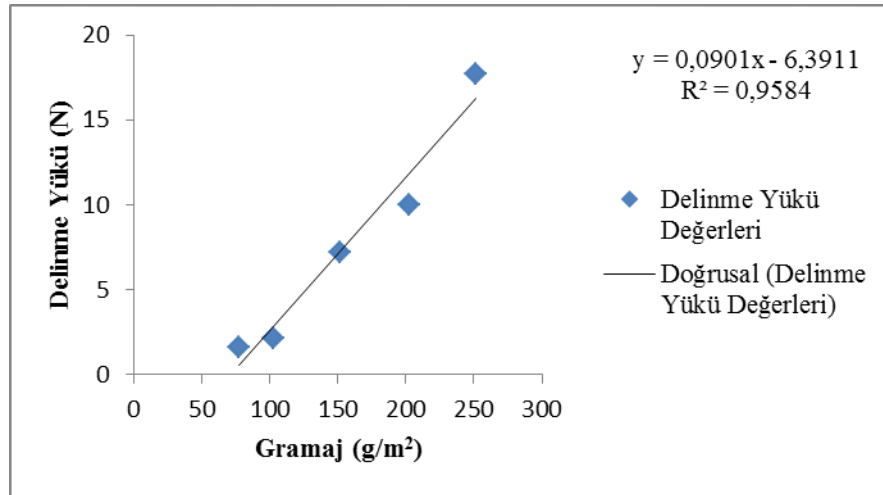
Şekil 4.82. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri

Dış katman kumaşlar için delinme mukavemeti ölçüm sonuçları Çizelge 4.41 ve Şekil 4.82'den takip edildiğinde her üç hammaddeden üretilmiş kumaş grubunda gramaj ve kalınlık artışıyla birlikte delinme mukavemeti artışı gözlenmiştir. Burada PP ve r PET elyaftan üretilmiş kumaşların delinme mukavemeti değerleri beklendiği gibi kalınlık ve gramaj artışıyla birlikte artarken her iki elyaftan oluşan kumaşların delinme mukavemeti değerleri birbirine oldukça yakın seyretmiştir. Kumaş açması elyaftan oluşan kumaşlara bakıldığında ise kalınlık ve gramaj artışıyla birlikte delinme mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Burada kumaş açması elyaftan oluşan kumaşlar nispeten daha uzun lifler içerebileceğinden ve homojen yapıda lif yerleşiminin bulunmadığı noktalarda kumaş açma işleminin tam etkin şekilde sağlanamadığı lif öbeklerinin bulunması sebebiyle delinme mukavemeti testinin uygulanması sırasında kumaş kalınlığı ve gramajı parametreleriyle birlikte kumaş açması elyaftan üretilmiş olan dokusuz yüzeylerde kumaş içerisinde delinme mukavemetinin yüksek bulunabileceği ön görülmektedir.

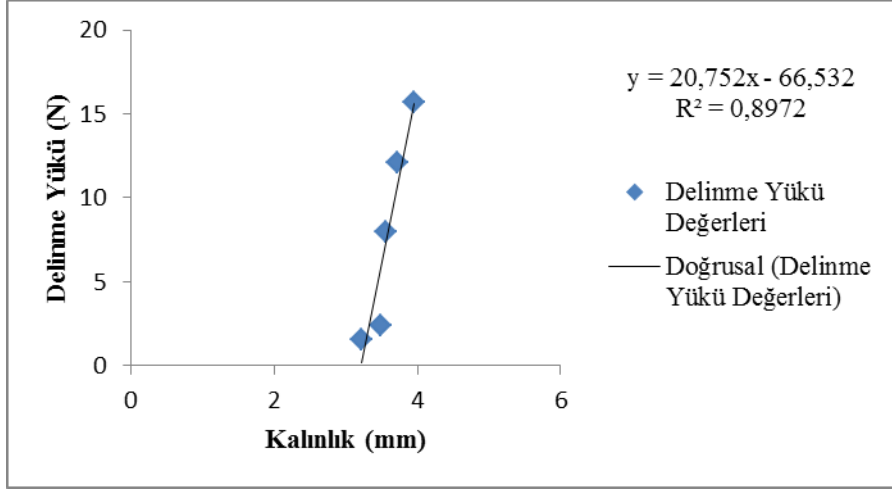
Dış katman dokusuz yüzey kumaşların kalınlık ve gramaj değerleri ile delinme mukavemeti değerleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi ile incelenmesi sonucu edinilen çizelgeler üzerindeki regresyon denklemleri ve korelasyon katsayılarıyla birlikte aşağıda Şekil 4.83-4.88 arasında sunulmuştur.



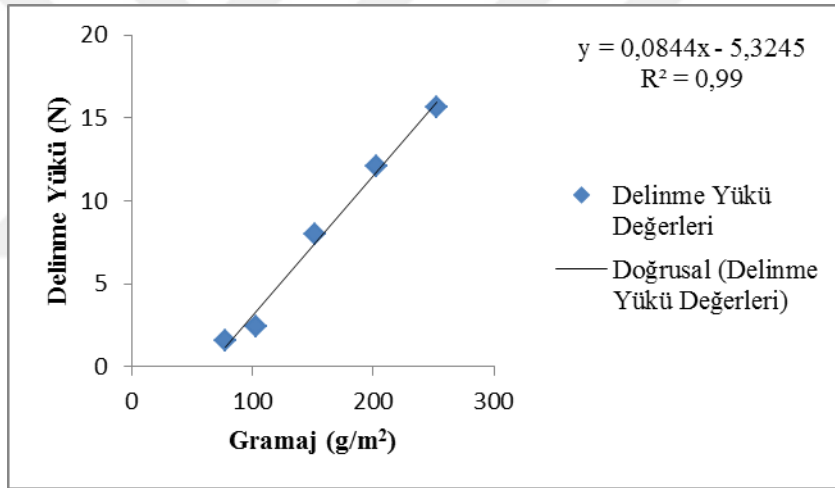
Şekil 4.83. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



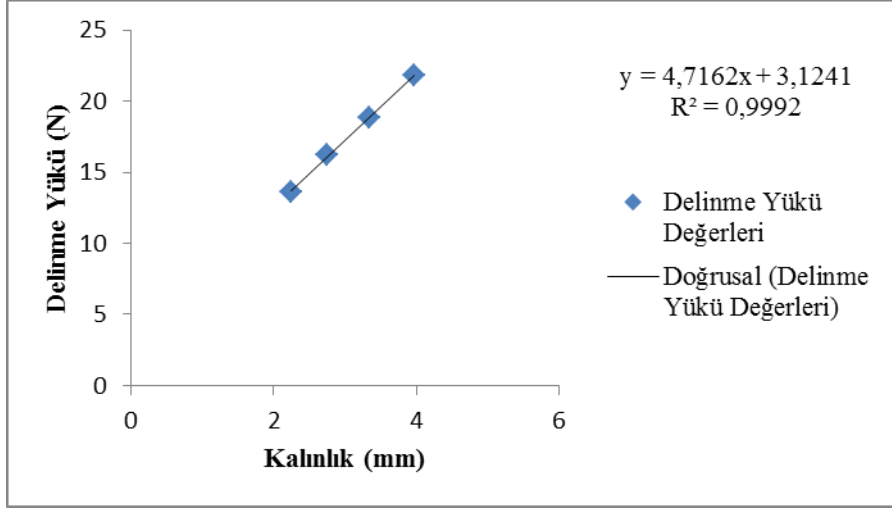
Şekil 4.84. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu



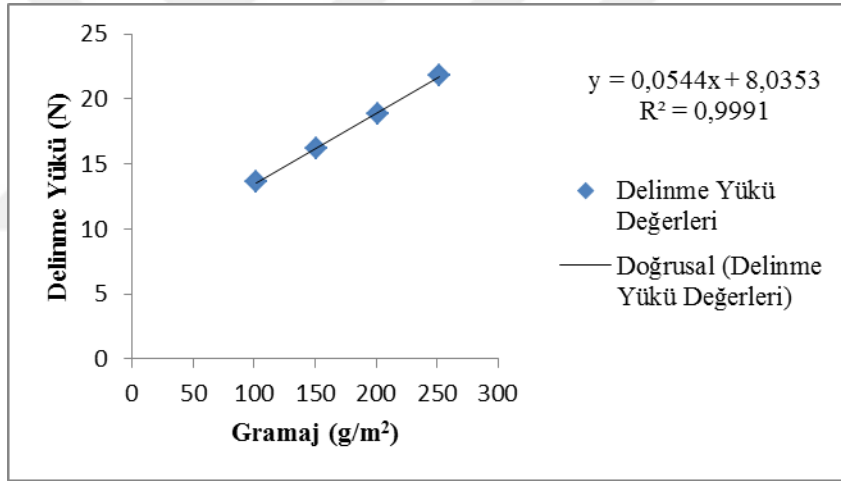
Şekil 4.85. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



Şekil 4.86. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu



Şekil 4.87. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüze kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



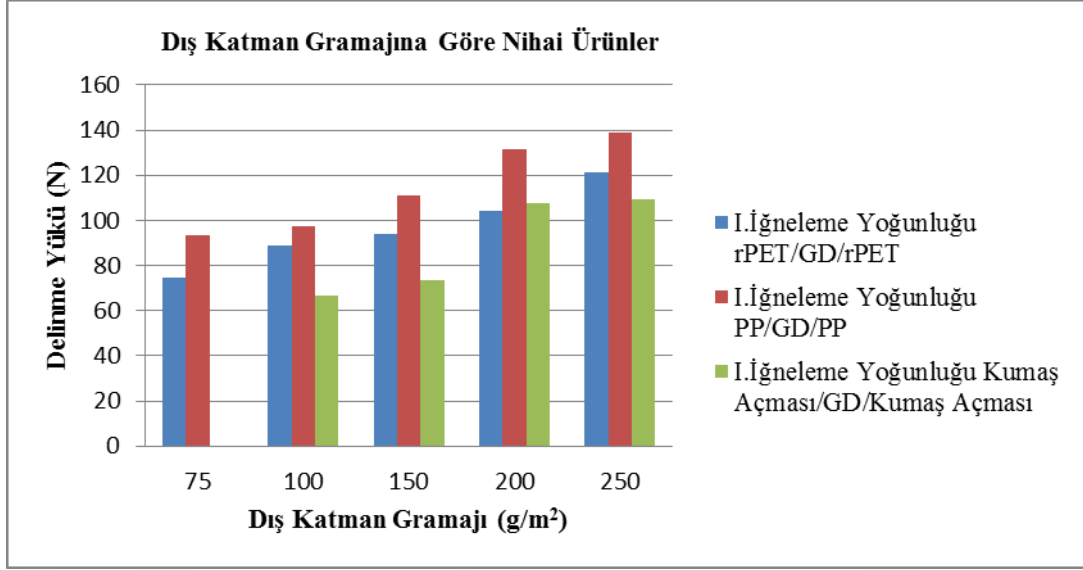
Şekil 4.88. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüze kumaşların delinme mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu

Dış katman dokusuz yüzey kumaşlarda her üç hammadde tipinden üretilmiş kumaşta da ölçülen gramaj ve kalınlık değerleri ile delinme mukavemeti değerleri arasında korelasyon katsayıları ile birlikte bakıldığında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.

Çizelge 4.42 ve sırasıyla Şekil 4.89’da I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.42. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri

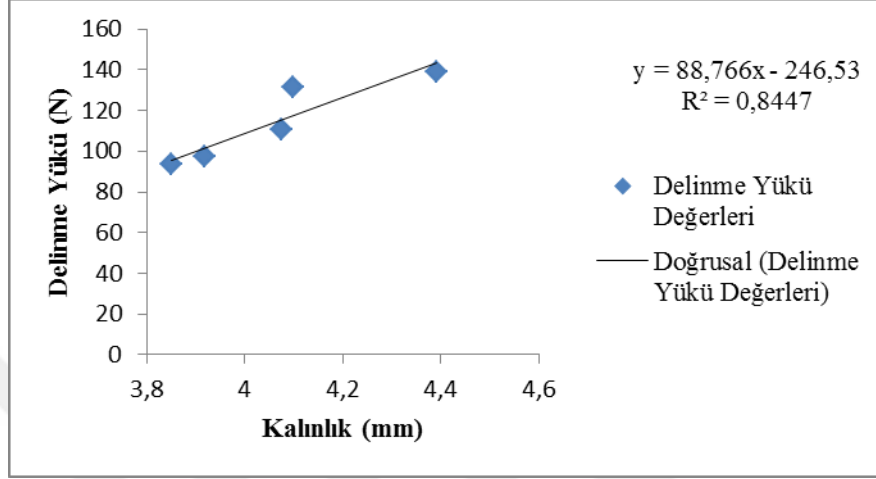
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Delinme Muk. (N)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	93,400	3,961	6,301
			100	3,919	97,640	8,289	7,625
			150	4,075	110,820	8,268	6,695
			200	4,1	131,540	6,821	5,939
			250	4,391	139,000	9,959	6,656
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	74,760	4,369	7,366
			100	4,323	88,940	4,115	6,137
			150	4,541	94,120	6,049	6,517
			200	4,756	104,400	6,139	5,405
			250	4,873	121,120	8,668	6,411
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	66,880	5,474	7,491
			150	4,198	73,700	4,298	7,928
			200	4,263	107,580	5,550	5,979
			250	4,45	109,425	7,658	6,998



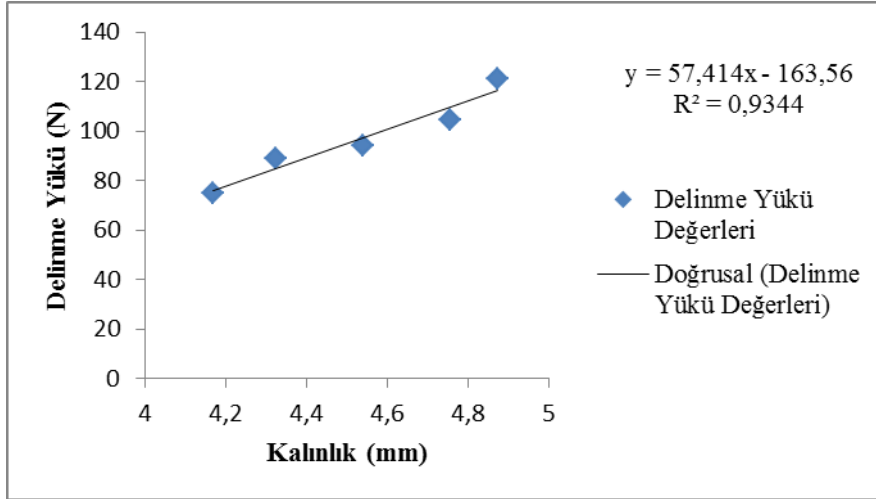
Şekil 4.89. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri

I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri Çizelge 4.43 ve Şekil 4.89'dan takip edildiğinde dış katmanı PP elyaftan üretilmiş olan nihai ürünlerin delinme mukavemeti değerlerinin en yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Burada PP elyafının kıvrımlı ve mukavim yapısı sayesinde iğneleme işlemi sırasında liflerin birbirine entegrasyonu ve yapı içerisinde birbirlerine tutunmaları daha yüksek olacağından PP dış katman içeren ürünlerin daha yüksek delinme dayanımı göstermesi beklenen bir sonuçtur. Ardından her bir hammadde grubu içerisinde rPET elyaftan oluşan dış katman içeren ürünlerin delinme mukavemeti değerleri gelmektedir. rPET dış katmanların kalınlık değerlerinin PP dış katmanların kalınlık değerlerinden daha yüksek olmasına karşın delinme mukavemeti açısından nihai kumaş haline geldiklerinde PP dış katmanların ara katmanlarla olan birleşmesinden daha gevşek yapıyla birleşme yaptığı ön görülmektedir. Dolayısıyla delinme mukavemeti değerlerinin daha düşük bulunması bu şekilde açıklanabilir. Burada kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman içeren nihai ürünlerin sahip olduğu kalınlık değerlerinden ziyade delinme mukavemetini etkileyen faktörler arasında dış katmanların iğneleme ile orta ve alt katmanla birleşmesi esnasında dış katman hammaddesi kıvrım buldurmamayan ve yer yer ince-kalın elyaftan oluşan kumaş açması hammaddenin iğneleme ile diğer katmanlarla olan entegrasyonunun PP ve rPET elyafa göre daha az gerçekleşmiş olduğu düşünülmektedir.

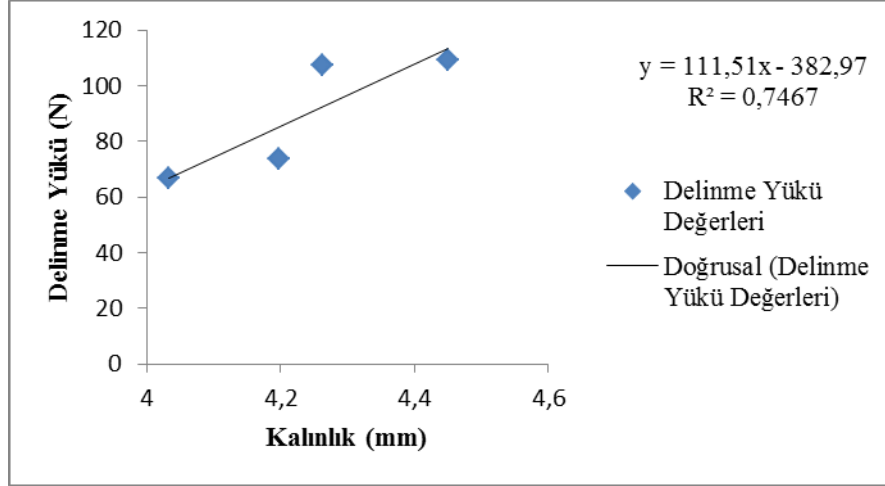
Aşağıda Şekil 4.90-4.92 arasındaki çizelgelerde kumaşların delinme mukavemetlerinin her bir hammadde tipi için kalınlık değerleriyle olan doğrusal regresyon analiz sonuçları denklemleri ve korelasyon katsayılarıyla birlikte sunulmuştur.



Şekil 4.90. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu



Şekil 4.91. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu



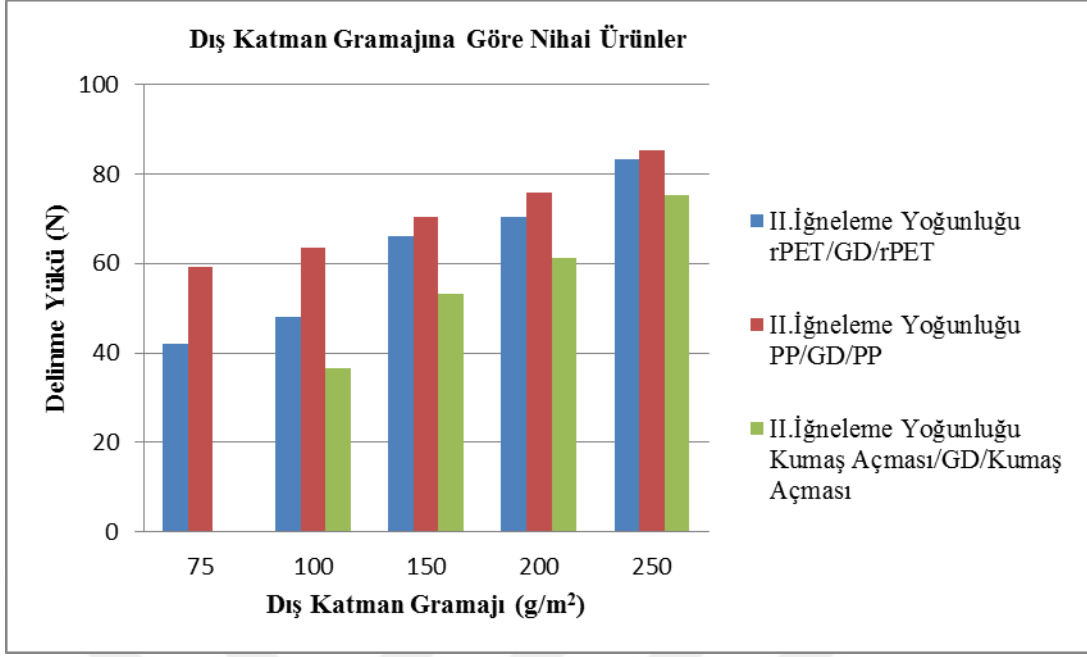
Şekil 4.92. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu

regresyon analizi grafiklerinde görüldüğü üzere kumaşların kalınlık değerleri ile delinme mukavemeti değerleri %95 güven aralığında doğrusal bir ilişki göstermektedir.

Çizelge 4.43. ve Şekil 4.93'te II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.43. II. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme yükü değerleri

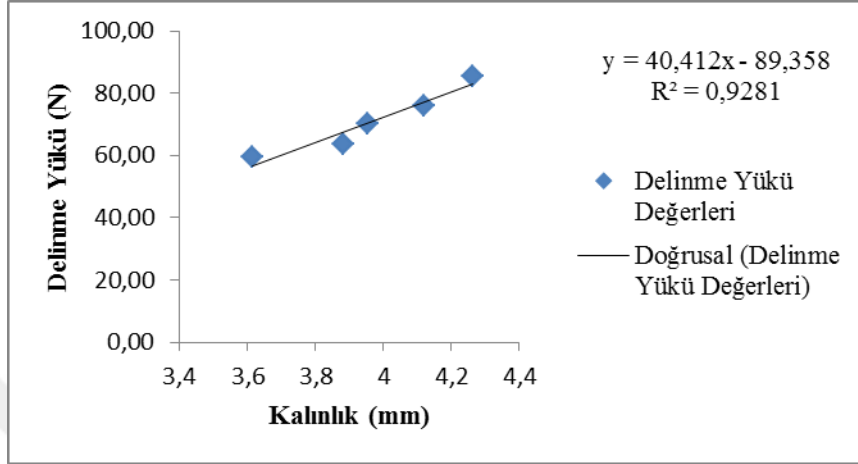
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Delinme Muk. (N)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	59,320	5,008	7,633
			100	3,882	63,540	3,738	6,450
			150	3,952	70,360	4,137	5,776
			200	4,12	75,960	5,531	7,085
			250	4,261	85,400	4,906	5,172
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	41,900	2,252	7,031
			100	4,234	48,180	3,276	6,086
			150	4,325	66,250	4,437	6,697
			200	4,61	70,400	5,262	7,108
			250	4,792	83,200	5,937	6,601
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	36,600	3,188	7,833
			150	4,04	53,160	3,568	7,534
			200	4,234	61,100	4,504	7,372
			250	4,354	75,360	2,930	5,266



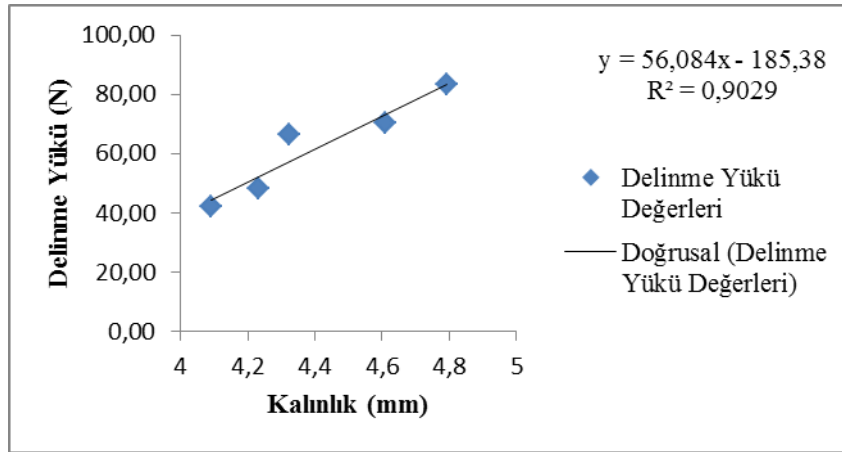
Şekil 4.93. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri

II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri Çizelge 4.44 ve Şekil 4.93'ten incelendiğinde iğneleme yoğunluğu artışına bağlı olarak kumaşların delinme mukavemeti değerlerinde her bir hamadde grubu için düşme gözlenmiştir. İkinci iğneleme prosesi ile nihai ürünler boyutsal olarak daha stabil bir yapıya bürünmektedirler. Dolayısıyla her biri için kalınlık değerleri de delinme mukavemeti üzerinde rol oynamaktadır. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan nihai ürünlerin delinme mukavemeti değerleri nihai ürün formundaki kalınlık değerleriyle uyumlu olarak yüksek bulunmuştur. Ardından dış katmanı PP elyaftan oluşan ürünlerin delinme mukavemeti değerleri gelmektedir. 200 ve 250 g/m²'lik ürün grubunda ise dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan nihai ürünlerde yüksek delinme mukavemeti değerlerine rastlanmıştır.

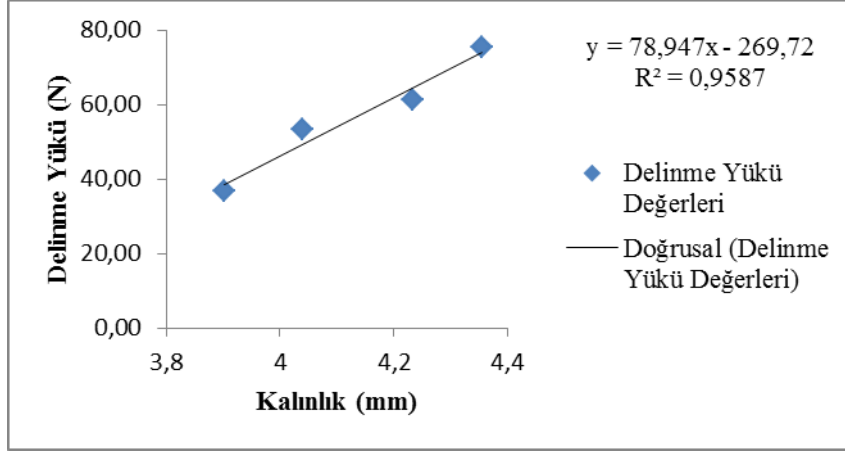
Aşağıda dış katman hammaddesi esas alınarak II. İğneleme yoğunluğundaki ürünler için delinme mukavemeti değerleri ile kalınlık değerleri arasında %95 güven aralığında gerçekleştirilen doğrusal regresyon analizi sonuçları Şekil 4.94-4.96 arasında yer almaktadır.



Şekil 4.94. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu



Şekil 4.95. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu



Şekil 4.96. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin delinme mukavemeti ve kalınlık regresyonu

II. İğneleme yoğunluğu değerinde üretilmiş nihai ürünlerin dış katman hammaddesi esas alınarak yapılan delinme mukavemeti ve kalınlık değerleri arasındaki doğrusal regresyon analizi sonuçları korelasyon katsayıları ile birlikte ele alındığında değerlerin birbirleriyle güçlü doğrusal bir ilişkide olduğu görülmektedir.

4.6.2. Statik Delinme Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerleri iğneleme yoğunluğu, hammadde ve gramaj parametreleri dikkate alınarak tek yönlü varyans analizi metoduyla istatistiksel olarak %95 güven aralığında değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına ilişkin veriler Çizelge 4.44'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.44. Dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
İğneleme Yoğunluğu	532,022	,000*
Hammadde	105,588	,000*
Gramaj	77,502	,000*

* : $\alpha=0,05$ için önemlidir.

Çizelge 4.45 incelendiğinde her üç faktörün de dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti üzerinde etkili %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Her bir faktörün etkisinin ayrı ayrı incelendiği Post Hoc analiz sonuçları Çizelge 4.45-4.47 arasında sunulmuştur.

Çizelge 4.45. İğneleme yoğunluğunun delinme mukavemetine etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)		
		1	2	3
Dış Katman	64	10,50641		
II. Yoğunluğu	68		63,62206	
I. İğneleme Yoğunluğu	69			100,82899
Önemlilik		1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.45 takip edilerek iğneleme yoğunluğunun kumaşların delinme mukavemeti üzerindeki etkisine bakıldığında en düşük delinme mukavemeti değerleri dış katmanlarda görülürken, daha sonra II. İğneleme yoğunluğu değerindeki kumaşlar gelmektedir. En yüksek delinme mukavemeti değerleri ise I. iğneleme yoğunluğu değerindeki kumaşlarda görülmüştür. Kumaşlar arasındaki delinme mukavemeti değerleri iğneleme yoğunluğuna göre farklılık göstermektedir ve bu fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Hammadde tipinin delinme mukavemetine etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)		
		1	2	3
rPET	23	7,22739		
PP	24	8,20333		
Kumaş Açması	17	18,19412		
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	38		72,32895	
rPET/GD/rPET	49		79,59388	79,59388
PP/GD/PP	50			92,69800
Önemlilik		,922	,756	,149

Çizelge 4.46’da hammadde tipinin dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemetine olan etkisine bakıldığında dış katmanların delinme mukavemeti değerleri arasındaki sayısal farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte nihai ürün haline getirilmiş olan dokusuz yüzey kumaşların dış katman hammaddesi PP elyaftan olanların delinme mukavemeti en yüksek değerleri vermiştir. Dış katman kumaşlarla nihai ürünler arasında delinme dayanımı açısından görülen fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Nihai ürünlerden dış katmanı kumaş açması ve rPET elyaftan oluşanlar arasındaki sayısal fark ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.47. Gramajın delinme mukavemetine etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
75	9	1,61889			
100	13	4,89923			
150	14	10,07643			
200	14	13,91357			
250	14	18,44929			
100/300/100	30		66,96333		
75/350/75	20		67,34500		
150/200/150	29		78,47586	78,47586	
200/100/200	29			92,88966	92,88966
250/0/250	29				102,00345
Önemlilik		,239	,760	,460	,928

Çizelge 4.47’de sunulmuş olan dokusuz yüzey kumaşların gramaj değerlerinin delinme mukavemeti üzerine etkisi incelendiğinde dış katmanların arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Geri dönüşüm ara katman içeren nihai ürünlerde ise 200, 300 ve 350 g/m² ağırlıklarında ara katman içeren ürünlerde en yüksek delinme mukavemeti 200 g/m² ağırlığında ara katman içeren nihai ürünlerde görülmüştür. Bununla birlikte bu üç gruptaki ürünlerin delinme mukavemeti değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek delinme dayanımını geri dönüşüm ara katmanı içermeyen referans ürünler gösterirken 100 g/m² ağırlığındaki en hafif ara katman içeren ürün ile referans ürünler arasındaki sayısal delinme değeri farkı istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur.

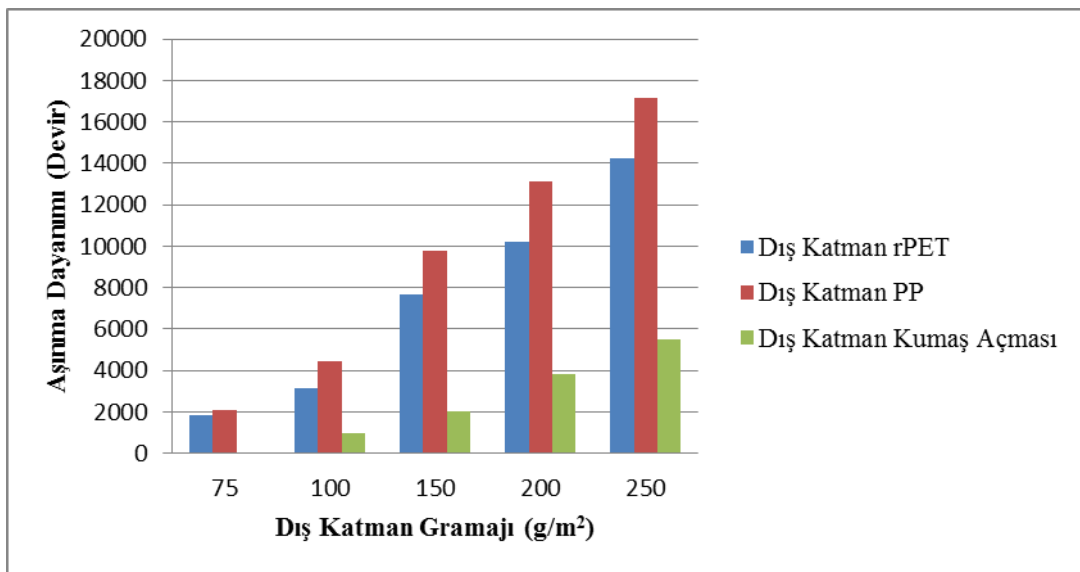
4.7. Aşınma Mukavemeti Tayini

4.7.1. Aşınma Mukavemeti Test Sonuçları

Dış katmanı teşkil edecek dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti test sonuçları aşağıda sırasıyla Çizelge 4.48’de ve Şekil 4.97’de sunulmuştur.

Çizelge 4.48. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri

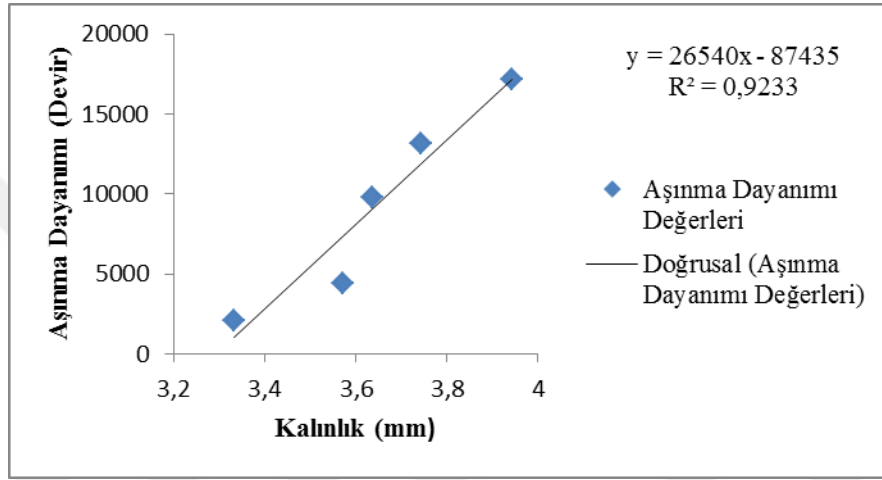
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İşleme Yoğunluğu (İşleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Aşınma Muk. (Devir)	Std. Sapma	%CV
Dış Katman	PP	10.218	75	3,333	2075	25,000	1,205
			100	3,572	4425	25,000	0,565
			150	3,637	9750	35,355	0,363
			200	3,743	13150	35,355	0,269
			250	3,942	17175	25,000	0,146
Dış Katman	rPET	10.218	75	3,215	1850	35,355	1,911
			100	3,482	3175	55,902	1,761
			150	3,56	7675	55,902	0,728
			200	3,726	10225	25,000	0,244
			250	3,96	14250	35,355	0,248
Dış Katman	Kumaş Açması	10.218	100	2,248	975	25,000	2,564
			150	2,754	2000	35,355	1,768
			200	3,34	3825	55,902	1,461
			250	3,97	5500	61,237	1,113



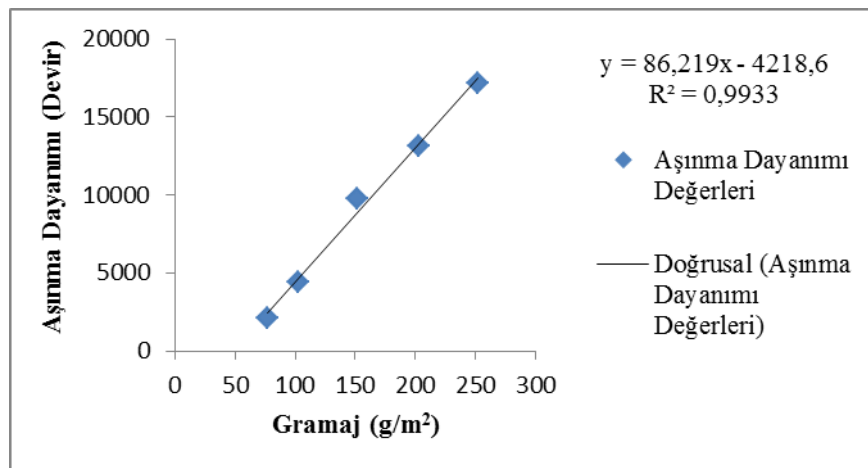
Şekil 4.97. Dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri

Çizelge 4.49 ve Şekil 4.97 incelendiğinde dış katman dokusuz yüzey kumaşlar için en yüksek aşınma mukavemeti değerleri PP elyaftan üretilmiş kumaşlarda görülürken her üç hammadde grubu için de gramaj arttıkça aşınma mukavemeti değerleri de artış göstermiştir.

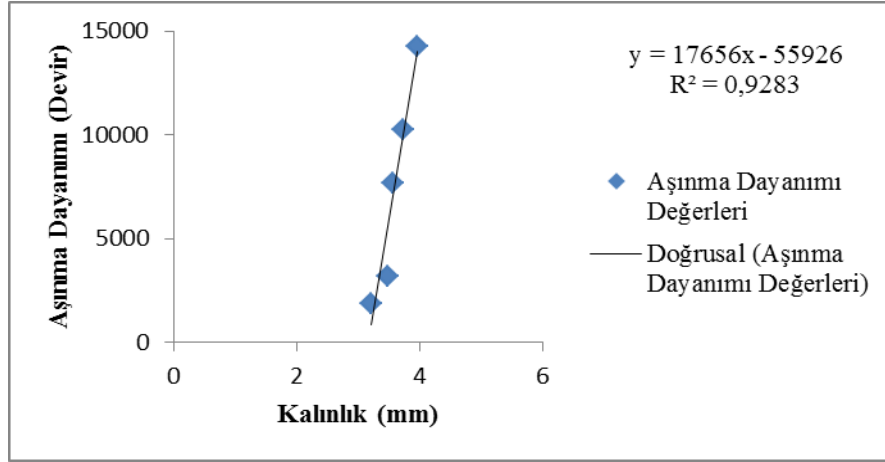
Aşağıda hammadde tipi esas alınarak dış katman dokusuz yüzey kumaşların ölçülen kalınlık ve gramaj değerleri ile aşınma mukavemeti arasında %95 güven aralığında yapılan regresyon analizi grafikleri sırasıyla Şekil 4.98-4.103 arasında yer almaktadır.



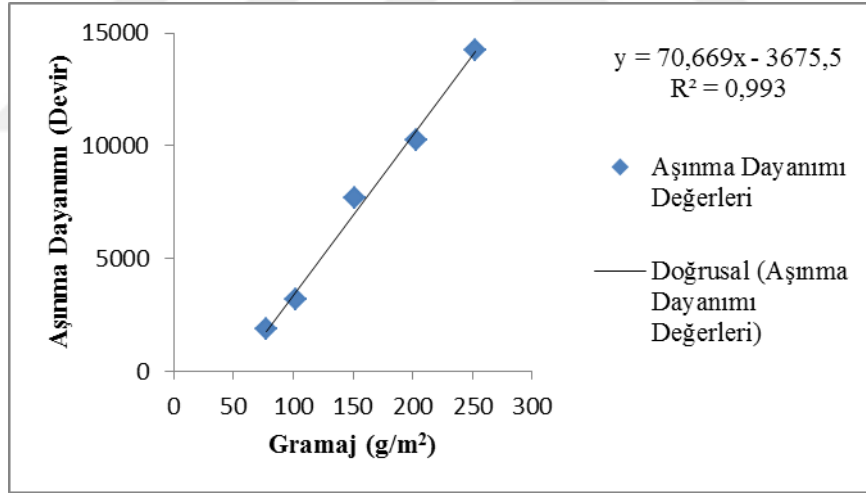
Şekil 4.98. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



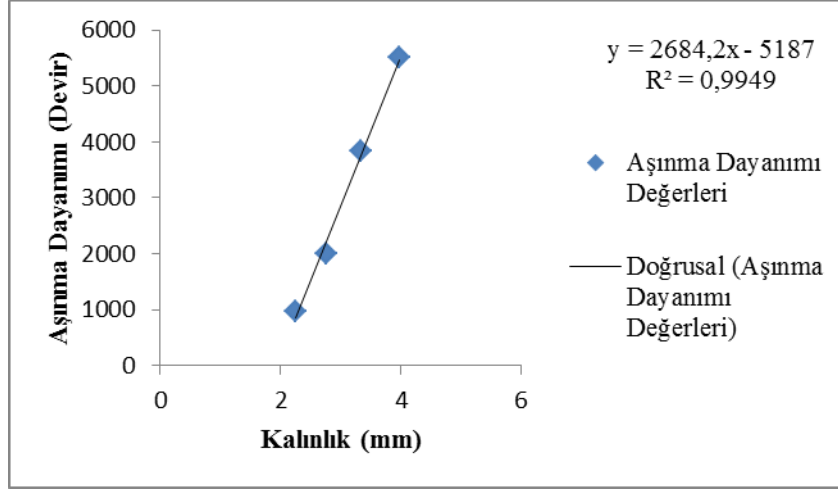
Şekil 4.99. PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu



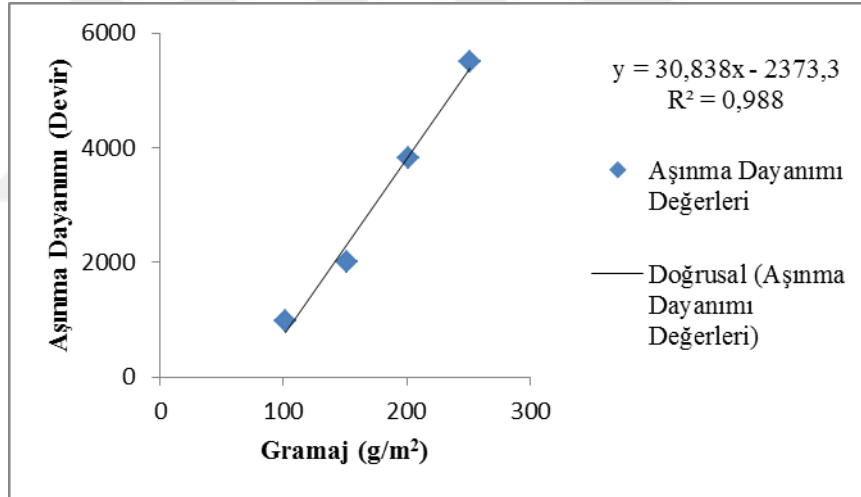
Şekil 4.100. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



Şekil 4.101. rPET elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu



Şekil 4.102. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



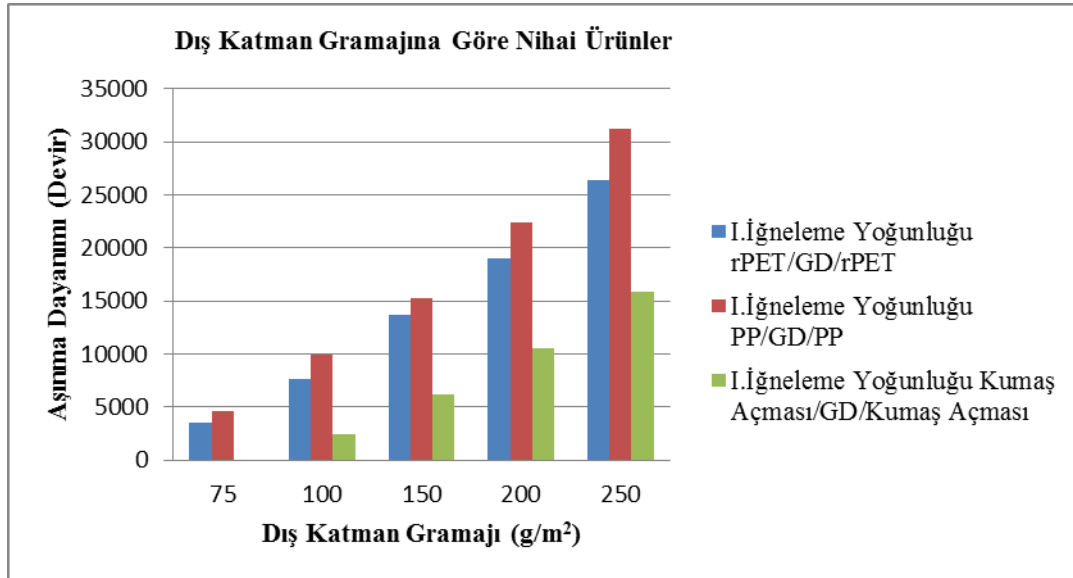
Şekil 4.103. Kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerlerinin gramajla regresyonu

Dış katman dokusuz yüzey kumaşların ölçülen kalınlık ve gramaj değerleri ile aşınma mukavemeti değerleri arasındaki doğrusal regresyon analizi sonuçları korelasyon katsayıları ile birlikte ele alındığında değerlerin birbirleriyle güçlü doğrusal bir ilişkide olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.49 ve Şekil 4.104'te I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.49. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri

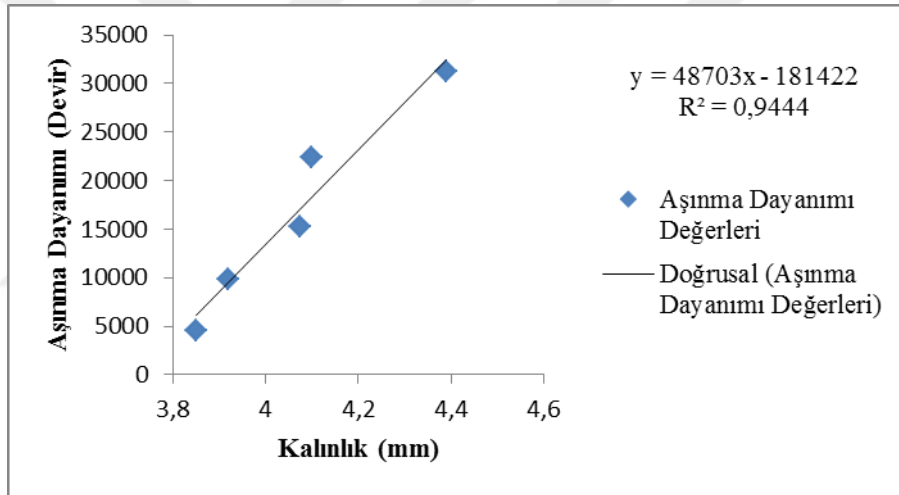
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Aşınma Mukavemeti (Devir)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	4550	111,803	2,457
			100	3,919	9875	43,301	0,438
			150	4,075	15225	82,916	0,545
			200	4,1	22400	70,711	0,316
			250	4,391	31225	82,916	0,266
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	3525	82,916	2,352
			100	4,323	7675	43,301	0,564
			150	4,541	13625	43,301	0,318
			200	4,756	19000	70,711	0,372
			250	4,873	26425	43,301	0,164
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	2425	82,916	3,419
			150	4,198	6175	43,301	0,701
			200	4,263	10550	111,803	1,060
			250	4,45	15850	50,000	0,315



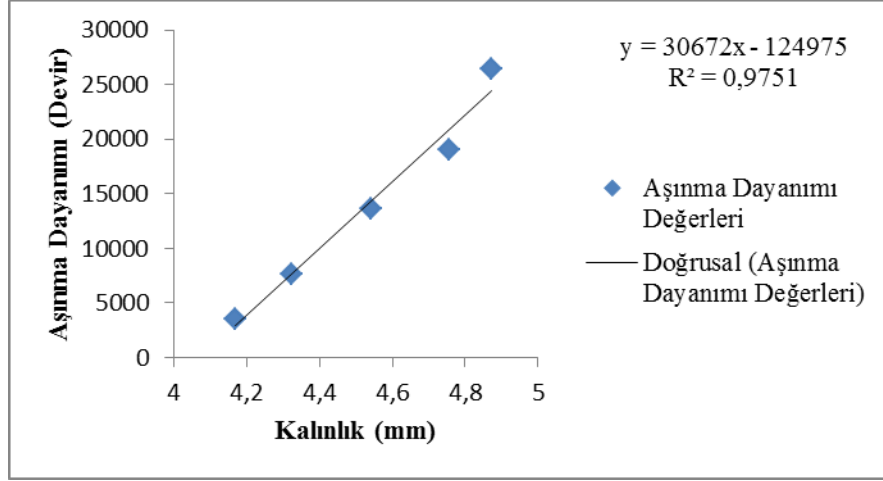
Şekil 4.104. I.İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri

I. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma dayanımı özelliği Çizelge 4.50 ve Şekil 4.104'ten takip edildiğinde dış katmanlardan nihai ürüne geçildiğinde aşınma devir sayılarının gramaj ve kalınlık artışıyla birlikte yükseldiği görülmektedir. Her üç hammadde grubu içinde en yüksek aşınma devir sayıları PP elyaftan oluşan dış katman yapısındaki nihai ürünlerde gözlenmiştir. Kumaşların aşınması dış yüzeyin boncuklanması, boncukların devam eden aşınma deneyi sürecinde kaybolması ve daha sonra kumaş yüzeyinde delik oluşması şeklinde gerçekleşmiştir.

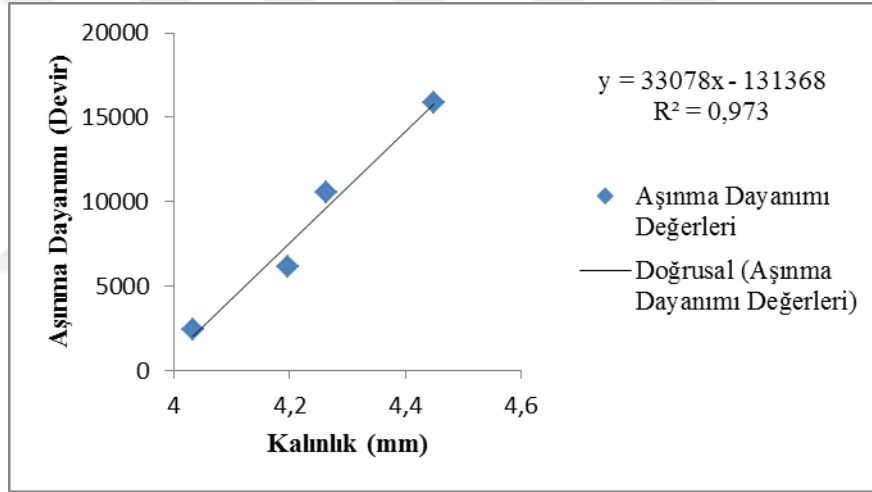
I. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların ölçülen kalınlık değerleri ile aşınma mukavemeti değerleri arasındaki ilişki regresyon analizi çerçevesinde incelenmiş olup denklemleri ve korelasyon katsayıları ile birlikte aşağıda Şekil 4.105-4.107 arasında sunulmuştur.



Şekil 4.105. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



Şekil 4.106. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



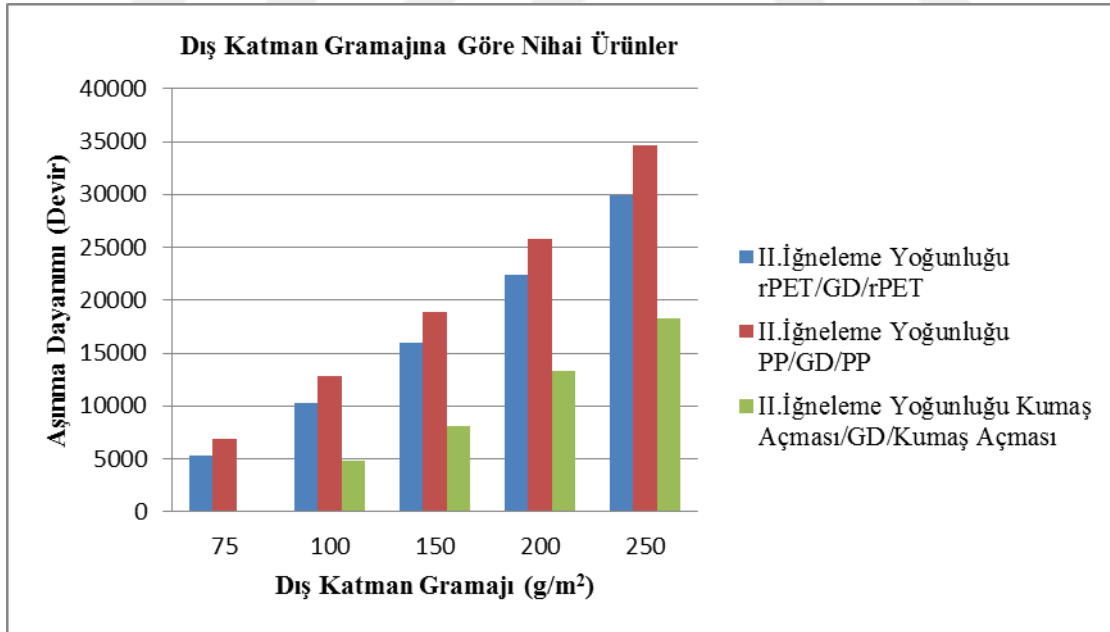
Şekil 4.107. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu

Regresyon analizi sonucunda elde edilen grafikler incelendiğinde kumaşların ölçülen kalınlık değerleri ile aşınma devir sayıları arasında her üç hammaddede tipi için de güçlü doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Kumaş kalınlığının artması aşınma devir sayısını artırmıştır.

II. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri Çizelge 4.50 ve Şekil 4.108’de sırasıyla sunulmuştur.

Çizelge 4.50. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri

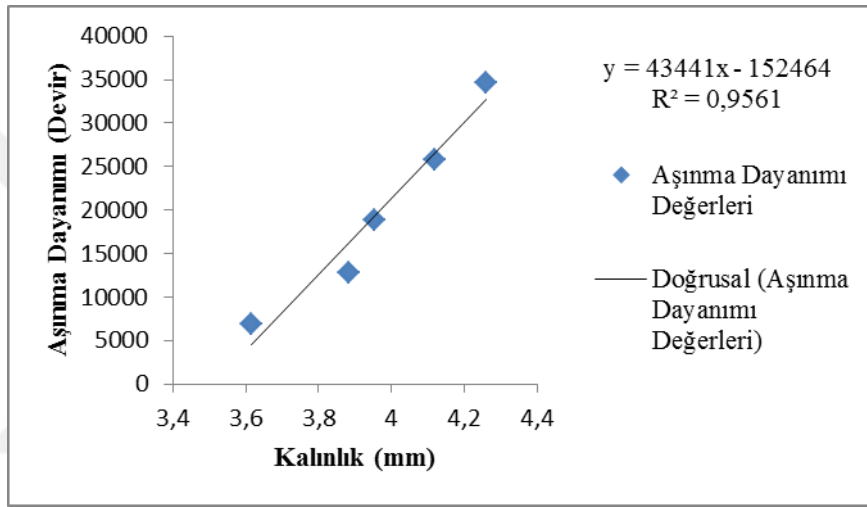
Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	Ortalama Aşınma Muk. (Devir)	Standart Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	6825	82,916	1,215
			100	3,882	12850	111,803	0,870
			150	3,952	18900	70,711	0,374
			200	4,12	25850	111,803	0,433
			250	4,261	34700	70,711	0,204
Nihai Ürün	rPET/GD/ rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	5300	70,711	1,334
			100	4,234	10250	111,803	1,091
			150	4,325	15975	82,916	0,519
			200	4,61	22350	50,000	0,224
			250	4,792	29975	82,916	0,277
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	4875	43,301	0,888
			150	4,04	8050	111,803	1,389
			200	4,234	13250	50,000	0,377
			250	4,354	18225	82,916	0,455



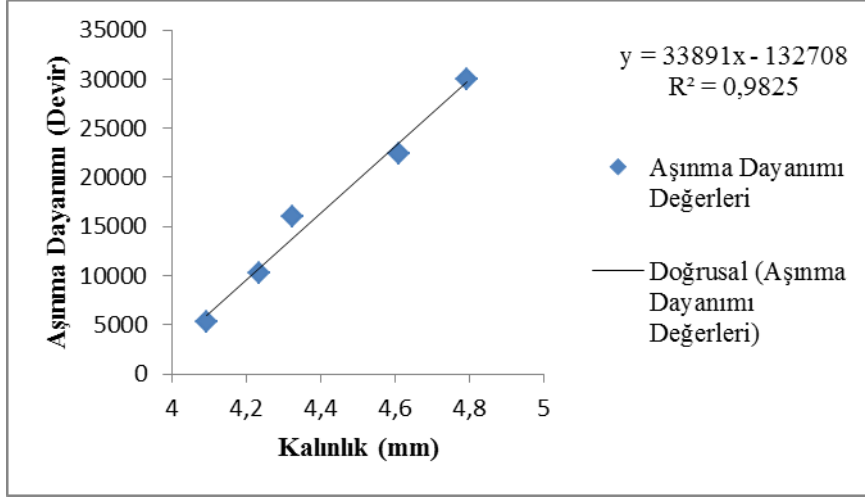
Şekil 4.108. II. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri

Çizelge 4.51 ve Şekil 4.108 incelendiğinde iğneleme yoğunluğu artışının kumaşların aşınma devir sayısını artırdığı görülmektedir. İğneleme yoğunluğunun artmasıyla lifler birbiri içine geçerek daha sıkı bir yüzey yapısı oluşturmaktadır. Bu durum aşınma mukavemetinin iğneleme yoğunluğu ile artmasını açıklamaktadır.

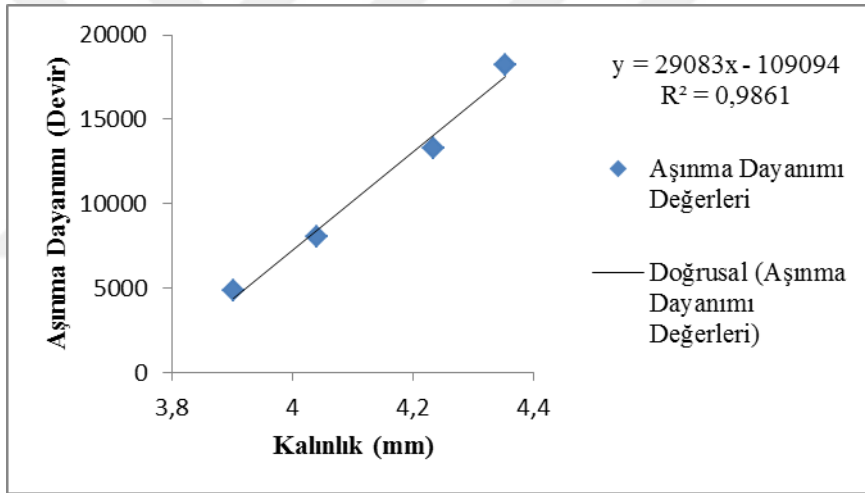
II. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların ölçülen kalınlık değerleri ile aşınma mukavemeti değerleri arasındaki ilişki regresyon analizi çerçevesinde incelenmiş olup denklemleri ve korelasyon katsayıları ile birlikte aşağıda Şekil 4.109.-4.111 arasında sunulmuştur.



Şekil 4.109. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



Şekil 4.110. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma mukavemeti değerlerinin kalınlıkla regresyonu



Şekil 4.111. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin aşınma dayanımı değerlerinin kalınlıkla regresyonu

Regresyon analizi sonucunda elde edilen şekiller incelendiğinde kumaşların ölçülen kalınlık değerleri ile aşınma devir sayıları arasında güçlü korelasyon katsayıları ile ifade edilen doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir.

4.7.2. Aşınma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti değerleri iğneleme yoğunluğu, hammadde ve gramaj parametreleri dikkate alınarak tek yönlü varyans analizi metoduyla istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Çizelge 4.51’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.51. Dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
İğneleme Yoğunluğu	21,457	,000*
Hammadde	15,013	,000*
Gramaj	50,443	,000*

* : $\alpha=0,05$ için önemlidir.

Çizelge 4.51 incelendiğinde tüm faktörlerin dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir.

Faktörlerin etkilerinin ayrı ayrı incelendiği Post Hoc analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.52- 4.54’te sunulmuştur.

Çizelge 4.52. İğneleme yoğunluğunun aşınma mukavemetine etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)	
		1	2
Dış Katman	56	6860,71	
I. İğneleme Yoğunluğu	56		13466,07
II. Yoğunluğu	56		16241,07
Önemlilik		1,000	,146

Çizelge 4.52’den iğneleme yoğunluğunun dokusuz yüzey kumaşların aşınma mukavemeti üzerindeki etkisine bakıldığında aşınma mukavemeti değerleri sırasıyla dış katmandan ikinci iğneleme yoğunluğundaki ürünlere doğru artış göstermektedir. İğneleme yoğunluğuna göre dış katmanlarla nihai ürünlerin aşınma mukavemeti değerleri arasındaki

fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur. Bununla birlikte I. ve II. iğneleme yoğunluğu değerlerindeki nihai ürünlerin aşınma mukavemeti değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.53. Hammaddenin aşınma mukavemetine etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)			
		1	2	3	4
Kumaş Açması	16	3075,00			
rPET	20	7435,00	7435,00		
PP	20		9315,00		
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	32		9925,00	9925,00	
rPET/GD/rPET	40			15410,00	15410,00
PP/GD/PP	40				18240,00
Önemlilik		,294	,837	,094	,750

Çizelge 4.53 takip edildiğinde en düşük aşınma mukavemeti değerleri dış katmanlarda görülmektedir. Geri dönüşüm ara katmanı içeren nihai ürünlerde ise sırasıyla dış katmanı kumaş açması olan ürünlerden dış katmanı PP olan ürünlere doğru aşınma mukavemeti değerlerinde artış görülmektedir. Dış katmanlarda kumaş açması hammaddeden üretilmiş kumaşlarla rPET hammaddeden üretilmiş kumaşlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yalnızca kumaş açması hammaddeden üretilmiş kumaşlar ile PP elyaftan üretilmiş dış katman kumaşlar arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemlidir. Benzer şekilde, nihai ürünlere bakıldığında dış katmanı kumaş açması ve rPET hammaddeden üretilmiş olan kumaşlar arasında aşınma mukavemeti değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır. Bununla birlikte dış katmanı PP hammaddeden üretilmiş olan kumaşların aşınma mukavemeti değerleri nihai ürünler arasında yalnızca dış katmanı kumaş açması olan kumaşlardan farklı ve bu fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemlidir.

Çizelge 4.54. Gramajın aşınma mukavemetine etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)					
		1	2	3	4	5	6
75	8	1962,50					
100	12	2858,33	2858,33				
75/350/75	16	5050,00	5050,00	5050,00			
150	12	6475,00	6475,00	6475,00			
100/300/100	24		7991,67	7991,67	7991,67		
200	12			9066,67	9066,67		
250	12				12308,33		
150/200/150	24				12991,67		
200/100/200	24					18900,00	
250/0/250	24						26066,67
Önemlilik		,190	,077	,341	,095	1,000	1,000

Çizelge 4.54'ten gramajın aşınma mukavemetine etkisine bakıldığında en yüksek aşınma mukavemeti değerlerinin ara katman içermeyen nihai ürünlerde görüldüğü söylenebilir. Ara katman içeren nihai ürünler incelendiğinde ise 200 ve 300 g/m²'lik ara katman içeren ürünlerin aşınma mukavemeti değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. 300 ve 350 g/m²'lik ara katman içeren ürünler ile 100 ve 150 g/m²'lik dış katmanların aşınma değerleri sayısal olarak farklı bulunsa da bu fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur.

4.8. Eğilme Rijitliği Tayini

Dış katmanı teşkil edecek dokusuz yüzey kumaşların eğilme uzunluğu ölçüm sonuçları makine yönü ve makine yönüne dik doğrultuda olmak üzere aşağıda sırasıyla Çizelge 4.55-4.57’de sunulmuştur.

Çizelge 4.55. Dış katmanlar için eğilme uzunluğu değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Eğilme Uzunluğu (cm)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Eğilme Uzunluğu (cm)	Std. Sapma	CV (%)
Dış Katman	PP	10 218	75	2,950	0,20	6,71	3,067	0,11	3,61
			100	3,267	0,11	3,38	3,350	0,14	4,13
			150	3,533	0,21	6,04	3,650	0,19	5,19
			200	4,283	0,23	5,29	4,367	0,15	3,41
			250	5,133	0,12	2,43	5,217	0,11	2,05
Dış Katman	rPET	10 218	75	2,350	0,13	5,35	2,450	0,13	5,14
			100	2,900	0,13	4,45	2,950	0,10	3,25
			150	3,583	0,31	8,74	3,667	0,23	6,23
			200	4,117	0,07	1,67	4,183	0,11	2,55
			250	4,717	0,21	4,48	4,783	0,25	5,32
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,550	0,30	11,71	2,667	0,27	10,31
			150	2,800	0,21	7,43	2,867	0,11	3,86
			200	3,400	0,19	5,63	3,517	0,09	2,55
			250	4,217	0,29	6,90	4,300	0,26	6,00

Çizelge 4.56. I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin eğilme uzunluğu değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Eğilme Uzunluğu (cm)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Eğilme Uzunluğu (cm)	Std.Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	5,700	0,13	2,26	5,783	0,13	2,32
			100	5,900	0,19	3,25	5,983	0,13	2,25
			150	6,300	0,18	2,90	6,433	0,15	2,32
			200	6,667	0,18	2,69	6,767	0,17	2,51
			250	6,900	0,22	3,13	7,033	0,15	2,12
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	40 872	75	5,417	0,18	3,27	5,533	0,15	2,69
			100	5,750	0,15	2,61	5,817	0,13	2,31
			150	6,267	0,20	3,15	6,317	0,19	2,95
			200	6,450	0,22	3,44	6,583	0,21	3,21
			250	6,617	0,16	2,38	6,783	0,16	2,32
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	5,450	0,21	3,78	5,550	0,15	2,70
			150	5,700	0,18	3,20	5,833	0,15	2,56
			200	5,867	0,11	1,88	6,000	0,17	2,89
			250	6,100	0,13	2,12	6,250	0,17	2,73

Çizelge 4.57. II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş nihai ürünlerin eğilme uzunluğu değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	MY Ortalama Eğilme Uzunluğu (cm)	Std.Sapma	CV (%)	MYD Ortalama Eğilme Uzunluğu (cm)	Std.Sapma	CV (%)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	5,867	0,15	2,54	5,950	0,17	2,87
			100	6,150	0,13	2,05	6,200	0,12	1,86
			150	6,550	0,17	2,61	6,683	0,21	3,16
			200	6,833	0,16	2,34	6,883	0,20	2,83
			250	7,050	0,13	1,78	7,117	0,13	1,89
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	57 220	75	5,600	0,13	2,31	5,700	0,08	1,43
			100	6,083	0,11	1,75	6,200	0,24	3,84
			150	6,367	0,21	3,35	6,450	0,17	2,65
			200	6,567	0,15	2,27	6,667	0,16	2,40
			250	6,767	0,14	2,03	6,867	0,11	1,61
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	5,633	0,15	2,65	5,750	0,17	2,97
			150	5,750	0,18	3,14	5,883	0,13	2,28
			200	5,950	0,17	2,87	6,117	0,11	1,74
			250	6,283	0,13	2,14	6,383	0,18	2,78

4.8.1. Eğilme Rijitliği Test Sonuçları

Eğilme uzunluğu sonuçlarının standartta yer alan ve aşağıda Eşitlik 4.2’de verilen formüle göre değerlendirilmesiyle eğilme rijitliği değerleri elde edilmiştir.

$$G= m \times C^3 \times 10^{-3} \quad (4.2)$$

Burada G; Birim genişlik başına ortalama eğilme rijitliği (mN.cm)

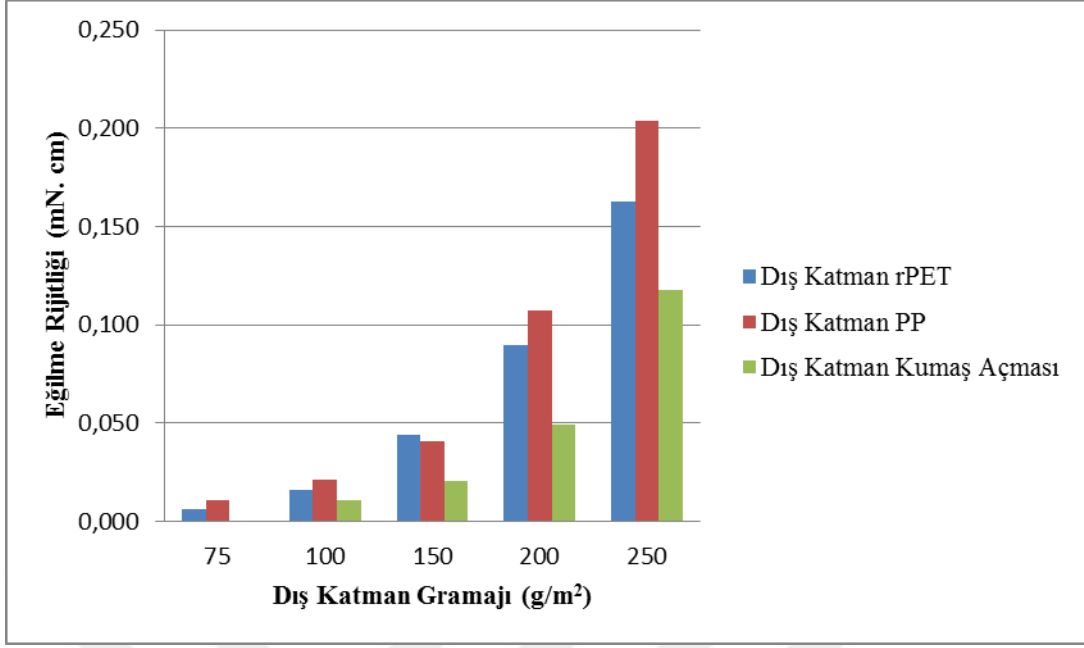
c; Deney parçasının genel ortalama eğilme uzunluğu (cm)

m: Birim alan başına deney parçasının kütlesi (g) olarak ifade edilmektedir.

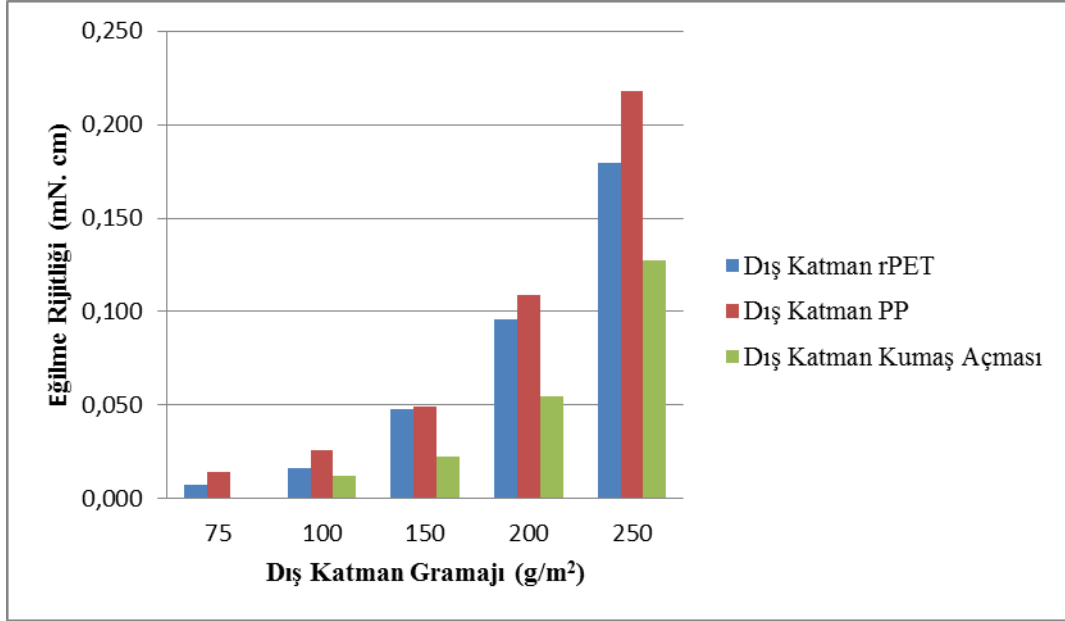
Aşağıda sırasıyla Çizelge 4.58, Şekil 4.112 ve 4.113’te dış katman dokusuz yüzey kumaşların kumaşlar makine yönündeki ve makine yönüne dik doğrultudaki numunler için hesaplanmış olan eğilme rijitliği değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.58. Dış katmanlar için eğilme rijitliği değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammadde	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Eğilme Rijitliği (mN.cm)	MYD Ortalama Eğilme Rijitliği (mN.cm)
Dış Katman	PP	10 218	75	3,333	0,011	0,014
			100	3,572	0,022	0,026
			150	3,637	0,041	0,049
			200	3,743	0,107	0,109
			250	3,942	0,204	0,218
Dış Katman	rPET	10 218	75	3,215	0,006	0,008
			100	3,482	0,016	0,016
			150	3,56	0,044	0,048
			200	3,726	0,090	0,096
			250	3,96	0,163	0,179
Dış Katman	Kumaş Açması	10 218	100	2,248	0,011	0,012
			150	2,754	0,021	0,022
			200	3,34	0,050	0,055
			250	3,97	0,118	0,127



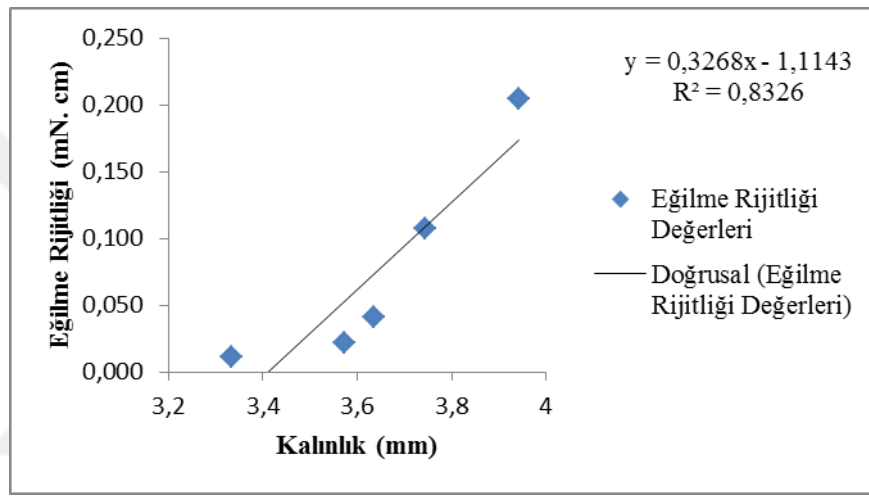
Şekil 4.112. Dış katmanlar için makine yönündeki numunelerde eğilme rijitliği değerleri



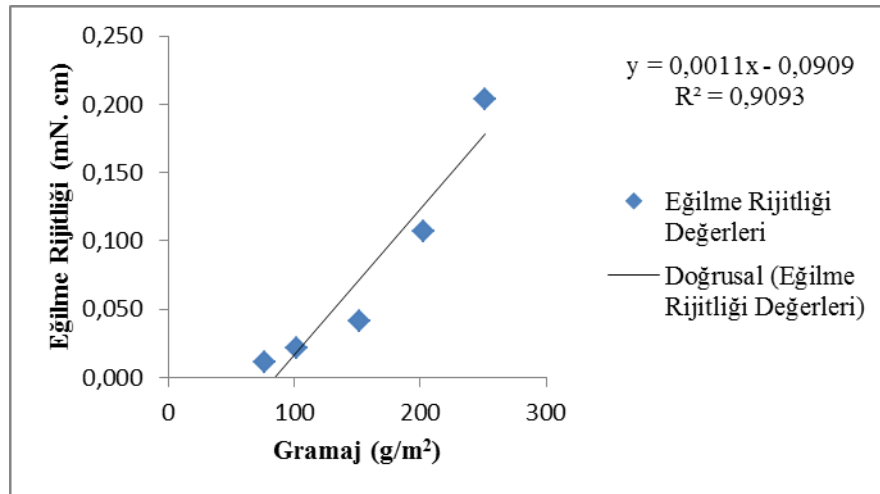
Şekil 4.113. Dış katmanlar için makineye dik yöndeki numunelerde eğilme rijitliği değerleri

Çizelge 4.58 ve her iki yön için Şekil 4.112-4.113 incelendiğinde her bir kumaş grubunda kalınlık ve gramaj artışıyla birlikte eğilme rijitliği değerlerinde artış görülmektedir. En yüksek eğilme rijitliği değerlerine PP elyaftan üretilmiş olan dış katman kumaşlarda rastlanmıştır. Makineye dik yöndeki numunelerde eğilme rijitliği değerleri makine yönündeki numunelere göre daha yüksek seyretmiştir.

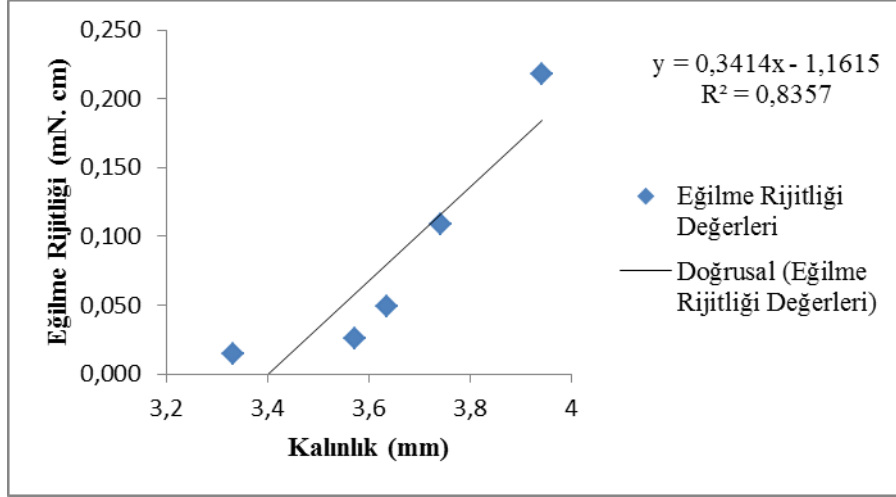
Aşağıda Şekil 4.114 ve 4.125 arasında dış katman dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerlerinin kalınlık ve gramajla doğrusal regresyon analizi sonuçları sunulmuştur.



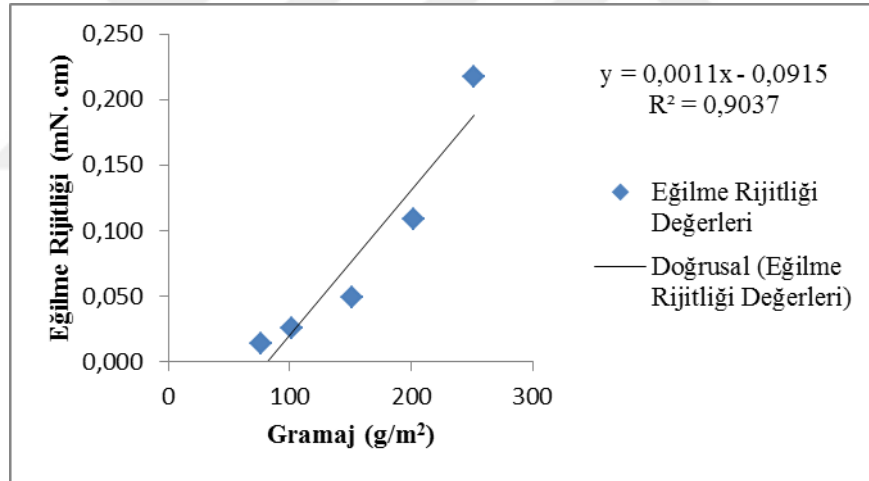
Şekil 4.114. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



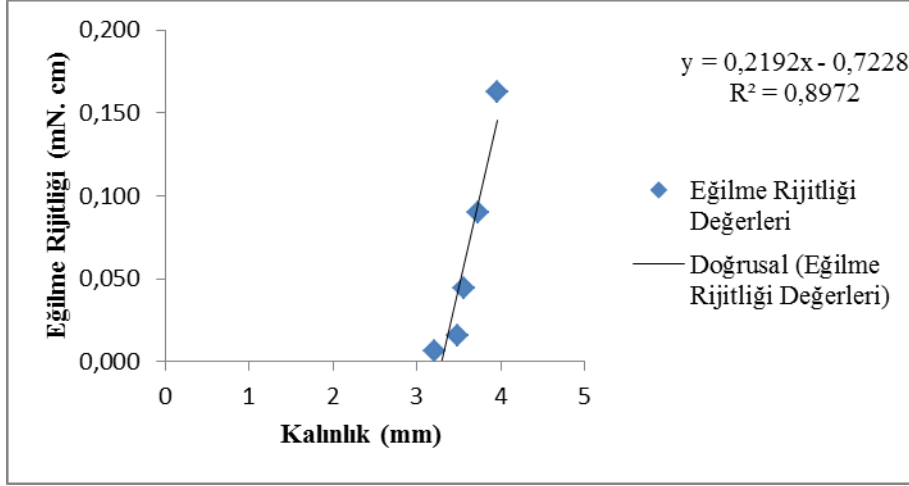
Şekil 4.115. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



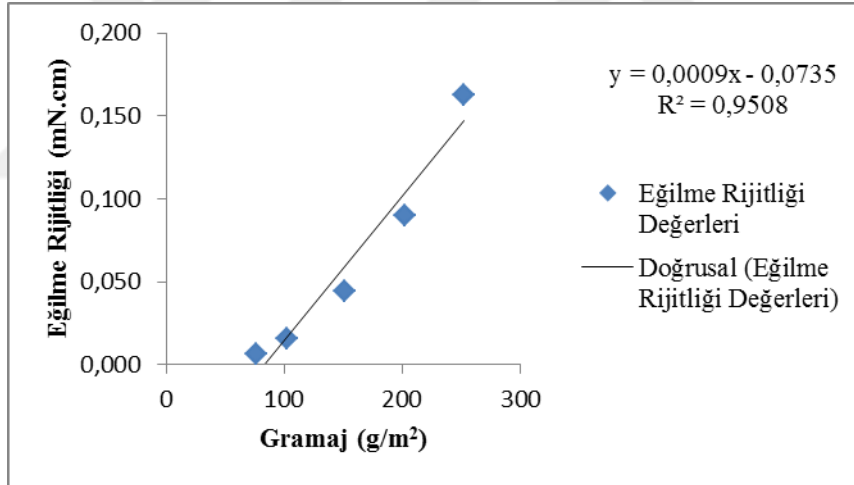
Şekil 4.116. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



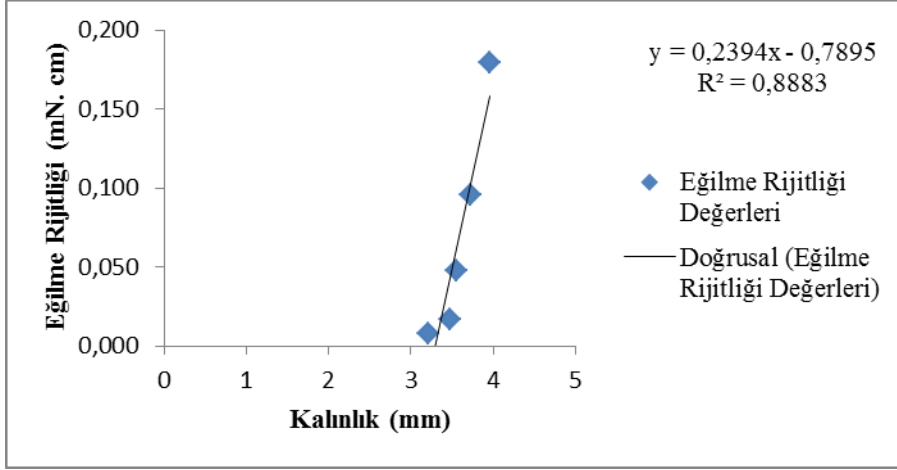
Şekil 4.117. PP hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön eğilme rijitliği arasındaki regresyon



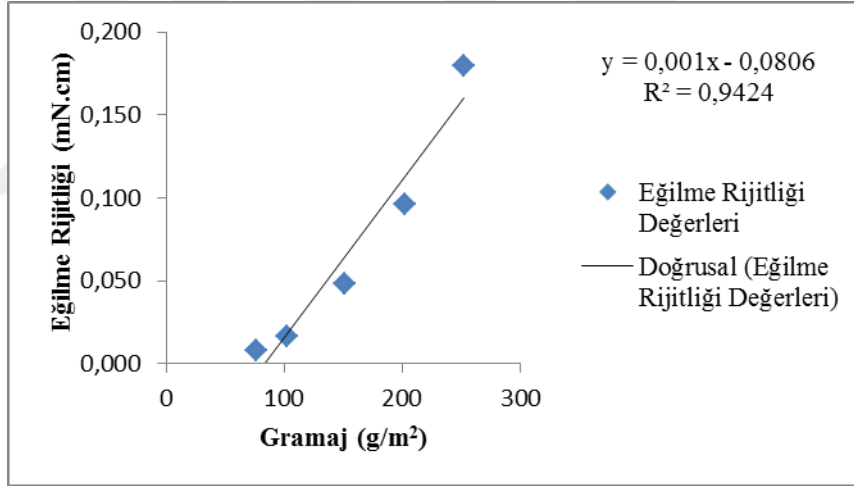
Şekil 4.118. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



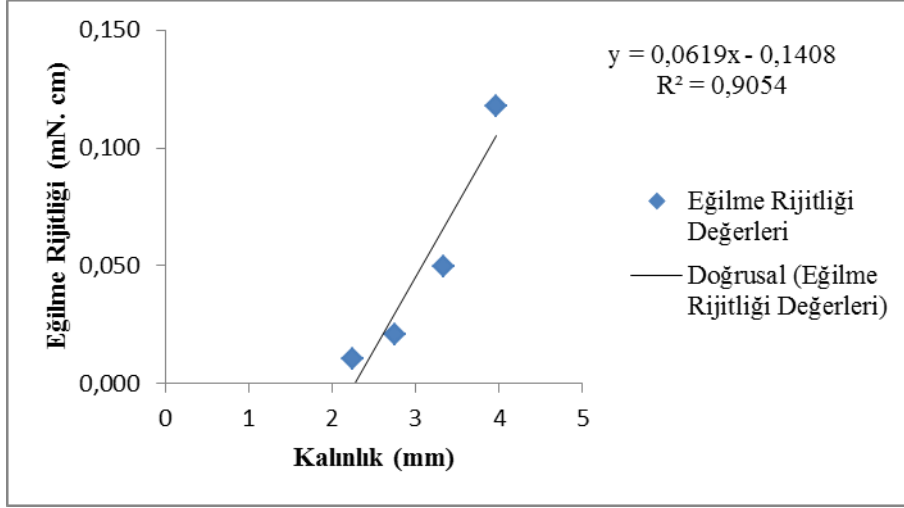
Şekil 4.119. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



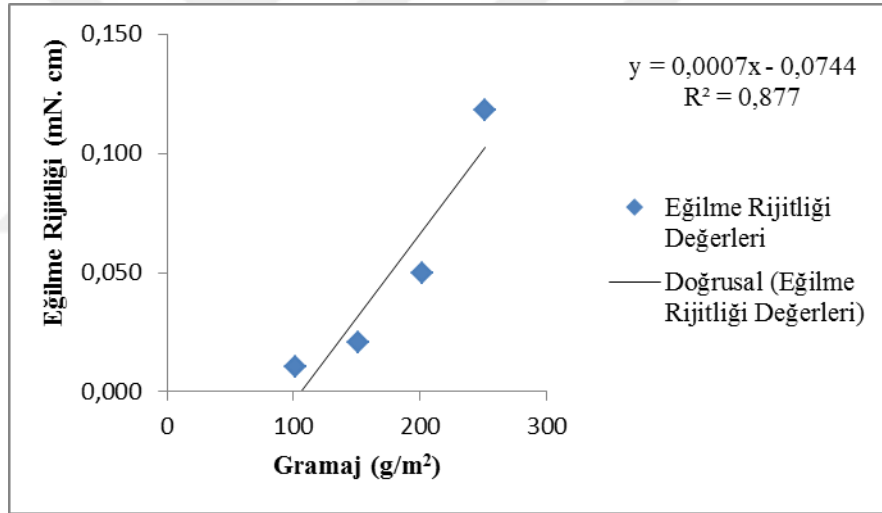
Şekil 4.120. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yön eğilme rijitliği arasındaki regresyon



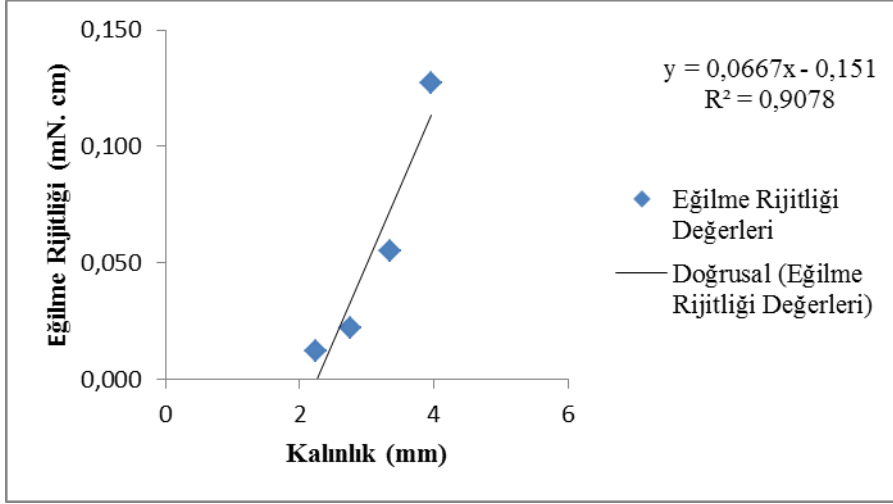
Şekil 4.121. rPET hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön eğilme rijitliği arasındaki regresyon



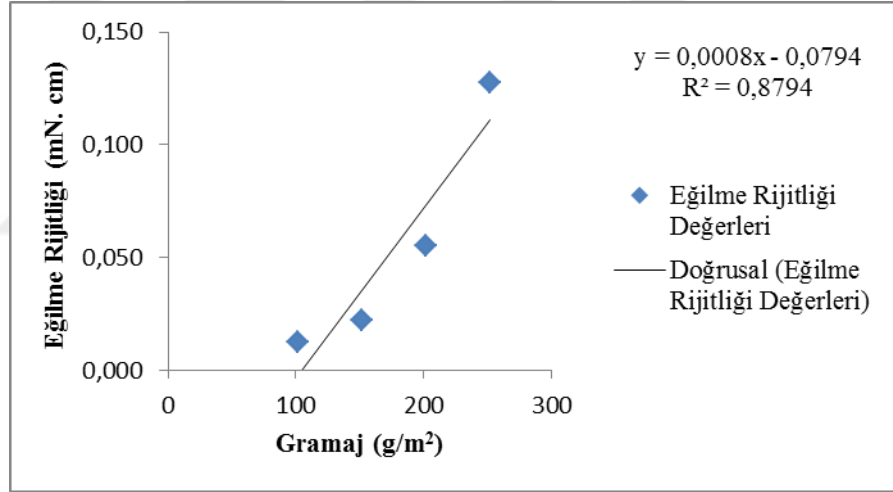
Şekil 4.122. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.123. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makine yönü eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.124. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların kalınlık ve makineye dik yön eğilme rijitliği arasındaki regresyon



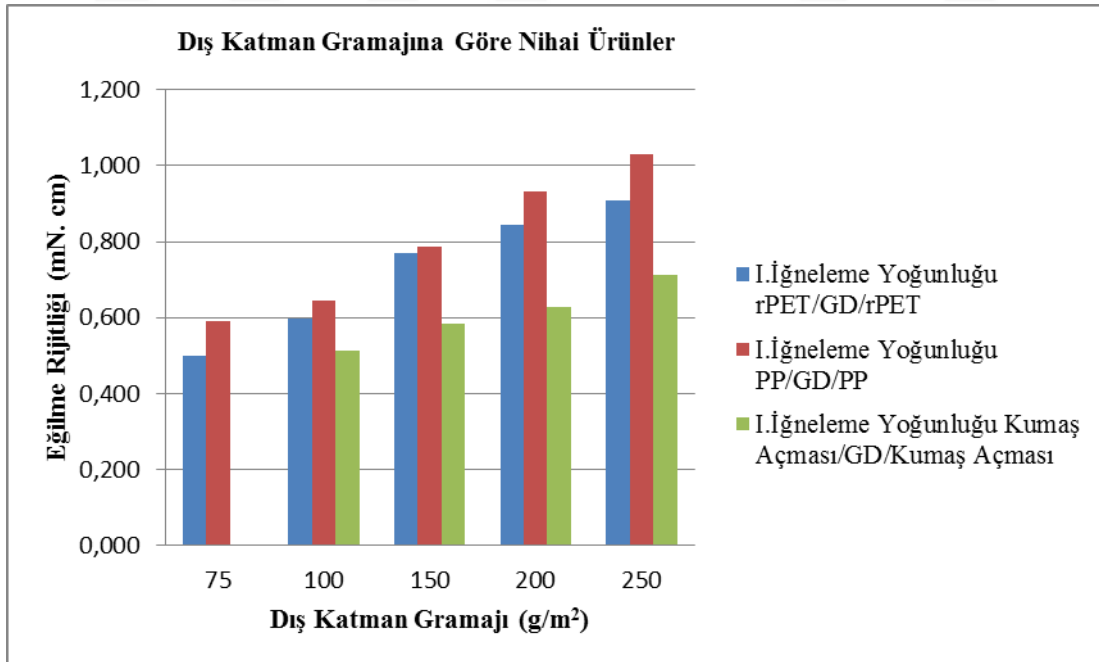
Şekil 4.125. Kumaş açması hammaddeden üretilmiş dış katmanların gramaj ve makineye dik yön eğilme rijitliği arasındaki regresyon

Regresyon analizi sonucunda edinilen grafikler ve korelasyon katsayıları incelendiğinde dış katman dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerlerinin kumaş kalınlıkları ve gramajları ile doğrusal bir ilişkide olduğu görülmektedir. Kumaş gramajı ve kalınlığı arttığında kesitteki lif sayısı da artacağından liflerin hareket kabiliyeti kısıtlanmış olmaktadır dolayısıyla da eğilme rijitliği değerleri artış göstermektedir.

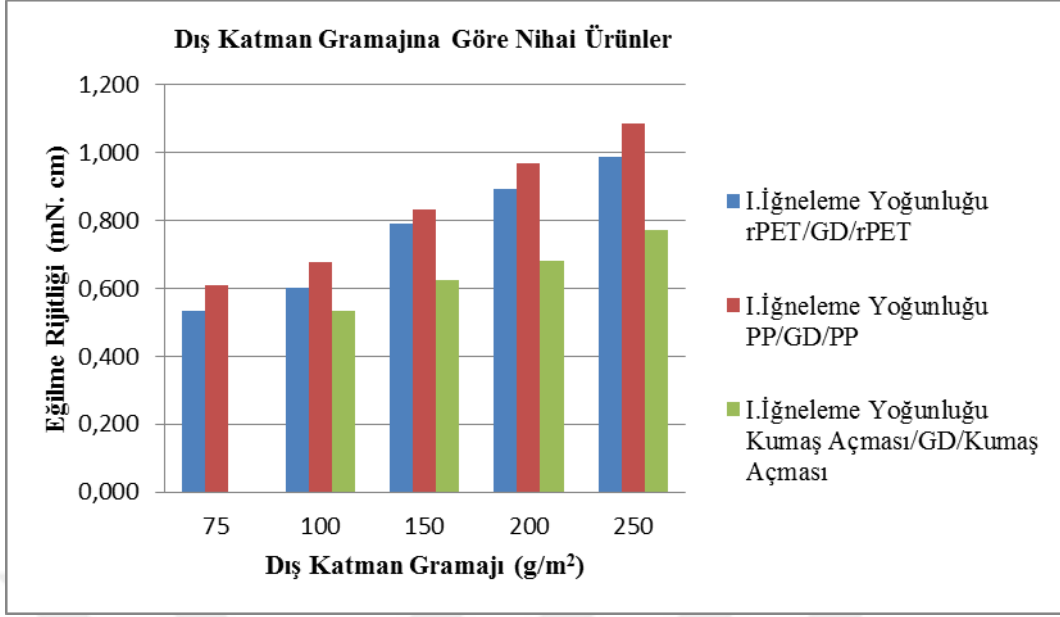
Aşağıda Çizelge 4.59 ve Şekil 4.126-4.127’de I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.59. I. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammaddesi	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Eğilme Rijitliği (mN.cm)	MYD Ortalama Eğilme Rijitliği (mN.cm)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	40 872	75	3,85	0,590	0,610
			100	3,919	0,643	0,677
			150	4,075	0,787	0,833
			200	4,1	0,932	0,970
			250	4,391	1,030	1,088
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	40 872	75	4,17	0,499	0,535
			100	4,323	0,598	0,603
			150	4,541	0,770	0,791
			200	4,756	0,845	0,892
			250	4,873	0,910	0,987
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	40 872	100	4,033	0,512	0,534
			150	4,198	0,584	0,625
			200	4,263	0,628	0,680
			250	4,45	0,714	0,773

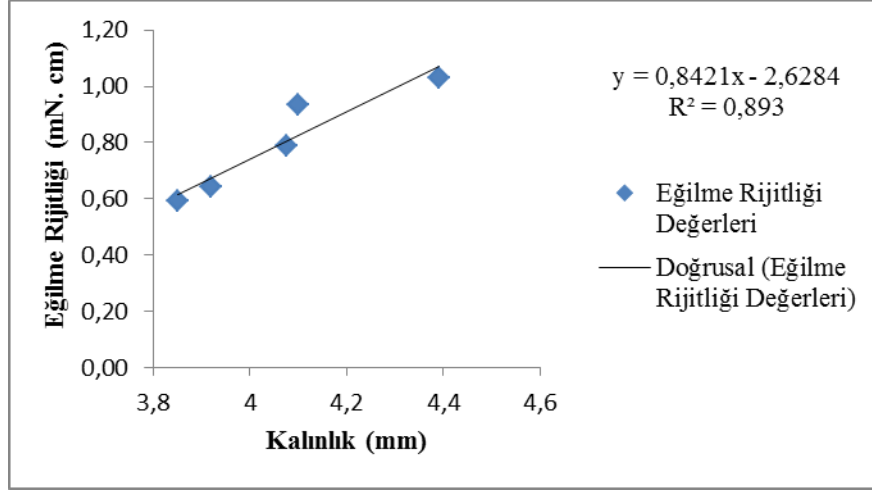


Şekil 4.126. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makine yönü eğilme rijitliği değerleri

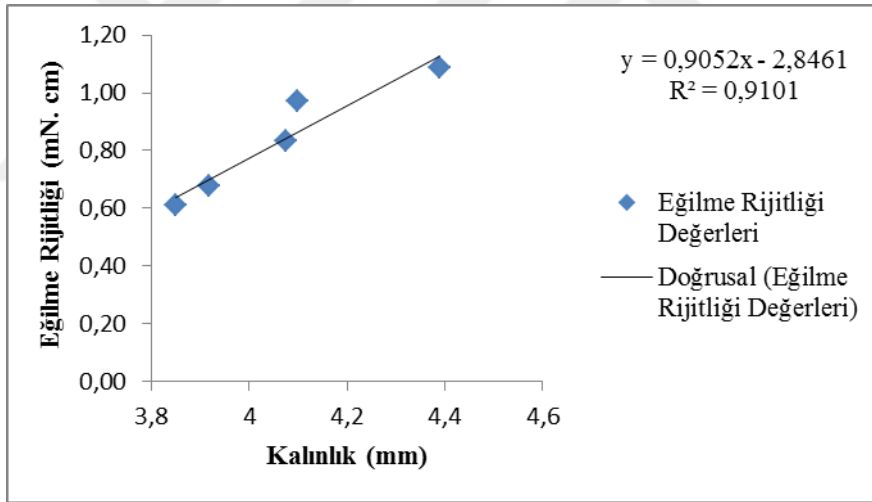


Şekil 4.127. I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makineye dik yöndeki eğilme rijitliği değerleri

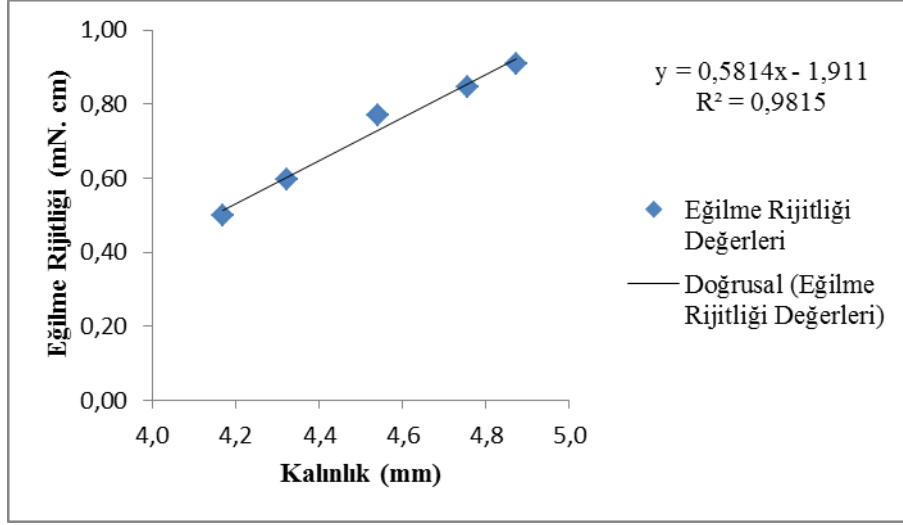
Çizelge 4.59 ve Şekil 4.126-4.127 incelendiğinde dış katmanlardan nihai ürünlere geçilmesiyle artan gramaj ve iğneleme yoğunluğu değerlerinin etkisiyle kumaşların eğilme rijitliği değerlerinde artış görülmüştür. En yüksek eğilme rijitliği değerlerine dış katmanı PP elyaftan oluşan kumaşlarda, en düşük değerlere ise dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan kumaşlarda rastlanmıştır. Lif oryantasyonu nedeniyle makineye dik doğrultudaki numunelerin eğilme rijitliği değerleri daha yüksek bulunmuştur. Aşağıda Şekil 4.128-4.133 arasında dış katman hammaddesi esas alınarak I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve her iki yöndeki eğilme rijitliği değerleri arasındaki ilişki regresyon analizi yöntemiyle incelenmiştir.



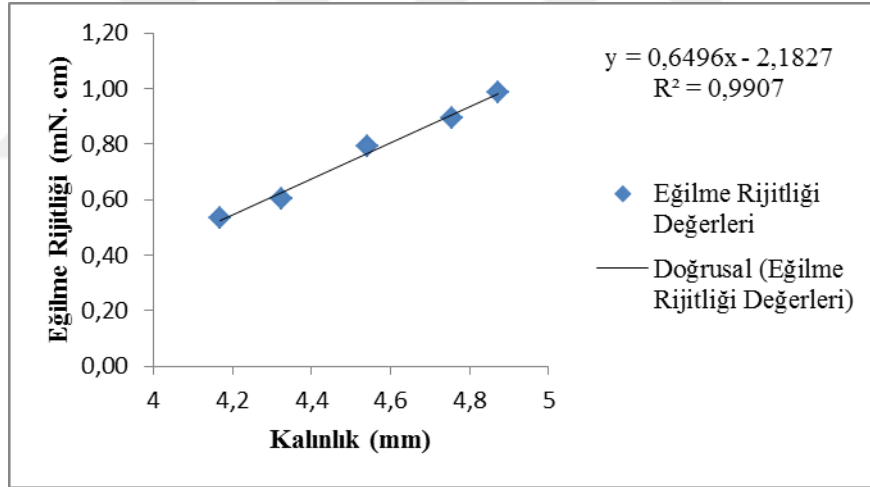
Şekil 4.128. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



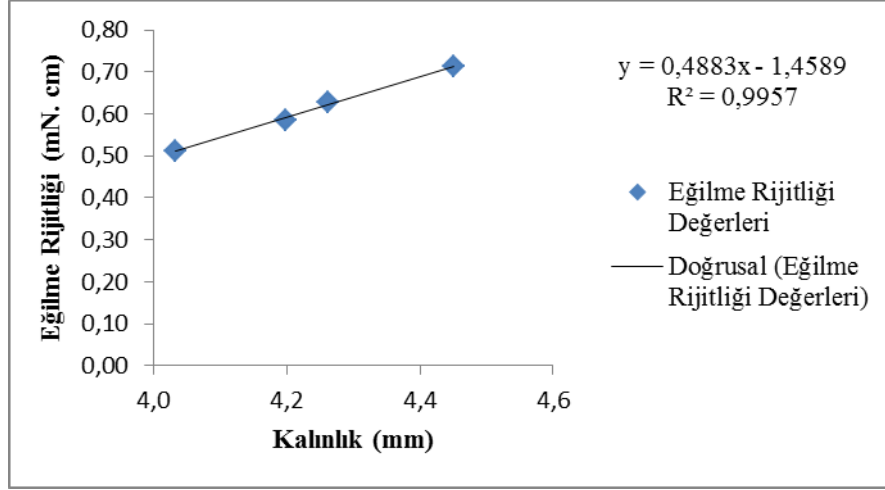
Şekil 4.129. Dış katmanı PP elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



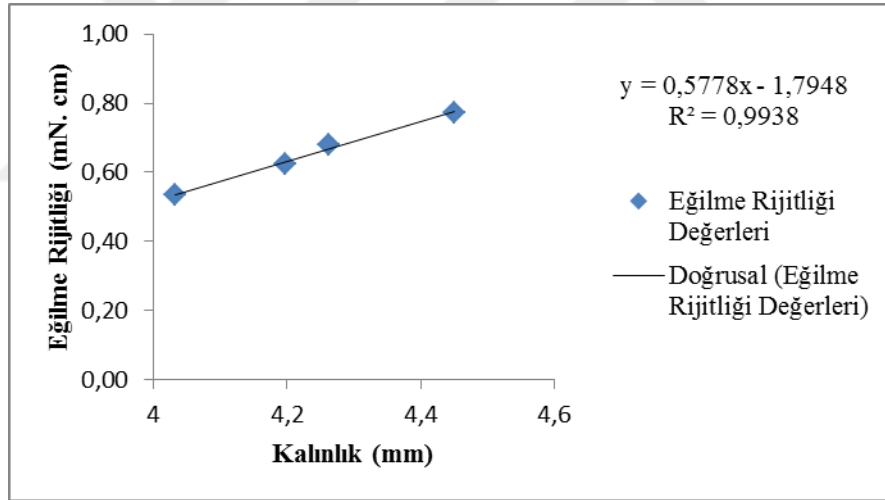
Şekil 4.130. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.131. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.132. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



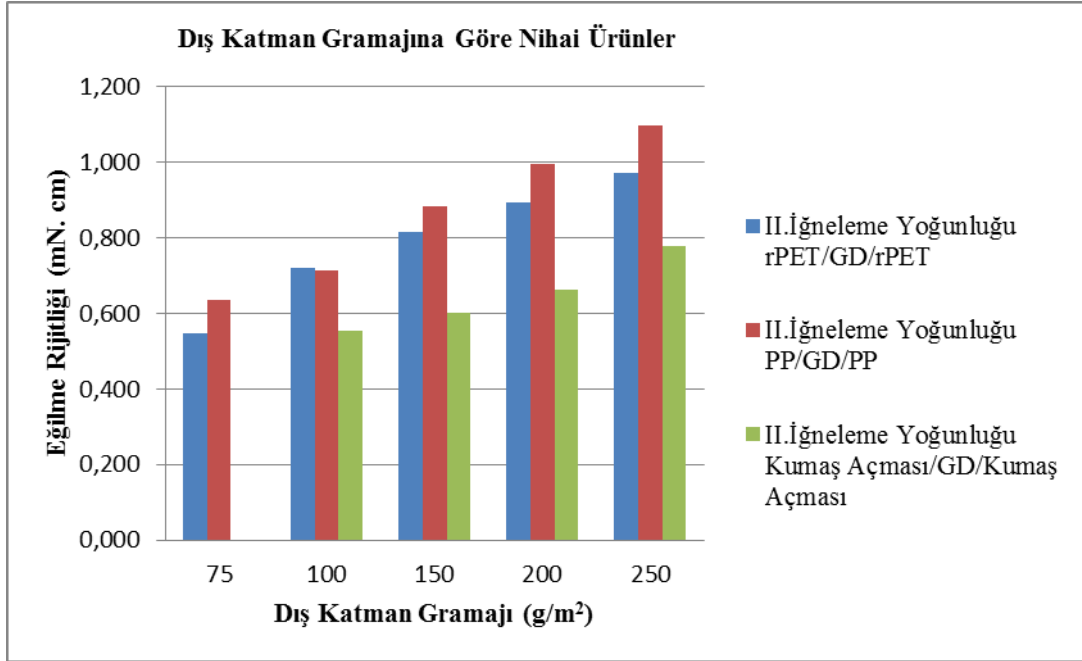
Şekil 4.133. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan I. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon

Regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, dış katman dokusuz yüzey kumaşların ölçülen kalınlıklarının eğilme rijitliği değerleri ile güçlü korelasyon katsayılarıyla doğrusal olarak ilişkili olduğu görülmüştür.

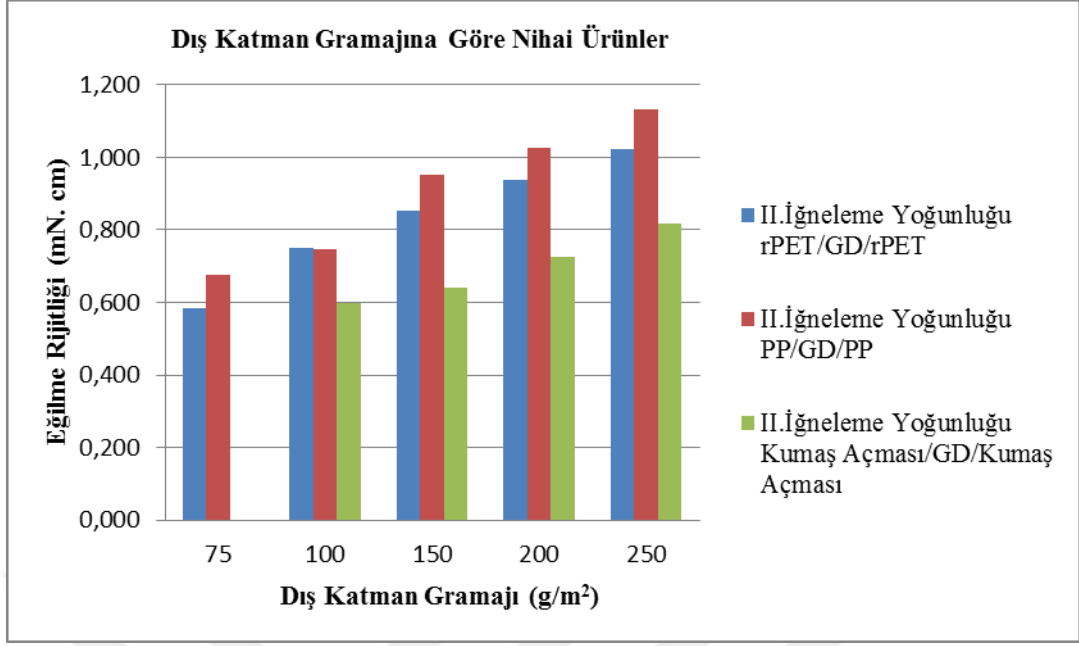
Aşağıda sırasıyla Çizelge 4.60 ve Şekil 4.134-4.135'te II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.60. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Ürün Tipi	Ürün Hammade	Ürün İğneleme Yoğunluğu (İğneleme Sayısı/m ²)	Dış Katman Ağırlık (g/m ²)	Ölçülen Ortalama Kalınlık (mm)	MY Ortalama Eğilme Rijitliği (mN. cm)	MYD Ortalama Eğilme Rijitliği (mN. cm)
Nihai Ürün	PP/GD/PP (500g/m ²)	57 220	75	3,615	0,636	0,675
			100	3,882	0,713	0,745
			150	3,952	0,883	0,953
			200	4,12	0,994	1,027
			250	4,261	1,099	1,133
Nihai Ürün	rPET/GD/rPET (500g/m ²)	57 220	75	4,092	0,548	0,584
			100	4,234	0,721	0,750
			150	4,325	0,817	0,854
			200	4,61	0,894	0,938
			250	4,792	0,971	1,022
Nihai Ürün	Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması (500g/m ²)	57 220	100	3,903	0,553	0,598
			150	4,04	0,602	0,642
			200	4,234	0,664	0,726
			250	4,354	0,778	0,818



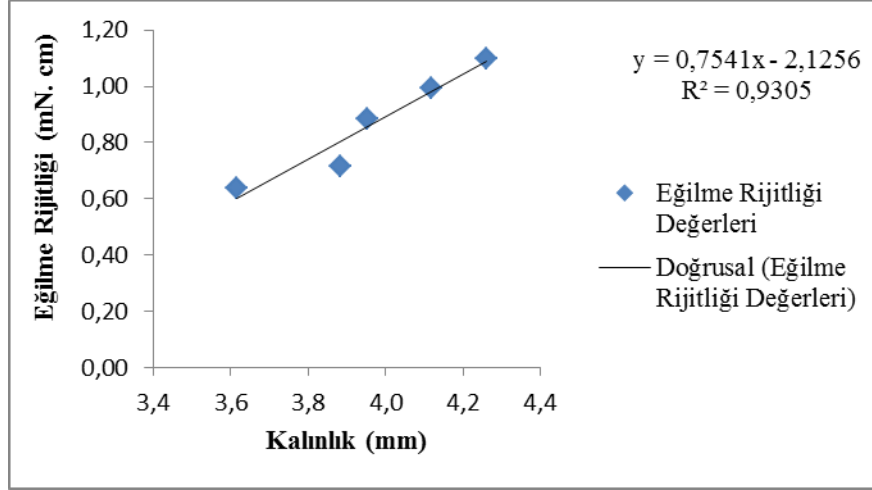
Şekil 4.134. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makine yönü eğilme rijitliği değerleri



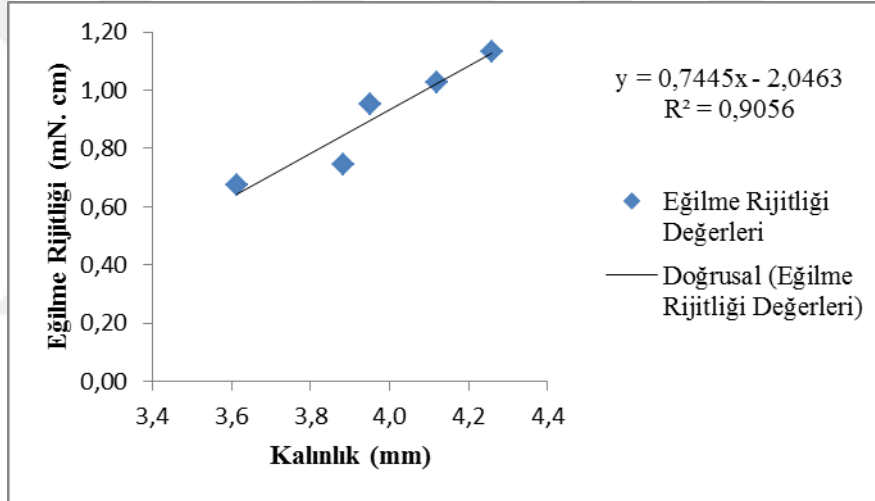
Şekil 4.135. II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların makineye dik yön eğilme rijitliği değerleri

Çizelge 4.60, Şekil 4.134 ve Şekil 4.135 incelendiğinde I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerden II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere geçilmesiyle ürün gramajı aynı kalırken artan iğneleme yoğunluğunun her iki yön için de kumaşların eğilme rijitliğini artırdığı görülmektedir. İğneleme yoğunluğu, kumaşa zarar verecek bir seviyeye ulaşmadığı sürece kumaşın daha sıkı ve liflerin daha birbiri içerisine geçmiş bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Eğilme rijitliğinin iğneleme yoğunluğu artışı ile yükselmesi bu durum ile açıklanabilmektedir.

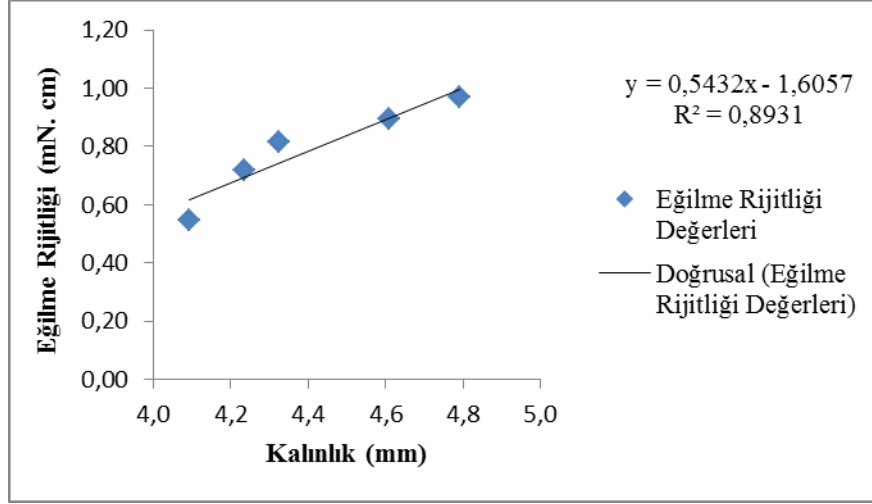
II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlıkları ile eğilme rijitliği değerleri arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelenmiş, Aşağıda Şekil 4.136-4.141 arasında regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ile birlikte sunulmuştur.



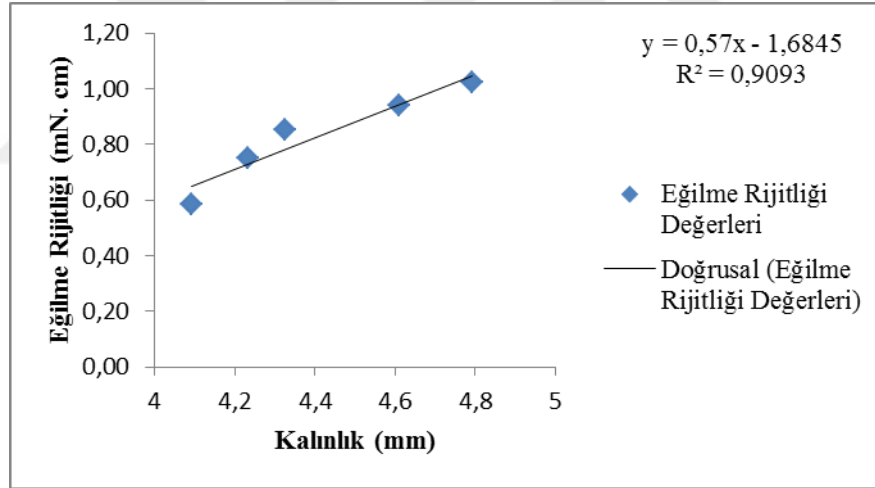
Şekil 4.136. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



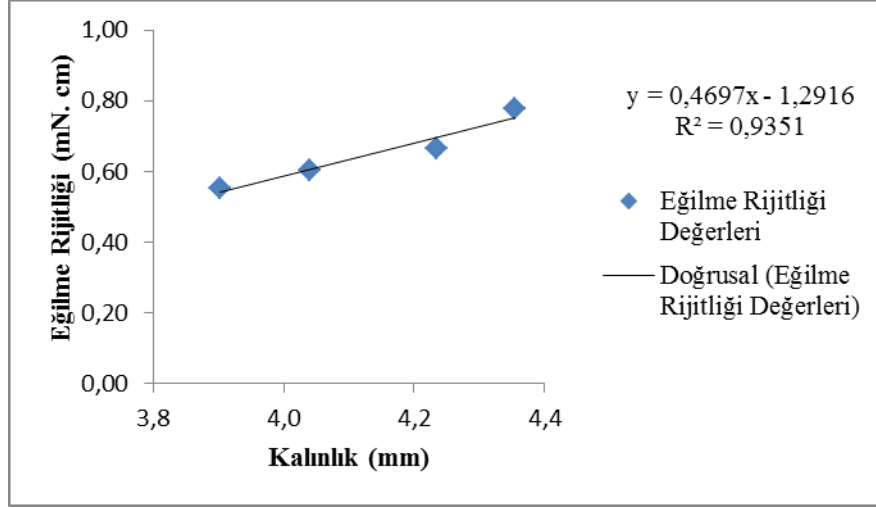
Şekil 4.137. Dış katmanı PP elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



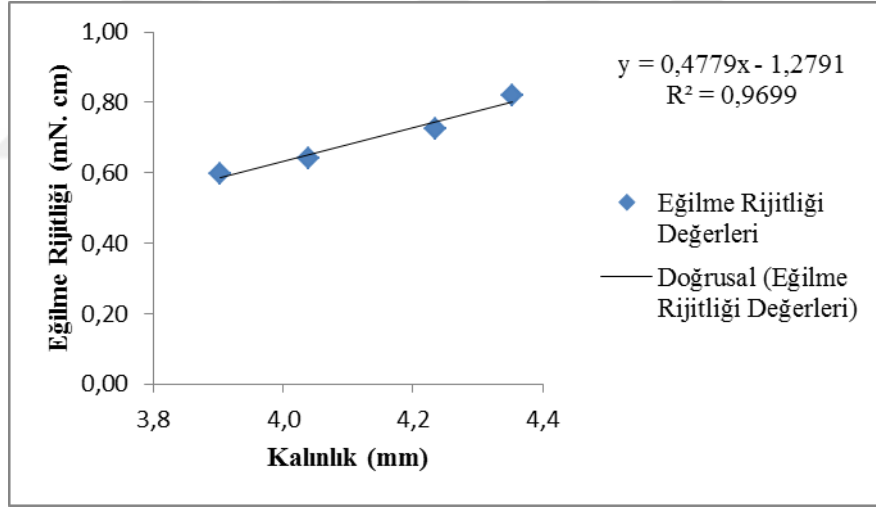
Şekil 4.138. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.139. Dış katmanı rPET elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.140. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makine yönündeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon



Şekil 4.141. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan II. İğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerin kalınlık ve makineye dik yöndeki eğilme rijitliği arasındaki regresyon

Regresyon analizi sonucunda kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları ile eğilme rijitliği değerleri arasında yüksek bir korelasyon içerisinde doğrusal olarak ifade edilebilen bir ilişki gözlenmiştir.

4.8.2. Eğilme Rijitliği Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerleri numune yönü, iğneleme yoğunluğu, hammadde ve gramaj parametreleri dikkate alınarak tek yönlü varyans analizi metoduyla istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye ilişkin sonuçlar Çizelge 4.61’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.61. Dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği bulguları için varyans analizi verileri

Faktör Adı	F Değeri	Önemlilik
Numune Yönü	,666	,415
İğneleme Yoğunluğu	1004,211	,000*
Hammadde	465,342	,000*
Gramaj	754,341	,000*

* : $\alpha=0,05$ için önemlidir.

Çizelge 4.61 incelendiğinde numune yönü hariç diğer tüm faktörlerin kumaşların eğilme rijitliği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir. Kumaşların eğilme rijitliği üzerinde faktörlerin etkilerinin ayrı ayrı incelenmiş olduğu Post Hoc. analizine ait veriler aşağıda sırasıyla Çizelge 4.62-4.64 arasında sunulmuştur.

Çizelge 4.62. İğneleme yoğunluğunun eğilme rijitliğine etkisi

İğneleme Yoğunluğu	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)		
		1	2	3
Dış Katman	168	3,6012		
I. İğneleme Yoğunluğu	168		6,1339	
II.Yoğunluğu	168			6,2964
Önemlilik		1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.62’de iğneleme yoğunluğunun kumaşların eğilme rijitliği üzerindeki etkisine bakıldığında dış katmanı teşkil eden dokusuz yüzey kumaşlardan II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere doğru eğilme rijitliği değerleri artış göstermektedir.

İğneleme yoğunluğu faktörüne göre kumaşların eğilme rijitliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.63. Hammaddenin eğilme rijitliğine etkisi

Hammadde	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)				
		1	2	3	4	5
Kumaş Açması	48	3,2896				
rPET	60		3,5700			
PP	60			3,8817		
Kumaş Açması/GD/Kumaş Açması	96				5,9063	
rPET/GD/rPET	120					6,2400
PP/GD/PP	120					6,4375
Önemlilik		1,000	1,000	1,000	1,000	,310

Hammadde tipinin eğilme rijitliği üzerine etkisinin incelendiği Çizelge 4.63 takip edildiğinde kumaş açması hammaddeden PP hammaddeye doğru geçildiğinde kumaşların eğilme rijitliği değerlerinin arttığı görülmektedir. Dış katmanı rPET ve PP elyaftan üretilmiş olan nihai ürünlerin eğilme rijitliği değerleri en yüksek grupta yer almaktadır ve bu iki ürün tipi için eğilme rijitliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.64. Gramajın eğilme rijitliğine etkisi

Gramaj	N	Alt gruplar ($\alpha=0.05$)						
		1	2	3	4	5	6	7
75	24	2,7042						
100	36	2,9472						
150	36		3,3500					
200	36			3,9778				
250	36				4,7278			
75/350/75	48					5,6937		
100/300/100	72					5,8722		
150/200/150	72						6,2111	
200/100/200	72						6,4458	6,4458
250/0/250	72							6,6792
Önemlilik		,058	1,000	1,000	1,000	,393	,078	,082

Çizelge 4.64'te gramaj faktörünün kumaşların eğilme rijitliği üzerine etkisine bakıldığında kumaş gramajının artmasıyla birlikte eğilme rijitliği değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Dış katmanlar için 75 g/m^2 ve 100 g/m^2 'lik kumaşların eğilme rijitliği arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Nihai ürünlere gelindiğinde ise ara katman içermeyen ürünlerle en düşük miktarda ara katman içeren ürünlerin eğilme rijitliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada battaniye tıraşlama artığı kırpıntı liflerin değerlendirilmesi kapsamında ara katman olarak battaniye tıraşlama artığı kırpıntı elyaf içeren 3 katmanlı dokusuz yüzey kumaşlar üretilmiştir. Kumaşların dış katmanlarını ise farklı gramaj ve iğneleme yoğunluğu değerlerinde nihai ürünlere dönüştürülmek üzere, polipropilen, PET şişeden mekanik olarak geri dönüştürülmüş poliester lifleri (rPET) ve mekanik yolla elde edilmiş kumaş açması geri dönüşüm lifler teşkil etmiştir. İğneleme yöntemiyle elde edilen toplam 42 tipteki dış katman ve nihai ürün dokusuz yüzey kumaşların gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, delinme mukavemeti, aşınma mukavemeti ve eğilme rijitliği özellikleri standart test yöntemleri ile incelenerek bulgular istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Kopma mukavemeti ve uzaması bulguları değerlendirildiğinde; dış katmanlarda her iki yön için gramajın artmasıyla kopma mukavemeti değerlerinin de artış gösterdiği görülmüştür. En yüksek kopma mukavemeti değerlerine PP elyaftan üretilmiş olanlarda rastlanırken rPET ve kumaş açması hammaddeden üretilmiş olan dış katman dokusuz yüzey kumaşların kopma mukavemeti değerleri sırasıyla azalarak takip etmiştir. I. ve II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin kopma mukavemeti değerleri dış katman hammaddesi dikkate alınarak her iki yön için değerlendirildiğinde kumaşların kopma mukavemeti değerlerinin oldukça iyi ve içerdikleri ara katman oranı dikkate alınarak uygun kullanım koşullarında ara katman içermeyen referans ürünler ile ikame edilebilir özellikte oldukları söylenebilmektedir. Literatürde yer alan çalışmalardan Bulacu ve ark. (2015), çalışmaları ile benzer şekilde rPET ve orijinal liflerin kullanımıyla elde edilen dokusuz yüzeylerde makine yönüne dik doğrultuda kopma mukavemeti değerleri beklendiği üzere daha yüksek bulunmuştur. Çalışma kapsamında üretilmiş olan tüm dokusuz yüzey kumaşlar için kopma mukavemeti üzerine incelenen numune yönü, iğneleme yoğunluğu, hammadde tipi ve gramaj parametrelerin etkisinin %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür.

Kopma uzaması bulguları değerlendirildiğinde makine yönü ve makine yönüne dik doğrultudaki dış katman numuneleri için kopma uzama değerleri gramaj artışıyla beraber kendi içinde artış göstermiştir. En yüksek kopma uzaması değerlerine ise PP elyaftan oluşan dış katman dokusuz yüzey kumaşlarda rastlanmıştır. Dış katmanların I. ve II.

iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere dönüşmesiyle ise iğneleme yoğunluğu artışıyla birlikte liflerin birbirine entegre olarak dolaşma miktarları artmakta ve kumaş daha sıkı bir yapı göstermektedir. Bu sıkı yapı, iğneleme yoğunluğunun artışıyla birlikte lif oryantasyonundan dolayı makineye dik doğrultudaki numunelerde daha belirgin şekilde kopma uzaması düşüşüyle kendini göstermiştir. Çalışma kapsamında üretilmiş olan tüm dokusuz yüzey kumaşlar için kopma uzaması üzerine incelenen numune yönü, iğneleme yoğunluğu, hammadde tipi ve gramaj parametrelerin etkisinin %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür.

Hava geçirgenliği bulguları değerlendirildiğinde dış katmanlar için en yüksek hava geçirgenliği değerlerine rPET hammaddeden üretilmiş dokusuz yüzey kumaşlarda rastlanırken en düşük hava geçirgenliği değerleri kumaş açması elyaftan üretilen numunelerde görülmüştür. rPET hammaddeden üretilmiş kumaşların rPET lifinin daha az kıvrımlı oluşu ve hacimlilik özelliğine bağlı olarak açıklanabilecek şekilde hava geçirgenliği daha yüksek çıkmış olduğu düşünülmektedir. PP liflerinin ise kıvrımlarının yüksek oluşunun etkisiyle iğneleme esnasında daha yüksek dolanma ve birbiri içine geçme özelliği gösterdiğinden daha sıkı yapılar meydana getirmiş olabileceği söylenebilir. Kumaş açması elyaftan oluşan dış katmanların hava geçirgenliği ele alındığında en düşük hava geçirgenliği değerleri bu grupta görülmüştür. Burada kumaşlardan mekanik açma yoluyla lif elde edilmesi sırasında işlemin yapısı gereği liflerin birbirinden farklı tiplerdeki hammaddelerden elde edilmesi ve tam olarak açılmamış lif öbeklerinin de kumaş yapısına dahil olması söz konusu olmaktadır. Her bir hammadde grubu için gramaj artışıyla birlikte hava geçirgenliği azalmıştır. Bu durumun sebebi olarak gramaj artışı ile kesitteki lif sayısının artması ve dolayısıyla da hava geçişine engel teşkil eden lif miktarının artması gösterilebilir.

Dış katman dokusuz yüzey kumaşların I. İğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere dönüşmesiyle meydana gelen gramaj ve kalınlık artışına bağlı olarak hava geçirgenliği değerleri düşüş göstermiştir. II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere bakıldığında ise gramaj aynı kalırken iğneleme yoğunluğunun artmasıyla hava geçirgenliği değerlerinde I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere göre artış gözlenmiştir. Burada çalışmanın bulgular bölümünde de belirtildiği gibi iğneleme prosesinin etkisiyle liflerin birbirine sarmalanması ve etraflarında boşluk oluşması suretiyle hava geçirgenliğinin arttığı

düşünülmektedir [27]. Ayrıca iğneleme yoğunluğunun artmasıyla kumaşta iğne dalma-çıkma sayısı arttığından oluşan boşluklar hava geçirgenliğinde artışa neden olmaktadır. I. ve II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünler için ara katman içermeyen referans gruplarla en az miktarda ara katman içeren ürünlerin hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark birbirine oldukça yakın olup yapılan istatistiksel analiz sonucunda kumaş grupları arasındaki hava geçirgenliği değerleri nihai ürünlerde hammadde açısından istatistiksel olarak farksız bulunmuştur. Bu durumda geri dönüşüm ara katmanı içeren nihai ürünler kullanım yeri göz önünde bulundurularak hava geçirgenliği açısından referans ürünlerin ikamesi olarak değerlendirilebilecektir.

Çalışma kapsamında üretilmiş olan tüm dokusuz yüzey kumaşlar için iğneleme yoğunluğu, hammadde tipi ve gramaj parametrelerin hava geçirgenliğine etkisi %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yırtılma mukavemeti bulguları ele alındığında dış katman dokusuz yüzey kumaşlar için her iki yönde en yüksek yırtılma mukavemeti değerlerinin PP lifinden üretilmiş numunelerde görüldüğü söylenebilmektedir. Her bir hammadde grubunda ürün gramajı arttıkça yırtılma mukavemeti değeri de artış göstermiştir. Ürün gramajının artmasıyla numunenin kesit alanındaki lif sayısının artmış olmaktadır. I. iğneleme yoğunluğunda üretilmiş ürünlerde en yüksek yırtılma mukavemeti değerleri dış katmanı PP hammaddeden üretilmiş olan kumaşlarda görülmüştür. PP lifinin lif haldeki mukavemet değerinin yüksek olması ve yüksek kıvrım değerinde olması nedeniyle iğneleme prosesinde nispeten sıkı yapıların oluşmasına elverişli olması beklenen bir durumdur. II. İğneleme yoğunluğu değerindeki ürünlere geçildiğinde iğneleme yoğunluğunun artmasıyla her bir hammadde grubundaki ürün için yırtılma mukavemeti değerlerinde artış gözlenmiştir. Numune yönü dışındaki tüm faktörlerin dokusuz yüzey kumaşların yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir.

Delinme mukavemeti bulguları incelendiğinde; dış katman kumaşlar için delinme yükü ölçüm sonuçları her üç hammaddeden üretilmiş kumaş grubunda gramaj ve kalınlık artışıyla birlikte literatürde yer alan bir çalışmayla benzer şekilde artış göstermiştir [61]. Bununla birlikte bazı gramaj grubundaki rPET ve PP liflerinden üretilmiş kumaşlarla kıyaslandığında kumaş açması elyaftan oluşan dış katmanların nispeten ince olmalarına

karşın daha yüksek delinme dayanımı gösterdiği görülmektedir. rPET ve PP elyaftan üretilmiş kumaşlar ise lif mukavemeti ve kumaş kalınlığı ile uyumlu sonuçlar göstermişlerdir. Kumaş açması elyaftan üretilmiş olan dış katmanlarda kumaş açma işleminin tam etkin şekilde sağlanamadığı lif öbeklerinin bulunması ve delinme testi sırasında kumaşın ortalama kalınlığı diğer elyaf tiplerinden üretilmiş olanlara göre daha düşük bile olsa delinme dayanımının yüksek bulunabileceği ön görülmektedir.

I. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme mukavemeti değerlerine bakıldığında dış katmanı PP elyaftan üretilmiş olan nihai ürünlerin delinme mukavemeti değerlerinin literatürle uyumlu olarak en yüksek değerlerde olduğu görülmektedir [52]. Burada PP elyafının kıvrımlı ve mukavim yapısı sayesinde iğneleme işlemi sırasında liflerin birbirine entergrasyonu ve yapı içerisinde birbirlerine tutunmaları daha yüksek olacağından PP dış katman içeren ürünlerin daha yüksek delinme dayanımı göstermesi beklenen bir sonuçtur. Hemen ardından azalan delinme yükü değerleriyle rPET dış katmandan oluşan ve kumaş açması elyaftan yapılmış dış katmandan oluşan ürünler gelmektedir. rPET dış katmanların kalınlık değerlerinin PP dış katmanların kalınlık değerlerinden daha yüksek olmasına karşın delinme dayanımı açısından nihai kumaş haline geldiklerinde PP dış katmanların ara katmanlarla olan birleşmesinden daha gevşek yapılı şekilde birleşme yaptığı ön görülmektedir. Dolayısıyla delinme dayanımı değerlerinin daha düşük bulunması bu şekilde açıklanabilir. Burada kumaş açması elyaftan üretilmiş dış katman içeren nihai ürünlerin sahip olduğu kalınlık değerlerinden ziyade delinme mukavemetini etkileyen faktörler arasında dış katmanların iğneleme ile orta ve alt katmanla birleşmesi esnasında dış katman hammaddesi kıvrım bulundurmayan ve yer yer ince-kalın elyaftan oluşan kumaş açması hammaddenin iğneleme ile diğer katmanlarla olan entegrasyonunun PP ve rPET elyafa göre daha az gerçekleşmiş olduğu düşünülmektedir.

II. İğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların delinme yükü değerleri incelendiğinde kumaşların delinme yükü değerleri iğneleme yoğunluğunun artışı ile her bir hammadde grubu için düşüş göstermiştir. Bununla birlikte en yüksek delinme dayanımı değerlerine dış katmanı PP elyaftan oluşan kumaşlarda rastlanmıştır. Ardından dış katmanı rPET elyaftan oluşan ürünlerin delinme mukavemeti değerleri gelmektedir. Dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan nihai ürünlerde ise 200 ve 250 g/m²'lik ürün grubunda yüksek delinme mukavemeti değerlerine rastlanmıştır.

Aşınma mukavemeti özelliğine bakıldığında dış katman dokusuz yüzey kumaşlar için en yüksek aşınma dayanımı değerleri PP elyaftan üretilmiş kumaşlarda görülürken her üç hammadde grubu için de gramaj arttıkça aşınma dayanımı değerleri de artış göstermiştir.

I. iğneleme yoğunluğundaki dokusuz yüzey kumaşların aşınma dayanımı özelliğinin dış katmanlardan nihai ürüne geçilmesiyle gramaj ve kalınlık artışıyla birlikte yükseldiği görülmektedir. Her üç hammadde grubu içinde en yüksek aşınma devir sayıları PP elyaftan oluşan dış katman yapısındaki nihai ürünlerde gözlenmiştir. Kumaşların aşınması dış yüzeyin boncuklanması, boncukların devam eden aşınma deneyi sürecinde kaybolması ve daha sonra kumaş yüzeyinde delik oluşması şeklinde gerçekleşmiştir. İğneleme yoğunluğu artışı kumaşların aşınma devir sayısını artırmıştır. Nihai ürünlerde dış katmanı PP elyaftan oluşan ürünler ile dış katmanı rPET elyaftan oluşan ürünlerin aşınma dayanımı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte iğneleme yoğunluğu, gramaj ve hammadde faktörlerinin dokusuz yüzey kumaşların aşınma dayanımı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmüştür.

Eğilme rijitliği incelendiğinde dış katman dokusuz yüzeylerde kumaşların gramajlarının artmasıyla birlikte genel olarak her üç hammadde grubundaki dış katmanlarda eğilme rijitliğinin arttığı görülmektedir. Bununla birlikte en yüksek eğilme rijitliği değerleri PP elyaftan üretilmiş dış katman kumaşlarda görülmüştür. PP lifleri poliolefin grubundan olan hafif bir lif olmalarından dolayı aynı gramajdaki rPET lifinden oluşan ürünlere göre PP lifleri kullanıldığında kesit alanda daha çok lif içeren ürünlerin elde edilmesi söz konusu olacaktır. Bu durumda liflerin iğneleme ile birbiri içerisinden geçerek dolanmaları sonucunda daha çok bağlantı noktası içeren ürünler PP elyaftan üretilenler olmaktadır. Dolayısıyla da PP elyaftan üretilmiş dış katman dokusuz yüzey kumaşların eğilme rijitliği değerlerinin yüksek olması bu durumla ilişkilendirilebilmektedir.

Dış katmanlardan nihai ürünlere geçilmesiyle artan gramaj ve iğneleme yoğunluğu değerlerinin etkisiyle kumaşların eğilme rijitliği değerlerinde artış görülmüştür. En yüksek eğilme rijitliği değerlerine dış katmanı PP elyaftan oluşan kumaşlarda, en düşük değerlere ise dış katmanı kumaş açması elyaftan oluşan kumaşlarda rastlanmıştır. Dış katmanı rPET

ve PP elyaftan oluşan ürünlerin eğilme rijitliği arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur. Aynı zamanda ara katman içermeyen referans niteliğindeki nihai ürünler ile en az miktarda geri dönüşüm ara katmanı içeren ürünler arasındaki eğilme rijitliği farkı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Lif oryantasyonu nedeniyle makineye dik doğrultudaki numunelerin eğilme rijitliği değerleri daha yüksek bulunmuştur. I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerden II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlere geçilmesiyle ürün gramajı aynı kalırken artan iğneleme yoğunluğunun her iki yön için de kumaşların eğilme rijitliğini artırdığı görülmektedir. İğneleme yoğunluğu, kumaşa zarar verecek bir seviyeye ulaşmadığı sürece kumaşın daha sıkı ve liflerin daha birbiri içerisine geçmiş bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Eğilme rijitliğinin iğneleme yoğunluğu artışı ile yükselmesi bu durum ile açıklanabilmektedir. Numune yönü hariç diğer tüm faktörlerin kumaşların eğilme rijitliği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında üretilmiş olan dokusuz yüzey kumaşların performans özellikleri üzerinde etkili olan parametreler genel olarak değerlendirildiğinde; dış katman dokusuz yüzey kumaşlarda hammadde olarak PP elyafın kullanıldığı numunelerde liflerin kıvrımlı ve orijinal olmalarından dolayı daha sıkı ve mukavim yapıların elde edildiği görülmüştür. rPET liflerinden üretilen dış katman dokusuz yüzey kumaşların ise nispeten hacimli ve esnek yapıda olduğu söylenebilir. Mekanik olarak elde edilmiş olan kumaş açması geri dönüşüm elyaf kullanılarak üretilmiş olan dış katman kumaşlarda istenen kalınlık ve gramaj değerlerinde kumaşlar üretilirken yüzey içerisinde yer alabilecek farklı tipte ve boydaki liflerle tam olarak açılması sağlanamamış lif öbeklerinin bulunabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Nihai ürünlerin test sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ,

- Kopma mukavemeti tayini sonuçlarına göre I. iğneleme yoğunluğu değerindeki nihai ürünler için PP hammaddeden oluşan dış katmana sahip ürünlerde hiç ara katman içermeyen referans ürüne göre, 200 g/m² ağırlığında dış katmandan oluşan ve en az miktarda geri dönüşüm katmanı içeren ürünlerin kopma mukavemet değerleri makine yönünde ve makineye dik yönde sırasıyla yaklaşık %20 ve %25'lik düşüş göstermiştir. rPET için, hiç geri dönüşüm ara katmanı içermeyen referans ürüne göre en az miktarda geri dönüşüm katmanı içermeleri durumunda

sırasıyla makine yönü ve makineye dik yöndeki mukavemet düşüş değerleri %13 ve % 0,27 olarak hesaplanmıştır. Dış katmanı geri dönüşüm hammaddeden oluşan I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünler için kopma mukavemeti değerlerinde makine yönünde ve makineye dik yönde sırasıyla yaklaşık %0,7 ve %10 düşüş görülmüştür. II. iğneleme yoğunluğu değerindeki nihai ürünlerde ara katman içermeyen ve PP elyaftan oluşan ürünün kopma değerinden bir düşük olan ve 100 g/m² ağırlığında ara katman içeren ve dış katmanı PP elyaftan oluşan ürünün kopma mukavemeti değeri referans ürüne göre makine yönünde yaklaşık %2'lik, makineye dik yöndeki ürünlerde ise yaklaşık %9'luk düşüş göstermiştir. Dış katmanı rPET lifinden üretilmiş ürünlere bakıldığında geri dönüşüm katmanı içermeyen ürüne göre en az miktarda geri dönüşüm ara katman içeren üründeki makine yönünde kopma mukavemeti değerinde yaklaşık %30'luk, makineye dik yönde ise %13'lük düşüşe rastlanmıştır. Dış katmanı geri dönüşüm hammaddeden oluşan II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünler için kopma mukavemeti değerlerinde makine yönünde ve makineye dik yönde sırasıyla yaklaşık %5 ve %9'luk düşüş görülmüştür.

- I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünler için makine yönündeki ürünlerden PP hammaddeden üretilmiş 200 gramlık dış katmana ve 100 gramlık ara katmana sahip ürünlerde referans ürüne göre kopma uzaması değerlerinde yaklaşık %5'lik bir düşüş, makineye dik yönde ise %8'lik bir düşüş görülmüştür. Dış katmanı rPET hammaddeden üretilmiş olanlarda ise makine yönünde %23, makineye dik yöndeki ürünlerde %10'luk düşüşe rastlanmıştır. Dış katmanı geri dönüşüm elyaftan üretilmiş olan I. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerde makine yönündeki ürünler için hiç ara katman içermeyen referans ürüne göre en az miktarda ara katman içeren ürünlerin kopma uzama değerleri %14, makineye dik yöndeki ürünlerde ise %8'lik düşüş göstermiştir. II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerde PP hammaddeden ve ara katman içermeyen referans ürüne göre dış katmanı PP hammaddeden oluşan ve 100 gramlık geri dönüşüm ara katmanı içeren ürünlerde makine yönünde ve makineye dik yönde kopma uzaması değerlerinde sırasıyla %10 ve %8'lik düşüş görülürken, rPET elyaftan oluşan ürünlerde bu değerler sırasıyla %24 ve %5, geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise ara

katman içermeyen referans ürüne göre en az miktarda ara katman içeren ürün için bu değerler sırasıyla %7 ve %8 olarak bulunmuştur.

- Yırtılma mukavemeti sonuçları değerlendirildiğinde I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerde PP elyaftan üretilmiş ara katman içermeyen referans ürüne göre dış katmanı PP elyaftan oluşan ve en az miktarda ara katman içeren ürünlerde sırasıyla makine yönünde ve makineye dik yönde %11 ve %18'lik düşüş, rPET elyaf için ise %6 ve %2'lik düşüş, geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise %30 ve %6 oranlarında düşüş görülmüştür. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerde PP elyaftan üretilmiş ara katman içermeyen referans ürüne göre dış katmanı PP elyaftan oluşan ve en az miktarda ara katman içeren ürünlerde sırasıyla makine yönünde ve makineye dik yönde %0,2 ve %9, rPET elyaf için %4 ve %7, geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise %13 ve %12 oranlarında düşüş görülmüştür.
- Statik delinme mukavemeti sonuçlarına bakıldığında, PP elyaftan üretilmiş I. iğneleme yoğunluğu değerindeki nihai ürünlerde ara katman içermeyen referans ürüne göre dış katmanı PP elyaftan üretilmiş olan ve en az miktarda geri dönüşüm ara katmanı içeren nihai ürünlerde düşüş %5, rPET elyaf için %13 ve geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise %2 oranında olmuştur. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlere geçildiğinde bu düşüş oranları sırasıyla PP elyaftan oluşan nihai ürünler için %11, rPET elyaftan oluşan ürünler için %15 ve geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünler içinse %18 olarak bulunmuştur.
- Aşınma mukavemeti sonuçlarına bakıldığında I. iğneleme yoğunluğu değerindeki ürünlerde PP ve rPET elyaftan üretilmiş olanaların en az miktarda geri dönüşüm katmanı içereni referans ürüne kıyasla aşınma mukavemeti bakımından %28'lik bir düşüş göstermiştir. Geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde bu oran %33 olarak bulunmuştur. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlere geçildiğinde ise PP ve rPET elyaftan üretilmiş olanaların en az miktarda geri dönüşüm katmanı içereni referans ürüne kıyasla aşınma mukavemeti bakımından %25 lik düşüş gösterirken geri dönüşüm elyaftan oluşan nihai ürünlerde bu oran %27 olarak karşımıza çıkmıştır.

- Hava geçirgenliği sonuçlarına bakıldığında I. iğneleme yoğunluğu değerindeki ürünlerde, ara katman içermeyen referans ürünlerin hava geçirgenlik değerleri her üç hammadde tipi için de en az miktarda geri dönüşüm katmanı içeren ürüne kıyasla daha düşük bulunmuştur. Dış katmanı PP elyaftan oluşan ve en az miktarda geri dönüşüm katmanı içeren I. iğneleme yoğunluğundaki ürünün hava geçirgenliği %3, rPET elyaftan üretilmiş olan ürünün hava geçirgenlik değeri %13 ve geri dönüşüm elyaftan üretilmiş olan en az miktarda ara katman içeren ürünün referans ürüne göre hava geçirgenlik değeri %12 oranında daha fazla bulunmuştur. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerin hava geçirgenliği sonuçlarına bakıldığında dış katmanı PP elyaftan oluşan ve en az miktarda geri dönüşüm katmanı içeren II. iğneleme yoğunluğundaki ürünün hava geçirgenliği %3, rPET elyaftan üretilmiş olan ürünün hava geçirgenlik değeri %5 ve geri dönüşüm elyaftan üretilmiş olan en az miktarda ara katman içeren ürünün referans ürüne göre hava geçirgenlik değeri %1 oranında daha fazla bulunmuştur.
- Eğilme rijitliği sonuçları değerlendirildiğinde I. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerde PP elyaftan üretilmiş ara katman içermeyen referans ürüne göre dış katmanı PP elyaftan oluşan ve en az miktarda ara katman içeren ürünlerde sırasıyla makine yönünde ve makineye dik yönde %9 ve %10'luk düşüş, r PET elyaf için ise %7 ve %9'luk düşüş, geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise her iki yönde de %12 oranlarında düşüş görülmüştür. II. iğneleme yoğunluğundaki ürünlerde PP elyaftan üretilmiş ara katman içermeyen referans ürüne göre dış katmanı PP elyaftan oluşan ve en az miktarda ara katman içeren ürünlerde her iki yönde de %9, r PET elyaf için her iki yönde de %8 geri dönüşüm elyaftan oluşan ürünlerde ise %14 ve %11 oranlarında düşüş görülmüştür.
- Test sonuçlarının SPSS 23 paket programında tek yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırma yöntemleriyle %95 güven aralığında değerlendirilmesiyle elde edilen bulgular genel olarak ele alındığında dış katman gramajı esas alınarak yapılan değerlendirmelerde kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği testlerinde dış katmanı 150 g/m² ve 200 g/m² olan (sırasıyla 200 ve 100 gramlık geri dönüşüm ara katmanı içeren) nihai ürünlerin sonuçları ile geri

dönüşüm ara katmanı içermeyen referans ürünlerin sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur. Bu durumda söz konusu testler için bu kumaşlar referans ürün ile ikame olarak kullanılabilir. Statik delinme mukavemeti ve eğilme rijitliği testlerinin istatistiksel değerlendirmesine bakıldığında dış katman gramajı açısından 150 g/m^2 ve 200 g/m^2 olan (sırasıyla 200 ve 100 gramlık geri dönüşüm ara katmanı içeren) ürünlerin delinme mukavemeti arasındaki fark ve 200 g/m^2 dış katmandan oluşan ürün ile ara katman içermeyen referans ürün arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur. Dolayısıyla sözü geçen testler için bu kumaşlar referans ürün ile ikame olacak şekilde kullanılabilir. Aşınma mukavemeti testinde ise referans ürüne kıyasla ara katman içeren ürünlerin aşınma mukavemet değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

- İğneleme yoğunluğu parametresinin nihai ürünler üzerindeki etkisine istatistiksel olarak bakıldığında yalnızca hava geçirgenliği ve aşınma dayanımı testlerinde sayısal olarak farklı bulunmalarına rağmen iğneleme yoğunluğunun istatistiksel olarak nihai kumaşlar arasında önem arz etmediğini görmekteyiz. Diğer testler içinse I. ve II. iğneleme yoğunluğundaki nihai ürünlerin performans özellikleri arasındaki fark istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

İğneleme yöntemi ile dokusuz yüzey kumaşların üretilmesinde, çok farklı tipte liflerin bir arada kullanılması mümkün olabilmektedir. Bu çalışma kapsamında çevresel ve ekonomik değerler göz önünde bulundurularak battaniye üretimi sırasında meydana gelen ve atık niteliği taşıyan kırpıntı elyafın iğneleme yöntemi ile dokusuz yüzey kumaş üretim sürecinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Geri dönüşüm ara katmanı içerecek şekilde elde edilen kumaşların belirlenen performans özellikleri ara katman içermeyen referans ürünlerle istatistiksel analizler doğrultusunda karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Sonuç olarak, geri dönüşüm ara katmanı içeren dokusuz yüzey kumaşların uygun kullanım koşulları belirlenerek kullanım alanına göre beklenen performans özelliklerini sağlayabilecek nitelikte olduğu söylenebilir.

İlerleyen çalışmalar için ekolojik olarak bakıldığında dokusuz yüzeylerin literatürde yer alan çalışmalarla uyumlu olarak [58,59], biyobozunurluklarının değerlendirildiği çalışmaların yürütülmesi çevresel açıdan önem arz etmektedir. Yeni çalışmalarda elde

edilen ürünlerin hidrolik performans özelliklerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte geri dönüşüm liflerin kullanımının maliyet analizi açısından da değerlendirilmesi ekonomik olarak katkı sağlayacak çalışmalara yön verecektir.



KAYNAKLAR

1. T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayı 29314, 2 Nisan 2015
2. Tekirdağ Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Atık yönetiminde geri kazanım uygulamaları, 14 Şubat 2012
3. Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., 2016, “Tekstil ve konfeksiyon sektöründe sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm olanakları”, *Tekstil ve Mühendis*, 23 (101):43-60.
4. Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., 2009, “Pamuklu tekstiller ve çevre: bir bornozun yaşam döngü değerlendirmesi”, *Journal Of Textile&Apparel/Tekstil Ve Konfeksiyon*, 19 (3):197-205
5. Roznev, A., Puzakova, E., Akpedeye, F., Sillstén, I., Dele, O., &Ilori, O., 2011, “Recycling in textiles”, *Supplychain Management*, 1-20.
6. İnternet: <http://www.weardonaterecycle.org/about/index.html>, [Erişim tarihi, 26 Ocak 2018]
7. Yalçın, İ., 2010, “Kompozit inşaat tekstili tasarımı ve performansının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
8. Bhatia, D., Sharma, A., Malhotra, U., 2014, “Recycled fibres an overview”. *International Journal of Fiber and Textile Research*, 4(4), 77-82.
9. Altun, Ş., “Tekstil üretim ve kullanım atıklarının, geri kazanımı, çevresel ve ekonomik etkileri”, Uşak Ticaret ve Sanayi Odası Raporu, 2016.
10. Leonas, K. K., 2017, “The use of recycled fibers in fashion and home products” *Textiles and Clothing Sustainability* (pp. 55-77), Springer, Singapore.
11. Wang, Y., “ Recycling in textiles”, 2006, Woodhead publishing, 2-3.
12. Muthu,S.S., Li, Y., Hu, J. Y.,Ze, L., 2012, “Carbon footprint reduction in the textile process chain: recycling of textile materials” *Fibers and Polymers*, 13(8), 1065-1070.
13. Gulich, B., 2006, “Development of products made of reclaimed fibres”, *Recycling in textiles*, 50, 117.
14. Voncina, B., 2016, “Recycling of textile materials”, Seventh framework programme, 1-37.

15. Östlund, Å., Wedin, H., Bolin, L., Berlin, J., Jönsson, C., Posner, S., Sandin, G. 2015, *Textilåtervinning: Tekniska möjligheter och utmaningar*. Naturvårdsverket, 54-57.
16. İnternet: <http://www.plastics.org.nz/environment/educationalresources/environmental-resources/plastics-id-codes> [Erişim tarihi: 21.02.2018]
17. Altun, S., Ulcay, Y., 2004, "Improvement of waste recycling in PET fiber production", *Journal of Polymers and the Environment*, 12(4), 231-237.
18. Shen, L., Worrell, E., Patel, M. K., 2010, "Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling", *Resources, conservation and recycling*, 55(1), 34-52.
19. Al-Salem, S. M., Lettieri, P., Baeyens, J. 2009, "Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review", *Waste management*, 29(10), 2625-2643.
20. Tayyar, A. E., Üstün, S., 2010, "Geri kazanılmış Pet'in kullanımı", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 53-62.
21. Hagoort, S., 2013, "Evaluating the impact of closed loop supplychains on Nike's environmental performance and costs", Doctoral dissertation, MSc Thesis, Operations Management and Logistics, Eindhoven University of Technology, Eindhoven
22. Yılmaz, S., 2007, "The situation of blanket industry in Türkiye and blanket production methods", *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14, 113-117.
23. T.C. Ekonomi Bakanlığı, Ekonomik Araştırmalar ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Uşak İl Raporu, Nisan 2017
24. Butler, I., 2002, *INDA Nonwovens Glossary. INDA Association of the Nonwoven Fabrics Industry Advancing Nonwovens Worldwide*
25. Duran, K., *Dokusuz Yüzeyler*, 2004, Teknik Fuarcılık Yayınları, İstanbul
26. Russell, S. J. , *Handbook of nonwovens*, 2006, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, ISBN-10: 1-85573-603-9, England, 240-251
27. Albrecht, W., Fuchs, H., Kittelmann, W., 2003, *Nonwoven fabrics*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGa, 748p, Almanya
28. Teknik Tekstiller Sektörü 2014, T.C Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Tekstil ve Konfeksiyon Ürünleri Daire Başkanlığı

29. Çiñçik, E. 2010, “İğneleme yöntemiyle üretilen polyester/viskon karışimli dokusuz yüzey özelliklerinin deneysel ve istatistiksel analizi”, Doktora tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana
30. Günaydın, E., 2015, “Mekanik olarak üretilen dokusuz yüzey (Nonwoven) kumaşlara uygulanan farklı ısı işlem parametrelerinin kumaş özelliklerine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri
31. Can, M., U., 2005, “Tekstil döküntüsü içeren nonwoven kumaşların iç mimaride kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
32. Memon, N. A., 2016, “Nonwovens: Global demand is expected to reach 9.1 million tonnes in 2017” *Korea*, 233 (226,223), 217-174.
33. Rawal, A., Shah, T., Anand, S., 2010, “Geotextiles: production, properties and performance” *Textile Progress*, 42(3), 181-226.
34. İnternet: www.nonwovens-industry.com [Erişim tarihi: 21.02.2018]
35. Erdoğan, Ü. H., 2008, “Jeotekstillerde kullanılan polipropilen liflerin kullanımındaki özelliklerinin çeşitli metodlarda incelenmesi”, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
36. Burhan, V., Soyaslan, İ., 2016, “Jeotekstillerin uygulama alanları ve fonksiyonları”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1, 70-77.
37. İnternet: <http://www.tikp.co.uk/knowledge/marketsectors/geotextiles/overview/?print=true> [Erişim tarihi: 21.02.2018]
38. İnternet: <https://www.wrekinproducts.com/gt-membrane-500/> [Erişim tarihi 21.02.2018]
39. Radetić, M. M., Jocić, D. M., Jovančić, P. M., Petrović, Z. L., Thomas, H. F. 2003, “Recycled wool-based nonwoven material as an oil sorbent”, *Environmental science & technology*, 37(5), 1008-1012.
40. Sakthivel, S., EhzilAnban, J. J., Ramachandran, T., 2014, “Development of needle punched nonwoven fabrics from reclaimed fibers for air filtration applications”. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(1), 149-154.
41. Kut, D., Orhan, M., 2004, “Farklı geri kazanım oranları ile iğneleme yöntemi kullanılarak üretilen polipropilen dokusuz yüzeylerin fiziksel özelliklerinin araştırılması”, *Tekstil Maraton*, 2, 49-55.
42. Sakthivel, S., Ramachandran, T., 2012, “Thermal conductivity of non-woven materials using reclaimed fibres”. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 2(3), 2986.

43. Lin, J. H., Lin, C. M., Kuo, C. Y., Lin, C. W., Hsieh, C. T., Lou, C. W., 2010, "Manufacture technology of novel reinforcing composite geotextile made of recycled nonwoven selvages", *Advanced Materials Research*, 123, pp. 137-140
44. Lin, J. H., Li, J. H., Hsieh, J. C., Hsing, W. H., Lou, C. W., 2015, "Physical properties of geotextiles reinforced by recycled kevlar selvages", *Applied Mechanics and Materials*, 749, 295-298.
45. Sharma, R., Goel, A., 2017, "Development of nonwoven fabric from recycled fibers". *Journal of Textile Science and Engineering*, 7, 289-292.
46. Altun, S., 2012, "Prediction of textile waste profile and recycling opportunities in turkey", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 5 (94): 16-20.
47. Goynes, W.R., 2000, "Fabrication and finishing of nonwoven blankets from recycled fibers", *Textile Chemist & Colorist & American Dyestuff Reporter*, 32(1), 40-45.
48. Lou, C. W., Lin, J. H., Su, K. H., 2005, "Recycling polyester and polypropylene nonwoven selvages to produce functional sound absorption composites", *Textile Research Journal*, 75(5), 390-394.
49. Wang, Y., 1999, "Utilization of recycled carpet waste fibers for reinforcement of concrete and soil", *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 38 (3), 533-546.
50. Wang, Y., Zhang, Y., Polk, M., Kumar, S., Muzzy, J., 2003, "Recycling of carpet and textile fibers". *Plastics and the Environment*, 697-725.
51. Parikh, D. V., Sachinvala, N. D., Chen, Y., Sun, L., Bhat, G., Ramkumar, S., 2006, "Acoustic Properties of Environmentally Benign Automotive Natural Fiber Composites". *AATCC review*, 6 (1).43-48.
52. Leon, A. L., Potop, G. L., Hristian, L., & Manea, L. R., 2016, "Efficient technical solution for recycling textile materials by manufacturing nonwoven geotextiles" *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 145, (2), 022022.
53. Gorchakova, V. M., Kuchkovskaya, A. B., Izmailov, B. A., 2013, "Influence of organosilicon modifiers on the properties of recycled polyester fibers and geotextile non-clothmaterials". *Fibre Chemistry*, 45 (4), 214-216.
54. Rawal, A., Anandjiwala, R., 2007, "Comparative study between needlepunched nonwoven geotextile structures made from flax and polyester fibres", *Geotextiles and Geomembranes*, 25 (1), 61-65.

55. Rawal, A., Saraswat, H., 2011, "Stabilisation of soil using hybrid needlepunched nonwoven geotextiles". *Geotextiles and Geomembranes*, 29 (2), 197-200.
56. Lin, J. H., Hsieh, J. C., Li, J. H., Hsing, W. H., Lou, C. W., 2014, "Effects of needle-punch depth on properties of PET/LPET/Kevlar nonwoven geotextiles", *Advanced Materials Research*, 910, 266-269.
57. Bulacu, R., Farima, D., Cicioiu, M., Barbu, I., 2015, "Geotextiles from recycled fibers". *Annals Of The University Of Oradea Fascicle Of Textiles, Leatherwork*
58. Broda, J., Rom, M., Grzybowska-Pietras, J., Przybylo, S., Laszczak, R., 2016, "Application of textile wastes for the production of innovative geotextiles designed for erosion control". *Tekstil: Journal of Textil & Clothing Technology*, 65 (5-6), 222-226.
59. Sarsby, R. W., 2007, "Use of 'Limited Life Geotextiles'(LLGs) for basal reinforcement of embankments built on softclay", *Geotextiles and Geomembranes*, 25 (4-5), 302-310.
60. Mwasha, A., 2009, "Using environmentally friendly geotextiles for soil reinforcement: a parametric study". *Materials & Design*, 30 (5), 1798-1803.
61. Fanguero, R., Carvalho, R., Soutinho, H. F. C., 2011, "Mechanical properties of needle-punched nonwovens for geotechnical applications", *International Conference on Engineering-ICEUB, Portekiz*.
62. Li, T. T., Wang, R., Lou, C. W., Huang, C. H., & Lin, J. H., 2013, "Mechanical and physical properties of puncture-resistance plank made of recycled selvages", *Fibers and Polymers*, 14(2), 258-265.
63. Trajković, D., Stepanović, J., Šarac, T., Stojiljković, D., & Đorđić, D., 2015, "The prediction of elastic limit of nonwoven geotextiles made of virgin and recycled polyester fibers", *Journal Of Textile & Apparel/Tekstil Ve Konfeksiyon*, 25(3), 229-235.
64. Başer, İ., 1992, *Elyaf Bilgisi*, Marmara Üniversitesi yayınları, 524, İstanbul, 179.
65. Seventekin, N. 2003, *Kimyasal Lifler*, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi, İzmir, 68.
66. TS EN ISO 5079: Tek Lif Kopma Kuvveti
67. İnternet: www.edana.org Erişim tarihi [21.02.2018]
68. TS EN 29073-1:1998, Tekstil-Dokunmamış Kumaşlar İçin Deney Metotları-Bölüm 1: Birim alan Kütlesinin Tayini
69. TS EN ISO 9073-2:1998, Tekstil-Dokunmamış Malzemeler İçin Deney Metotları-Bölüm 2: Kalınlık tayini
70. TS 391 EN ISO 9237:1999 Tekstil- Kumaşlarda Hava Geçirgenliği Tayini

71. TS EN ISO 12947 Tekstil - Martindale metoduyla kumaşların aşınmaya karşı dayanımının tayini
72. Özdil, N., Kayseri, G. Ö., Mengüç, G. S. 2012, Analysis of abrasion characteristics in textiles, *Abrasion resistance of materials*, 119-130.
73. TS EN 29073-3;1998 “Tekstil- Dokunmamış (nonwoven) mamuller için deney metotları ksım3: Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini
74. TS EN ISO 9073-4 “Tekstil- Dokusuz Yüzeyler için deney metotları- (nonwoven) mamuller için deney metotları Bölüm 4: Yırtılma Direncinin Tayini
75. TS EN ISO 9073-7 “Tekstil- Dokusuz Yüzeyler için deney metotları-Bölüm 7: Bükülme Uzunluğunun Tayini
76. TS EN ISO 12236 numaralı “Jeotekstil ve Jeotekstille İlgili Mamuller- Statik Delme Deneyi (CBR Deneyi)
77. İnternet: <http://www.zwick.com.tr/tr/ueruenler/statik-malzeme-test-cihazlari/5-kn-ila-250-kn-kapasiteli-malzeme-test-cihazlari.html> [Erişim tarihi: 07.03.2018]

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALAN, Gonca
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 31.12.1984 Ereğli/KONYA
Medeni hali : Evli
e-mail : gonca.arin@usak.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Uşak Üniversitesi/Tekstil Mühendisliği	2011
Lisans	Pamukkale Üniversitesi/ Tekstil Mühendisliği	2007
Lise	Ereğli (Y.D.A) Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-	Uşak Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce