



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**Çeşitli Sektörler Uygulamaları İçin Doğal
Kaynaklı Malzemelerle Ekonomik ve İşlevsel
Kompozitlerin Geliştirilmesi**

NİLDA ÖZSOY

DOKTORA TEZİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Erhan Sancak

İSTANBUL, 2023



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Çeşitli Sektörler Uygulamaları İçin Doğal Kaynaklı Malzemelerle Ekonomik ve İşlevsel Kompozitlerin Geliştirilmesi

NİLDA ÖZSOY

723414005

DOKTORA TEZİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Erhan Sancak

İSTANBUL, 2023

TEŞEKKÜR

Bu doktora tez çalışmasının tüm süreçlerinde bilgisini, emeğini ve desteğini esirgemeyen çok kıymetli hocam Prof. Dr. Erhan SANCAK' a,

İlk tez danışmanım olan değerli hocam emekli Prof. Dr. Mehmet AKALIN' a,

Bu tez konusunu belirlememde katkı sunan ve destek sağlayan Dr. Bayram ASLAN' a,

Hem doktora öğrencisi hem de anne olmama saygı duyan ve destek sağlayan başta saygı değer hocam Prof. Dr. İsmail USTA olmak üzere tüm Tekstil Mühendisliği bölümü hocalarıma,

Tez konusunda emekleri ile katkı sağlayan Öğr. Gör. Aldülkadir PARS' a,

FEN-C-DRP-090518-0251 nolu proje sözleşmesiyle sağladıkları maddi destekten dolayı Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine,

Çalışmanın elyaf tedarikini üstlenen Merkas Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Şiteks Şişmanlar Tekstil San. Ve Tic. A.Ş.' ye,

Çocuklarıma sahip çıkarak, bana çalışma imkanı sunan annem Hatice Özsoy' a,

Hayatım boyunca bana verdikleri destek ve gösterdikleri sabırdan dolayı çok değerli annem Hatice YILDIRIM, rahmetli babam Abdullah YILDIRIM ve abim Uğur YILDIRIM' a,

Ayrıca tüm konularda olduğu üzere doktora eğitimimi tamamlama konusunda benim yanımda olan eşim Evren ÖZSOY' a ve gösterdikleri sabır için kızım Ayşe Mafe ÖZSOY ve oğlum Can Nart ÖZSOY' a teşekkür ederim.

Eylül, 2023

Nilda ÖZSOY

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT	viivii
YENİLİK BEYANI.....	iiix
SEMBOLLER	x
KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
TABLO LİSTESİ	xxiii
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
1.1. Yasal Yapıtlımlar ve Çevresel Hammadde İhtiyacı	2
1.2. Otomotiv Endüstrisinde Yenilenebilir Hammaddeler	3
1.2.1. Doğal Lifler	3
1.2.2. Biyopolimer Lifler	4
1.3. Amaç ve Kapsam	6
1.4. Kompozit Yapılar	7
1.4.1. Matris (Polimer) Malzemeler	9
1.4.2. Kompozit Yapılara İlave Edilen Takviye Malzemeleri.....	10
1.5. Kompozit Üretim Teknikleri.....	12
1.5.1. Açık Kontak Kalıplama	12
1.5.2. Reçine İnfüzyon Prosesleri.....	13
1.5.3. Presleme Kalıplama	14
1.5.4. Enjeksiyon Kalıplama	15
1.5.5. Filament Sarım	16
1.5.6. Pultrüzyon İşlemi	16
1.5.7. Otomatik Lif Serme.....	17
1.5.8. Eklemeli Üretim	18
1.6. Yeşil Kompozit Malzemeler	18

1.7. Takviye Lifi Olarak Doğal Elyaf lar	21
1.7.1. Keten Lifi	25
1.7.2. Kenevir Lifi	37
1.8. Matris Malzemesi Olarak Biyopolimerler	39
1.9. Literatürde Yer Alan Çalışmalar	49
1.10. Avrupa Birliği Fonları ile Desteklenmiş Projeler, Diğer Projeler ve Ticari Ürünler	52
BÖLÜM 2: MATERYAL VE YÖNTEM.....	61
2.1. Kullanılan Malzemeler	61
2.1.1. Takviye Malzemeleri.....	61
2.1.2. Matris Malzemeler	63
2.2. Biyo Kompozit Yüzeylerin Üretimi	64
2.2.1. Takviye ve Matris Malzemelerinin Harmanlanması	65
2.2.2. Takviye ve Matris Malzemelerinin Taranması	65
2.2.3. Biyo Kompozit Yüzeylerin Konsolidasyonu	68
2.2.4. Üretilen Kompozit Yapılarının Özellikleri.....	70
2.3. Kompozit Yapılara Uygulanan Testler ve Analizler	72
2.3.1. Çekme Dayanımı.....	72
2.3.2. Biyo Kompozit Yüzeylere Kalınlık Testi.....	73
2.4. İstatistiksel Analizler	74
BÖLÜM 3: BULGULAR VE TARTIŞMA.....	75
3.1. Çekme Dayanımı Davranışları	75
3.1.1. Makine Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA	75
3.1.2. Makine Eni Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA	84
3.2. Çekme Uzaması Davranışları	94
3.2.1. Makine Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA	94
3.2.2. Makine En Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA	104
3.3. Elastikiyet Modülü Davranışları	113
3.3.1. Makine Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA	113
3.3.2. Makine En Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA	123

BÖLÜM 4: SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	133
KAYNAKLAR.....	137
EKLER.....	151
ÖZGEÇMİŞ.....	187



ÖZET

Çeşitli Sektörler Uygulamaları İçin Doğal Kaynaklı Malzemelerle Ekonomik ve İşlevsel Kompozitlerin Geliştirilmesi

Sentetik malzemelerin hafif yapısal uygulamaları, çevresel ve ekonomik kaygılar nedeniyle dünya çapındaki otoriteler tarafından sınırlandırılmıştır. Lif takviyeli kompozit malzemeler, tüm kompozit malzemeler (örneğin metaller veya saf plastik malzemeler) arasında ağırlık, mukavemet ve sertlik açısından önemli avantajlar sağlar. Ancak çok iyi mekanik özelliklere rağmen, bu malzemeler ham petrol bazlı malzemelerin fiyat dalgalanmaları ve karbon ve cam elyafın geri dönüşüm işlemlerinin yüksek maliyeti nedeniyle dezavantajlıdır. Bu tez çalışmasında biyokompozit yapıların üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, kenevir ve keten liflerinin takviye malzemesi olarak kullanıldığı biyo kompozit yapıların, başta otomotiv sektörü olmak üzere diğer sektör uygulamaları kapsamında da, hafif parçaların ekonomik ve çevresel açıdan avantajları incelenmiştir. Takviye malzemesi olarak taraklama prosesi yan ürünü olan kenevir tow kısa elyafı düşük maliyeti ve yönlendirilmiş keten elyafı işlenebilirlik kolaylığı, sürdürülebilirlik ve yönlendirilmiş dayanım vb. avantajlarından dolayı tercih edilmiştir. Biyo kompozit yüzeylerin temel bileşenlerinden olan matris malzemesi olarak polilaktik asit (PLA) ve bicomponent polilaktik asit (bico PLA) lifleri kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında, atık kenevir ve keten takviye lifleri termoplastik polilaktik asit (PLA) ve bikomponent polilaktik asit (bico PLA) matris lifleri ile karıştırılmış ve geleneksel tarak makinesinde tarak tülbenti üretilmiştir. Tülbent içerisindeki matris lifleri ısı işlem maruz bırakılmış ve yüzeyler basınç altında şekillendirilmiştir. Termoplastik liflerin konsolidasyonu ile biyo kompozit yüzeyler elde edilmiştir. Bu çalışma ile üretilen yüzeylerin performans değerlerini ölçmek için mekanik testler uygulanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Uygulanan mekanik testler arasında; çekme dayanımı, çekme uzaması ve elastikiyet modülü bulunmaktadır. Yüzeylerin kalınlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma ile üretilen yüzeylerin performans değerlerini ölçmek için mekanik testler uygulanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan elyafın boylarının ve liflerin tek yönde yönlendirilmesinin etkileri incelenmiştir. Söz konusu inceleme ile elyaf

boyunun ve tek yönde lif hizalanmasının kompozit yapıların çekme dayanımı, çekme uzaması ve elastikiyet modülü üzerinde meydana getirdiği etkiler tespit edilmiştir. Kompozit yapılara yapılan testler sonucunda elde edilen sonuçlar pazarda hali hazırda bulunan bazı ticari ürünlerle benzerdir.

Tez çalışması kapsamında elde edilen verilere göre, bitkisel kaynaklı lif takviyeli kompozit yapıların otomotiv vb. alanlarda kullanımı ile daha ekonomik ve çevre ile uyumlu ürünlerin elde edilebileceği öngörülmüştür.

Eylül, 2023

Nilda ÖZSOY



ABSTRACT

Development of Economical and Functional Composites with Naturally Sourced Materials for Various Industry Applications

Lightweight structural applications of synthetic materials have been restricted by authorities around the worldwide due to environmental and economic concerns. Fiber-reinforced composite materials offer significant advantages in weight, strength and stiffness among all composite materials (for example, metals or pure plastic materials). However, despite very good mechanical properties, these materials are disadvantaged by the price fluctuations of crude oil-based materials and the high cost of recycling carbon and glass fibers. In this thesis, it is aimed to produce biocomposite structures for load-bearing parts as an alternative solution and to examine their properties. In this context, the economic and environmental advantages of biocomposite structures, in which hemp and flax fibers are used as reinforcement materials, and lightweight parts in other sector applications, especially in the automotive sector, have been examined. Hemp tow short fiber, which is a by-product of the carding process as a reinforcement material, has low cost and oriented flax fibers, ease of processing, sustainability and oriented strength, etc. chosen because of its advantages. Polylactic acid (PLA) and bicomponent Polylactic acid (bico PLA) fibers were used as matrix material, which is one of the basic components of biocomposite surfaces.

In this thesis study, waste hemp and flax reinforcement fibers were blended with thermoplastic polylactic acid (PLA) and two-component polylactic acid (bico PLA) matrix fibers to produce a card web on a conventional carding machine. The matrix fibers in the web were heat treated and the surfaces were formed under pressure. Biocomposite surfaces have been obtained by consolidating thermoplastic fibers. Mechanical tests were applied and analyzes were carried out to measure the performance values of the surfaces produced in this study. Among the mechanical tests applied; tensile strength, tensile elongation and modulus of elasticity. Thickness measurements of the surfaces were carried out.

Mechanical tests were applied and analyzes were carried out to measure the performance values of the surfaces produced in this study. The effects of the length of the fibers used and the orientation of the fibers in one direction were examined. In this research, the effects of fiber length and unidirectional fiber alignment on the tensile

strength, tensile elongation and modulus of elasticity of composite structures were determined. The results obtained as a result of testing on composite structures are similar to some commercial products already available in the composite market.

According to the data obtained within the scope of the thesis study, plant-based fiber reinforced composite structures can be used in automotive etc. It is envisaged that more economical and environmentally compatible products can be obtained by using it in areas.

September, 2023

Nilda ÖZSOY



YENİLİK BEYANI

Günümüzde elyaf ile takviye edilmiş kompozit yapılara olan ilgi; dayanım, ekonomiklik ve çevre ile uyum ve sürdürülebilirliğe bağlı olarak gelişmektedir. Çeşitli uygulama alanlarında tek başına kullanımı kısıtlı olan polimer malzemelerin belirli takviye lifleri ile güçlendirilmesi ile birden çok avantajlar sağlayan farklı mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Farklı alanlarda takviye malzemesi olarak cam veya karbon lifi yaygın olarak kullanılmaktadır. Cam, aramid vb. lif üretiminde çevreye zararlı gazlar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu liflerin meydana getirdiği problemler, doğal lif takviyeli alternatif ürünlere yönlendirmektedir. Bitkisel kaynaklı elyaf takviyeli biyo kompozit yapıların başta otomotiv olmak üzere diğer sektörlerde de kullanımı artmaktadır. Günümüzde otomotiv sektöründe araç içinde kullanılan plastik yapıların içerisine doğal lif takviyesi edilerek biyo-kompozit parçalar kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yapılan bu çalışmada termoplastik esaslı polimer matris malzeme (PLA/Bico PLA) içerisine bitkisel kaynaklı keten/kenevir elyaf formunda takviye edilerek kompozit malzemenin direkt tarak prosesinde taranması ile üretimi çalışmanın özgün kısmını oluşturmaktadır. Bu kompozit yüzeylerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Birçok değişkene bağlı karar verme yöntemleri kullanılarak deneysel sonuçlardan kompozit yapı içerisine takviye edilecek optimum oran belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan yüzey üretim yöntemi bir çok geleneksel yüzey üretim metodunu elimine ederek ekonomik bir bakış açısı sunmaktadır. Pratik üretim prosesleri; zaman, ekonomiklik ve sürdürülebilirlik açısından bu yapıların geliştirilmesinin çevreye duyarlılık açısından da fayda sağlayacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Eylül, 2023

Prof. Dr. Erhan SANCAK

Nilda ÖZSOY

SEMBOLLER

\$	: Dolar
€	: Avro
£	: Sterlin
T_m	: Erime sıcaklığı (°C)
ε	: Gerilme oranı
F	: Uygulanan yük (N)
L	: Kompozit yapı uzunluğu(mm)
h	: Kompozit yapı kalınlığı(mm)
σ_ç	: Kompozit yapının çekme dayanımı



KISALTMALAR

kg	: kilogram
PET	: Poliester
PA	: Poliamid
GF	: Cam elyaf
PP	: Polipropilen
EoL	: Güvenlik ve kullanım ömrü
AB	: Avrupa Birliği
CO₂	: Karbon dioksit
g	: Gram
km	: Kilo metre
OEM	: Orijinal ürün üreticisi
PU	: Poliüretan
PLA	: Polilaktik asit
PHA	: Polihidroksialkanoat
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil klorürdür
PHB	: Polihidroksibutirat
RTM	: Reçine transfer kalıplama
RIM	: Reaksiyon enjeksiyon kalıbı
VARTM	: Vakum destekli reçine transfer kalıplama
RFI	: Reçine filmi infüzyonu
AFP	: Otomatik lif serme
3B	: Üç boyut
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
cm³	: Santi metre küp
mm	: Mili metre
MPa	: Megapaskal
GPa	: Gigapaskal
μ	: Mikron
cm	: Santi metre

EDTA	: Etilendiamintetraasetik asit
HCl	: Hidroklorik asit
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
UV	: Ultra viyole
IB	: Endüstriyel biyoteknoloji
PBAT	: Poli (bütilenadipat-ko-tereftalat)
PBS	: Polibütilen süksinat
PTT	: Politrimetilen tereftalat
PLLA	: Poli-L-Laktik Asit
PDLA	: Poli-D-Laktik Asit
IAC	: Uluslararası otomotiv bileşenleri grubu
GPS	: Glisidoksipropil trimetoksi silan
kW	: Kilowatt
BMC	: Dökme kalıplama bileşiği
SMC	: Levha kalıplama
BBI	: Biyo-Bazlı Endüstriler
IAC	: Uluslararası Otomotiv Bileşenleri
ALK	: Alkali işleme tabi tutulmuş
kW	: Kilovat
PHB	: Poli (3-hidroksilbutirat)
PBAT	: Poli (butilen adipat-ko-tereftalat)
Bico PLA	: Bikomponent Polilaktik asit
BPLA	: % 100 Bikomponent Polilaktik asit yüzey
PLA	: % 100 Polilaktik asit yüzey
20KNV/80BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 20 kenevir takviye malzemesi % 80 Bikomponent Polilaktik asit matris
30KNV/70BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 30 kenevir takviye malzemesi % 70 Bikomponent Polilaktik asit matris
40KNV/60BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 40 kenevir takviye malzemesi % 60 Bikomponent Polilaktik asit matris
50KNV/50BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 50 kenevir takviye malzemesi % 50 Bikomponent Polilaktik asit matris

60KNV/40BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 60 kenevir takviye malzemesi % 40 Bikomponent Polilaktik asit matris
20KNV/80BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 20 kenevir takviye malzemesi % 80 Bikomponent Polilaktik asit matris
30KNV/70BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 30 kenevir takviye malzemesi % 70 Bikomponent Polilaktik asit matris
40KNV/60BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 40 kenevir takviye malzemesi % 60 Bikomponent Polilaktik asit matris
50KNV/50BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 50 kenevir takviye malzemesi % 50 Bikomponent Polilaktik asit matris
60KNV/40BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 60 kenevir takviye malzemesi % 40 Bikomponent Polilaktik asit matris
20KNV/80BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 20 kenevir takviye malzemesi % 80 Bikomponent Polilaktik asit matris
30KNV/70BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 30 kenevir takviye malzemesi % 70 Bikomponent Polilaktik asit matris
40KNV/60BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 40 kenevir takviye malzemesi % 60 Bikomponent Polilaktik asit matris
50KNV/50BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 50 kenevir takviye malzemesi % 50 Bikomponent Polilaktik asit matris
60KNV/40BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 60 kenevir takviye malzemesi % 40 Bikomponent Polilaktik asit matris
20KNV/80PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 20 kenevir takviye malzemesi % 80 Polilaktik asit matris
30KNV/70PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 30 kenevir takviye malzemesi % 70 Polilaktik asit matris
40KNV/60PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 40 kenevir takviye malzemesi % 60 Polilaktik asit matris
50KNV/50PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 50 kenevir takviye malzemesi % 50 Polilaktik asit matris
60KNV/40PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 60 kenevir takviye malzemesi % 40 Polilaktik asit matris

20KNV/80PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 20 kenevir takviye malzemesi % 80 Polilaktik asit matris
30KNV/70PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 30 kenevir takviye malzemesi % 70 Polilaktik asit matris
40KNV/60PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 40 kenevir takviye malzemesi % 60 Polilaktik asit matris
50KNV/50PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 50 kenevir takviye malzemesi % 50 Polilaktik asit matris
60KNV/40PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 60 kenevir takviye malzemesi % 40 Polilaktik asit matris
20KNV/80PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 20 kenevir takviye malzemesi % 80 Polilaktik asit matris
30KNV/70PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 30 kenevir takviye malzemesi % 70 Polilaktik asit matris
40KNV/60PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 40 kenevir takviye malzemesi % 60 Polilaktik asit matris
50KNV/50PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 50 kenevir takviye malzemesi % 50 Polilaktik asit matris
60KNV/40PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 60 kenevir takviye malzemesi % 40 Polilaktik asit matris
20KTN/80BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 20 keten takviye malzemesi % 80 Bikomponent Polilaktik asit matris
30KTN/70BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 30 keten takviye malzemesi % 70 Bikomponent Polilaktik asit matris
40KTN/60BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 40 keten takviye malzemesi % 60 Bikomponent Polilaktik asit matris
50KTN/50BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 50 keten takviye malzemesi % 50 Bikomponent Polilaktik asit matris
60KTN/40BPLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 60 keten takviye malzemesi % 40 Bikomponent Polilaktik asit matris
20KTN/80BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 20 keten takviye malzemesi % 80 Bikomponent Polilaktik asit matris

30KTN/70BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 30 keten takviye malzemesi % 70 Bikomponent Polilaktik asit matris
40KTN/60BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 40 keten takviye malzemesi % 60 Bikomponent Polilaktik asit matris
50KTN/50BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 50 keten takviye malzemesi % 50 Bikomponent Polilaktik asit matris
60KTN/40BPLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 60 keten takviye malzemesi % 40 Bikomponent Polilaktik asit matris
20KTN/80BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 20 keten takviye malzemesi % 80 Bikomponent Polilaktik asit matris
30KTN/70BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 30 keten takviye malzemesi % 70 Bikomponent Polilaktik asit matris
40KTN/60BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 40 keten takviye malzemesi % 60 Bikomponent Polilaktik asit matris
50KTN/50BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 50 keten takviye malzemesi % 50 Bikomponent Polilaktik asit matris
60KTN/40BPLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 60 keten takviye malzemesi % 40 Bikomponent Polilaktik asit matris
20KTN/80PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 20 keten takviye malzemesi % 80 Polilaktik asit matris
30KTN/70PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 30 keten takviye malzemesi % 70 Polilaktik asit matris
40KTN/60PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 40 keten takviye malzemesi % 60 Polilaktik asit matris
50KTN/50PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 50 keten takviye malzemesi % 50 Polilaktik asit matris
60KTN/40PLA/P1	: 1 kez pasaj uygulanmış % 60 keten takviye malzemesi % 40 Polilaktik asit matris
20KTN/80PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 20 keten takviye malzemesi % 80 Polilaktik asit matris
30KTN/70PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 30 keten takviye malzemesi % 70 Polilaktik asit matris

40KTN/60PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 40 keten takviye malzemesi % 60 Polilaktik asit matris
50KTN/50PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 50 keten takviye malzemesi % 50 Polilaktik asit matris
60KTN/40PLA/P2	: 2 kez pasaj uygulanmış % 60 keten takviye malzemesi % 40 Polilaktik asit matris
20KTN/80PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 20 keten takviye malzemesi % 80 Polilaktik asit matris
30KTN/70PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 30 keten takviye malzemesi % 70 Polilaktik asit matris
40KTN/60PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 40 keten takviye malzemesi % 60 Polilaktik asit matris
50KTN/50PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 50 keten takviye malzemesi % 50 Polilaktik asit matris
60KTN/40PLA/P3	: 3 kez pasaj uygulanmış % 60 keten takviye malzemesi % 40 Polilaktik asit matris

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	2021 Hedeflerine Yönelik Uyumluluk..... 3
Şekil 1.2	Biyo-Plastiklerin Avrupa Biyoplastiklerine Göre Tanımı..... 4
Şekil 1.3	Sürdürülebilir Performans Yaklaşımının Sonuçlar..... 5
Şekil 1.4	Kompozit Malzeme Genel Yapı Şeması..... 8
Şekil 1.5	Doğal Elyaf Takviye Biçimleri..... 11
Şekil 1.6	Kompozit Yapıların Üretilmesinde Kullanılan Çeşitli Yüzey Biçimleri..... 11
Şekil 1.7	Elle Yatırma Tekniği..... 13
Şekil 1.8	Spreyle Serme Tekniği..... 13
Şekil 1.9	Reçine Transfer Kalıplama (Rtm) Prosesi..... 14
Şekil 1.10	Presle Kalıplama Prosesi..... 15
Şekil 1.11	Enjeksiyon Kalıplama Prosesi..... 15
Şekil 1.12	Filament Sargısı Tekniği..... 16
Şekil 1.13	Pultrüzyon Tekniği..... 17
Şekil 1.14	Otomatik Lif Serme Tekniği..... 17
Şekil 1.15	Eklemeli Üretim Tekniği..... 18
Şekil 1.16	Biyo Kompozitlerin Sınıflanması..... 19
Şekil 1.17	Doğal Kaynaklı Elyaf Türleri..... 22
Şekil 1.18	Keten Lif Gövdesinin Enine Kesiti..... 26
Şekil 1.19	Keten Lifi Yetiştiriciliği..... 27
Şekil 1.20	Keten Bitkisinden Lif Edinilmesi Aşamaları..... 28
Şekil 1.21	Keten İşleme Prosesindeki Balya Açma İşlemi..... 31
Şekil 1.22	Uzun Keten Liflerinin Boyuna Taraklanması ve Kısa Keten Liflerinin Düzensiz İşlenmesi..... 33
Şekil 1.23	Kıymık Ve Döküntü Lifleri, Taraklama Telefi Ve Uzun Lifli Taraklanmış Şerit İmalatı İçin Üretim Yolları..... 34
Şekil 1.24	Dövme Proses Adımları..... 35
Şekil 1.25	Keten Lifleri İçin Ditme İşleminin Prensibi..... 36
Şekil 1.26	Keten Tarama Prensibi..... 37
Şekil 1.27	Olgun Bir Kenevir Bitkisinin Bazal Boğum Arası Kesiti..... 38

Şekil 1.28	Kenevir Lifleri (A) Boyuna Görünüm (B) Lif Demetlerinin Kesiti (C) Sap Ekseninin Mikroskopik Görünümü.....	38
Şekil 1.29	Bioplastik Malzemelerin Pazar Payları.....	42
Şekil 1.30	Sektörlere Göre Küresel Ölçekte Biyo-Plastik Üretimi.....	43
Şekil 1.31	Şeker Kamışı Bazlı Pla'nın Üretim Prosesi.....	45
Şekil 1.32	D- Ve L-Laktik Asit Birimlerinin Çeşitli Enantiyomerik Oranlarından Polimer Yapılar.....	46
Şekil 1.33	Ecotechnil Firmasının Keten / Bioresin / Kağıt Petek Sandviç Ürünü.....	57
Şekil 1.34	Danimarka Louisiana Modern Sanat Müzesi'ndeki Biyokompozit Pavyon Uygulaması.....	58
Şekil 1.35	Composite Evolution firmasının Biotex flax kumaşları kullanılarak Magine tarafından üretilmiş snowboard.....	59
Şekil 1.36	Composite Evolution firmasının Biotex flax kumaşları kullanılarak Flaxland tarafından üretilmiş kano.....	59
Şekil 1.37	Biyokompozit paneller ve ahşap malzemenin birlikte kullanıldığı biyo-bazlı mobilya.....	60
Şekil 1.38	Gemo firmasının ürettiği kum.....	60
Şekil 2.1	Keten Şeritlerini Kesmekte Kullanılan Giyotin.....	62
Şekil 2.2	Keten Şeridi, Keten Ve Kenevir Liflerinin Görüntüsü.....	63
Şekil 2.3	Lif Yapısındaki PLA Ve Bico PLA' nın Şematik Görüntüsü.....	63
Şekil 2.4	Biyo Kompozit Yüzeylerin Üretim Şematiği.....	64
Şekil 2.5	Laboratuvar Tipi Tarak Makinesi.....	65
Şekil 2.6	Bicomponent PLA Lifi İle Kenevir Liflerinin Taranmış Tülbent Formları.....	66
Şekil 2.7	PLA Lifi İle Kenevir Liflerinin Taranmış Tülbent Formları.....	67
Şekil 2.8	Bicomponent PLA Lifi İle Keten Liflerinin Taranmış Tülbent Formları.....	67
Şekil 2.9	PLA Lifi İle Keten Liflerinin Taranmış Tülbent Formları.....	68
Şekil 2.10	Sıcak Pres Makinesi.....	68
Şekil 2.11	Biyo Kompozit Yüzeylerin Konsolidasyonunda Kullanılan Pres Plakaları.....	69

Şekil 2.12	Çekme Test Numunesi.....	73
Şekil 2.13	Çekme Dayanımı Test Cihazı Instron 4411.....	73
Şekil 3.1	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	75
Şekil 3.2	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	76
Şekil 3.3	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	77
Şekil 3.4	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	79
Şekil 3.5	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	80
Şekil 3.6	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	81
Şekil 3.7	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	82
Şekil 3.8	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	83
Şekil 3.9	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	84
Şekil 3.10	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	86
Şekil 3.11	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	87
Şekil 3.12	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	88
Şekil 3.13	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	90
Şekil 3.14	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	91
Şekil 3.15	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	92

Şekil 3.16	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	93
Şekil 3.17	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	94
Şekil 3.18	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	96
Şekil 3.19	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	97
Şekil 3.20	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	98
Şekil 3.21	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	99
Şekil 3.22	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	100
Şekil 3.23	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	101
Şekil 3.24	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	102
Şekil 3.25	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	104
Şekil 3.26	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	105
Şekil 3.27	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	106
Şekil 3.28	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	107
Şekil 3.29	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	108
Şekil 3.30	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	109
Şekil 3.31	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	110

Şekil 3.32	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	112
Şekil 3.33	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	113
Şekil 3.34	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	114
Şekil 3.35	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	116
Şekil 3.36	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	117
Şekil 3.37	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	118
Şekil 3.38	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	119
Şekil 3.39	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri	120
Şekil 3.40	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	122
Şekil 3.41	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	123
Şekil 3.42	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	124
Şekil 3.43	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri.....	125
Şekil 3.44	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri.....	127
Şekil 3.45	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	128
Şekil 3.46	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	129
Şekil 3.47	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	130

Şekil 3.48	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	131
-------------------	--	-----



TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Otomotiv Sektöründe Kullanılan İç Mekan Uygulamaları.....	1
Tablo 1.2 Doğal Elyaf Kompozit Uygulamaları.....	20
Tablo 1.3 2018 Yılında Dünya Çapında Gövde Elyafının Üretimi.....	22
Tablo 1.4 Bitki Liflerinin Kimyasal Bileşimine Genel Bakış.....	24
Tablo 1.5 Doğal Kaynaklı ve E-Cam Elyafının Özellikleri.....	25
Tablo 1.6 Biyo-polimerler ve Kaynakları.....	41
Tablo 1.7 Popüler Yağ Bazlı Ve Biyo-Polimerlerin Özellikleri.....	44
Tablo 1.8 "D" İçeriğinin PLLA'nın Erime Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi.....	46
Tablo 2.1 Kompozit Yapılarda Takviye için Kullanılan Keten ve Kenevir Liflerinin Yapısal Özellikleri.....	63
Tablo 2.2 Doğal Kaynaklı ve E-Cam Elyafının Özellikleri.....	64
Tablo 2.3 Sıcak Pres Makinesinin Teknik Özellikleri.....	69
Tablo 2.4 PLA Polimeri İçin Sıcak Pres Makinası Çalışma Değerleri.....	70
Tablo 2.5 Bico PLA Polimeri İçin Sıcak Pres Makinası Çalışma Değerleri.....	70
Tablo 2.6 Kevir-PLA ve Kenevir-Bico PLA Biyo Kompozit Yüzey İçerikleri.....	71
Tablo 2.7 Keten-PLA ve Keten-Bico PLA Biyo Kompozit Yüzey İçerikleri....	72
Tablo 3.1 Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	76
Tablo 3.2 Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	77
Tablo 3.3 Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	78
Tablo 3.4 Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	79

Tablo 3.5	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	81
Tablo 3.6	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	82
Tablo 3.7	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	83
Tablo 3.8	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	84
Tablo 3.9	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları	85
Tablo 3.10	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	87
Tablo 3.11	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	88
Tablo 3.12	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	89
Tablo 3.13	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	90
Tablo 3.14	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	91
Tablo 3.15	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	93
Tablo 3.16	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	94
Tablo 3.17	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	95

	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme	
Tablo 3.18	Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	96
	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme	
Tablo 3.19	Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	98
	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme	
Tablo 3.20	Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	99
Tablo 3.21	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	100
Tablo 3.22	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	101
Tablo 3.23	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	102
Tablo 3.24	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	103
	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme	
Tablo 3.25	Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	104
	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme	
Tablo 3.26	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	106
Tablo 3.27	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	107
	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme	
Tablo 3.28	Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	108
Tablo 3.29	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	109

Tablo 3.30	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	110
Tablo 3.31	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri	111
Tablo 3.32	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	112
Tablo 3.33	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	114
Tablo 3.34	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	115
Tablo 3.35	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	117
Tablo 3.36	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	118
Tablo 3.37	Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	119
Tablo 3.38	Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	120
Tablo 3.39	Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	121
Tablo 3.40	Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	122
Tablo 3.41	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları.....	124

	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
Tablo 3.42	Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	125
	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
Tablo 3.43	Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	126
	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
Tablo 3.44	Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA	
	Sonuçları.....	128
	Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Makine	
Tablo 3.45	Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
	Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	129
	Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
Tablo 3.46	Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	130
	Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
Tablo 3.47	Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	131
	Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet	
Tablo 3.48	Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri.....	132

BÖLÜM 1: GİRİŞ

2022 yılında Türkiye tekstil endüstrisi 12,9 milyar dolar ihracat gerçekleştirmiş olup, bunun yaklaşık 2,4 milyar \$' ı teknik tekstiller oluşturmaktadır. Ulaşım sektörü %14' lük pay ile teknik tekstillerin en büyük ürün gruplarından biridir. Ulaşım tekstilleri uygulamalarında kullanılan tekstil takviyeli kompozitler; çeşitli tekstil yapıları ve bunların plastik malzemelerle olan kombinasyonlarından oluşur [1,2].

Ortalama bir binek otomobilde 20 kg' a kadar tekstil yüzeyi kullanılmaktadır. Bu miktar lüks otomobiller de 30 kg' a kadar çıkmaktadır. Bunların üçte ikisi, Tablo 1.1 'de verildiği gibi otomotiv iç mekan uygulamalarında kullanılır [3].

Tablo 1.1. Otomotiv Sektöründe Kullanılan İç Mekan Uygulamaları [3, 4].

Uygulama	Malzeme	Tekstil Yüzeyi
Koltuk kılıfı	Poliester (PET)	Dokuma/Örme
Dekoratif kumaşlar		
Hava yastığı	Poliamid (PA)	Dokuma
Emniyet kemeri	PET	
Kapı, yan panel, alt gövde paneli	Cam elyaf (GF), doğal elyaf, polipropilen (PP)	Dokunmamış yüzeyler
Tavan döşemesi	PET, PA	
Bagaj döşemesi	PET, PA, PP	
Arka bölmeler, ön konsol	PET, PP, GF, Poliüretan (PU)	
Kaput astarı	PET, PP	
Halı	PA, PP, PET	Dokunmamış yüzey/ tufting

Tekstil yüzeylerinin otomotiv iç mekan kullanımları tekstil yapısına bağlı olarak; dokuma, örme ve dokunmamış yüzey uygulamalarından oluşmaktadır. Dekoratif ve döşemelik yüzeylerde dokuma kumaşlar kullanılmaktadır ve en çok koltuk kılıfı üretilmektedir. Tüm dekoratif ve döşemelik kumaş uygulamalarının % 90' ını polyester (PET) oluşturduğu için bu en yaygın kullanılan polimerdir. Dokuma yapılarda kullanılan diğer lifler poliamid (PA) ve polipropilen'dir (PP). Kullanılan sentetik polimerler uygulamayı fosil bazlı liflerin baskın olarak kullanıldığı uygulamalar haline getirmektedir [5].

Dokunmamış yüzeyler otomotiv sektöründe yarı yapısal parça uygulamalarında kullanılmaktadır. Dokunmamış yüzey preformları kullanılarak geliştirilen kompozitler; kapı, yan ve gövde altı panelleri gibi iç mekan uygulamalarında yer bulmaktadır. Cam

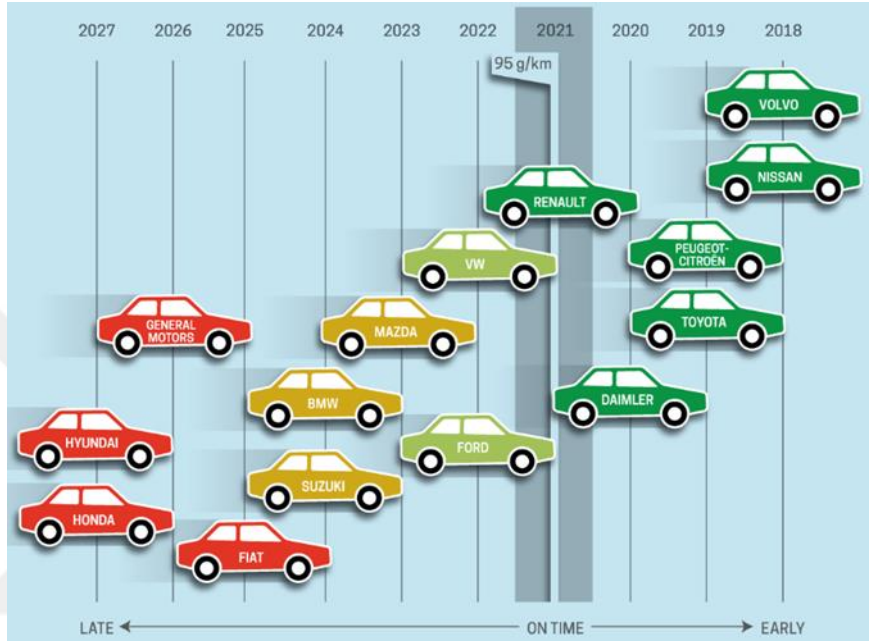
elyaf; iyi mekanik özellikleri, düşük maliyetleri ve iyi yanmazlık özellikleri nedeniyle otomobillerde kullanılan tekstil malzemelerinde (> 1 Milyon ton / yıl) önemli bir rol oynamaktadır [6]. Doğal elyaf otomotiv sanayisindeki uygulamaları genellikle otomotiv iç mekan için sıkıştırılmalı kalıplanmış bileşenlerle (% 96) sınırlıdır. Tüm sektörlerde doğal elyaf kompozitlerin ekonomik üretim prosesleri ile yapısal parça olarak kullanımı halen geliştirilme aşamasındadır [7,8].

1.1. Yasal Yaptırımlar ve Çevresel Hammadde İhtiyacı

Günümüzde küresel otomotiv endüstrisi, hem son kullanıcıların hem de otoritelerin sürekli artan taleplerini karşılamaya çalışmaktadır. Yasal yaptırımlar açısından bakıldığında aracın tüm yaşam döngüsü boyunca çevre üzerindeki zararlı etkisini sınırlamak için; yakıt tüketimi, emisyonlar, güvenlik ve kullanım ömrü (EoL) gibi alanlarda katı kurallar vardır. Otomotiv sanayisi, çoğunluğunu ağır araç parçalarından kaynaklanan karbondioksit emisyon yayılımını dünya genelinde azaltmak için baskı altındadır. Yayınlanan AB yönetmeliklerine göre, 2020' ye kadar otomotiv üreticilerinin liderleri binek araçlarının ağırlığını % 27 kadar azaltması beklenmektedir. Buna bağlı olarak; 2021 ve sonrasında yeni araçlarda CO₂ sınır değerleri % 25 azalarak, binek araçlarda 130 g/km' den 95 g/km' ye, hafif ticari araçlarda ise 175 g/km' den 147 g/km' ye azaltma beklenmektedir. Ayrıca, AB üye ülkeleri tarafından kabul edilen Kyoto anlaşmasına göre, otomotiv üreticileri CO₂ emisyon sınırlarını aştıkları her değer için 1g/km CO₂ için 5 €/araç, ikinci g/km için 15 €, üçüncü g/km için 25 € ve takip eden her g/km için 95 € gibi ağır ceza ödemek zorundadır. Bunlara ek olarak, AB' nin 2025 ve 2030 yıllarını kapsayan ek yaptırımları olarak; arabalar için 2025'ten itibaren % 15 ve 2030'dan itibaren % 37,5 azalma iken bu oran minibüsler için 2025' ten itibaren % 15 ve 2030'dan itibaren % 31 azalmadır [9,10].

Transport&Environment (2015) dergisinde yayınlanan bir rapora göre, otomotiv üretici firmaların araçlarda hafifletme yada alternatif çalışmalar yapmaksızın mevcut üretimlerine devam ettiklerinde 2021 yılında cezai yaptırım durumları Şekil 1.1' deki gibidir. Bu durum ülkemizde üretim yapan otomotiv üreticilerinin AB ülkelerine cezai yaptırıma mahkum bırakacağı ve buna bağlı olarak diğer orijinal ürün üreticisi (OEM) tedarikçilerini de olumsuz etkileyeceği kesindir. Otomotiv sektöründeki kompozit

uygulamalarında kullanılan sentetik (PET, PP ve cam) liflerin dezavantajları yenilenemeyen kaynaklardan elde edilmeleri ve geri dönüştürülmelerinin son derece zor olmasıdır. Bunlara kıyasla doğal/biyo malzemeler, daha düşük küresel ısınma potansiyeli, az enerji tüketimi ve iyi geri dönüştürülebilirlik içeren ürünler sunar. Yenilenebilir kaynaklı malzemeler giderek daha fazla önem kazanmaktadır [11].



Şekil 1.1. 2021 Hedeflerine Yönelik Uyumluluk [11].

1.2. Otomotiv Endüstrisinde Yenilenebilir Hammaddeler

Yenilenebilir kaynaklardan (biyo-bazlı) elde edilen lifler iki gruba ayrılırlar. Bunlardan ilki; doğrudan doğadan elde edilen doğal elyaf, ikinci grup ise; doğal kaynaklardan elde edilen polimerlerden eğrilen liflerdir.

1.2.1. Doğal lifler

Doğal lifler; ağırlık ve maliyet azaltma, daha düşük karbon ayak izi, üretim için daha düşük enerji ve fosil kaynaklı polimerlere olan ihtiyacın azalması gibi avantajlar sunarlar. Bir kompozitte takviye olarak cam elyafının keten elyafı ile değiştirilmesinin küresel ısınma potansiyelini % 57 (daha düşük CO₂ emisyonları), enerji kullanımını % 77 ve ağırlığı % 7 azalttığı gösterilmiştir. Doğal liflerin yoğunluğu daha düşüktür ve cam elyafa kıyasla daha hafiftir. Doğal liflerin kompozit endüstrisindeki kullanımı giderek

artmaktadır. Audi, Opel, Daimler-Chrysler, Ford, Peugeot, Renault, Volkswagen ve BMW (Model i3) gibi araç üreticilerinin otomotiv bileşenlerinde bitki lifleri kullanılmaktadır. Doğal elyafın takviye malzemesi olarak kullanımı 2010 yılında 315.000 ton civarına ulaşarak, toplamda kullanılan takviye malzemelerinin (cam, karbon ve doğal elyaf) %13' ünü oluşturmuştur. 2020 yılında bu miktarın yaklaşık 830.000 ton olması ve toplamda %28' ini oluşturması öngörülmektedir. Pazar büyüklüğü olarak doğal elyaf takviye malzemelerinin, 2020-2025 döneminde % 7' lik büyümeyle 2025 yılına kadar 500 milyon \$ 'a ulaşacağı tahmin edilmektedir [12-15].

Bununla birlikte, otomotiv endüstrisinde kullanılan doğal elyaf bazlı kompozitler sadece yaklaşık olarak % 40 (maksimum % 70) yenilenebilir hammaddelere dayanmaktadır. Bunun nedeni, doğal liflerin mekanik mukavemetinden optimum bir şekilde yararlanılmadığı (rastgele lif dağılımında) uygulamalar ya da kompozit yapılarda PP, PET veya PU gibi fosil kaynaklı polimerlerle donatılmış bir takviye malzemesi olarak kullanılmasıdır. Bu da daha fazla işlem basamağının olduğu üretim metotları ve daha yüksek maliyetleri oluşturmaktadır. Fosil bazlı polimerin biyo bazlı bir polimer ile değiştirilmesiyle, % 100' e kadar yenilenebilir hammaddeler kullanarak doğal elyaf kompozitleri üretme imkanı vardır [16].

1.2.2. Biyopolimer lifler

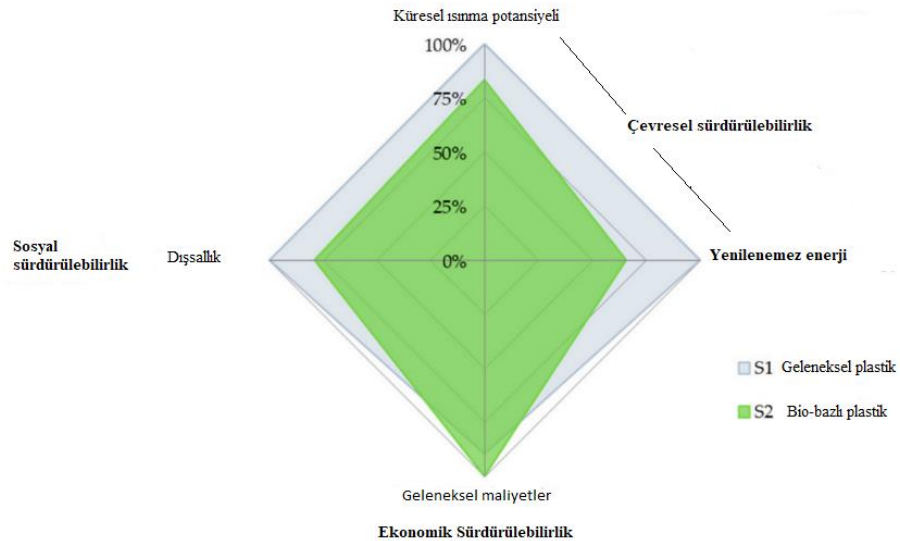
Şekil 1.2' de gösterildiği gibi Avrupa Biyoplastiklerine göre, “bir plastik malzeme biyo bazlı, biyolojik olarak parçalanabilir veya her iki özelliğe sahipse biyoplastik” olarak tanımlanır.



Şekil 1.2. Biyo-plastiklerin Avrupa Biyoplastiklerine Göre Tanımı [17].

Otomotiv sektöründe hafif yapı, taşımada etkili enerji tasarrufu için vazgeçilmez bir ön şarttır. Kompozit sektörü açısından sentetik malzemelerin hafif yapı çözümleri ekolojik ve ekonomik dezavantajlarından dolayı dünya genelinde otoriteler tarafından sınırlanmaktadır. Otomotiv endüstrisi başta olmak üzere; hafif ve yönlendirilmiş, yüksek verimli ve biyolojik tabanlı yapısal çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Piyasada en çok tercih edilen biyo-polimerler, polilaktik asit (PLA), polihidroksialkanoat (PHA) ve nişasta bazlı polimerlerdir. PLA lifleri mısırdan üretilir ve polimer bileşimlerine göre % 100 geri dönüştürülebilir veya biyolojik olarak parçalanabilir. Ambalaj endüstrisinde PET' in yerini alan biyo-polimerler biyolojik bozunurluklarından dolayı tercih edilmektedir. Biyo-polimerler için eriyik üfleme, enjeksiyon kalıplama gibi plastik işleme teknolojileri başarıyla uygulanmıştır. Biyo-plastik ve köpükler filtre kutuları, gösterge panelleri ve koltuk uygulamalarında Mazda, Toyota, Mitsubishi ve Ford gibi otomobil üreticileri tarafından otomotiv parçalarında kullanılmaktadır [18].

Şekil 1.3' de biyo bazlı plastiklerin geleneksel polimerlere göre daha az olumsuz çevresel ve sosyal etkileri olduğu ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından en iyi yaklaşım olduğu görülmektedir. Çalışmada tüm tedarik zincirinde geleneksel plastiklerin (PE ve PET gibi) yerine biyo bazlı malzemelerin kullanılabileceğini belirtilmiştir [19].



Şekil 1.3. Sürdürülebilir Performans Yaklaşımının Sonuçları [19].

Ayrıca PLA' nın mekanik özelliklerinin PP ve PET ile karşılaştırıldığı çeşitli çalışmalarda, doğal elyaf-polilaktik asit kompozitlerinin, üretim teknolojilerinden (enjeksiyonla kalıplanmış veya presle kalıplanmış) bağımsız olarak doğal elyaf-polipropilen kompozitlere göre üstün mekanik özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, PLA lifleri ve doğal elyaf -PLA kompozit uygulamaları -otomotiv iç aksamında- sentetik elyaf ve cam elyaf esaslı dokuma ve dokunmamış yapıların yerine alternatif oluşturmaktadır [20-24].

PLA' nın kimyasal yapısı PET' le benzerdir ve bu sebeple benzer mekanik özellikler gösterir. Koltuk kılıfları ve döşemeleri gibi tekstil uygulamalarına dahil olabilmesi için PLA lifleri ve kumaşları, üstün mekanik performansının yanı sıra otomotiv endüstrisinin aşınma direnci, ışık haslığı, yaşlanma gibi katı gereksinimlerini karşılamalıdır. PLA tekstil yapılarının bu uygulamalar için potansiyeli halen araştırma konularını oluşturmaktadır [25].

1.3. Amaç ve Kapsam

Otomotiv sektöründe hafif yapı, taşımada etkili enerji tasarrufu için vazgeçilmez bir ön şarttır. Sentetik malzemelerin hafif yapı çözümleri ekolojik ve ekonomik dezavantajlarından dolayı dünya genelinde otoriteler tarafından sınırlanmaktadır. Araç yapımında ekonomik çözümler ile sürdürülebilirliği güçlendirmek için yenilikçi çözümler gerekmektedir.

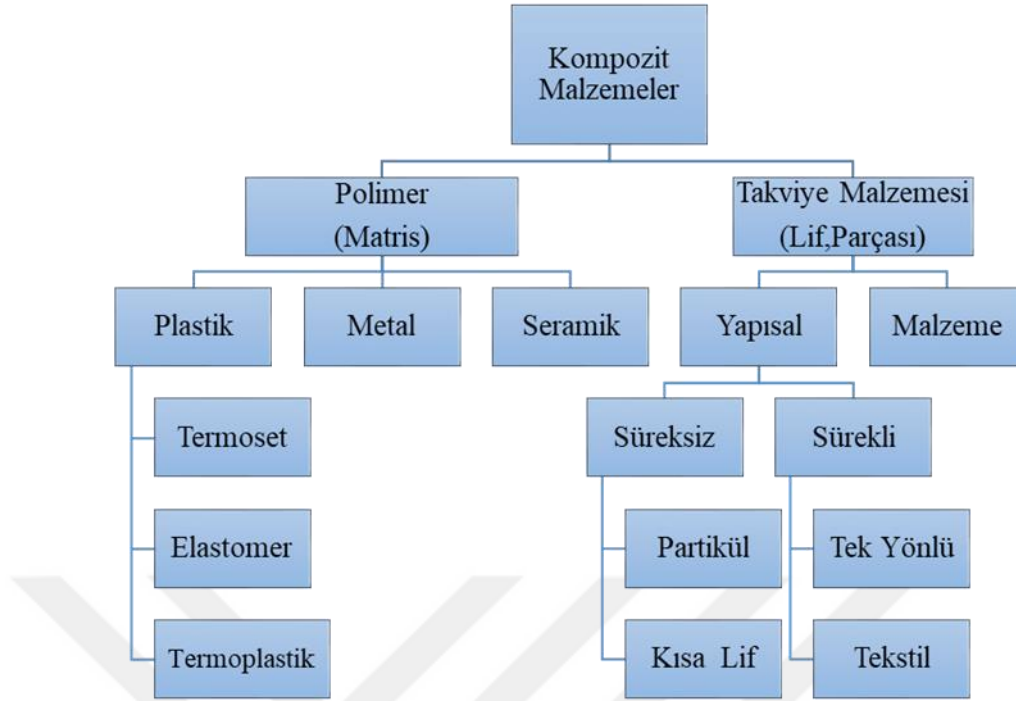
Yüksek mukavemetli polimerik kompozit yapılar hafiflik potansiyeline göre hemen hemen tüm diğer malzemelerden daha üstün olmakla birlikte, yüksek maliyetleri nedeniyle (cam elyaf dışında) genellikle tercih edilmezler. Buna karşılık doğal elyaf; nispeten düşük hammadde fiyatları ile, hafif yapı elyaf kompozitlerinin performans gereksinimlerini, sürdürülebilirliği ve düşük maliyetli üretim koşullarını karşılamaktadırlar. Ancak bu üretimin gerçekleştirilmesi için gerekli ön şart, bu araştırma konusu olan maliyet-etkin üretim sürecinin gerçekleştirilmesidir. Bir bileşendeki verilen yük dağılımlarına dayanarak, uyarlanmış ve yöne bağlı dayanım ayarlanabilir. Bu tezde yüksek oranda yönlendirilmiş elyaf yarı mamul ürünlerin ekonomik üretimi için bir süreç oluşturarak; elyafın yüksek oranda paralelleştirilmesi ile şerit, iplik çekimi ve dokuma

gibi işleme proseslerinin atlanılarak ve yarı mamul ürünlerin düşük maliyetle üretilmesi hedeflenmektedir. Hafif malzemeli ürünlerin otomotiv sektöründe kullanılmasıyla önemli miktarda enerji tasarrufunun sağlanması beklenmektedir. Ayrıca tezde düşük yoğunluklu doğal liflerle biyo-bazlı matris lif kaynaklarının kullanılması ile % 100 ekolojik sürdürülebilirliği olan kompozit yüzeyler üretilebilir.

Bu çalışmanın amacı, yenilenebilir hammaddelerin (doğal elyaf, biyo-polimerler ve kompozitlerinin) uygulama potansiyelini araştırmaktır. Bu, doğal elyaf ve biyo polimerin kompozit özelliklerinin deneysel olarak değerlendirilmesi ile yapılacaktır. Dokunmamış yüzey tarak ünitesinde harmanlanan PLA liflerinin matris ve keten ve kenevir elyafının ise takviye malzemesi olarak kullanıldığı kompozit uygulamaları analiz edilecektir. Sentetik lif takviyeli kompozitlere alternatif oluşturabilecek, mekanik performans/yoğunluk özelliklerinde, sürdürülebilir yapısal parçalarda kullanılacak kompozit yüzeyleri üretmektir. Araştırmanın yaklaşımı, ürün için mevcut fosil bazlı malzemeleri yenilenebilir hammaddelerle değiştirilmesidir. Bu amaçla, mevcut fosil bazlı malzemeler ve bunların yerine alternatif yenilenebilir hammaddeler özelliklerine ve kullanılan işleme teknolojilerine göre gözden geçirilir. Alternatif malzemeler literatürdeki mevcut çalışmalara göre seçilir.

1.4. Kompozit Yapılar

Birbiri içerisinde çözünmeyen iki veya daha fazla sayıdaki yapıların kimyasal bir bağ yapmadan bir araya gelerek aynı veya farklı gruptaki malzemelerin üstün özelliklerini yeni meydana gelecek malzemeye kazandırmak amacıyla, sıcaklık ve basınç gibi dış etkiler yardımıyla oluşturulan yeni yapı kompozit malzemedir [26]. Kompozit malzemelerin en genel haliyle şematize edilmiş hali Şekil 1.4' de gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Kompozit Malzeme Genel Yapı Şeması [26]

Polimer takviyeli kompozitlerin üç temel bileşeni;

- Matris
- Takviye elemanı olarak lifler
- Ara faz bölgesi' dir.

Malzemenin maruz kaldığı kuvveti yaymak amacı ile matris malzemesinin içerisinde takviye malzemesi kullanılmaktadır.

Kompozit malzemelerin son kullanım özelliklerini etkileyen temel etkenler bileşenlerin özellikleridir (takviye ve matris). Diğer etkenler ise; bileşenlerin miktarı, takviye malzemesinin boyutu, şekli, yönü ve yapısı' dır. İdeal bir kompozit malzeme elde etmek için matris boyunca homojen dağılan ince liflerin kullanılması önerilmektedir. Takviye elyafını yükün yönü boyunca hizalayarak yüksek mukavemetler elde edilebilir. Takviye elyaf miktarının daha fazla olduğu kompozit yapıları daha iyi mekanik özellik göstermektedir [26].

Doğal liflerin makul mekanik özellikleri, düşük yoğunlukları, düşük enerji kullanımı ve pozitif çevresel etkiler gibi avantajlarıyla araştırmacıların bu konuya ilgisini arttırmaktadır. Düşük yoğunluklu doğal elyafın biyopolimerik matris malzemeleri ile oluşturduğu hafif ve yenilebilir biyokompozit yapıları ulaşım sektörünün gelişimi için önemlidir.

Kompozit malzemelerin sağladığı hafiflik ulaşım sektörü açısından yakıt veriliğini artırır ve yapısal olarak kararlılık sağlar. Kompozit yüzeylerin nihai ürünün kullanım alanına bağlı olarak farklı üretim teknikleri vardır. Kompozit pazarının büyümesinde uzay, savunma ve ulaşım sektörlerindeki artan kullanıma bağlı olarak; global kompozit malzeme pazarı 2024 yılına kadar yaklaşık 40.2 milyar \$, yine küresel kompozit ürün pazarının ise 2024'e kadar yaklaşık 114.7 milyar \$ olması beklenmektedir [27].

1.4.1. Matris (Polimer) Malzemeler

Kompozit yapıların matris malzemesi olarak seramikler, metaller ve polimerler kullanılabılır. Ancak hali hazırda en çok kullanılanlar polimerlerdir. Polimer grubu matrisler kendi içinde farklı özellikler gösteren

- termoset polimerler
- termoplastik polimer ve
- elastomer polimerler olarak sınıflandırılırlar [26].

Termoset Polimer Matrisleri

Termoset, ısıyla yumuşamayıp şekil değiştiremeyen yani kürleşme reaksiyonu sonucunda değişikliğin zincirler arasında kalıcı çapraz bağlarla oluştuğu bir malzemedir. Termoset polimerleri monomer (bağlanmamış molekül) yapıda olup, ek kimyasal madde ve/veya ısı (çapraz bağlayıcı, sertleştirici madde, katalizör veya diğer aktive ediciler) varlığında sertleştirme reaksiyonu başlatmaktadır. Kürleşme reaksiyonu sırasında oluşan moleküller arası çapraz bağlar ve uzun molekül zincirleri, malzemenin katılaşmasına ve tek yönlü (geri dönüştürülemez) bir reaksiyona sebep olur. Termosetler serttir, diğer termoplastik ve elastomerler gibi esnemezler. Katılaşma reaksiyonu sonrasında uygulanan yüksek sıcaklık kompozit yapının bozulmasıyla sonuçlanır. Termoset

malzemeler, termoplastiklere göre genelde daha ucuzdur ve daha kolay işlenebilir (takviye malzemelerinin daha iyi ıslanabilirlik ve nihai ürüne daha kolay geometrik şekil verebilme). Doğal elyaf takviyeli kompozit yapılarında matris olarak en yaygın kullanılan polimerler; epoksi, doymamış poliester reçineler, vinil ester, fenolik epoksi, novolak ve poliamidtir. Özellikle doymamış poliester polimerinin oda sıcaklığında sertleşmesi, yüksek mekanik performans vb. özelliklerinden dolayı bir çok çalışmada doğal elyaf takviye malzemesinin matrisi olarak kullanılmıştır [26, 28, 29].

Termoplastik Polimer Matrisleri

Termoplastik polimerler zayıf van der Waals bağları ile bir arada tutulur. Termoplastik malzemenin eriyik olarak işlenebilmesi için, erime sıcaklığına kadar ısıtılması ve eriyik yada yumuşamış yapıda uygulanması ve soğutulması gerekmektedir. Termoplastik polimerler performanslarında önemli değişiklik olmadan yeniden ısıtılıp, şekil değiştirebilirler. Termoplastik malzemeler termosetlere göre sünekliği fazla olduğundan iyi bir tokluğa sahip, daha az kırılğan ve kimyasallara karşı daha dirençlidirler. Genellikle termoplastik polimerler, yüksek mekanik özelliklere ihtiyaç duyulmayan uygulamalarda kullanılır. Daha kolay geri dönüştürülebilir ve tamir edilebilirler. Doğal elyafın termal sınırlılıkları sebebiyle düşük erime sıcaklığındaki matris malzemesi olarak kullanılan termoplastik polimerler; polipropilen (PP), polietilen (PE), polistiren (PS) ve polivinil klorürdür (PVC), poli (laktik asit) (PLA), polihidroksialkanoatlar (PHA) ve polihidroksibutirat (PHB) veya lignin gibi bazı biyopolimerler' dir [26, 28, 29].

1.4.2. Kompozit Yapılara İlave Edilen Takviye Malzemeleri

Kompozit yapılarda kullanılan takviye malzemeleri; tanecik takviyeli kompozitler, lif takviyeli kompozitler, tabakalı kompozitlerdir. Bu yapılar nihai ürünün kullanım amacına ve kompozit üretim tekniğine göre belirlenir. Doğal liflerin takviye malzemesi olarak kompozit malzemelerdeki biçimleri Şekil 1.5' de gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Doğal Elyaf Takviye Biçimleri [28]

Kompozit malzemelerde kullanılan elyafın uzunluk-çap oranının yüksek olması matris ve takviye elemanları arasında etkili kayma gerilmesi transferini mümkün kılmaktadır [28]. Şekil 1.6’ da takviye elemanı olarak kullanılan çeşitli kaynaklardan liflerin uygulanabildiği tekstil yüzey yapıları gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Kompozit Yapıların Üretilmesinde Kullanılan Çeşitli Yüzey Biçimleri

[28]

Bitkisel kaynaklı doğal elyaf kompozitlerde kullanılan takviye yapıları; elyaf, dokunmamış yüzey, yönlendirilmiş iplik, dokuma ve örme tekstil yüzeyleridir. Hizalanmış yapılardan en iyi mekanik performanslar elde edilir. Bitkisel elyaf takviyeli kompozitlerin özelliklerini üretim teknikleri, bileşenlerin özellikleri, matris polimeri ve elyaf arasındaki uyumluluk ve ara yüzey kuvvetleri belirler. Bitkisel elyafın hidrofil yapıları, kolay tutuşma eğilimi ve kısıtlı mekanik özellikleri dezavantajları arasındadır ve bu yetersiz özellikler yüzey modifikasyon işlemleriyle giderilebilir. Bitkisel kaynaklı takviye malzemeleri asetilasyon, akrilasyon, alkali muamele, benzoilleme, korona muamelesi, greft kopolimerizasyonu, ısıtma işlemi, plazma muamelesi, silan muamelesi, stearik asit muamele ve diğer kimyasal işlemlerle hidrofobik hale dönüştürülüp, mekanik özellikleri geliştirilebilmektedir. Doğal elyaf takviyeli kompozitleri işlemeden önce elyaf içindeki nemi azaltmak için elyafı ısıtmak gerekir. Ancak yüksek ısılar liflerin selüloz yapısını bozar ve kompozit malzemelerin mekanik dayanımını olumsuz etkiler [28].

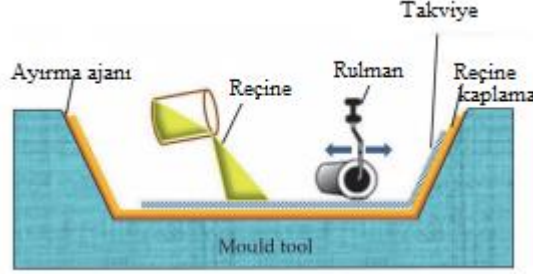
1.5. Kompozit Üretim Teknikleri

Kompozit malzeme üretiminde farklı üretim yöntemleri mevcuttur. Yöntem seçimini malzeme, üründen beklenen performans, nihai ürünün uygulanma alanı belirlemektedir.

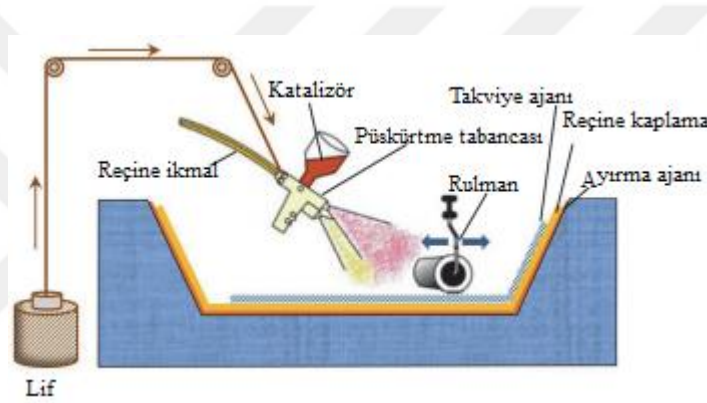
1.5.1. Açık Kontak Kalıplama

Açık kontak kalıplama tekniklerinden olan elle serme ve spreyleme teknikleri kompozit yüzey üretiminde kullanılır. Elle serme tekniği ekipman yatırımı gerektirmediği için ucuzdur ve yaygın biçimde kullanılır [26]. Bu yöntemde kuru tekstil yapıları kalıp üzerine serilir ve sıvı reçine manuel olarak silindirlerle beslenir. Emdirme işlemi dönen silindirler ve reçine banyosu ile yapılır. Takviye elemanı olarak kullanılan tekstil yüzeylerinin ıslanabilmesi ve katmanlar arasındaki hava boşluklarını giderebilmek için rulo yada fırça kullanılır. Kompozit yapının kalınlığı, işlenen kompozit katmanların miktarı ile belirlenir. Yüzeylerin sertleşmesi atmosfer basıncında ve ortam sıcaklığında gerçekleştirilir. Birkaç takviye katmanı ısıtılıp kürlenme işlemine bırakılır ve katman sayısı nihai ürünün belirlenen kalınlık değerine kadar artırılır [30]. Sprey tekniğinde ise, filamentler kıyıcı püskürtme tabancası kullanılarak kısa lifler halinde kalıbın yüzeyine reçine ile aynı anda uygulanır. Silindirler yardımıyla manuel olarak yüzeyler sıkıştırılır

ve sertleşme sonrasında kompozit parça kalıptan çıkarılır. Bu yöntem maliyet etkin kuvvet, tekne gövdesi ve güverteler, çamurluklar, duş kabinleri, kamyon kabinleri ve diğer parçaların üretimlerinde kullanılmaktadır [28].



Şekil 1.7. Elle Yatırma Tekniği [30]

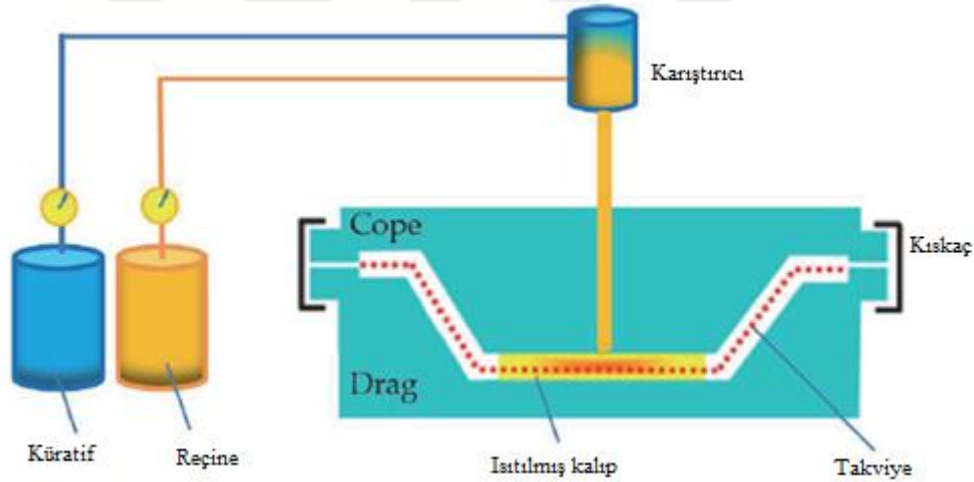


Şekil 1.8. Spreyle Serme Tekniği [30]

1.5.2. Reçine İnfüzyon Prosesleri

Hızlı üretim talepleri elle yerleştirmeye alternatif yarı otomatik bu yöntemin geliştirilmesini sağlamıştır. Reçine transfer kalıplama (RTM) yada sıvı kalıplama yönteminde kalıp (elyaf takviyeli plastik veya metal) iki parçadan oluşur. Bu teknikte kalıp ayırıcı kimyasal ile muamele edilir ve kimyasalın kurutulması sonrasında kuru takviye tekstil yüzeyi dişi kalıba yatırılır, erkek kalıp kapatılır (kapalı kalıp tekniği). Akışkan reçine ve katalizör kalıba belli oranlarda, düşük basınçta pompalanır, takviye malzemesinin gözeneklerini doldurur. Reçinin kürleşmesi oda sıcaklığında gerçekleşir ve kompozit yapı sertleştikten sonra kalıptan çıkarılır. Kalın, büyük ve karmaşık kompozit parçaların bu teknikte reçinenin jelleşmeden hızlı biçimde takviye malzemesinin gözeneklerin içine nüfuz etmesi sebebiyle tercih edilmektedir [28].

Reaksiyon enjeksiyon kalıbı (RIM) tekniğinde reçine ve katalizör iki farklı kaynaktan kalıba pompalanır, kimyasal reaksiyon kalıpta oluşur. Vakum destekli reçine transfer kalıplama (VARTM) tekniğinde ise, reçine vakumlanarak takviye elemanın gözeneklerini doldurur. Yüksek sıcaklık ve basınç gerekmemektedir. Bu yöntemle büyük ve karmaşık kompozit parçalarının ekonomik üretimi mümkün olmaktadır. Reçine filmi infüzyonu (RFI), yüksek viskoziteli reçine filminin üzerine kuru takviye yüzeyinin serildiği ve çoklu katmanlardan oluşan hibrit bir tekniktir. Uygulanan sıcaklık, vakum ve basınç ile reçine sıvılaşır. Kısa akış mesafesi nedeniyle reçine takviye malzemesi içinde eşit dağılır. Bu teknik ile kompozit malzemedeki elyaf miktarı % 70 oranına kadar çıkabilir ve otomatik kontroller homojen yüzeylerin üretilmesini sağlamaktadır. Bu teknik otoklavsız yüksek kalitede katmanlar üretmek için havacılık vb. sektörler tarafından kullanılmıştır [31].

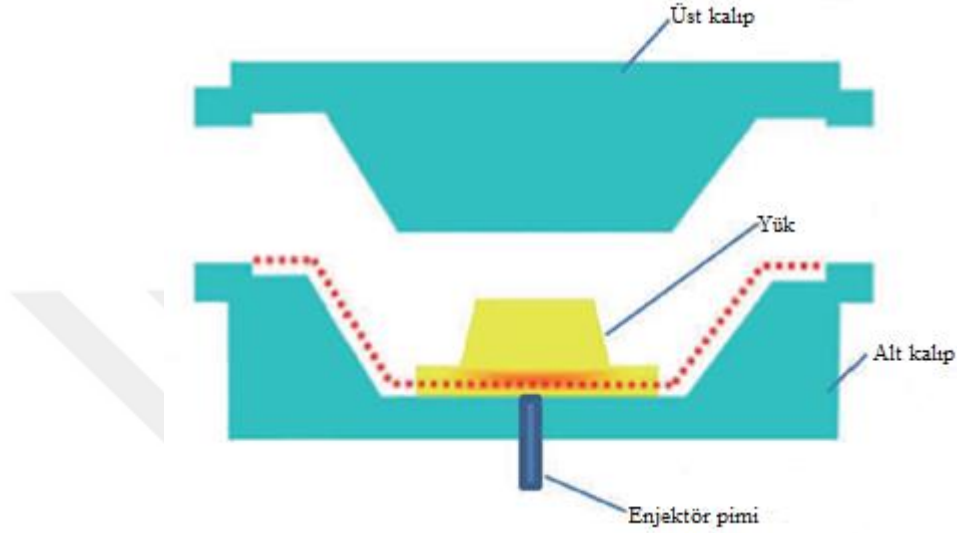


Şekil 1.9. Reçine Transfer Kalıplama (RTM) Prosesi [31]

1.5.3. Presleme kalıplama

Presleme kalıplama tekniği, hem termoset hem de termoplastik malzemelerden hızlı ve çeşitli büyüklüklerde kompozit parçalar üretmek için kullanılan, hızlı bir işlemdir. Doğal elyaf takviyeli kompozitler preslenerek otomotiv endüstrisinde sıkça kullanılır. Bu teknikte, lifler reçine filmleri arasına yerleştirilir (parça kalınlığı kadar tabaka). Genellikle takviye elemanı olarak keten, kenevir, sisal gibi bitkisel gövde lifleri, iğnelenmiş dokunmamış yüzeyler yapılarında yarı mamül olarak kullanılır. Kompozit yapılarda kullanılan elyaf miktarı %30-60' dır. İşlem süresi parça büyüklüğüne ve parçanın

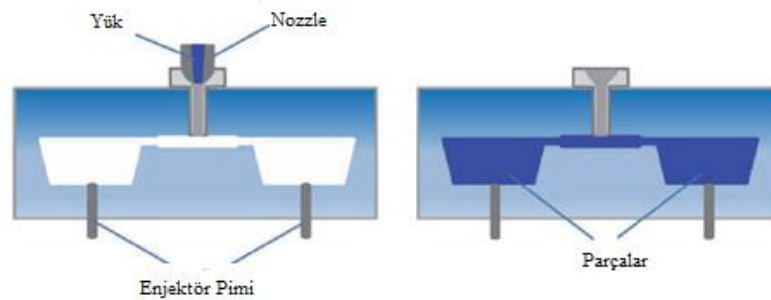
kalınlığına bağlı olarak farklılık gösterir. Genellikle işlem parametre aralıkları; sıcaklık için 160 - 250 °C ve işlem süresi için 30 saniye ile 15 dakikadır. Yapılan çalışmalarda kalıplama basıncının ve sıcaklığının bitkisel kaynaklı elyafın matrise iyi yapıştığını ve daha iyi mekanik performans elde edildiğini göstermiştir. Bu nedenle liflerin hasar görmediği maksimum basıncı bulmak oldukça önemlidir [28, 29].



Şekil 1.10. Presle Kalıplama Prosesi [31]

1.5.4. Enjeksiyon kalıplama

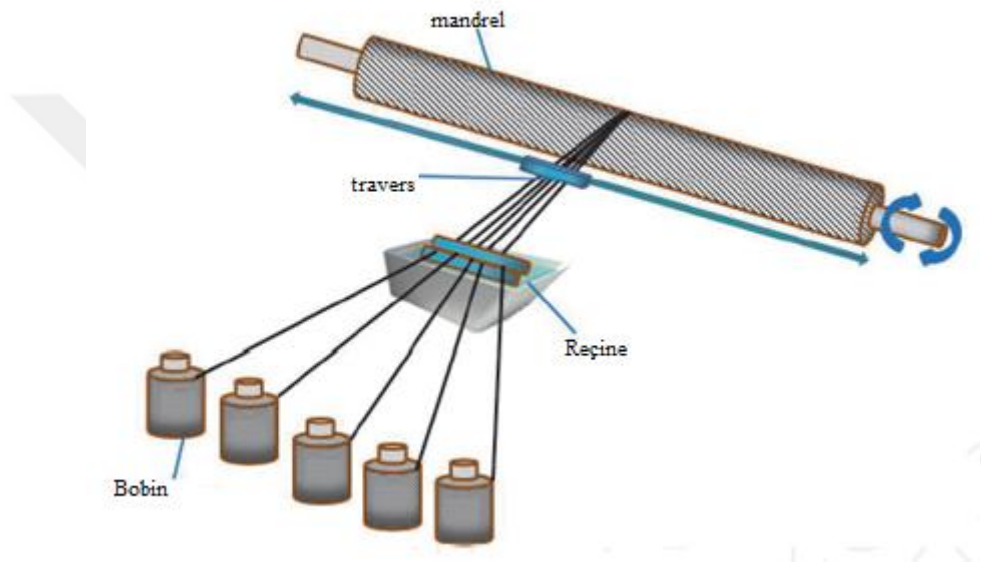
Enjeksiyon kalıplama tekniği termoplastikler için yaygın kullanılan yüksek yüzey kalitesinin, karmaşık ve büyük hacimli parçaların yüksek verimlilikle düşük basınçta ve kapalı bir sistemde üretilebilmesini sağlamaktadır. Isıtılmış bir haznenin içerisine granül reçine ve kısa lifler karıştırılır sonrasında bir mil ile kalıba aktarılır. Enjeksiyon kalıplama yöntemi ile küçük şişe kapaklarından otomobil parçalarına kadar geniş bir ürün gamında üretim yapılmaktadır [26, 28].



Şekil 1.11. Enjeksiyon Kalıplama Prosesi [31]

1.5.5. Filament Sarım

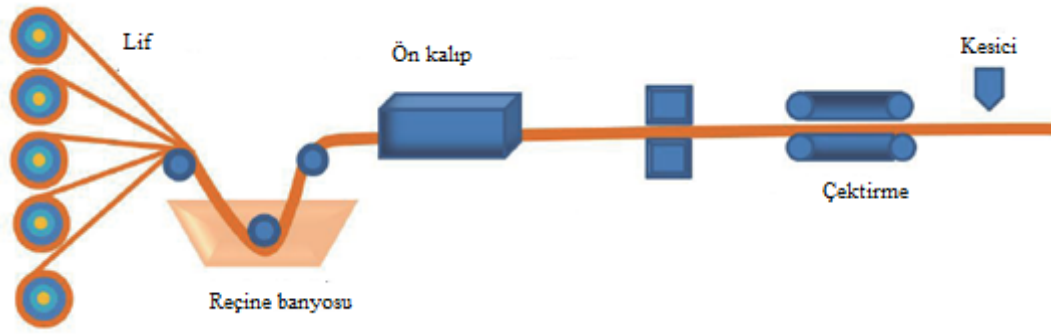
Filament sargısı tekniği; eksenel simetrik örneklerin (silindir vs.) işlenmesinde kullanılır. İşlenen parçanın hacimce % 70 oranında filament bobinlerden sağılarak reçine banyosundan geçirilir, hareketli bir mil (mandrel) üzerine ileri geri hareket ederek istenilen açıda sarılır. Sarım açısı, milin hızı ve bobinin sağılma hızı ile kontrol edilir. Bu teknik, nispeten düşük malzeme maliyeti ile havacılık gibi sektörler için sürdürülebilir bir imalat yöntemidir [26, 28].



Şekil 1.12. Filament Sargısı Tekniği [31]

1.5.6. Pultrüzyon İşlemi

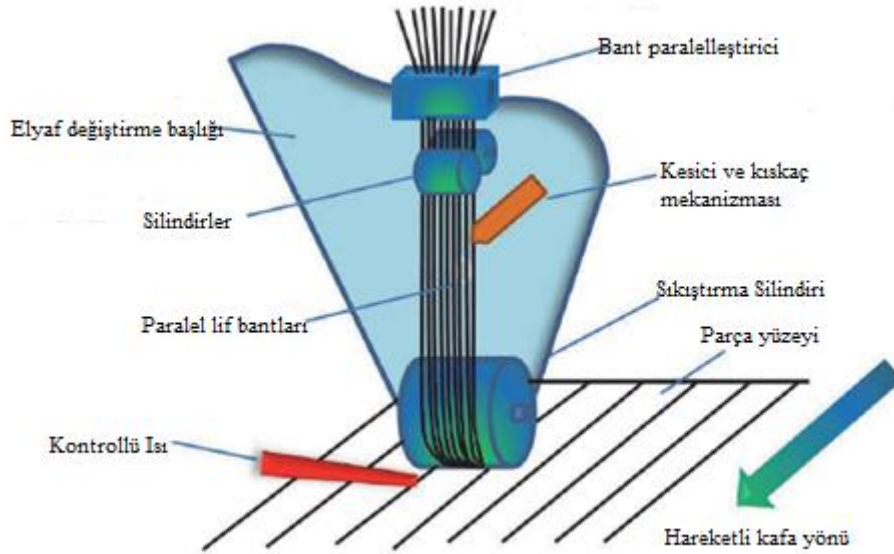
Pultrüzyon tekniği ile sabit kesitli ancak istenilen uzunlukta kompozit profiller sürekli bir akış ile üretilmektedir. Tek yönlü kuvvetin gerekli olduğu uygulamalar için lifler reçine karışımının (dolgu, iç kalıp ayırıcı, reçine vb.) olduğu havuzundan geçirilerek emdirilir. Takviye malzemesi ısıtılmış kalıptan çekilerek polimerize edilir. Sertleştirilmiş ve kalıplanmış profil istenilen ölçülerde kesilir. Otomatik ve sürdürülebilir ürünlerin işlenebildiği bir tekniktir. Pultrüzyon, profil, direk, boru, I-kirişleri, T-kirişleri, merdivenler ve pervazlar, vb gibi doğrusal bileşenlerin imalatında kullanılan sürekli bir üretim tekniğidir. Bu yöntemin avantajları çeşitli kesit şekilleri ve sistemin yüksek otomasyonla uygulanabilirliğidir [28, 32].



Şekil 1.13. Pultrüzyon Tekniği [32]

1.5.7. Otomatik Lif Serme

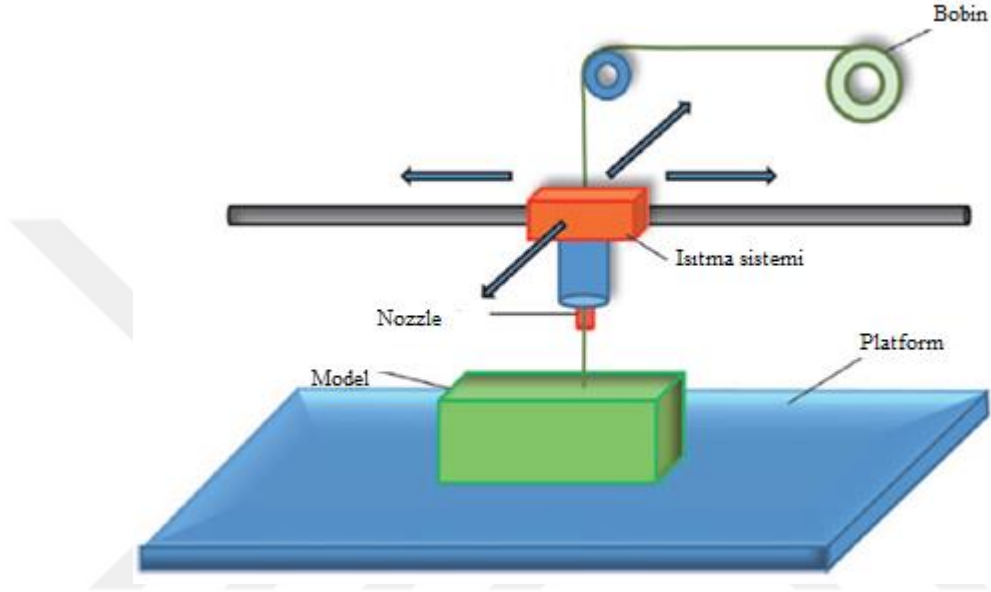
Otomatik lif serme (AFP) tekniğinde takviye elemanı olarak kullanılan bantlardan katmanlar halinde istenilen yükleri taşıyabileceği farklı açılarda serim yapılabilmektedir. Spesifik parçaların üretiminin mümkün olduğu en gelişmiş tekniklerden biridir [28, 32].



Şekil 1.14. Otomatik Lif Serme Tekniği [32]

1.5.8. Eklemeli Üretim

3B yazıcıların kullanıldığı bu teknikte, bir malzemenin üç boyutlu dijital modelinin katman katman üst üste dizilmesi ile oluşturulur. Bu yöntemde katmanlar çeşitli kimyasallarla birbiri üzerine yapıştırılır. Takviye elemanı olarak; polimer ve kauçuk mikroküreler, cam ve karbon lif parçaları, seramik tozu ve odun unu vb. gibi malzemeler kullanılmaktadır [28, 32].

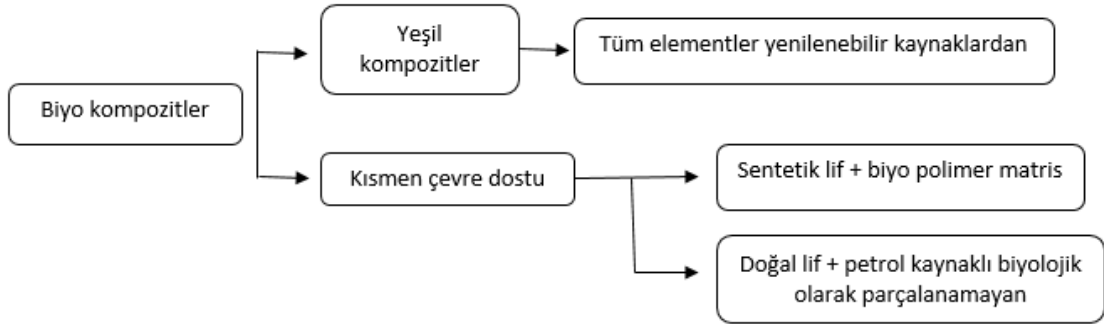


Şekil 1.15. Eklemeli Üretim Tekniği [32]

1.6. Yeşil Kompozit Malzemeler

Petrol kaynaklarının azalması ve fiyatlardaki dalgalanmalar sentetik polimerlere alternatif oluşturacak yenilenebilir kaynaklara olan ihtiyacı arttırmıştır. Biyopolimerler yeşil kalkınma için önemli bir potansiyeldir. Matris yada takviye elemanlarından en az birinin doğal kaynaklardan elde edildiği kompozitlere yeşil kompozit olarak adlandırılır. Yeşil kompozitlerde matris malzemesi olarak; polietilen, polipropilen, polistiren, polyester, epoksi, fenolik reçineler, nişasta ve polilaktik asit gibi doğal ve sentetik matris kaynaklar kullanılmaktadır. Kullanılan matris ve takviye malzemesinin türüne göre yeşil kompozitler sınıflandırılmaktadır. Şekil 1.16' da biyo kompozitlerin sınıflandırılması görülmektedir [33].

- Hem matris hem de takviye elemanının biyo malzemelerden oluştuğu % 100 yenilenebilir kompozitler,
- Matris malzemenin biyobazlı kaynaklardan elde edildiği ve sentetik takviye polimelerinin kullanıldığı kısmi yenilenebilir kompozitler,
- Sentetik matrisin doğal kaynaklı takviye polimerleri ile güçlendirildiği kısmi yenilenebilir kompozitlerdir.



Şekil 1.16. Biyo Kompozitlerin Sınıflanması [33]

Yeşil kompozit uygulamalarında bitkisel elyaf, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri ve çevre dostu yapılarıyla tercih edilmektedir. Endüstriyel süreçlerde yenilenebilir bir kaynak olan doğal elyaf karbon emisyonunun, atıkların azaltılmasında ve “yeşil” ürünlerin üretilmesinde kullanılabilir. CO₂ miktarının azaltılmasına iyi bir örnek olarak; 1 dönümde yetiştirilen kenevirin bir ekim sezonunda yaklaşık 2,5 atmosferik CO₂ emilimine neden olduğu yine benzer şekilde jüt bitkisinin ise 2,4 ton karbon emdiği belirlenmiştir. Buna karşın 1 ton polipropilen üretimi ile 3 tondan fazla karbondioksit salınımı yapıldığı bilinmektedir [34].

Yeşil kompozit yapıların olumlu çevresel etkilerinin dışında, petrol fiyatlarındaki dalgalanma ve petrol arzının belirsizliği gibi problemlerin çözümü için alternatif malzemelerdir. Global pazarda doğal elyaf kompozitlerin 2019-2025 yılları arasındaki % 10,6'lık büyüme ile 4,7 Milyar \$'ı bulacağı tahmin edilmektedir. Büyümedeki artışın sebebi olarak; inşaat ve otomotiv sektörlerindeki biyokompozitlere olan yoğun talep, üstün ürün özellikleri ve yasal zorunluluklar olarak sıralanmaktadır. Hafiflik, rijitlik/ağırlık oranının yüksek olması ve nihai kullanıcıların çevresel hassasiyetleri biyokompozitlerin avantajlarıdır [35].

Biyo kaynaklardan elde edilen yeşil kompozitlerde işlem sıcaklığı matris malzemenin seçimi için sınırlayıcı bir faktördür. Doğal elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri elyaf hacim/ağırlık oranından (fraksiyon), yönlendirilmiş liflerden, elyaf en/boy oranından, lif uzunluğundan, elyaf-matris arayüzey yapışmasından ve stres transferinden etkilenir. Yeşil kompozitler birçok sektörde uygulanmıştır [36]. Doğal elyaf takviyeli kompozitler; ulaşım, inşaat, havacılık ve serbest zaman aktivite araçları (spor-bisiklet, denizcilik- güverte, panel vb.) gibi sektörlerde kullanım alanı bulmaktadır. Tablo 1.2’ de doğal elyaf kompozitlerinin kullanım alanların gösteren özet bir tablo verilmiştir.

Tablo 1.2. Doğal Elyaf Kompozit Uygulamaları [36]

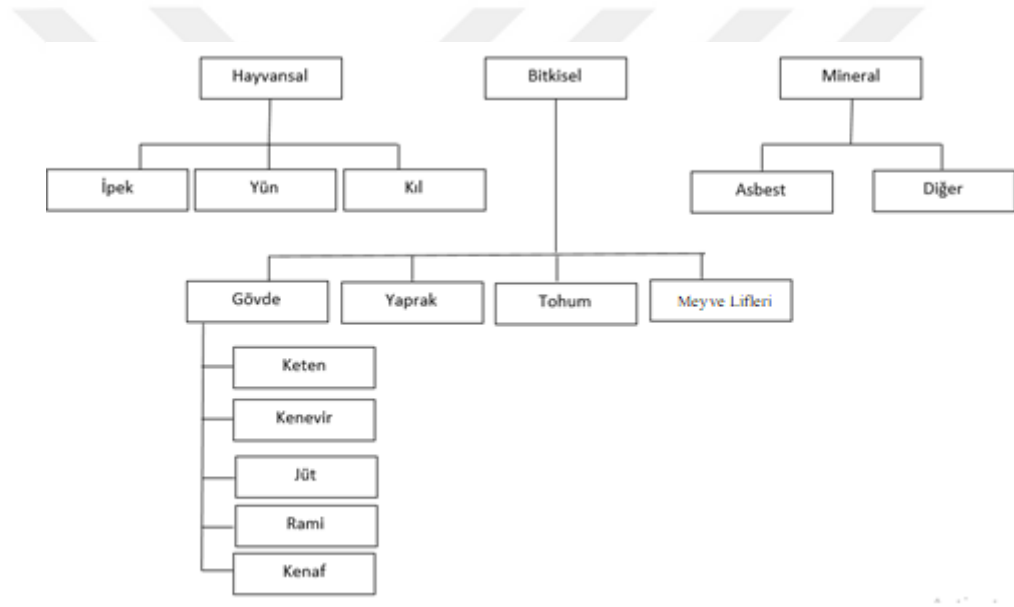
Üretici	Marka/Kullanılan Malzeme	Uygulama Alanları/Ürünler
Bcomp	AmpliTex®, Bcores®, powerRibs®, Doğal elyaf (keten, balsa, ahşap) kompozit takviye malzemeleri	Ototmotiv, yaz ve kış sporları
Enkev	Cocoform, hindistan cevizi lifi, doğal lateks kauçuk	Konteyner, kutular, tepsiler, paketlenme ürünleri
Flexform Technologies	Sürdürülebilir doğal elyaf karışımları (kenavir, jüt ve kenaf) ve lifli termoplastik polimerler	Nakliye ve depolama için konteynerlar, araba ve kamyonlar için iç panel, yükleme zemini ve zemin kalkanları, çalışma alanı paneli, ev ve ofisler için mobilyalar, tarım fideleri için yapısal destek ürünleri
GAF materials corp	Duralife™, PP ahşap	Kompozit zemin kaplaması
Green Core	GreenCore NCell™, % 40’ a kadar doğal selülozik mikro liflerle takviye edilmiş PP ve PE matris	Konteyner, ev ve ofis mobilyaları, ev eşyaları, çim ve bahçe ürünleri, elektrikli aletler,

		spor eşyaları, depolama, ulaşım ve oyuncaklar Otomotiv, konsol, kapı kolları, gösterge panel bileşenleri, yükleme katları
Green line	PLA ve PP polimer ve katkıları, doğal elyaf (keten ve kenevir)	Müzik enstrümanları için koruyucu kılıf
Yeşil kompozit teknolojilerinde yenilikler	% 25 keten ve % 25 E-Cam fitil ile takviye edilmiş % 50 geri dönüştürülmüş reçine	BRP yeşil duvar paneli
Lingrove	Lingrove ön emprenye edilmiş/termoplastik kompozitler, keten kumaşlar,	Mobilya, müzik, spor, ulaşım
Tech-wood International	Ahşap plastik kompozitleri	Modüler ev yapıları
Trex company	Trex Transcend™, ahşap plastik kompozitleri ve PVC	Yüksek performans zemin kaplaması ve korkuluk hattı
UFP technologies	% 50 doğal ve % 50 PP karışımı	Doğal elyaf kompozitlerinin kullanıldığı destekler, kapı panelleri, yükleme zemini, paketleme tepsileri, koltuk sırtlığı
UPM-Kymmene	Ahşap plastik kompozitleri	Profil, zemin kaplaması ürünleri

1.7. Takviye Lifi Olarak Doğal Lifler

Biyo bazlı lifler, doğal kaynaklı lifler ve biyo-polimerlerden elde edilen lifler olarak kategorize edilebilir. Bu kısımda kullanılan doğal kaynaklı elyafın ve biyo polimerlerin üretim kapasiteleri, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri gözden geçirilmektedir. Mevcut çalışmada, doğal kaynaklı keten ve kenevir elyafı ile PLA biyo polimer lifi üzerine odaklanılmaktadır. Bu nedenle, bu lifler detaylı olarak incelenmiştir. Doğal elyaf bitkisel, hayvansal ve mineral kaynaklı elyaf olmak üzere üç ana grupta toplanırlar.

Ayrıca, bitkisel elyaf elde edildikleri bitkinin bölümlerine göre sınıflandırılır. Gövde elyafı, bitkilerin sapından elde edilen bitkisel kaynaklı elyafdır. Şekil 1.17’ de doğal kaynaklı elyaf türleri görülmektedir. Bu çalışma kompozit sektörünün ilgisi nedeniyle gövde elyafına yoğunlaşmıştır. Elyaf takviyeli kompozitlerin işlenebilirliği açısından kullanılan lifler; bitkisel kaynaklı, özellikle gövde, yaprak ve odun liflerinden elde edilir. Keten, kenevir, jüt gibi gövde elyafı, hem uzun elyaf olmaları hem de üstün mekanik özellikleri nedeniyle elyaf takviyeli kompozitlerde takviye elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu elyaf biyolojik bozunabilir, geri dönüştürülebilir ve karbondioksit tüketimleri, salınımlarından daha çok olduğu için “karbon pozitif” olarak adlandırılırlar [33, 38].



Şekil 1.17. Doğal Kaynaklı Elyaf Türleri [33]

Tablo 1.3. 2021 Yılında Dünya Çapında Gövde Elyafının Üretimi [38,39,40].

Gövde elyaf türü	2021 yılı üretim miktarı (ton)	Üretici ülkeler (çokdan- aza)	Türkiye’deki elyaf üretim miktarı (ton)
Keten	896,636.43	Fransa, Çin, Rusya Federasyonu, Belarus, Belçika	6
Kenevir	287,318.37	ABD, Çin, Kore Cumhuriyeti, Hollanda, Romanya Şili	21
Jüt ve kenaf	3,457,634.23	Hindistan, Bangladeş, Çin, Özbekistan	-

Tablo 1.3' de dünya çapında önemli gövde elyafının üretimi özetlenmektedir. Veriler Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayınlanmış istatistiklerden elde edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Türkiye' deki 2021 yılı keten elyaf üretimi 6 ton iken; kenevir elyaf üretim miktarı ise 21 tondur. Dünya genelinde üretilen toplam keten lifinin % 73' ü Avrupa' da üretilmektedir. Asya toplam üretimde % 25,1' lik paya sahiptir. Kenevir üretiminde ise Asya (% 57,8) dünya çapında en yüksek paya sahipken, Avrupa % 35,8' lik oran ile takip etmektedir. Türkiye' deki kenevir elyaf üretimi, bir önceki yıla kıyasla 2021 yılında yaklaşık 2,5 katına çıkmıştır. Türkiye' de yerli kenevir üretim stratejisinin kabul edilmesi endüstriyel kenevir üretiminde artışa sebep olmuştur. Grand View Research Inc.' in yayınladığı rapora göre; global ölçekte 2025 yılına kadar endüstriyel kenevir pazar büyüklüğünün 10,6 milyar \$' a ulaşması beklenmektedir. Doğal liflerin avantajları arasında istenilen en-boy oranı, düşük yoğunluk ve nispeten yüksek gerilme ve eğilme modülleri sayılabilir [38-43].

Doğal elyaf içerisinde Young modülü açısından en mukavetli selüloz kaynaklı elyaf; keten ve kenevir' dir. Keten ve kenevir elyafı yüksek uzunluk / elyaf kalınlığı oranına sahiptir ve kompozit uygulamalarında takviye malzemesi olarak kullanılırlar. Keten elyafı tekstil uygulamalarında sıklıkla kullanıldığı için erişilebilirliği kenevire göre daha kolaydır ancak ülkemizde kenevir elyaf üretimi ketenden daha fazladır. İklimsel değişiklikler ve işleme teknikleri elyafın kimyasal yapısını etkilemektedir. Selülozun temel kimyasal yapısı bitkisel bazlı elyaf da benzerlik göstermektedir. Ancak selüloz moleküllerinin farklı geometrik dizilimleri elyafı ve özelliklerini farklılaştırmaktadır [43, 44].

Selüloz, kristalin bölgelerin % 80' ini içeren oldukça kristalin bir yapıdır. Selülozun kristalli bölgesi, mukavemetine ve modülüne katkıda bulunur. Selülozun hidrofilik yapısında alkollü hidroksil grupları bulunur. Selüloz kaynaklı elyafın nem çekme oranı % 8 - 12.6 arasındadır. Hemiselüloz, selülozdan çok dallı polisakkarit yapısı ve 10-1000 kat daha düşük polimerizasyon derecesi ile farklıdır. Hemiselüloz; nem emilimi, termal ve biyolojik bozulma gibi doğal liflerin özelliklerine katkıda bulunur. Lignin, fenil-propan birimlerinden oluşan amorf ve karmaşık bir yapıdır. Lignin, hücre duvarının sentezlenmesi sırasında selüloz ve hemiselüloz arasındaki boşluğu doldurarak, yapıyı

sertleştirir. Polisakkarit lifleri birarada tutar ve bunları kimyasal ve fiziksel hasarlardan korur [43]. Tablo 1.4 de bazı doğal liflerin kimyasal bileşimini listelemektedir.

Tablo 1.4. Bitki Liflerinin Kimyasal Bileşimine Genel Bakış [37].

Gövde ve Yaprak Lifleri	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)
Keten	56.5 - 72.0	15.4 - 6.7	2.0 - 4.1
Kenevir	60.0 - 72.0	11.0 - 19.0	2.3 - 4.7
Jüt	61.0 - 72.4	12.0 - 13.3	11.8 - 14.2
Kenaf	47.0 – 62.0	15	7 - 9
Sisal	65.8 - 70.0	13.3	9.9 – 12.0
Rami	68.6 – 83.0	13.4 – 14.5	0.6 – 0.7
Abaka	70.2	21.7	5.6

Doğal kaynaklı elyafın kimyasal bileşenleri hem farklı gövde elyaf türleri arasında hem de her bir gövde elyafı içinde de farklılık gösterir. Örneğin; keten liflerinin selüloz içeriği % 56.6 - 72 arasında değişebilir. Bitkisel kaynaklı liflerin kimyasal bileşimi ve yapısı bitkinin yaşından, iklim koşullarından ve lif işleme tekniklerinden etkilenir. Bitkisel kaynaklı bazı liflerin E-cam liflerine kıyasla mekanik özellikleri Tablo 1.5’ de özetlenmiştir. Doğal liflerin yoğunluğu, cam liflerin yoğunluğundan yaklaşık % 40 daha düşüktür. Doğal elyafın ve cam elyafın özgül gerilme modülü benzerdir. Bununla birlikte, sadece keten liflerinin özgül gerilme mukavemeti cam elyafla karşılaştırılabilir. Kenevir ve hint keneviri gibi diğer doğal lifler, cam liflere kıyasla belirgin şekilde daha düşük özgül gerilme mukavemetine sahiptir [37].

Tablo 1.5. Doğal Kaynaklı ve E-Cam Elyafının Özellikleri [37,45,46]

Lif	Yoğunluk (g/cm ³)	Uzunluk (mm)	Gerilme Direnci (MPa)	E- Modül (GPa)	Özgül Güç (GPa/gcm ³)	Özgül Modüs (GPa/g/cm ³)
E-Cam	2.55	-	2000-3500	70-76	784-1372	27-29
Keten	1.4	5-900	340-2000	27-100	243-1429	19-71
Kenevir	1.48	5-55	270-900	23-90	182-608	15-61
Jüt	1.4	1-120	320-800	8-78	229-571	6-56
Kenaf	1.45	1-120	220-930	14-53	152-641	10-38
Sisal	1.33	900	360-700	9-38	271-526	7-29
Rami	1.5	1500	220-938	44-128	147-625	29-85
Abaka	1.5	1000	400-980	9-38	267-653	6-25

Ayrıca, doğal kaynaklı elyafın hem farklı türleri hem de kendi içlerinde performans özelliklerinin aralığı çok geniştir. Bitkisel kaynaklı elyafın özellikleri; ekim alanına ve iklim koşullarına, çürütme türüne, kullanılan üretim yöntemlerine vb. göre değişmektedir.

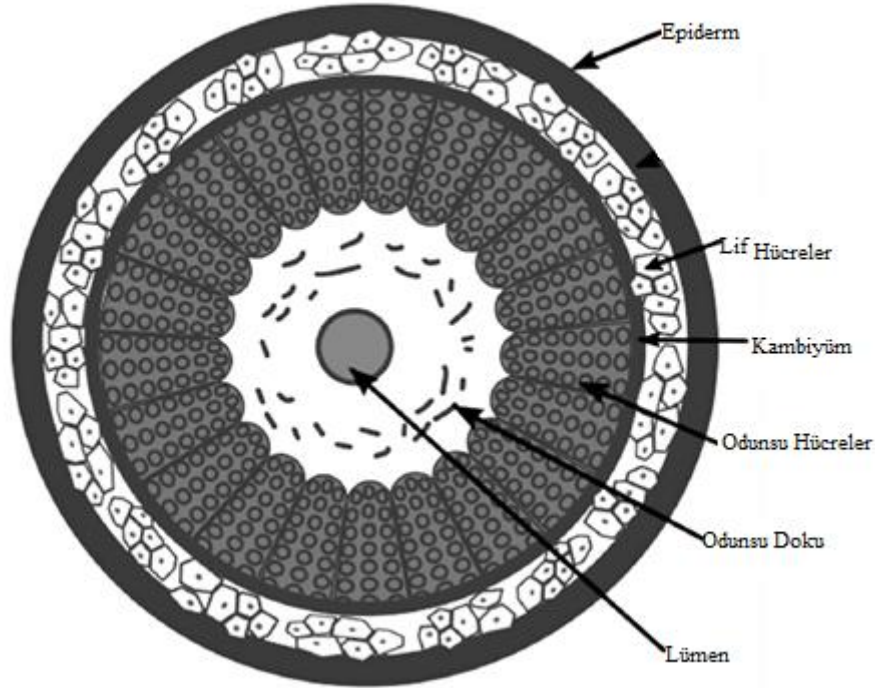
1.7.1. Keten Lifi

Keten lifinin yapısı

Keten lifleri, *Linum Usitatissimum* çift çenekli bitkisinin sapından (gövdesinden) elde edilir. Keten liflerinin temel bileşenleri % 70- % 85'e kadar selüloz (yapısal lifler), ~% 16 hemiselüloz (matris görevi), linyin (~% 2-3), <% 9 pektinler (arayüzlerde yapıştırıcı görevi gören bağlayıcı) ve yağlar ve vakslardır (<% 5). Lif içerisindeki yüksek selüloz miktarı, keten lifinin yüksek kristalliliğine sebep olur. Elyafın yüksek kristalliliği, yüksek kuru / ıslak gerilme mukavemeti, kopma sırasında düşük uzayabilirlik, uzama ve zayıf aşınma dahil olmak üzere liflerin fiziksel özelliklerini belirler [37, 47].

Keten lifleri, pektinlerle birbirine yapıştırılmış 10-40 birincil liften oluşan kabaca dairesel demetlerdir. Birincil lifler, saktaki birincil hücrelerin farklılaşmasıyla oluşur. Birincil dış duvar ve iç ikincil hücre duvarından oluşur. Her iki duvar da liflerin mekanik özelliklerine eşit katkıda bulunur. İkincil hücre duvarları, hemiselüloz ve lignin matrisine gömülü sarmal selüloz moleküler yapısından yapılan mikrofibrillerden oluşur.

Mikrofibriller, uzunlamasına yönlerde darbe yükleri alabilir. Selüloz polimerlerinin molekül zincirlerindeki hidrojen bağları yüksek mukavemetten sorumludur. İkincil duvarda bulunan galaktan zincirleri ve arabinoglaktan proteinleri, ketene önemli bir mukavemet vermektedir [48].



Şekil 1.18. Keten Lif Gövdesinin Enine Kesiti [37].

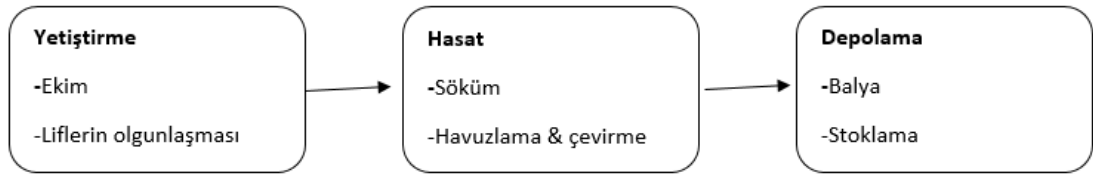
Keten gövdesinin enine kesiti alındığında, değişik tabakalar içerdiği görülmektedir. Bir keten sapının kesiti Şekil 1.18’ de gösterilmektedir. Lif yığınlarını bir epidermis tabakası çevrelemektedir. Bunlar kuvvetli gövde lifleridir ve gövde boyunda, kökten yukarı doğru uzanırlar. Kabuk (bark) ani sıcaklık değişimlerinden kaynaklı buharlaşmaya karşı bitkiyi korur ve gövdeye mekanik destek sağlar [34]. Gövde lifleri; epidermis ile en içteki odunsu çekirdek hücreler arasında -korteks bölgesi olarak adlandırılan- yer alan, demetler halinde uzun selülozca zengin lif hücreleridir. Lif demetlerinin arasında parankim hücreleri bulunur. Lif yığınları, kıymık (shive=floem+ksilem) adı verilen odunsu hücreler içeren, sert iç gövde tarafından çevrilmiştir ve her iki hücre gruplarını ince bir kambiyum tabakası ayırır. Kambiyum tabakası destek ve iletim için bulunur [49,50,51]. Gövdenin merkezinde boş bir alan mevcuttur. Her bir lif yığını 10-40 arası tek liften oluşmaktadır. Uzunlukları 14 μ ’dan 70 mm’e kadar değişmektedir. Liflerin

uzunluğu gövdeki yerlerine göre farklılık gösterir. Ortalama lif uzunluğu 20-35 mm'dır. Lif fibrilleri, elementer fibrillerin medyana getirdiği mikrofibrillerden oluşmuştur. Hücrelerin ilk çeperi eser miktarda ligninle birlikte pektin içerirken, ikincil çeper esas olarak selülozdur. Kıymık, keten sapında kalın odunsu bir tabakadır. Sap eksenine bir iskelet görevi görür ve sapı kırılmaya karşı korur. Kovan ve lif yığınları arasında sapın büyümesinden sorumlu kambiyum bulunur. Kambiyum hücreleri lifleri kıymık (shive) bölgesinden ayırır [52].

Lif eksenine dik çıkıklar şeklinde görülen düğümler veya "fibrenodlar" lif özelliklerinin kolayca değiştirilebildiği, nemin, boya vb. kimyasalların kolayca emildiği bölgelerdir. Düğümlere benzeyen kıvrımlı bantlar keten lifinin mukavemet testlerinde kırılma noktalarıdır [48].

Keten lifi tarımı

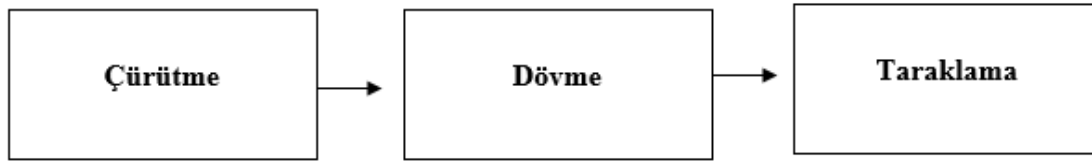
Keten lifi yetiştiriciliğindeki temel adımlar Şekil 1.19' da özetlenmiştir. Keten ipliğinin üretilmesi aşamasında ilk işlem keten bitkisinin olgunlaştığı zamanlarda biçme işlemidir. Biçme işlemi gerçekleştikten sonra tohumların ayrılması gerekir. Bu işlem keten dövme işlemi ile gerçekleştirilir. Tohumların ayrılması işleminin ardından sırasıyla çürütme, kurutma, dövme ve taraklama işlemleri gerçekleştirilir.



Şekil 1.19. Keten Lifi Yetiştiriciliği [37].

Ülkemizde ekim zamanı lif keteni için ilkbahar olup ekim metodu ise makine ile sıra ekim yöntemidir. Bitki gelişimi 4 farklı döneme ayrılmıştır. Bunlar; çiçeklenmenin yeni başladığı yeşil olum dönemi, keten lif verimliliğinin yüksek olduğu yeşil-sarı dönem, tohumların olgunlaştığı tam (sarı) olum dönemi ve son olarak yağ kalitesinin arttığı ancak lif kalitesinin düştüğü ölü olum dönemidir. Bitki ekimden sonraki 100 gün içinde (yaklaşık 3 ay) olgunluğa ulaşır. Olgunlaşmış sap ve tohum kabuklarının sarı-kahverengiye döndüğü keten bitkisinin uzunluğu yaklaşık 80-130 cm ve çapı 1-5 mm'dir.

Ketende lif "teknik sap uzunluğu" denilen çift çenek yapraklar ile ilk dallanmanın başladığı yere kadar olan kısımdır. Lif ketenlerinde teknik sap uzunluğu 70-80 cm' dir. Olgunluğa erişen lif keteni bitkisini ayırma işlemi tarlada başlar ve bitkinin baş kısmı bir tarafa kök kısmı diğer tarafa olmak üzere demetler halinde dizilir. Üzerindeki yapraklar kuruyup döküldükten sonra kendi sapları ile bağlanarak demet haline getirilir. Kurutulmuş bitkiden lifin elde edilmesi üç aşamada gerçekleşir. Bunlar; çürütme, dövme ve taraklamadır [37,53,54].



Şekil 1.20. Keten Bitkisinden Lif Üretimi Aşamaları [49]

- 1. Çürütme:** Yapışmayı sağlayan pektin ve diğer çimentolama bileşenlerini parçalayarak, lifleri lif olmayan malzemelerden ayırma işlemidir. Pektin, bitkinin hücre duvarında ve dokusunda bulunan bir şeker bileşenidir. Pektin tuğlaların çimento ile yapıştırılması gibi, bitkilerin hücre duvarlarını bağlar. Pektin ve hemiselüloz gibi malzemelerin yetersiz çözülmesi odunsu çekirdek hücreler ve kütikülerleşmiş epidermis hücrelerinin liflerin içinde kalması sağlar. Bu da liflerin işlenmesini ve kalitesini olumsuz etkiler. Yine, tersine fazla çözülmede lif mukavemetini azaltır [34, 49-51].

- a) Çiğ ile çürütme:** Nem oranı yüksek bölgelerde toprak üzerine serilen keten saplarının, ısı ve nemin etkisi ile çoğalan mikroorganizmaların enzimleri yardımıyla kataliznerek, çürümesidir. 1-1,5 ayda tamamlanan çürütme işleminde mikroorganizmaların ve mantarların bitkinin gövdesinde kolonileşmesi sağlanır. Bu yolla lif demetlerini odunsu hücrelere bağlayan pektin, hemiselüloz vb. maddelerin ayrılması, bitkinin yapısını kısmen bozar. Mikroorganizmaların selülozu parçalamaması, çürütme işleminin doğru zamanda durdurulması gerekir. Aksi halde lif kalitesi oldukça azalır. Elde edilen keten lifi yumuşak, uzun ve esmerdir. Ketende lif oranı % 16-

24 arasında değişir. Bir sapta ortalama 25-50 lif hüzmesi bulunur. Çiğde havuzlamadan sonra, keten yongaları balyanır ve elyaf işlemeye kadar bekletilir. Küf oluşumunu önlemek için yongaların nem oranının %15' in üzerinde olmaması sağlanır. Keten bitkisi üzerindeki küf habitatları elyafın rengine bozulmaya, elyafın parçalanmasına ve güçsüzleşmesine neden olabilir [37,50,55,56].

b) Su ile çürütme: Keten saplarının durgun sularda yada akar sularda su ile ıslatılarak çürütölmesidir. Bu yöntemle yüksek kalitede keten lifleri üretilebildiği bildirilmiştir. Durgun suda havuzlamada oksijensiz ortamda yaşayabilen bakterilerin (örn. Clostridium felsinium) aktivitesinden dolayı sıcaklık yükselir ve çürüme süresi 4-7 günde biter. Bu yöntemde sıcaklık kontrol altında tutulmazsa mikroorganizmalar dış pektinden sonra iç pektinide bozundurlar ve lif demetleri tek life kadar ayrılıp, keteni pamuklaştırır. Akarsularda yapılan çürütme işleminde, su değiştiği için sıcaklık artışı olmaz ve 1-6 hafta arasında süreç tamamlanır. Çürütölen bitkiler serilerek kurutulur ve güneşte ağartılır. Olumsuz çevresel etkileri nedeniyle bu yöntem sınırlandırılmıştır [49,57].

c) Kimyasal çürütme: Kimyasal ayrıştırma işlemlerinde; etilendiamintetraasetik asit (EDTA), deterjanlar, güçlü alkali ve buhar patlaması gibi yöntemler kullanılmaktadır. % 3'lük HCl çözeltisinde 2-3 gün bekletilen keten sapları, yıkanıp nötralize edilir. Diğer patentlenmiş çalışmalar arasında, mekanik işlemlerle birleştirilmiş kimyasal pişirme işlemi (basınç altında) elyafı ayırmak için kullanılmıştır. Kimyasal ürünler kullanmadan, yeşil keten veya kenevir bitkilerinin mekanik işlemlerle açılması ve sonrasında ultrasonik metotlarla elyaf üretilmiştir. Buhar patlaması yöntemi de pektinlerin ayrışması için kullanılmıştır. Diğer yöntemlerden daha hızlı ve daha düşük kaliteli lif eldesi sağlanmaktadır [49,57].

d) Enzimatik çürütme: Enzimatik havuzlama yöntemi diğer havuzlama metodlarının dezavantajları ortadan kaldırmakta; hızlı, kontrol edilebilir ve çevreye duyarlı süreçler geliştirmektedir. Spesifik uygulamalar için özellikleri değiştirilmiş, kaliteli ve sürdürülebilir lif eldesi sağlanabilmektedir. Enzimatik işlemlerle kısa sürede bitkisel kaynaklı hasadın içerisindeki pektinler parçalanabilmektedir (1-2 saat). İngiltere de yapılan bir çalışmada, 8 farklı ticari enzim ürünü karşılaştırılmış ve alkalik pektinaz olan Bioprep L' den iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu ürünlerden bazılarının lif mukavemetini azalttığı gözlemlenmiştir. Polonya da Bioprep L enzim ürününün kullanıldığı bir çalışmada, selülozu hidrolize edebilen ajanların lif yüzeyini pürüzlendirdiği bulunmuş ve bunun lif-matris arayüzey kuvvetlerini arttırabileceği düşünülmektedir. Geliştirme aşamasında olan diğer çürütme yöntemleri; ozmatik gam giderme, ultrason ve buhar patlamasıdır [33].

2. **Dövme:** Çürütme işlemi tamamlanmış demetler dikine dizilerek açık havada, güneşsiz yerde kurutulur. Kurutma sonrası liflerden kıymıkları ve kütikül epidermi uzaklaştırmak için mekanik işlemler (dekortikasyon) yapılır. Geleneksel yöntemde kurutulmuş saplar tokmakla dövülür ve mengenezlerde kırılır. Küt ağızlı bıçaklatan oluşan mengenezde odunsu hücreler parçalanarak dökülür ve lif demetleri ayrılır [57].

Modern elyaf işleme tesislerinde büyük, yuvarlak keten sapı balyaları balya açıcılara girer. Balya açma işlemi için hazırlanan balyalar Şekil 1.21' de görülmektedir. Temizliğin ilk aşamasında saplar, odunsu hücreleri küçük parçalara ayırmak için, yivli merdanelerden geçer ve kırma bıçakları kıymıkları uzaklaştırmak için elyaf demetlerini kırar [49]. Bıçakların kırıdığı kıymık parçaları talaş değirmeninde toplanır. Bu odunsu parçalar elyaf takviyeli kompozitler açısından verimli malzemeler olmamakla birlikte tuğla için takviye malzemesi olarak kullanılırlar [33].



Şekil 1.21. Keten İşleme Prosesindeki Balya Açma İşlemi [33].

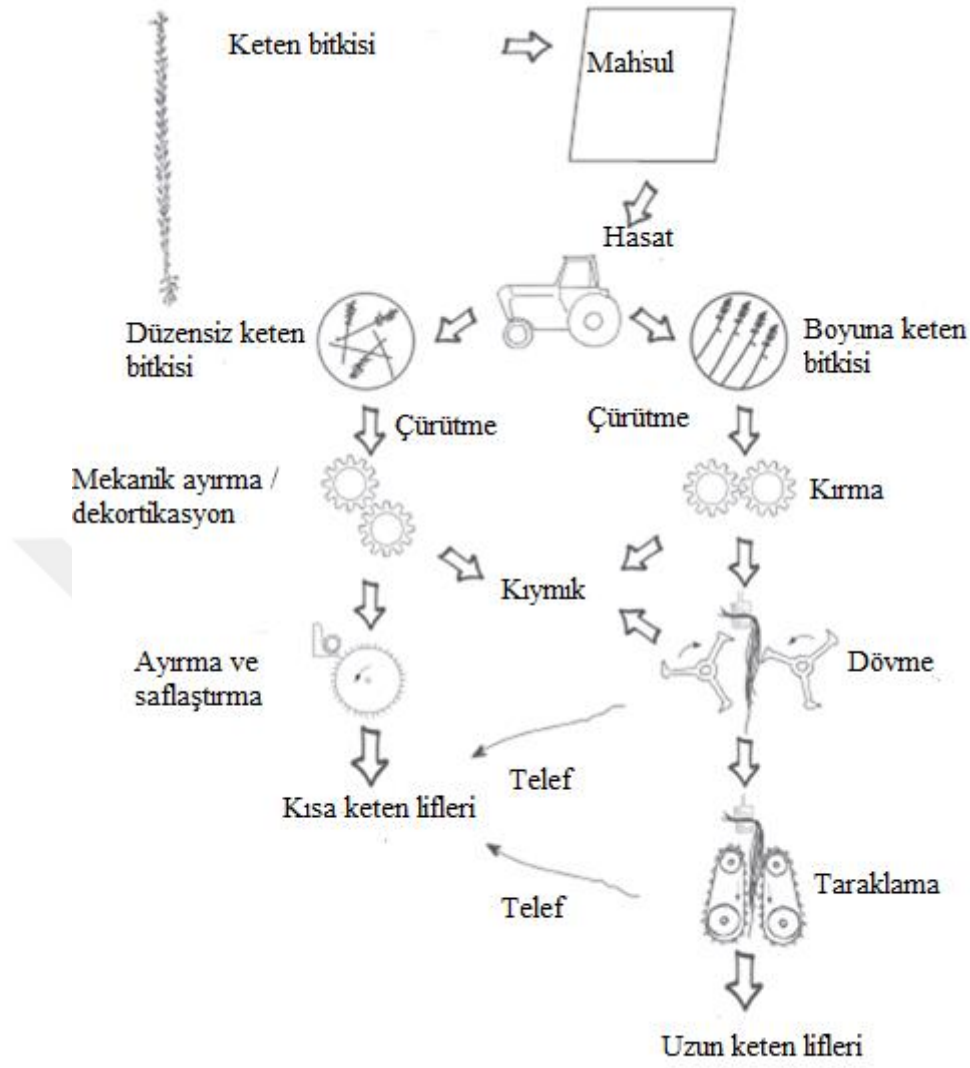
Uzun ketenin geleneksel yöntemlerle eğrilmesinde -katma değerli yüzeyler üretmek için- hasattan son ipliğe kadar elyaf demetlerinin hizalarını koruması gerekir. Keten elyafının eğrilmesi sırasında yönlendirilme derecelerine göre uzunlamasına keten –tek yönde yönlendirilmiş kırma keten lif demetleri ve lifleri - ve düzensiz keten tercih edilen yönelime sahip olmayan döküntü keten lif demetleri ve lifleridir. Kırılan odunsu parçaların keten liflerinden uzaklaştırılabilmesi için, dövme değirmenlerinde (scutching mills) keten saplarının altından ve üstünden bıçaklar vurularak çırpılır; sonrasında uzun elyaf demetleri, kısa liflerden (tow) ayrılır. Modern sistemlerde kırma işlemi olmaksızın sap demetleri hizalanabilmekte ve katma değeri yüksek, lif bütünlüğü korunmuş uzun keten lifleri elde edilebilmektedir [49, 57].

3. **Taraklama:** Dövülen keten liflerinin düzgünleştirilmesi ve içindeki kırılan odunsu hücrelerin temizlenmesi için ucu çivili taraklarla taranır (hackling). Lif demetlerinin mekanik olarak taranması, bunların hizalanmasını ve diğer döküntülerin ayrılmasını içerir (hackling tow). Geriye lif demeti kalır. Demetler balyalanıp, uygulama amacına göre bir sonraki işleme sevk edilir. Elyaf demeti gevşek yapıda kullanılabileceği gibi büküm verilerek iplik, ipliklerin dokunması ile dokuma yüzey olarak da kompozit uygulamalarında kullanılabilir. Uzun lifler yüksek fiyatları sebebiyle giysilik vb. gibi uygulamalarda, kısa lifler ise daha

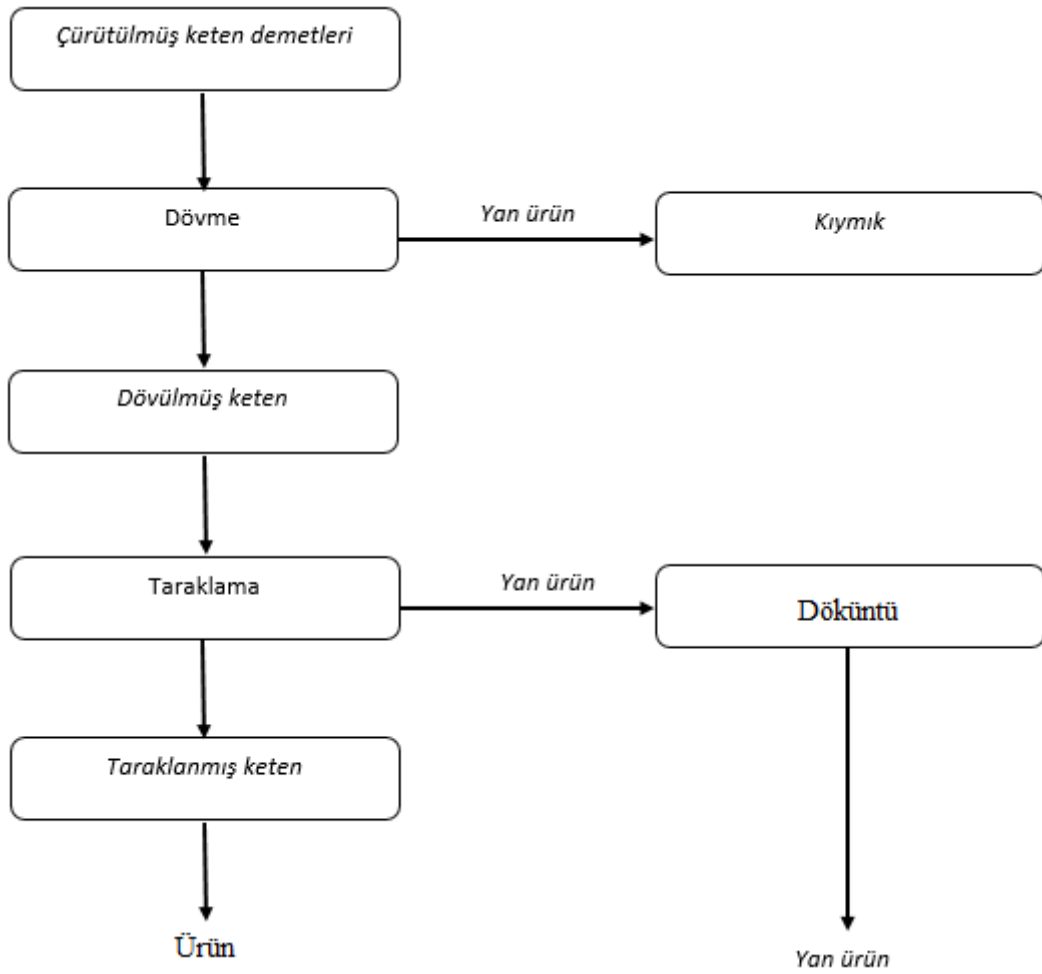
uygun fiyatlarından dolayı (50p – 1 £/kg) halat, halı, yalıtım vb. uygulamalarda kullanılır. Düşük kaliteli lifler; asit, baz veya sabun çözeltileri kullanılarak katolize edilir. Katolize edilmiş lifler genellikle pamukla karıştırılarak kullanılır [33, 57].

1.7.1.1. Keten Lifi İşlemesi

Şekil 1.22' de belirtildiği gibi keten liflerinin işlenmesi kıymıkların, kısa liflerin ayrılması ve uzun liflerin paralelleştirilmesi proseslerinden oluşur. Keten liflerinin değeri, maruz kaldığı işlem sayısına bağlı olarak, düzgünsüzlüğü ile artar. Kıymık ve kısa lifler (scutched tow), taraklama döküntüsü kısa elyaf (hackled tow) ve taranmış keten şeritleri (hackled flax sliver) imalatı için üretim yolları Şekil 1.23' de açıklanmaktadır.

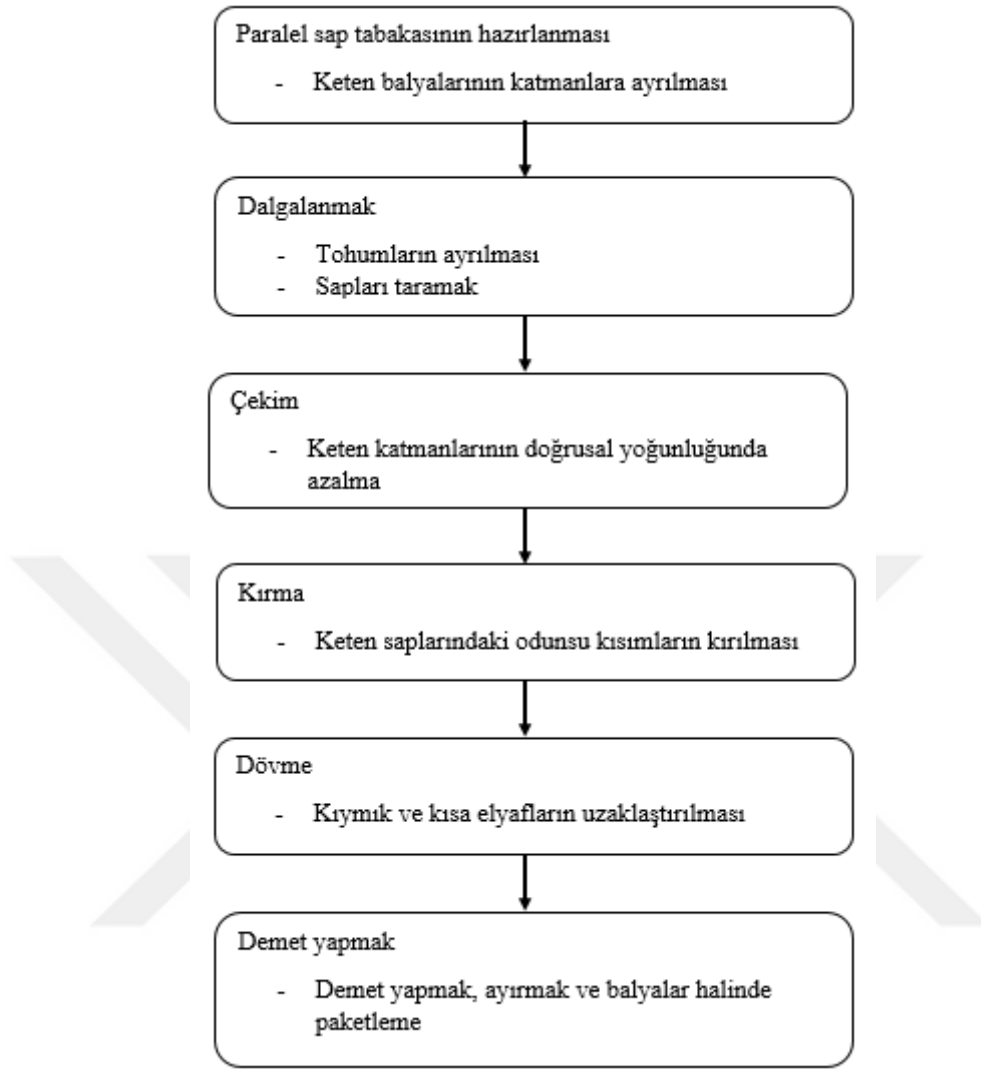


Şekil 1.22. Uzun Keten Liflerinin Boyuna Taraklanması ve Kısa Keten Liflerinin Düzensiz İşlenmesi [54].



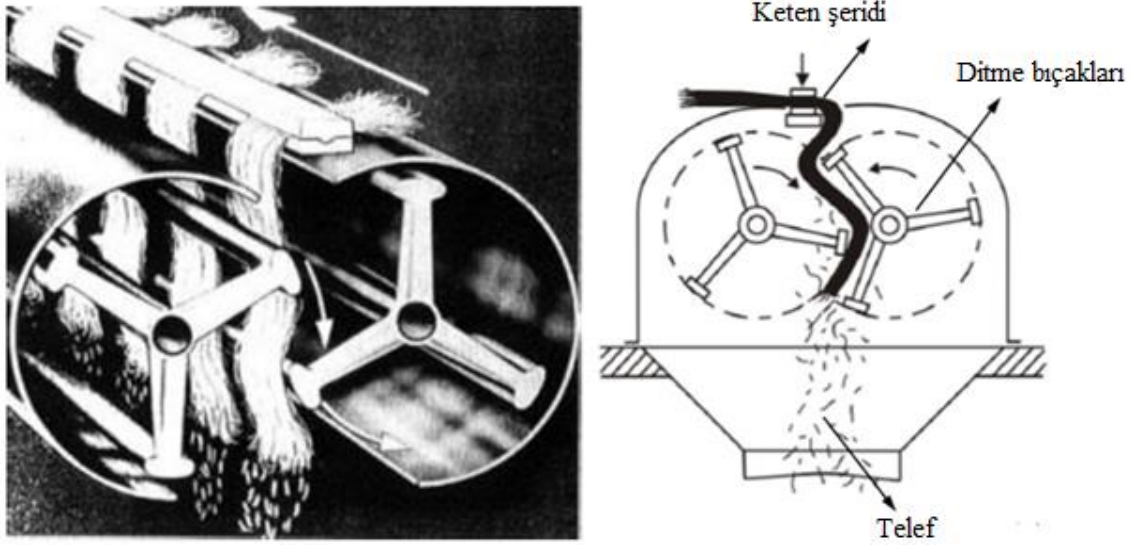
Şekil 1.23. Kıymık Ve Döküntü Lifleri, Taraklama Telefi Ve Uzun Lifli Taraklanmış Şerit İmalatı İçin Üretim Yolları [37].

Keten liflerinin işlenmesindeki kıymık, kısa lif döküntüsü ve taraklama döküntüsü yan ürün iken; taranmış keten şeritleri temel ürün olarak sınıflandırılmaktadır. Kıymık ve döküntü kısa lifler dokunmamış yüzeyler ve bunların kompozitlerinin üretimi için kullanılır. Şeritler işlenerek iplik formuna getirilip, giysilik yada teknik amaçlı yüzeyler üretilir. Dövme işleminin amacı lifleri; keten bitkisinin sapından, toz, yabancı otlar ve toprak gibi diğer yabancı maddelerden ayırmaktır. Etkin bir dövme işlemi, çürütülmüş keten balyalarından mümkün olan en yüksek miktarda lifin çıkarılması ve yine mümkün olan en fazla uzun lifin (şerit) elde edilmesidir. Şekil 1.24’ de dövme işlemindeki çeşitli adımların genel bir görünümü verilmektedir [37].



Şekil 1.24. Dövmeye Proses Adımları [58,59].

Dövmeye işleminin, Şekil 1.24’ de gösterildiği gibi 6 ayrı işlemden oluşur. İlk işlem, çürütülmüş keten bitkisi balyalarının açılması ve bunları katmanlar halinde dövme makinası hattına serilmesidir. Bu aşamadaki katmanların yoğunluğu 2 kg/m' dir. Keten ayıklama (rippling) olarak adlandırılan ikinci aşamada ise; tohumlar ayrılarak, saplar paralelleştirilir. Keten katmanları taşıyıcı bantlar arasında tutulur ve keten ayıklama tarakları yardımıyla taranır. Bir sonraki aşamada çekme gerçekleştirilir ve katmanların ağırlığı azaltılır. 1:5 çekim oranı elde etmek için 5-10 çift dişli merdane kullanılır. İşlemin sonundaki doğrusal yoğunluk 250-500 g/m arasındadır. Dördüncü kırma aşamasında, saplardaki odunsu maddeler kıymıklara parçalanır. Bu işlem, çekim uygulanmış katmanların, malzemenin hareketine dik olarak ayarlanmış 5-10 çift geniş dişli oluklu silindirden geçirilmesiyle elde edilir [37].

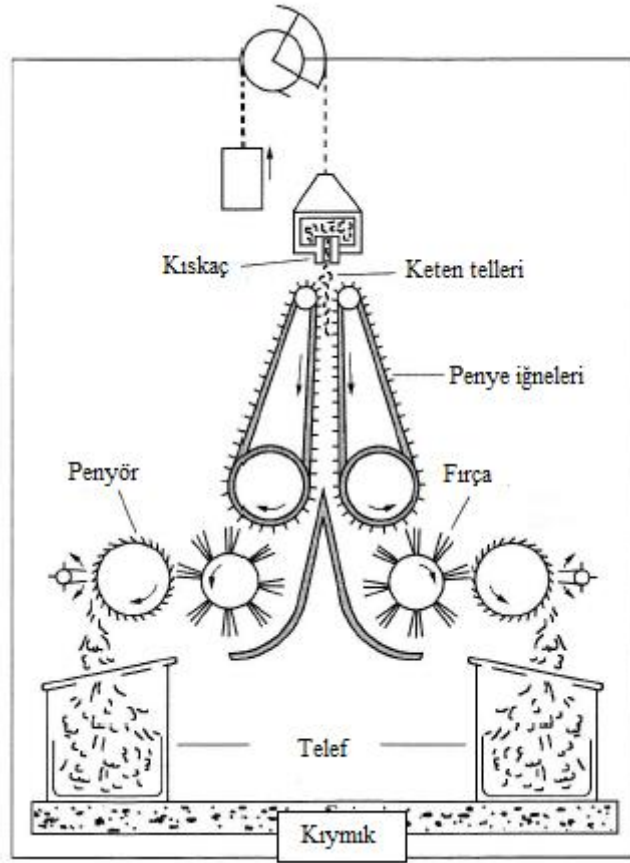


Şekil 1.25. Keten Lifleri için Ditme İşleminin Prensibi [60].

Şekil 1.25’ de keten elyaf dövme işleminde lifler saplardaki odunsu maddeden ayrılır. Keten balyaları birbiri ile ters yönde 150-250 rpm hızında dönen iki türbine verilir. Türbinlerin bıçakları saplara çarparak kısa liflerin (döküntü tow) ve kıymıkların liflerden ayrılmasına ve makineden düşmesine neden olur. Elde edilen uzun keten lifler (şerit) elle çıkarılır ve demet haline getirilir. Demetlere hands denir. Bunlar daha sonra derecelendirilir ve demetler halinde paketlenir ve balyalara preslenir. Bu işlemden uzaklaştırılan kıymıklar ve kısa liflerdir. Lif takviyeli kompozitlerin geliştirilmesi veya sicim, halat üretimi için hammadde olarak kullanılırlar. Kıymıklar eleklerde ve taraklarda işlenir. Elekler keten elyaf içerisindeki tozu ve diğer atıkları uzaklaştırarak, tarak işlemi sonrasında düzgün ve paralelleştirilmiş liflerin elde edilmesini sağlar [37].

1.7.1.2.Liflerin Keten Tarağında Taranması

Keten liflerini düzgünleştirmek, paralelleştirmek ve kısa lifleri uzaklaştırmak amacı ile tarama işlemi gerçekleştirilir. Yine dövme işlemi ile uzaklaştırılamamış kıymık, tohum ve kısa lifler tarama prosesi ile uzun liflerden ayrılır. Bu işlemle de temizlenmiş yönlendirilmiş şerit ve tarak döküntüsü (kısa elyaf) yan ürünlerdir. Keten tarama işlemi, pamuk lifleri için kullanılan tarama işlemiyle karşılaştırılabilir. Keten tarama işleminin prensibi Şekil 1.26’ da gösterilmiştir.



Şekil 1.26. Keten Tarama Prensibi [37].

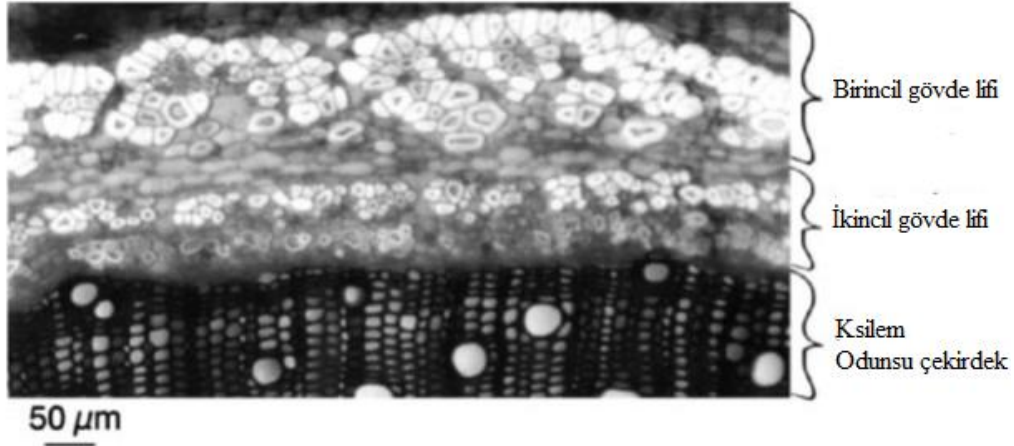
Keten tarama işleminde, lifler tarak çerçevelerinin taşıma bantlarına beslenir. Konveyör bantlar lifleri sıkıştırır ve taraklara besler. Taraklar lifleri düzeltir, paralelleştirir ve kısa lifleri uzaklaştırır. Şeritler tarak şeridi olarak, kısa elyaf tarak döküntüsü olarak toplanır. Dokunmamış yüzeyler her üç – kıymık, tarak döküntüsü ve tarak şeridi- keten lifinden de geliştirilebilir. Yapılan çalışmaya göre kullanılacak lif çeşidi belirlenir. Genellikle düşük maliyetleri nedeniyle, doğal elyaf kompozit uygulamaları için kıymık ve lif döküntüleri kullanılır. Ancak, elde edilen yüzeyler düşük mekanik özelliklere sahiptir ve kullanımı yapısal olmayan uygulamalarla sınırlıdır [37].

1.7.2. Kenevir Lifi

Kenevir lifinin yapısı

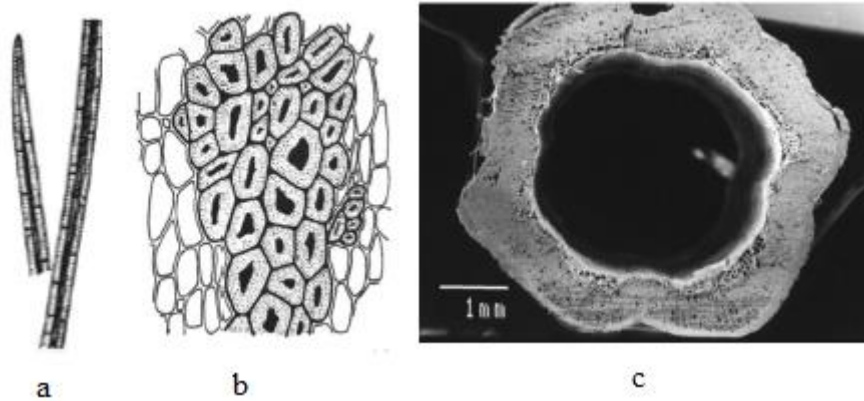
Kenevir bitkisi bir yıllık olup, kenevir lifleri kenevir bitkisinin gövdesinden (sapından) elde edilir. Ekiminden sonraki 120-140 gün içerisinde hasadı yapılır. Kenevir

liflerinde temel bileşen selüloz' dur (~% 77). Lifin diğer bileşenleri pektinler ve lignin (<% 10) ve yağlar ve bitkisel mumlardır (<% 0.5). Keten bitkisinde olduğu gibi lif demetleri kabuk kısmındadır ve yine pektinlerle birbirine bağlanmıştır. Kenevir liflerine aynı keten elyafına uygulanan çürütme, dövme ve taraklama işlemleri uygulanır [37, 57].



Şekil 1.27. Olgun Bir Kenevir Bitkisinin Bazal Boğum Arası Kesiti [49].

Ketenle karşılaştırıldığında, kenevir bitkisindeki selüloz içeriği daha az, lignin içeriği daha fazladır. Kenevir, ketene kıyasla kimyasal olarak daha kararsızdır ve çürümeye daha az maruz kalır. Uzama ve esneklik, keten ile kıyaslandığında daha düşüktür. Lifin yüksek nem tutma özelliği işlenebilirlik için avantaj sağlar ancak kompozit uygulamalarında delaminasyona ve şişmeye neden olabilir.



Şekil 1.28. Kenevir Lifleri (a) Boyuna Görünüm (b) Lif Demetlerinin Kesiti (c) Sap Ekseninin Mikroskopik Görünümü [60-62].

Kenevir lifleri, yuvarlatılmış köşeleri olan üçgenlerden yedigene kadar çeşitli kesitlerde bulunur. Birincil kenevir lifleri, kenevir saplarında odunlaşmış pektinlerle birbirine bağlanan demetler halinde bulunur. Elyaf demetlerinin uzunluğu yaklaşık 1500-2500 mm ve liflerin çapı 15-50 mikron arasındadır.

Kenevir ekimi ve işlenmesi

Kenevir yıllık bir üründür. Ülkemizde ekim dönemi bölgelere göre değişmekle beraber mart ve nisan ayları arasındadır. Erkek bitkilerin hasat edilmesi için yaprakların dökülmesi ve sapın sararmaya başlaması gerekmektedir. Olgunlaşan kenevir sapları yeşil ve sarı renktedir. Sapın enine kesiti yuvarlak ve yukarı doğru açısalıdır. Saplar normalde 4 - 10 mm kalınlığında ve 1,5 - 2,5 m uzunluğundadır. Kenevir sapı 60 cm uzunluğunda saplar kesilerek hasat edilir. Ketan liflerinde olduğu gibi hasattan sonra saplar 2-3 hafta çürümeye bırakılır. Çürütme işlemi, lifleri sapa bağlayan odunlaşmış pektinleri gevşetmeyi ve çözmeyi amaçlamaktadır. Kenevir sapları balyalanır ve preslenir [61,62].

Uzun elyaf demetleri, sapları ezen ve kıran dövme silindirlerine beslenir. Kırılan odunsu hücrelerin elyaf demetlerinden uzaklaştırılması için ezme türbinlerine aktarılır. İşlemlerin verimliliği saplardaki pektinlerin çürütülme kalitesi ile doğru orantılıdır. Tarama işlemi sonrasında uzun ve kısa elyaf birbirinden ayrılmış olur. Kenevir saplarının işlenmesi prensip olarak ketan liflerinin işlenmesine benzemektedir. Kenevir sapları ketenden daha uzun ve daha kalındır. Bu nedenle kenevir liflerinin kırılması, dövülmesi ve taranması için kullanılan makineler, ketene kıyasla daha büyük ve daha mukavemetlidir [49].

1.8. Matris Malzemesi Olarak Biyopolimerler

Biyopolimerler, canlı organizmalarda bulunan veya onlar tarafından oluşturulan polimerler olarak tanımlanabilir. Bunlar, biyo-plastik oluşturmak için polimerize edilebilen yenilenebilir kaynaklardan polimerleri içerir [63]. Biyoplastikler (biyobazlı, biyobozunur yada her iki özelliği gösteren malzemeler) geleneksel plastiklerle benzer özellikler göstermelerinin yanı sıra fosil kaynaklarına bağımlılığı azaltıp, daha az karbon

ayak izi yada organik geri dönüşüm gibi ek yararlar sağlar [64]. Tablo 1.6' da biyo-polimer örnekleri ve bunların ortak kaynakları gösterilmektedir.

Biyobazlı ve biyolojik olarak çözünebilen polimerler arasındaki ayrımın yapılabilmesi önemlidir çünkü tüm biyo bazlı polimerler biyolojik olarak parçalanabilir değildir ve bunun tersi de geçerlidir. Biyo-bazlı polimerler doğal, yenilenebilir hammaddelerden yapılan polimerik malzemelerdir. Ancak biyolojik olarak bozunabilir polimerler yaşam sonunda mikroorganizmalar tarafından parçalanabilen polimerlerdir. Parçalanabilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlanabilir polimerler arasında da önemli farklılıklar vardır. Parçalanabilir polimerler, örneğin ısı veya UV ışığı tarafından başlatılan kimyasal reaksiyonlar yoluyla daha küçük moleküllere ayrılır. İşlem mekanik stres ile güçlendirilir. Biyobozunur polimerler doğal olarak oluşan mikroorganizmalar (bakteri, mantar veya yosun gibi mikroplar) tarafından biyokütle, karbon dioksit ve suya dönüştürülebilir ve bu nedenle bozunabilir polimerlerden daha çevre dostu olarak kabul edilir. Bununla birlikte, biyodegradasyon işlemi metan üretebilir ve atık toksinler içerebilir. Bir polimerin kompostlanabilir olarak kabul edilebilmesi için, örneğin kağıt gibi diğer kompostlanabilir malzemelerle aynı oranda parçalanması ve bitki ömrünü destekleyen ve toksin içermeyen kompost benzeri bir malzemeyle sonuçlanması gerekir. Bazı durumlarda biyodegradasyon veya kompostlama, yalnızca endüstriyel tesislerde gerçekleştirilebilen belirli bir bakteri türü, sıcaklık ve / veya nem gibi özel çevresel koşullar gerektirir. Yenilenebilir kaynaklardan polimerlerin geliştirilmesi, özellikle ham petrol fiyatlarının oynaklığı ve dezavantaj olan düzenli depolama alanları nedeniyle son yıllarda büyük ilgi görmüştür. Biyobazlı kimyasallardan hem termoplastik hem de termoset polimerleri sentezlemek mümkündür. Tipik kaynaklar bitkisel yağlar ve nişastalardır. Endüstriyel biyoteknoloji (IB), biyo-tabanlı sistemlerin ve süreçlerin hızla güç ve ölçek kazandığı küresel pazarlarda giderek daha önemli bir rol oynamaktadır [33]. IB pazarının 2025 yılına kadar İngiltere'de 360 milyar sterline kadar büyüyeceği tahmin edilmektedir [65].

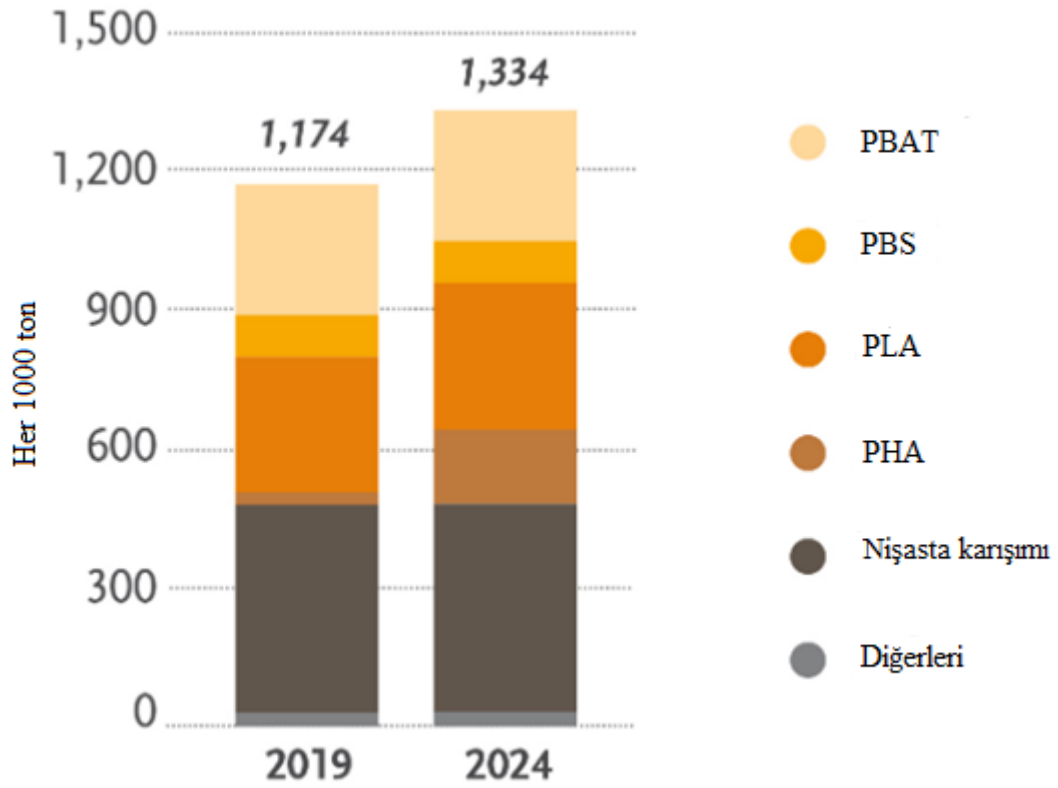
Tablo 1.6. Biyopolimerler ve Kaynakları [66].

	Biyopolimer	Kaynak	Açıklama
Yenilenebilir kaynakların polimerizasyonu	Polilaktik asit (PLA)	Pancar, mısır, patates	Niştanın laktik aside fermantasyonu ve laktitlerin polilaktite dönüştürülmesi ile üretilir.
	Trigliseridler	Bitkisel yağlar	Plastiğe polimerize olan bitkilerde bulunan depolama lipitleri
Canlı organizmalardan biyopolimerler	Selüloz	Odun, mısır, buğday	Glikozdan yapılmıştır. Polimer, bitki hücre duvarlarının ana bileşenidir.
	Soya	Soya fasülyesi	Protein
	Niştasta	Mısır, buğday, patates	Bitkide, karbonhidrat depolamak için üretilmiştir
	Polihidroksialkanoat (PHA)	Bakteri	Bunlar bakteriler tarafından fermantasyon yoluyla sentezlenen polyesterlerdir.

Yenilenebilir kaynaklardan sentezlenen biyopolimerler, geleneksel polimerizasyon süreçleriyle üretilebilir. Dolayısıyla, polimerin (veya ko-polimerin) bileşimi buna bağlı olan mekanik ve termal özellikleri kontrol edilebilir. Tercih edilen biyopolimerlerin dünya çapındaki üretim yöntemleri ve kaynakları Tablo 1.6’ da özetlenmiştir.

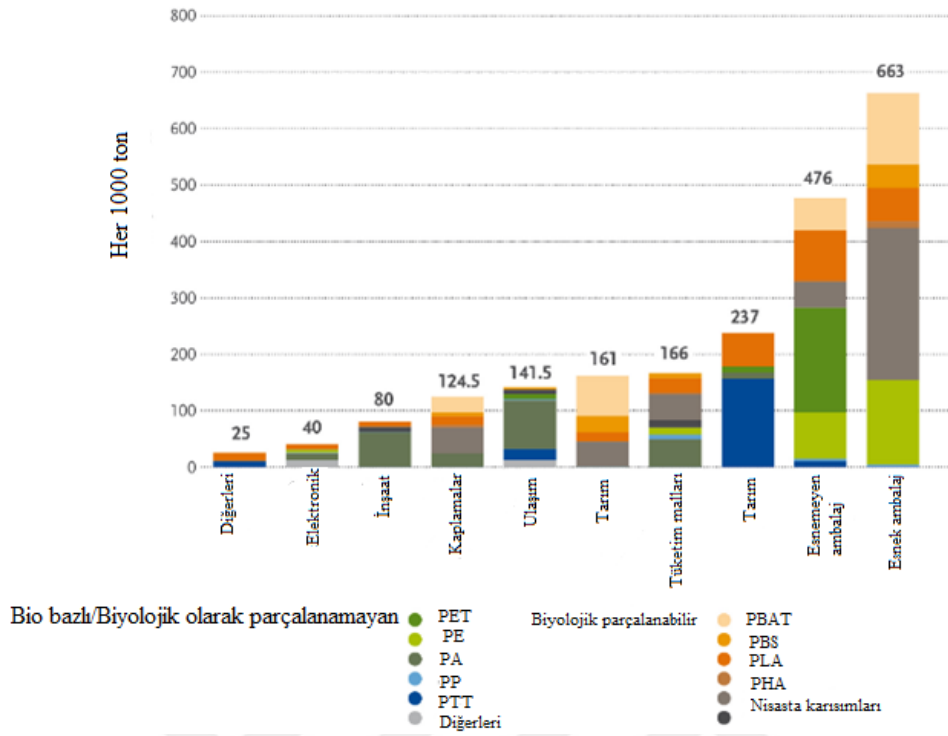
Günümüzde biyoplastikler, yılda üretilen 359 milyon tondan fazla plastiğin yaklaşık yüzde birini temsil etmektedir. Ancak ürün çeşitliliği arttıkça biyoplastik pazarı gelişmektedir. European Biyoplastik ve Nova Enstitüsünün yaptığı ortak çalışmaya göre, küresel biyoplastik üretim kapasitesi 2019 da 2.11 milyon tondan 2024 de yaklaşık 2.43 milyon tona çıkması beklenmektedir. PLA, PHA, niştasta harmanları ve diğerleri dahil olmak üzere biyolojik olarak parçalanabilen plastikler, küresel biyoplastik üretim

kapasitelerinin yüzde 55,5' inden (1 milyon tondan fazla) sorumludur [67-69]. Şekil 1.29' da bioplastik malzemelerin pazar payları gösterilmektedir.



Şekil 1.29. Bioplastik Malzemelerin Pazar Payları [67,69].

Biyoplastikler; ambalaj, yemek hizmetleri ürünleri, tüketici elektroniği, otomotiv, tarım, tekstil ve diğer sektörlerde artan sayıda pazarda kullanılmaktadır. Ambalaj, 2019 yılında toplam biyoplastik pazarının yüzde 53' ünden (1,14 milyon ton) fazla olan biyoplastikler için en büyük uygulama alanı olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte; otomotiv, nakliye, bina ve inşaat sektörleri uygulamalar artmaktadır [67-69].



Şekil 1.30. Sektörlere Göre Küresel Ölçekte BiyoPlastik Üretimi [69,70].

Şekil 1.30' da sektörlere göre biyo-plastiklerin üretim kapasiteleri sunulmaktadır. Yukarıda bahsedilen biyopolimerlerin önemli özellikleri Tablo 1.7' de popüler yağ bazlı polimerlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 1.7. Popüler Yağ Bazlı ve Biyo-Polimerlerin Özellikleri [71].

Polimer	E Modülü [GPa]	Gerilme direnci [MPa]	Vicat sıcaklığı [°C]	Erime sıcaklığı [°C]	Yoğunluk [g/cm³]
Biyo-polimerler					
Bio-PET	0.1-1.0	5-61	47-93	61-225	1.32
PHA	0.6-3.3	15-35	55-125	146-180	1.28
PLA	2.5-7.7	40-70	53-67	150-210	1.29
PLA Karışımları	0.2-4.8	5-8	51-73	110-170	1.18
Nişasta Karışımları	0.3-3.4	7-57	38-80	81-155	1.24
Yağ bazlı polimerler					
PE-HD	0.5-1.5	18-38	60-80	132-144	0.95
PP	0.7-1.7	18-64	50-110	139-179	0.91
PET	2.1-3.1	39-85	172-192	148-220	1.04
PS	1.5-3.5	60-90	180-200	216-240	1.14

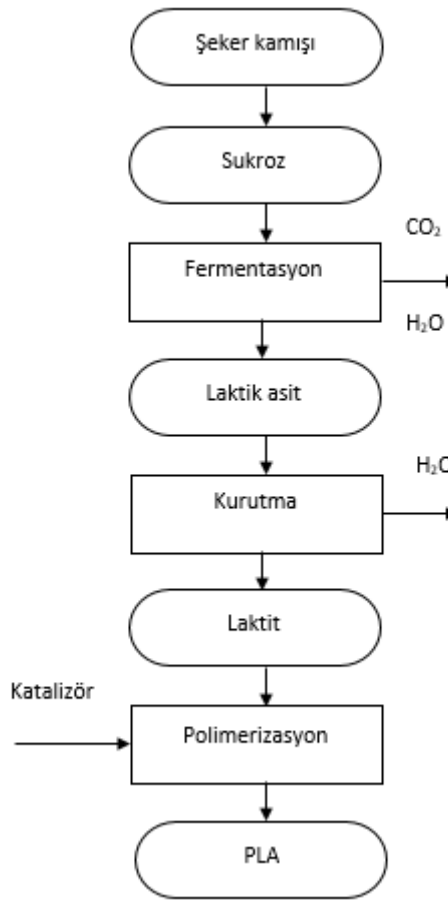
Tablo 1.7' de karşılaştırılan biyopolimerler arasında PLA; en yüksek gerilme mukavemeti ve modülü sergilemektedir. PLA' nın özellikleri, PP ve PET gibi yağ bazlı polimerlerle karşılaştırılabilir. Aşağıdaki bölüm PLA' ya odaklanmaktadır.

1.8.1. Polilaktik asit (PLA)

Polilaktit (PLA) veya polilaktik asit, alifatik bir polyesterdir. PLA, laktik asitten türetilen bir termoplastiktir. Sert ve kırılğan bir yapıda olduğu için plastikleştiricilerle esnekliği artırılır. Diğer temoplastikler gibi granül, elyaf ve film yapısında işlenebilir ve kalıplanır [47].

Laktik asit, karbon bakımından zengin etkilenen maddelerin oksijensiz ortam fermentasyonu ile elde edilir. % 70-90' ı fermentasyon yoluyla üretilen PLA hammaddeleri olarak tarımsal (mısır ve patates kabukları) yiyecekler ve süt ürünleri atıklarından toplanan şekerdir. PLA polimerinin başlangıç üretim maliyetleri yüksek

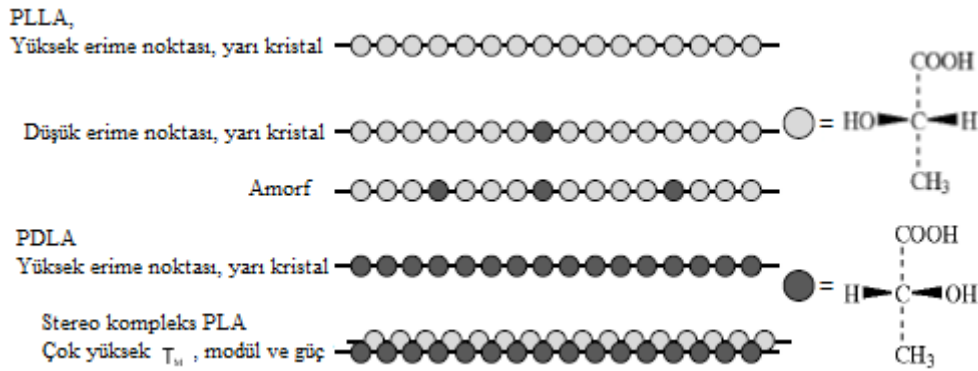
olduğu için (10 € /kg) kullanım uygulamalardaki kullanım miktarları sınırlı kalmıştır. Üretim optimizasyon çalışmaları ile satış rakamları 1.5 – 2 €/kg kadar indirilebilmiştir. Bu maliyetlerin daha azaltılabilmesi için AB’ nin “Ufuk 2020” çerçeve programlarında alternatif hammadde kaynakları (ör. peynir altı suyu, melas veya ligno-selüloz içeren atıklar) proje konularını oluşturmuştur. Standart PLA polimerinin cam geçiş sıcaklığı 50 °C - 80 °C arasındayken, erime sıcaklığı 130 °C - 180 °C arasındadır [72].



Şekil 1.31. Şeker Kamışı Bazlı PLA' nın Üretim Prosesi [73,74].

Şekil 1.31’ de şeker kamışından PLA sentezinin adımları gösterilmektedir. PLA’ nın mekanik ve termal özelliklerinin iyileştirilmesi; laktik asit izomerlerinin oranına (D ve L), PLA’ ya eklenen katkı maddelerine (plastikleştirici gibi), moleküler ağırlık dağılımına ve işlem yardımcılarının enantiyomerik oranının doğru bir şekilde seçilmesine vb. gibi bağlıdır. Bazı PLA sınıfları, polipropilen veya poliamid gibi diğer polimerik malzemelere benzer özelliklere sahiptir [74].

D ve L laktik asit yapısında olan stereokimyasallar aynı moleküle göre farklı özellikler gösterip çeşitli polimerler olarak tanımlanabilir [75]. D ve L-laktik asit yapılarının enantiyomerik oranlarının değiştirilmesiyle elde edilen polimerlerin bazıları Şekil 1.32' de gösterilmektedir. 'D' içeriğinin PLA'nın erime sıcaklığı üzerindeki etkisi Tablo 1.8' de açıklanmaktadır.



Şekil 1.32. D- ve L-Laktik Asit Birimlerinin Çeşitli Enantiyomerik Oranlarından Polimer Yapılar [75].

Tablo 1.8. "D" İçeriğinin PLLA' nın Erime Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi [75].

D PLA İçerik [%]	T_m [°C]	Yapı
< 0,1	175	
2	165	
> 2	130 - 160	
50	220	
> 99	175	

Ambalaj ve tekstil gibi ticari uygulamalarda kullanılan standart endüstriyel PLA, az miktarda (% 0 - 2) D laktik asit birimi içeren PLLA' dır. Bu ürünün kristallliği yüksektir ve erime sıcaklığı 170°C aralığındadır. Bu bileşime ayrıca D laktik asit birimlerinin (% 2-5) eklenmesiyle polimer yapısı bozulur, kristallik ve erime sıcaklığı (120-160°C) düşer. Bu polimerler ticari olarak eriyik bağ uygulamaları için kullanılır. D laktik asit içeriği ayrıca amorf bir polimer elde etmek için artırılabilir. Öte yandan, saf PDLA ve saf PLLA benzer özellikler gösterir. İlginç bir şekilde, PDLA ve PLLA eşmolar miktarlarda birleştirildiğinde, çok daha güçlü bir moleküller arası etkileşim ve dolayısıyla yüksek bir

erime sıcaklığı (220°C), E-modülü ve mekanik özelliklerle bir stereo kompleks yapı oluşur. Bu PLA sınıfı piyasada ticari olarak da bulunsa da (Synbra, Futerra, Teijin) fiyatları oldukça yüksektir [75].

PLA uygulamalarıyla ilgili olarak, ambalaj endüstrisinde PET' in yerine kullanılmaktadır. PLA polimerleri için eriyik üfleme, enjeksiyon kalıplama gibi plastik işleme teknolojileri başarıyla geliştirilmiştir [75]. Doğal lif kompozitlerinde matris olarak PLA uygulamasının fizibilitesini araştıran çeşitli çalışmalar vardır. Bu çalışmalardan konuyla ilgili olan bazıları ilerleyen kısımlarda verilmiştir.

Avrupa otomobil endüstrisi kompozit yapılarda sentetik (cam, karbon vd.) lifler yerine alternatif olarak 8000 ton/yıl bitkisel kaynaklı lif kullanmaktadır. Biyo kompozitler araçlarda ağırlık azaltımı sağlayıp, emisyonları düşürdüğü için giderek daha tercih edilmektedirler. Arabaların kapı ve döşeme paneli gibi iç mekan bileşenlerinde ve daha yapısal parçalarda da kullanılabilirler. Ford otomobillerin de ortalama 9-18 kilogram biyo bazlı veya yenilenebilir malzeme kullanılmakta ve bunların büyük bir kısmının lif takviyeli plastikler olduğu bilinmektedir. Yine çoğu modelde yakıt hatlarının hint yağı kaynaklı plastikten yapıldığı belirtilmektedir. Uluslararası Otomotiv Bileşenleri Grubundan (IAC) Mike Clowry' e göre otomobil üreticileri biyo kompozitleri “harita kutuları, bagaj kaplamaları, arka koltuk kaplamaları ve kapı bileşenleri gibi iç mekan uygulamalarında” kullanmaktadır. IAC' nin % 70 kenaf ve kenaf liflerini kullanarak geliştirdiği güneşlikli çatı çerçevesi, metal muadillerine göre % 50 daha hafiftir. Bu ürün tüm Mercedes-Benz E-Serisi ve A-Serisi otomobillerde kullanılmaktadır. 1 ton cam elyaf üretimi 1,7-2,2 ton CO₂ salarken, bitkisel doğal elyaf 0,5 etkiye sahiptir. Başka bir çalışmada ise; bitkisel doğal elyafın üretimi için karbon ayak izinin cam liflerden % 20-50 daha az olduğu raporlanmıştır [76].

Polilaktik asit polimerinin matris malzemesi olarak kullanıldığı bir çalışmada; Isırgan otu, *Grewia optiva* ve sisal liflerinden oluşan düz örme yapılar takviye edilmiştir. Karşılaştırma çalışmalarında kullanılmak üzere, aynı takviye yüzeylerinin polipropilenli alternatifleri de üretilmiştir. Yüzeylere çekme, sıkıştırma, eğilme ve darbe gibi mekanik performans testleri yapılmıştır. Sisal polilaktik asit kompozit yüzeylerin en iyi

performansı gösterdiği ve polilaktik asit içeren kompozitlerin sentetik bazlı kompozitlerin alternatifi olabileceği bulunmuştur [23].

Kimyasal işlem görmüş % 0-40 ağırlığında kısa elyaf ve yönlendirilmiş uzun elyaf PLA kompozitlerinin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Kısa kenevir elyaf/PLA kompozitlerinde elyaf miktarı arttıkça gerilme dayanımının, Young modülünün ve darbe dayanımının arttığı görülmüştür. Liflerin alkali ve silan kimyasallarıyla muamele edilmesinin gerilme ve darbe özelliklerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Alkali işleme tabi tutulmuş % 30 kenevir PLA kompozit yüzeyinin 75.5 MPa'lık bir gerilme mukavemeti, 8.18 GPa'lık Young modülü ve 2.64 kJ/m²'lik darbe dayanımı ile en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Uzun lifler yönlendirildiği için PLA/ALK kompozitlerinin mekanik özellikleri artmıştır [77].

Bu çalışmada biyokompozitlerin, gerilme özellikleri açısından cam elyaf takviyeli doymamış polyester kompozit yüzeylerin alternatifini oluşturabilme olasılığı incelenmiştir. Bu araştırmada; keten lifi, polilaktik asit (PLA), L-polilaktid asit (PLLA), poli (3-hidroksilbutirat) (PHB), polikaprolakton ve nişasta termoplastik (MaterBi Z), poli (butilen suksanat) (PBS) ve poli (butilen adipat-ko-tereftalat) kullanılmıştır. Kompozitler, üst üste yüzey yığma tekniği kullanılarak üretilmiştir. Elde edilen yüzeylerin gerilme özellikleri polipropilen keten kompozitleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre; PLLA ve PLA keten kompozitlerinin gerilme mukavemeti ve young modülü, benzer PP/keten elyaf kompozitlerinininkinden daha yüksektir. Keten lifi/PLLA kompozitin spesifik gerilme mukavemeti ve modülünün, cam elyaf/polyester kompozitlere oldukça yakın olduğu gösterilmiştir [78].

l-polilaktit film ile jüt dokunmamış yüzeyi birlikte kullandığı bu çalışmada yüzeylerin gerilme performansları ölçülmüş ve yüzeyler taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Kompozit numuneler, gerilme mukavemet testlerinde başarısız olmuş ve çok az lif kopması gözlemlenmiştir [79].

Yapılan bu çalışmada; % 40 pamuk, kenevir, kenaf ve Lyocell gibi doğal elyafı ve PLA' yı sıkıştırarak kalıplayıp kompozit yüzeyler üretmişlerdir. Yüzeylere; gerilme mukavemeti, kopmada uzama, Young modülü ve Charpy darbe mukavemet ölçümleri

yapılmıştır. Kenaf/PLA ve kenevir/PLA yüksek gerilme performansı ve Young modülü değerleri elde edilmiş, pamuk/PLA iyi darbe özellikleri göstermiştir. Yine, Lyocell/PLA kompozit yüzeylerinden yüksek gerilme, Young modülünü ve yüksek darbe mukavemeti elde edilmiştir [24].

Başka bir çalışmada ise PLA/kenaf lifleri dokunmamış yüzey üretim tekniklerinden iğneli bağlanma yöntemi ile kompozit yüzeyler elde edilmiştir. Biyokompozit yüzeyler kesilerek, sıcak presleme işlemi ile konsolide edilmiştir. Kenaf liflerinin şişmesini engellemek için, silan bağlama ajanı olarak 3-glisidoksipropil trimetoksi silan (GPS) ile muamele edilmiştir [80].

1.9. Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Kompozit alanında yapılan çalışmaların bir çoğunda kısa elyafın rastgele dağıtıldığı yapısal olmayan uygulamalara odaklanılmıştır. Bitkisel gövde lifleri (keten, kenevir ve kenaf) kompozit yapılar içerisinde; fitil, iplik yada diğer 3B tekstil sürekli yapıları kullanara, yüzeylerin mekanik özellikleri arttırılabilir. Bu temelde yapılmış çalışmalar ve bu çalışmanın proses parametlerine yön veren makaleler aşağıda sıralanmıştır.

Yük taşıyan yapısal parçalarda doğal elyaf takviyeli termoplastik kompozitlerin kullanılmasının araştırıldığı çalışmada; polipropilen ve tek yöne yönlendirilmiş doğal elyafın kullanıldığı ucuz ve yarı bitmiş bir materyalin imal edilmesi için yeni bir üretim prosesi geliştirilmiştir. Farklı elyaf türleri ile prosesin uygulanabilirliği test edilmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında yarı bitmiş materyalin presle konsolide edilmesi için gerekli proses parametleri belirlenmiştir. Bu ideal parametrelerle elde edilen kompozit yüzeylere statik ve dinamik testler uygulanmıştır. Bu test sonuçlarına dayanarak doğal elyaf takviyeli termoplastik kompozitlerin yük taşıyan geniş yapısal parçalarda uygulanabileceği gösterilmiştir. Uygulama olarak 3,75 m uzunluğunda bir rüzgar türbininin bir rotor kanadı bu yöntemle üretilmiştir. Bu rotor kanadının belirlenen koşullar altındaki davranışı simüle edilmiştir. Bu simülasyona göre doğal elyaf takviyeli termoplastik kompozitlerin yapısal parçalarda kullanılabilirliğinin teorik olarak mümkün olduğu gösterilmiştir [81].

Küçük rüzgar türbini kanadı vaka çalışmasında ise, keten elyafının yapısal parça olarak kullanılması araştırılmıştır. Bu çalışmada, keten/polyester ve E-cam /polyesterden yapılmış 3,5 m kompozit rotor kanatlarının (11 kW türbin) üretimi ve mekanik test sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada dokunmamış yüzey üretim tekniklerinden olan dikişle bağlama tekniği ile keten ve E-cam fitilleri hazırlanmıştır. Fital yapısındaki keten elyafın elyaf/matris yapışmasının artırılması için sıcak seyreltik kostik soda çözeltisi ile muamele edilmiştir. Araştırmacılar, keten bazlı rotor bıçağın, E-cam bazlı bıçağa göre % 10 daha hafif olduğunu (elyaf kütlece % 45) bulmuşlardır. Bunun sonucu olarak keten yapısındaki kompozit yapı, küçük rüzgar türbini kanadı uygulamaları açısından E-camın potansiyel bir yapısal ikamesidir. Buna karşın keten rotor bıçağı sertlik açısından E-cam ile rekabet edememektedir [82].

Bu çalışmada doğal elyaf takviyeli malzemelerin (tek yöne yönlendirilmiş bant yada keten elyafı bazlı dokuma kumaşların) yapısal/yük taşıyıcı parçalarda uygulanabilirliği araştırılmıştır. Tekstil takviyesinde kullanılacak ipliğin optimizasyonu önemli bir kriterdir. Az büküm verilmiş ipliklerin muavemeti ve işlenebilirliği düşüktür. Buna karşın büküm sayısının arttığı kompozitlerin mekanik özellikleri düşmektedir. Bu çalışmada, hem işlenebilirliği hem de mekanik özellikleri dengelemek için optimum büküm sayısı belirlenmiş ve sonrasında farklı kumaş türlerinde (çift eksenli düz dokumalar, tek yönlü kumaşlar ve kıvrımsız kumaşlar) ve farklı kompozit üretim yöntemleri (elle yerleştirme, vakumlu infüzyon, pultrüzyon ve reçine transfer kalıplama (RTM)) ile uygulamalar yapılmıştır. Geliştirilen keten esaslı kompozitler mukavemet açısından cam elyaf kompozitlerle doğrudan rekabet edemez, ancak özellikle düşük keten yoğunluğu dikkate alındığında sertlik açısından bu malzemelerle rekabet edebilirler. Keten elyaf bazlı malzemeler dokunmamış cam kompozitlere kıyasla olumlu özelliklerle karakterize edilir [83].

Bu çalışmada; % 50 keten-% 50 polipropilen içeren tek yönlü uzun lifler, geliştirilen ısıtma ve kalender baskısından oluşan sistemde konsolide edilmiştir. PP liflerinin erimesi ile elde edilen tek yönlü keten/PP kompozit bantlar dokunmuştur. Keten/PP bant formundaki kompozit yüzeylerin, keten/PP iplik yapısındaki kompozit yapılara kıyasla % 60-110 daha fazla bükülme modülüne ve % 35-65 daha yüksek gerilme

modülüne sahip olduğunu görmüşlerdir. Bunun sebepleri arasında yüksek lif yönlenmesi, kıvrımın azalmasıyla matrisin emilmesindeki artış ve azaltılmış gözeneklilik yer almaktadır. Yaptıkları termooanalitik tetsler keten de bozulma olmadığını göstermiştir. Araştırmacılar bu çalışma ile termoplastik kompozit yapılarda doğal liflerin takviye etkisini optimize etmek için önemli bir fırsat elde ettiklerini düşünmektedirler. Geliştirilen yüzeylerin otomotiv, spor malzemeleri ve tüketim malzemelerinde kullanılabileceği varsayılmaktadır [84].

Keten liflerinin endüstriyel üretimi iki farklı uzunlukta ürün ortaya çıkarır: uzun lifler (ince, temiz ve değerli liflerdir) ve döküntü' dür (karışık, saflıkları düşük ve ucuz malzemelerdir). Bu çalışmada aynı partiden kesilmiş keten liflerinin özellikleri karşılaştırılmıştır. Morfolojik olarak lif demetlerinin uzunluğu, temizliği ve kalınlığı ölçülerek değerlendirilmiştir. Tek keten lifinin ve tek yöne yönlendirilmiş keten takviye malzemesi epoksi matrisi kullanılarak üretilen kompozitlerin gerilme özellikleri ölçülmüştür. Döküntü ve işlenmiş keten arasındaki görsel ve morfolojik farklılığa rağmen, her ikisi de yüksek performanslı uygulamalarda kompozit takviye için iyi adaylar olabileceği belirtilmiştir [85].

Bu çalışma da, PLA bazlı ve ağırlıkça % 10, 20 ve 30 kenaf lifleri içeren kompozitlerin özellikleri araştırılmıştır. Ağırlıkça %10' luk kenaf elyafı eklenmesi, eriyikten soğumada PLA matrisinin tam kristalleşmesine neden olurken, küreselleşme azalmıştır. Ağırlıkça % 30 kenaf lifli kompozit için çekme dayanımında yaklaşık % 30' luk bir gelişme gözlenmiştir [86,87].

Bu araştırmada, ağırlıkça % 30 ila % 70 lif hacmindeki PLA/kenaf kompozit yüzeylerini sıcak pres tekniği ile konsolide edilmiştir. Gerilme mukavemeti % 70 elyaf içeren kompozit 223 MPa'lık en yüksek artış gözlemlenmiştir. Oksman ve diğerleri keten ve Nishino ve diğerleri ise kenaf içeren PLA kompozitlerinin gerilme mukavemeti değerlerinin Ochi' nun çalışmasından daha düşük olduğunu göstermiştir (53, 45 ve 60 MPa). Bu kompozitlerin avantajı, saf PLA'dan daha yüksek biyolojik bozunma oranına sahip olmalarıdır [88-90].

Bu araştırmada takviye elyafı olarak tek yönde yönlendirilmiş keten fitilleri ile kağıt üretim tekniğı ile üretilmiş keten kağıt yüzey ile matris olarak polilaktik asit kullanılmıştır. Elde edilen veriler, keten/PLA (252 Mpa. cm³. g⁻¹) ve keten kağıdı / PLA (217 MPa cm³ g⁻¹) kompozitlerinin özel gerilme özelliklerinin, emdirilmiş dokuma cam kumaşlar kullanılarak yapılanlara benzer olduğunu göstermektedir [91].

Dört yıl boyunca dört farklı iklim de yetiştirilen 13 keten elyafının çekme özelliklerinin dört farklı cam elyafı ile karşılaştırıldığı bu çalışmada cam elyafının kırılma mukavemet ve gerinim değerleri, keten elyafı kadar dağınık olduğı gözlemlenmiş ve kompozit takviye için cam elyafın yerini almaya uygun olduğı sonucuna varılmıştır [92,93].

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli doymamış poliester kompozit yüzeylerin yerine biyokompozitlerin alternatif olarak kullanılabilirliğı araştırılmıştır. Bu çalışmada keten lifi, polilaktik asit (PLA), L-polilaktid asit (PLLA), poli (3-hidroksilbutirat) (PHB), polikaprolakton ve nişasta termoplastik (MaterBi Z), poli (butilen suksanat) (PBS) ve poli (butilen adipat-ko-tereftalat) (PBAT) malzemeleri kullanılmıştır. Film istifleme tekniğı ile üretilen yüzeylerin çekme ve yükleme koşulları altında mekanik performansları test edilmiştir. Keten-PLLA ve keten-PLA kompozitlerinin gerilme mukavemeti ve Young modülü, benzer keten-PP kompozitlerinden daha büyüktür. Keten-PLLA kompozit yüzeyinin spesifik gerilme mukavemeti ve modülünün, cam elyaf polyester kompozitlerine çok yakın olduğı bulunmuştur [94].

1.10. Avrupa Birliğı Fonları ile Desteklenmiş Projeler, Diğer Projeler ve Ticari Ürünler

AB fonları ile desteklenmiş proje örneklerine ve bu tez konusunun çıktısı olan ticari markalara, ürün özelliklerine ve örnek uygulamalara dair bilgilere metinde değinilmiştir. Doğal lifli kompozitlerin uygulama alanları çok geniştir; otomotiv endüstrisi bu alanda halen lider konumdadır. 1930' ların sonlarında, Henry Ford, otomotiv endüstrisinde doğal elyafı kullanmaya başlamıştır.

AB fonlarının kullanıldığı NATEX projesi 2008 yılında başlamış olup, toplam bütçesi 4.251.800,10 €' dur. Proje de takviye malzemesi olarak yönlendirilmiş doğal lifler ve matris olarak termoplastik ve termoset polimerler uygulanarak, kompozit yüzeyler geliştirilmiştir. Bu yüzeylerle üretilen yapısal parçalar ulaşım, enerji ve gemi inşa sektörlerinde kullanılmaktadır. Proje de matris polimerinin emprenye olmasını sağlamak için doğal elyafa yüzey modifikasyon işlemleri uygulanmıştır. Proje konsorsiyumu tarafından, modifikasyona bağlı olarak elyafın eğrilmesi ve dokunması için metotlar geliştirilmiştir. Termoplastik ve doğal elyaf karışımlarından iki ve üç boyutlu kumaşlar üretilmiştir. Proje çıktıları; otomotiv ve enerji sistemleri, tarım makinelerinin inşası ve gemi yapımı sektörlerinde kullanılması öngörülmektedir. Çelik kapı panellerine göre % 60, Cam/PP' ye %35 daha hafif paneller geliştirilmiştir [95].

FLAXPREGTM projesi Faurecia, PSA Peugeot-Citröen, Lineo ve Reims Champagne-Ardenne Üniversitesi (Fransa) ile geliştirilmiştir. Proje 2015 yılında JEC Avrupa tarafından yılın İnovasyon Ödülünü yarı mamul kategorisinde almaya hak kazanmıştır. Projenin hedefleri; otomotiv parçalarında ağırlık azatılması, yenilenebilir kaynakların kullanılması ve otomobil üretim maliyetlerinin düşmesidir. Geliştirilen ürün, cam elyaf ve poliüretan ürünlere göre hedeflenen mekanik özellikleri karşılayarak % 35 hafiflik sağlamıştır. FlaxpregTM sandviçlerinin iplik eğirme ve dokuma prosesleri elimine edildiği için dokunmamış keten bandının üretim maliyetleri düşmektedir. Faurecia bu ürün ile geleneksel malzemelerin kullanıldığı yapısal bagaj yükleme tabanı uygulamasını hedeflemiştir [96].

LINA projesiyle Eindhoven Teknoloji Üniversitesi'nde dünyanın ilk biyokompozit konsept otomobili geliştirilmiştir. Çalışma da takviye elyafı olarak sağlam yapıdaki keten doğal elyafı kullanılmıştır. Keten elyafının çapraz serilip, sıkıştırılarak üretildiği paneller otomobil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan malzemeler olan karbon ve alüminyuma benzer bir mukavemete sahip olmuştur. Otomobil kasasının tamamı, araç gövdesi ve iç bölümün tamamı biyo-bazlı malzemelerden yapılmıştır. Yine, şasi biyo-kompozit ve biyo-plastik kombinasyonları ile geliştirilmiştir. Bal peteği yapılı biyoplastik çekirdek malzeme olarak kullanılmıştır. Ayrıca aracın karoseri de keten kaynaklıdır. Araç, şehir içi süper verim tüketim sınırı olan 300 kg araç ağırlığının altındadır ve sürdürülebilir elyaf

kaynaklarından üretilmiştir. Araba, Hollanda Araç Kurumu tarafından yola uygun olarak sertifikalandırılmıştır. Araç dört kişi kapasitelidir [97].

BIOSOURCED firması bio-bazlı kimyasallar ve yardımcı kimyasallar ile tekstil ve kompozit yüzeyler üreten ticari bir firmadır. Konuyla ilgili mevcut ürünleri aşağıdaki gibidir [98].

- AMPLİTEX® Surf 5030 ürünü sörf tahtası üretiminde geleneksel olarak kullanılan hafif cam elyaf kumaşlarının yerine kullanılabilir. Takviye malzeme ağırlığını % 40 azaltmaktadır [99].
- FIBRIPLAST ürünleri EcoTechnilin firmasının dokunmamış yüzeyleridir. Bu yüzeyler nihai ürüne mekanik performans sağlamak için termoplastik reçinelerle birleştirilmiş doğal yada cam elyaf gibi takviye malzemeleridir. FibriPlast ürünleri, sıkıştırılmalı kalıplama prosesleri ile iç otomotiv uygulamalarında kullanılmaktadır. Hafiftirler ve akustik performans sağlarlar. Uygulama alanlarından bazıları; kapı panelleri, arka raflar, başlıklar ve bagaj yan kaplamaları vb.dır [100].
- THRIVE hem takviye elemanın da hem de matris de liflerin kullanıldığı selüloz lifli kompozit yüzeylerdir. Thrive 30DXV235SB4N kompozitlerinde % 30 selüloz, % 70 saf PP lifleri kullanılmaktadır. Uygulama ürünleri arasında otomotiv parçaları, ofis mobilyaları, ev ve mutfak gereçleri, küçük ve büyük aletler, tekerlekler, tüketici ürünleri, inşaat ve inşaat malzemeleridir [101].

İngiltere merkezli Composites Evolution firması hafif yapılar için kompozit prepregleri geliştirmekte, üretmekte ve tedarik etmektedir. Firmanın ürünlerinden Biotex yüzeyleri, ketenin doğal mekanik özelliklerinden faydalanarak keten/PLA ve keten/PP uzun ve bükümsüz karışım ipliklerinin dokunmasıyla üretilir. Keten' in düşük yoğunluğu nedeniyle cam elyaf uygulamalarına göre daha hafiftir. Kısa doğal liflerin rastgele yönlendirildiği enjeksiyonlu yada pres ile yapılan yapılara göre çok daha üstün mekanik performans göstermektedir [102].

Composites Evolution firmasının ürünü olan Biotex Flax®, çok katmanlı veya hibrid bir yapının parçası olarak kullanıldığında birim maliyetlerin düşmesine neden olmaktadır. Biotex Flax/PP ürünü hem Land Rover Defender hem de Jaguar XF modelleri için prototip iç kapı modülleri oluşturmak için kullanılmış ve hafif, sert, sürdürülebilir özellikte kalıplanabilir biyo tabanlı ürünler sunmuştur. KS Composites ve Riversimple tarafından Rasa hidrojen yakıtlı hücre otomobilleri için yenilikçi karbon/keten hibrid mikro-sandviç kapı paneli geliştirilmiştir. Karbonun mekanik faydaları; keten elyafının düşük ağırlık, maliyet, ses, titreşim ve sertlik ile çevresel etki avantajlarını bir araya getirilerek oluşturulmuştur [103]. Firmanın diğer markaları arasında Evopreg ampliTex™, Evopreg ampliTex™ + powerRibs™ ve Evopreg ampliTex™ – Carbon Hybrids bulunmaktadır.

Ecotechnilin firmasının FlaxTape™ markası yönlendirilmiş keten liflerinden oluşan bantlar tüm geleneksel kompozit üretim yöntemleri ile uygulanabilmektedir. Temel uygulama alanları spor ve ulaşım sektörleridir. Bu ürünün sunduğu avantajlar arasında titreşim sönümleme, ağırlık azaltımı, mekanik ve akustik özellikler ile bio bazlı malzemelerdir. Bir vaka çalışmasında takviye elemanı olarak 12 kat FlaxTape™ ve epoksi reçinesi RTM prosesi uygulandığında elde edilen çekme dayanımı 365 MPa ulaşmaktadır. Yine başka bir uygulama da takviye malzemesi olarak 12 kat FlaxTape™ ve 20 kat PP filmi sıkıştırma kalıplama prosesi ile üretildiğinde elde edilen çekme dayanımı 275 MPa' dır [105].

Cayley projesinde Boeing firmasının proje ortakları Lineo, Alman kompozit firması Invent ve İspanyol plastik araştırma enstitüsü Aimplas' dır. Projenin hedefi uçağın iç kısmındaki yan duvarlarda kullanılacak sandviç biokompozit panelin üretim hızının 15 dakikada ve tek adımlı bir proses ile gerçekleşmesidir. Projede Boeing sandviç panelin geliştirilmesi üzerine çalışırken, diğer proje ortakları PP ve PLA' de odaklanmışlardır. Boeing, proje sırasında 737 uçağı için keten-termoset kompozit yapısında tek vakumlu kompozit üretim yöntemi ile yan duvar paneli üretmiştir [106].

Biocomp projesi, yaklaşık 12 milyon € toplam bütçeyle Fraunhofer Enstitüsü' nün koordinatörlüğünde gerçekleşmiştir. Bu tez ile sentetik plastik ve ahşaba alternatif olan yüksek fonksiyonellikte biyo bazlı kompozit malzemeler hedeflenmiştir. Proje de hem termoset hem de termoplastik malzemeler ile doğal malzemeler kullanılmıştır. Termoplastik matrisin malzemeleri olarak; lignin, nişasta, PLA ve PHB kullanılmıştır. Selüloz rejenere lifi-PLA kompozit yüzeylerin darbe mukavemetleri yüksektir ve elektronik ve otomotiv iç panellerinde kullanılan ABS (AcrylonitrileButadieneStyrene) ve HIPS (yüksek etkili polistiren) ile rekabet edebilmektedir. Furan reçineleri sıkıştırılmalı kalıplama, vakumlu infüzyon, elle yatırma, BMC (dökme kalıplama bileşiği), SMC (levha kalıplama bileşiği) ve RTM (reçine transfer kalıplama) yöntemleri ile uygulanabilmektedir. Proje çıktısı olan lignin ve furan reçine matris kompozitlerinin özgün ürünler olduğu ve sentetik polimer kompozitlerine alternatif ürün olduğu proje raporunda belirtilmiştir [107].

Harvestform[®] ticari markasıyla RIM işleme teknolojisiyle üretilmiş olan soya fasülyesi doğal kompozitleri, John Deere tarafından saman balya makineleri için gövde panelleri ve kabin çatılarında kullanılmıştır. Kompozit parçalar, metal yüzeylere oranla % 25 ağırlık tasarrufu sağladığı belirtilmiştir [108].

NanoCelluComp projesinin hedefi; biyolojik içerikli matris malzemeler ile selüloz nanofiberlerin yüksek mekanik performansının kullanıldığı teknoloji geliştirmektir. NanoCelluComp projesinin çıktıları ulaşım, rüzgar türbinleri, biyomedikal, spor ve tüketim malları gibi bir çok alanda kullanılabileceği belirtilmektedir [109].

Ssuchy projesinde, ulaşım sektörü için biyolojik olarak parçalanabilir biyo tabanlı kompozitlerin geliştirilmesi için (biyopolimer matrisli ve bitki lifi takviyeli) amaçlanmıştır. Proje, Horizon 2020 kapsamında faaliyet gösteren Biyo-Bazlı Endüstriler (BBI) Ortak Teknoloji Girişimi' nin araştırma programı kapsamında fonlanmıştır [110].

Yerli girişimcilik firması olan Bpreg' in patentli iplik üretim teknolojileri kullanarak geliştirdiği prepreg tape yapısında ürünleri mevcuttur [111].

Toyota, dünyadaki ilk % 100 doğal otomotiv ürünü olduğu iddia edilen, Toyota Raum stepne kapağı da dahil olmak üzere presle kalıplanmış kenaf-PLA dokunmamış yüzeylerden otomotiv parçaları geliştirmiştir [33] .

EcoTechnilin (İngiltere) firması, Jaguar F için dokunmamış keten/bioresin yüzeylerden ve bir kağıt petek "Fibricard" dan oluşan kompozit sandviç panel geliştirmiştir. Bu kompozit panel Şekil 1.33' de görülmektedir. [33]



Şekil 1.33. Ecotechnil Firmasının Keten / Bioresin / Kağıt Petek Sandviç Ürünü [33]

İnşaat Ürünleri

Ahşap plastik kompozitler için en önemli uygulamalar; zemin kaplaması, korkuluklar, dış mekan mobilyaları, piknik masaları, bahçe bankları, paletler vb.dır

Danimarka'daki Louisiana Modern Sanat Müzesi' nde biyokompozitlerin kullanıldığı bir pavyon sergilenmektedir. Şekil 1.34' de gösterilen 3XN mimarlık firması tarafından tasarlanan bu etkileşimli heykel; doğal elyaf, biyo-bazlı polimerler, güneş pilleri ve kendi kendini temizleyen kaplamalar gibi teknolojileri kapsamaktadır [33].



Şekil 1.34. Danimarka Louisiana Modern Sanat Müzesi'ndeki biyokompozit pavyon uygulaması [33]

Hollanda' daki bir gaz istasyonunun cephesi % 100 biyokompozit malzemelerin kullanıldığı, kenevir lifi ve biyo bazlı reçineden yapılmış biyo bazlı panellerle kaplanmıştır [33].

Spor ve Boş Zaman Ürünleri

Biyokompozitlerin spor ve eğlence alanı uygulamalarında, kar kayakları (snowboard) (Şekil 1.35), kano (Şekil 1.36), sörf tahtaları ve bisiklet iskeletlerinde dokuma keten takviye malzemeleri kullanılmıştır. Yüksek titreşim sönümleme özelliğinden dolayı keten elyafı karbon lifleri ile birlikte buz hokeyi gibi yüksek performanslı spor malzemelerinde kullanılmıştır [33].



Şekil 1.35. Composite Evolution Firmasının Biotex Flax Kumaşları Kullanılarak Magine Tarafından Üretilmiş Snowboard [33]



Şekil 1.36. Composite Evolution Firmasının Biotex Flax Kumaşları Kullanılarak Flaxland Tarafından Üretilmiş Kano [33]

Son Tüketici Ürünleri

Şekil 1.37 gösterilen bu mobilya, NetComposites firması ve Sheffield Hallam Üniversitesi Sanat ve Tasarım Araştırma Merkezi ortak çalışması ile geliştirilmiştir. Kalıplanmış biyokompozit paneller ve ahşap malzemenin birlikte kullanılmasıyla biyobazlı mobilya parçası üretilmiştir.



Şekil 1.37. Biyokompozit Paneller Ve Ahşap Malzemenin Birlikte Kullanıldığı Biyo-Bazlı Mobilya [33]

Şekil 1.38' de gösterilen NATEX FP7 projesinin bir çıktısı olarak dış mekanda kum depolama için geliştirilmiş kutu ve kapaklardır. Bu ürünlerde Biotex Keten +/-45 çift eksenli kumaş ve Biotex Flax 4x4 dokuma kumaş kullanılmıştır. Kum kutusu kapağı polyester reçine ve keten lifleri kullanılarak soğuk presleme tekniği ile üretilmiştir.



Şekil 1.38. Gemo Firmasının Ürettiği Kum Kutusu [33]

BÖLÜM 2: MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında; kesikli yapıdaki polilaktik asit (PLA) ve bikomponent PLA (Bico PLA) matris malzemesi olarak, kesikli yapıdaki keten ve kenevir lifleri de takviye malzemesi olarak kullanılmıştır. Matris ve takviye malzemeleri harmanlanarak laboratuvar tipi tarak makinesinde tarama işlemine tabi tutulup, lifler birbirine paralel hale getirilmiştir. Tarama işleminden sonra tarak tülbentleri elde edilmiştir. Elde edilen tülbentlere ısı presleme işlemi uygulanıp, termoplastik lifler polilaktik asit (PLA) ve bikomponent PLA (Bico PLA) eritilerek kompozit yüzeylerin üretimi yapılmıştır.

Biyo kompozit yapıların üretimindeki lif karışım oranlarını belirleyebilmek için literatürden faydalanılmıştır. Tarak makinesindeki her bir numunenin üretimi için tarağa besleme miktarı 200 g olarak belirlenmiştir. Biyo kompozit yapılar içerisindeki lif oranları ağırlıkça hesaplanarak uygulamalar yapılmıştır. Belirlenen 5 farklı (% 20, % 30, % 40, % 50, % 60) takviye lif oranı ile biyo kompozit yüzeylerin üretimi gerçekleştirilmiştir.

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Takviye Malzemeleri

Tez çalışması kapsamında kompozit yapılarda takviye elemanı olarak; Şiteks Şişmanlar Tekstil Sanayi A.Ş.' den temin edilen %100 kenevir elyafı ve Procotex Belgium Company firmasından %100 keten şeritleri satın alınmıştır.

Çalışmada kullanılan biyoliflerin düşük yoğunluklu ve dolayısıyla hafif yapı kompozit uygulamalarında kullanılabilmesi için kabul edilebilir spesifik mukavemet özelliği göstermeleri, çevre dostu ve maliyet etkin olmalarından dolayı bu tez çalışmasında tercih edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan doğal ve biyo liflerin üretim kapasiteleri yüksek olması ve ticari bulunabilirlikleri fazla olması da diğer bir tercih sebebidir.

Biyo-kompozit yapı üretiminde matris malzemesi olarak polilaktik asit (PLA) ve bikomponent polilaktik asit (Bico PLA) ve takviye malzemesi olarak da keten ve kenevir elyafı kullanılmıştır.

Kompozit yapı üretiminde polilaktik asit (PLA) (kesikli lif yapısında), bikomponent polilaktik asit (Bico PLA) (kesikli lif yapısında), keten (şerit yapısında) ve kenevir (telef elyaf) vb. malzemeler Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAPKO), Şiteks Şişmanlar Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Merkas Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. desteği ile temin edilmiştir.

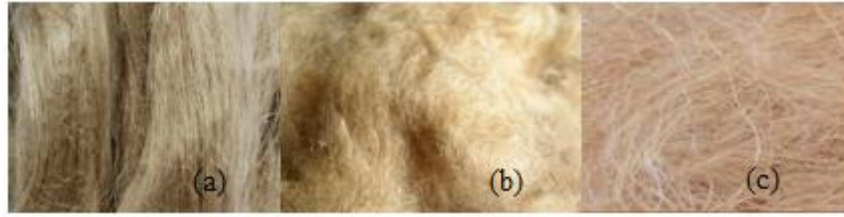
Telef keten lifleri karmaşık yapıda, saflıkları düşük ve ucuzdurlar ancak taraklanmış keten lifleri temiz, yönlendirilmiş ve üretim maliyetleri yüksektir.

Keten ve kenevir elyafının her ikisinde bitkisel kaynaklı gövde elyafıdır. Hem kimyasal yapıları hem de bitkiden lif elde etme işlemleri oldukça benzerdir. Baley ve ark.'nın çalışmaları referans alınarak [85], yönlendirilmiş keten şeritleri 5 cm uzunluğunda giyotin ile kesilmiş ve bu sayede telef kenevir lifleri ile eş boy uzunluğu elde edilmiştir. Çalışmanın bu kısmında, kenevir telef ve yönlendirilmiş keten elyafın takviye malzemesi olarak performans etkiliği incelenmiştir.



Şekil 2.1. Keten Şeritlerini Kesmekte Kullanılan Giyotin

Liflere kimyasal herhangi bir işlem yapılmamış, kesikli elyaf yapısında lifler kullanılmıştır. Şekil 2.2' de kompozit yapılarda takviye elemanı olarak kullanılan keten ve kenevir lifleri gösterilmiştir.



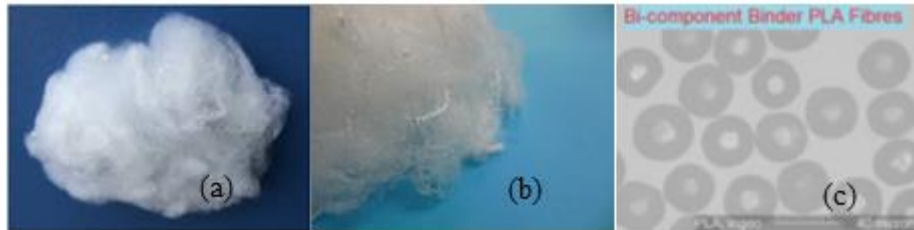
Şekil 2.2. Liflerin Görüntüsü (a) Keten Şeridi, (b) Keten ve (c) Kenevir

Kompozit yapıların üretiminde kullanılan keten ve kenevir liflerinin özellikleri Tablo 2.1’ de detaylı olarak verilmiştir. Deneysel çalışmalarda numune biyo kompozit yapılar için yaklaşık olarak 50 kg takviye malzemesi kullanılmıştır. Biyo kompozit yapıların üretiminde kullanılan matris liflerinin yapısal özellikleri Tablo 2.2’ de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kompozit Yapılarda Takviye için Kullanılan Keten ve Kenevir Liflerinin Yapısal Özellikleri

	Lif İnceliği (denye)	Lif Uzunluğu (mm)
Keten	6.0	51
Kenevir	4.0	51

2.1.2. Matris Malzemeler



Şekil 2.3. Matris Lifleri (a) PLA ve (b) Bico PLA (c) Bico PLA’ nın Şematik Görüntüsü

Biyo kompozit yapıların üretiminde matris malzemesi olarak, Merkas Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ den temin edilen PLA ve bico PLA liflerinden faydalanılmıştır. İç içe Bico PLA’ nın merkezi PES, dış kabuğu PLA’ dır ve elyaf oranı %40 / %60’ dır. Deneysel çalışmalarda yaklaşık olarak 50 kg matris malzemesi kullanılmıştır. Biyo kompozit yapıların üretiminde kullanılan polimer matris yapıların yapısal özellikleri Tablo 2.2’ de verilmiştir.

Tablo 2.2. Polilaktik Asit (PLA) ve Bikomponent Polilaktik Asit (Bico PLA)' in Yapısal Özellikleri

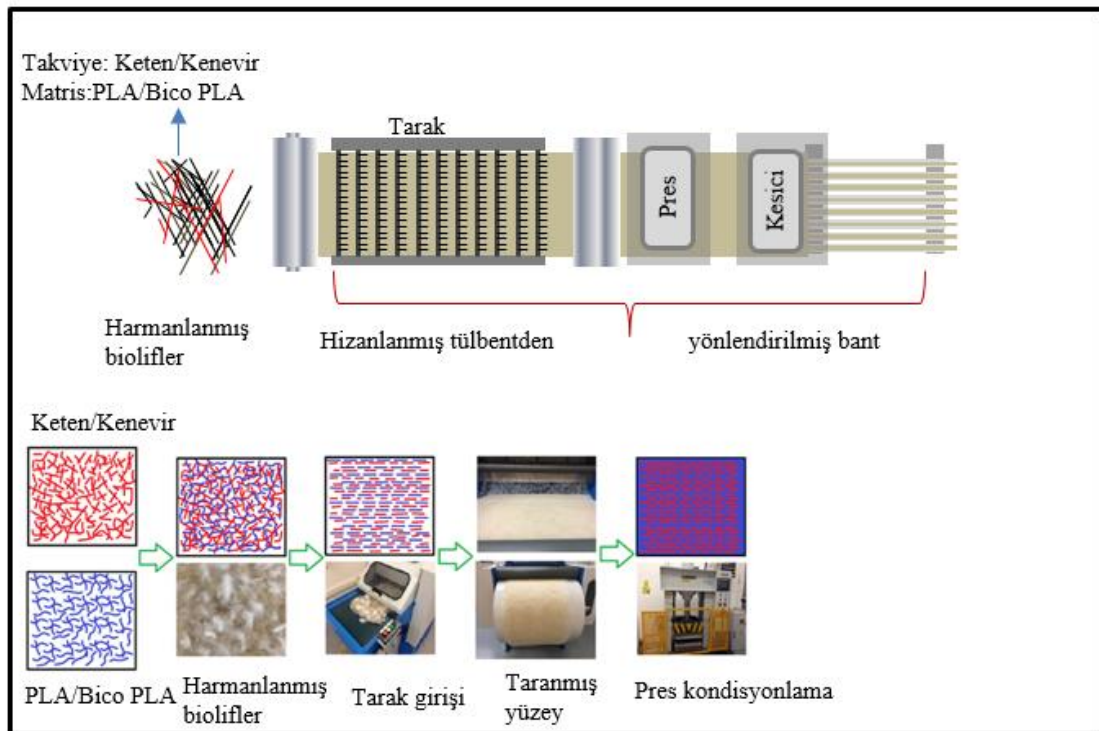
	Lif İnceliği (denier)	Lif Uzunluğu (mm)
PLA	6.0	51
Bikomponent PLA	4.0	51

2.2. Biyo Kompozit Yüzeylerin Üretimi

Bu tez kapsamında biyo kompozit yüzeylerin üretimi 3 temel adım da gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- Takviye ve matris malzemesinin harmanlanması,
- Harmanlanan malzemelerin taranması,
- Biyo kompozit yüzeylerin konsolidasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesidir.

Şekil 2.4.' de biyo kompozit yüzeylerin üretim şematığı gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Biyo Kompozit Yüzeylerin Üretim Şematığı

2.2.1. Takviye ve Matris Malzemelerinin Harmanlanması

Takviye ve matris malzemeleri belirlenen karışım yüzdelere göre manuel olarak harmanlanmıştır. Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarın da tarak makinesi önü mekanik dozajlama ve harman hallaç ekipmanları bulunmamaktadır. Bu sebeple bu aşama manuel açma yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Tüm karışımların targa besleme miktarı 200 g olarak belirlenmiştir. Yine karışım oranları % 20-80, % 30-70, % 40-60, % 50-50, % 60-40 olacak şekilde % takviye malzemesi/matris malzemesi sıralamasıyla uygulanmıştır. Elyafın tartım işlemleri Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarın da bulunan terazi ile gerçekleştirilmiştir. Biyo kompozit yüzeyleri oluşturacak kesikli elyaf grupları; keten/PLA, keten/bico PLA, kenevir/PLA ve kenevir/bico PLA olacak şekilde belirlenmiştir.

2.2.2 Takviye ve Matris Malzemelerinin Taranması

Biyo kompozit yüzeylerin oluşturulacağı 4 farklı takviye/matris grubunun (keten/PLA, keten/Bico PLA, kenevir/PLA ve kenevir/Bico PLA) her birinden 5 farklı karışım oranı (% 20, % 30, % 40, % 50, % 60) tartılmıştır. Ayrıca % 100 PLA ve % 100 Bico PLA tülbentleri de üretilmiştir. Harmanlanan liflerin tarama işlemi Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarında bulunan Mesdan marka laboratuvar tipi tarak makinesinde yapılmıştır. Harmanlanan elyaf tarak makinesinin girişindeki taşıyıcı bant üzerine bırakılır. Besleme sistemleri tarafından tarak makinesinin diğer elemanlarına aktarılan elyaf, Şekil 2.5' de gösterilen Laboratuvar tipi tarak makinesinde tarama işlemine tabi tutulur.



Şekil 2.5. Laboratuvar Tipi Tarak Makinesi

Tarama işlemi ile liflerin birbirine mümkün olduğunca paralel pozisyona gelmesi ve yönlendirilmiş olması hedeflenmektedir. Bu çalışmanın hedeflerinden olan tarama pasaj miktarının lif yönelmelerine olan etkisini bulmak için 1 pasaj, 2 pasaj ve 3 pasaj olmak üzere üç farklı pasaj dan geçirerek tülbentlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Belirlenen bu değişken parametreler doğrultusunda toplam 32 adet numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Tarama işleminin sonunda tarak çıktısı olarak elde edilen tarak tülbenti makinanın sonunda bulunan tambur üzerine sarılarak elde edilmiştir. Tambur üzerinde 50x100 cm ebatlarında yüzeyler üretilmiştir. Tarama işleminde üretilen her bir numunenin tülbent görüntüleri Şekil 2.6, Şekil 2.7, Şekil 2.8 ve Şekil 2.9 da görüldüğü gibidir. Her bir numune için elde edilen tülbentler tambur üzerinden çıkarılarak sıcak pres makinesine PLA ve Bicomponent PLA' nın termoplastik özelliğinden faydanılmak için transfer edilmiştir.



Şekil 2.6. Bicomponent PLA Lifi İle Kenevir Liflerinin Taranmış Tülbent Formları



Şekil 2.7. PLA Lifi İle Kenevir Liflerinin Taranmış Tülbent Formları



Şekil 2.8. Bicomponent PLA Lifi İle Keten Liflerinin Taranmış Tülbent Formları



Şekil 2.9. PLA Lifi İle Keten Liflerinin Taranmış Tülbent Formları

2.2.3. Biyo Kompozit Yüzeylerin Konsolidasyonu

Tarama prosesi çıktısı olarak elde edilen tarak tülbentlerinin konsolidasyon işlemleri Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarın da bulunan HÜRSAN hidrolik sıcak pres makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2.10' da Sıcak pres makinesi görseli bulunmaktadır. Sıcak pres makinesinin teknik özelliklerine Tablo 2.3' de yer verilmiştir.

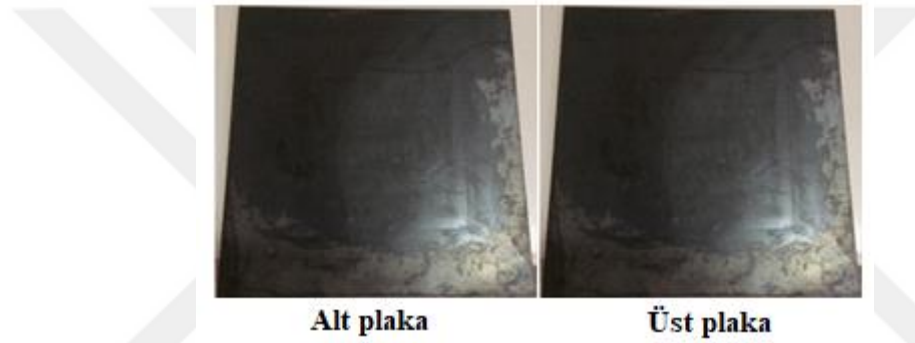


Şekil 2.10. Sıcak Pres Makinesi

Tablo 2.3. Sıcak Pres Makinesinin Teknik Özellikleri

Üst Plaka Sıcaklığı (Maksimum) (°C)	200
Alt Plaka Sıcaklığı (Maksimum) (°C)	200
Basınç (Maksimum) (Ton)	100
Süre (dk)	60

Biyolif tülbentlerinin konsolidasyonunda; 30 cm x 30 cm boyutlarında bir alt kapak ve bir adet üst kapak sistemi kullanılmıştır. Şekil 2.11’ de biyo kompozit yüzeylerin üretiminde kullanılan pres yüzey ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Biyo-kompozit Yüzeylerin Konsolidasyonunda Kullanılan Pres Plakaları

Sıcak pres makinesinde termoplastik yapının şekil alması beklendiği için PLA ve Bico PLA matris malzemeleri için farklı proses sıcaklıklarında ayrı ayrı üretim gerçekleştirilmiştir. Buna göre;

PLA için; Keten/PLA ve Kenevir/PLA yüzeylerin konsolidasyonu

Tarama işlemi ile yönlendirilen liflerden elde edilen tülbentler 30 x 30 cm ölçülerinde kesilmiştir. Numuneler, sıcak pres makinasının alt ve üst plakaları arasına yerleştirilmiştir. Sıcak pres makinası 165⁰ C sıcaklığa kadar ısıtılmıştır ve hedeflenen sıcaklığa ulaşıldıktan sonra plakalar arasındaki keten/PLA ve kenevir/PLA yüzeyleri 50 tonluk basınç altında 2 dakika bekletilerek PLA polimerinin erimesi sağlanmıştır. PLA termoplastik polimeri eritildikten sonra sıcak pres makinası alt ve üst plakalar 10 dakika süre ile soğutulurken keten/PLA ve kenevir/PLA biyo kompozit yüzeyleri üretilmiştir. Yine benzer şekilde %100 PLA tülbent formunda konsolidasyonu gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.4. PLA Polimeri İçin Sıcak Pres Makinası Çalışma Değerleri

Üst Plaka Sıcaklığı (Maksimum) (°C)	165
Alt Plaka Sıcaklığı (Maksimum) (°C)	165
Basınç (Maksimum) (Ton)	50
Süre (Maksimum) (dk)	2

Bico PLA için; Keten/Bico PLA ve Kenevir/Bico PLA yüzeylerin konsolidasyonu

Tarama işlemi ile yönlendirilen liflerden elde edilen tülbentler 30x30 cm ölçülerinde kesilmiştir. Numuneler, sıcak pres makinasının alt ve üst plakaları arasına yerleştirilmiştir. Sıcak pres makinası 145⁰ C sıcaklığa kadar ısıtılmıştır ve hedeflenen sıcaklığa ulaşıldıktan sonra plakalar arasındaki keten/Bico PLA ve kenevir/ Bico PLA yüzeyleri 50 tonluk basınç altında 2 dakika bekletilerek Bico PLA polimerinin erimesi sağlanmıştır. Bico PLA termoplastik polimeri eritildikten sonra sıcak pres makinası alt ve üst plakalar 10 dakika süre ile soğutularak keten/Bico PLA ve kenevir/Bico PLA biyo kompozit yüzeyleri üretilmiştir. Yine benzer şekilde %100 Bico PLA tülbent formunda konsolidasyonu gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.5. Bico PLA Polimeri İçin Sıcak Pres Makinası Çalışma Değerleri

Üst Plaka Sıcaklığı (Maksimum) (°C)	145
Alt Plaka Sıcaklığı (Maksimum) (°C)	145
Basınç (Maksimum) (Ton)	50
Süre (Maksimum) (dk)	2

2.2.4. Üretilen Kompozit Yapılarının Özellikleri

Çalışma kapsamında 300 mm x 300 mm boyutlarında sıcak pres yöntemi ile üretilen biyo kompozit yüzeylerin özellikleri Tablo 2.6' da gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Kevir-PLA ve Kenevir-Bico PLA Biyo Kompozit Yüzey İçerikleri

Numune Kodu	Pasaj Sayısı	GRAMAJ			KALINLIK			KOMPOZİSYON		
		Gramaj (g/m ²)	%CV	SS	Kalınlık (mm)	%CV	SS	KNV (%wt)	PLA (%wt)	BPLA (%wt)
PLA	1	275.15	03.34	09.18	0.33	13.64	0.05	---	100	---
BPLA	1	291.80	09.15	26.71	0.28	11.75	0.03	---	---	100
20KNV/80BPLA/P1	1	254.80	05.96	15.20	0.30	13.30	0.04	20	---	80
30KNV/70BPLA/P1	1	294.80	09.78	28.82	0.37	18.41	0.07	30	---	70
40KNV/60BPLA/P1	1	278.20	08.48	23.59	0.43	16.01	0.07	40	---	60
50KNV/50BPLA/P1	1	285.60	09.42	26.89	0.46	14.14	0.07	50	---	50
60KNV/40BPLA/P1	1	282.40	11.18	31.56	0.52	14.13	0.07	60	---	40
20KNV/80BPLA/P2	2	289.20	08.62	24.93	0.37	15.31	0.06	20	---	80
30KNV/70BPLA/P2	2	270.40	08.67	23.45	0.39	13.48	0.05	30	---	70
40KNV/60BPLA/P2	2	254.80	11.89	30.30	0.38	13.43	0.05	40	---	60
50KNV/50BPLA/P2	2	247.20	11.40	28.18	0.46	12.08	0.06	50	---	50
60KNV/40BPLA/P2	2	300.80	09.83	29.55	0.49	11.75	0.06	60	---	40
20KNV/80BPLA/P3	3	292.20	08.09	23.63	0.36	15.71	0.06	20	---	80
30KNV/70BPLA/P3	3	303.80	10.89	33.07	0.39	13.40	0.05	30	---	70
40KNV/60BPLA/P3	3	281.80	09.45	26.64	0.41	14.25	0.06	40	---	60
50KNV/50BPLA/P3	3	284.20	10.28	29.21	0.41	13.75	0.06	50	---	50
60KNV/40BPLA/P3	3	277.80	10.64	29.55	0.47	13.87	0.06	60	---	40
20KNV/80PLA/P1	1	289.46	08.65	25.02	0.25	16.49	0.04	20	80	---
30KNV/70PLA/P1	1	293.20	08.89	26.06	0.32	15.56	0.05	30	70	---
40KNV/60PLA/P1	1	311.60	08.07	25.16	0.36	17.55	0.06	40	60	---
50KNV/50PLA/P1	1	298.18	11.85	35.33	0.40	13.61	0.05	50	50	---
60KNV/40PLA/P1	1	284.00	09.05	25.69	0.43	10.94	0.05	60	40	---
20KNV/80PLA/P2	2	284.60	07.14	20.32	0.24	16.73	0.04	20	80	---
30KNV/70PLA/P2	2	300.00	08.35	25.06	0.33	14.83	0.05	30	70	---
40KNV/60PLA/P2	2	293.60	07.47	21.92	0.32	15.98	0.05	40	60	---
50KNV/50PLA/P2	2	263.60	11.40	30.04	0.34	17.32	0.06	50	50	---
60KNV/40PLA/P2	2	289.00	08.34	24.10	0.43	13.82	0.06	60	40	---
20KNV/80PLA/P3	3	281.00	09.91	27.86	0.25	15.23	0.04	20	80	---
30KNV/70PLA/P3	3	297.00	06.87	20.39	0.25	14.91	0.04	30	70	---
40KNV/60PLA/P3	3	272.00	09.01	24.52	0.31	14.72	0.05	40	60	---
50KNV/50PLA/P3	3	277.20	09.57	26.54	0.35	14.07	0.05	50	50	---
60KNV/40PLA/P3	3	261.80	08.68	22.72	0.39	14.66	0.06	60	40	---

Tablo 2.7. Keten-PLA ve Keten-Bico PLA Biyo Kompozit Yüzey İçerikleri

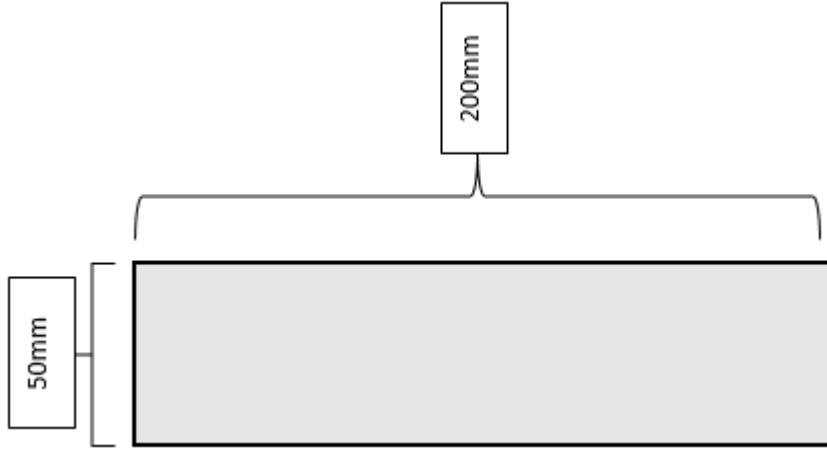
Numune Kodu	Pasaj Sayısı	GRAMAJ			KALINLIK			KOMPOZİSYON		
		Gramaj (g/m ²)	%CV	SS	Kalınlık (mm)	%CV	SS	KNV (%wt)	PLA (%wt)	BPLA (%wt)
PLA	1	275.15	03.34	09.18	0.33	13.64	0.05	---	100	---
BPLA	1	291.80	09.15	26.71	0.28	11.75	0.03	---	---	100
20KTN/80BPLA/P1	1	261.20	07.40	19.34	0.32	15.77	0.05	20	---	80
30KTN/70BPLA/P1	1	249.66	05.83	14.56	0.31	14.79	0.05	30	---	70
40KTN/60BPLA/P1	1	281.80	06.12	17.24	0.37	16.44	0.06	40	---	60
50KTN/50BPLA/P1	1	282.40	09.62	27.17	0.49	15.25	0.07	50	---	50
60KTN/40BPLA/P1	1	298.20	11.13	33.20	0.49	13.06	0.06	60	---	40
20KTN/80BPLA/P2	2	267.60	04.52	12.10	0.32	15.01	0.05	20	---	80
30KTN/70BPLA/P2	2	264.80	08.69	23.02	0.35	14.01	0.05	30	---	70
40KTN/60BPLA/P2	2	242.60	06.88	16.68	0.39	16.93	0.07	40	---	60
50KTN/50BPLA/P2	2	259.60	07.76	20.14	0.43	14.47	0.06	50	---	50
60KTN/40BPLA/P2	2	247.60	09.08	22.47	0.45	14.94	0.07	60	---	40
20KTN/80BPLA/P3	3	279.80	05.56	15.54	0.36	24.66	0.09	20	---	80
30KTN/70BPLA/P3	3	304.20	06.13	18.65	0.26	15.21	0.04	30	---	70
40KTN/60BPLA/P3	3	284.60	12.05	34.29	0.27	15.44	0.04	40	---	60
50KTN/50BPLA/P3	3	275.40	07.38	20.32	0.34	12.34	0.04	50	---	50
60KTN/40BPLA/P3	3	260.60	04.52	11.77	0.36	10.98	0.04	60	---	40
20KTN/80PLA/P1	1	276.60	05.52	15.26	0.23	13.39	0.03	20	80	---
30KTN/70PLA/P1	1	290.00	05.69	16.49	0.26	12.98	0.03	30	70	---
40KTN/60PLA/P1	1	302.60	07.38	22.34	0.30	16.21	0.05	40	60	---
50KTN/50PLA/P1	1	260.60	10.70	27.87	0.34	12.42	0.04	50	50	---
60KTN/40PLA/P1	1	273.60	05.78	15.81	0.40	13.98	0.06	60	40	---
20KTN/80PLA/P2	2	290.60	08.93	25.96	0.23	12.24	0.03	20	80	---
30KTN/70PLA/P2	2	258.80	07.39	19.12	0.26	17.47	0.05	30	70	---
40KTN/60PLA/P2	2	289.60	06.85	19.83	0.29	16.52	0.05	40	60	---
50KTN/50PLA/P2	2	282.80	07.71	21.80	0.33	12.62	0.04	50	50	---
60KTN/40PLA/P2	2	284.80	12.73	36.26	0.40	15.22	0.06	60	40	---
20KTN/80PLA/P3	3	299.00	10.05	30.04	0.24	12.62	0.03	20	80	---
30KTN/70PLA/P3	3	264.40	07.47	19.76	0.26	15.40	0.04	30	70	---
40KTN/60PLA/P3	3	261.40	08.28	21.65	0.29	14.53	0.04	40	60	---
50KTN/50PLA/P3	3	240.00	08.80	21.13	0.30	19.01	0.06	50	50	---
60KTN/40PLA/P3	3	259.60	09.09	23.61	0.38	13.72	0.05	60	40	---

2.3. Kompozit Yapılara Uygulanan Testler ve Analizler

Bu tez kapsamında üretilen biyo kompozit yüzeylere uygulanan testler Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında uygulanmıştır.

2.3.1. Çekme Dayanımı

Biyo kompozit yüzeylerin çekme dayanımı ve elastikiyet modülü özellikleri INSTRON 4411 cihazında ASTM D 3039/D3039M-07 standardına göre belirlenmiştir. Test numunelerinin boyutları 50 mm x 200 mm olacak şekilde makine üretim yönünde ve makine eni yönünde 5' şer adet numune hazırlanmıştır. Makinanın test hızı ise 5 mm/min olarak seçilmiştir. Şekil 12' de çekme testi biyo kompozit test numunesi ve Şekil 13' de çekme dayanımı test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Çekme Test Numunesi



Şekil 2.13. Çekme Dayanımı Test Cihazı Instron 4411

2.3.2 Biyo Kompozit Yüzeylere Kalınlık Testi

Biyo kompozit yüzeylerin kalınlık testleri TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre uygulanmıştır. Bu standart, belli basınç altında yüzeylerin kalınlıklarını ölçmeye yöneliktir. Bu cihazda malzeme yüzeyine bir basınç uygulanır ve yüzey ile cihazın dairesel baskı ayağı arasındaki mesafe milimetrik olarak ölçülür. Çekme dayanım testi için hazırlanmış olan makine üretim yönünde ve makine eni yönünde her bir örnek için 5 adet hazırlanmış numunelerin 3 farklı noktasından kalınlık ölçümü yapılmıştır.

2.4. İstatistiksel Analizler

Biyo kompozit yüzeylerin performans özellikleri üzerine takviye ve polimer lifleri ile tarak işlemiyle amaçlanan yönlendirme ve tarak pasaj işlemlerinin etkilerini anlayabilmek amacıyla SPSS 25 istatistik programı kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Analizler kapsamında istatistiki olarak anlamlılığı ortaya koymak için tek faktörlü varyans analizi (One-way ANOVA-Analysis of variance) ve yüzeyler arasında farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma testleri (Multiple comparisons) uygulanmıştır. İstatistiksel analiz sonuçlarının tamamı yer tasarrufu amacıyla EKLER kısmında verilmiştir.

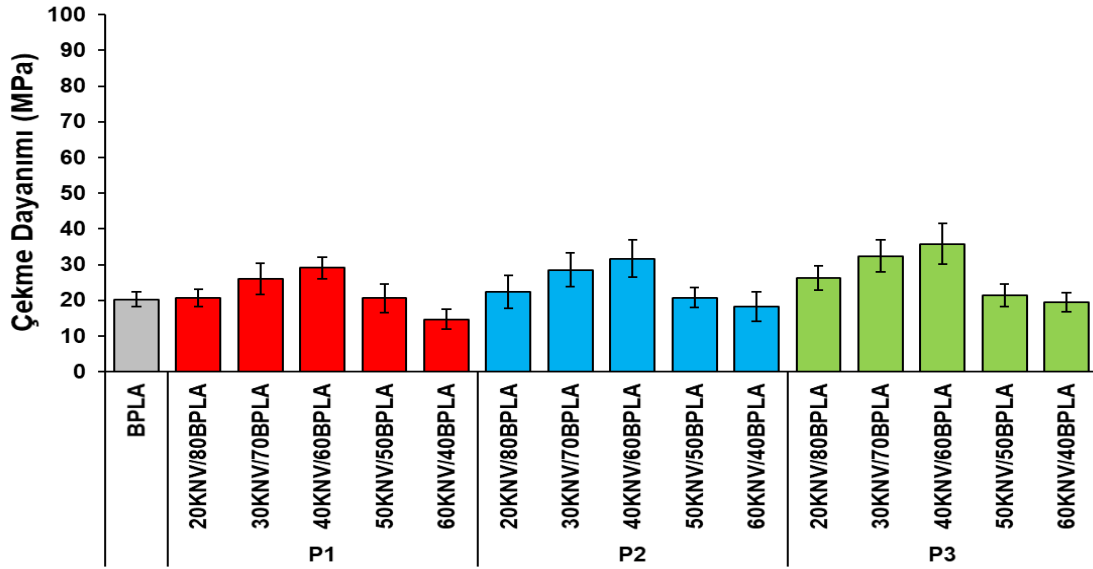


BÖLÜM 3: BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çekme Dayanımı Davranışları

Takviye lifleri olarak keten-kenevir lifleri ve matris olarak PLA-BPLA lifleri kullanılarak üretilmiş olan kompozit malzemelerin makine ve makine eni yönünde analizleri gerçekleştirilmiştir. Kompozit yapı içerisine takviye edilen keten-kenevir lifleri makine yönü çekme dayanımları yüksek olduğu için kompozit yapıların makine yönü, makine eni yönüne göre değerleri daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

3.1.1. Makine Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA



Şekil 3.1. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

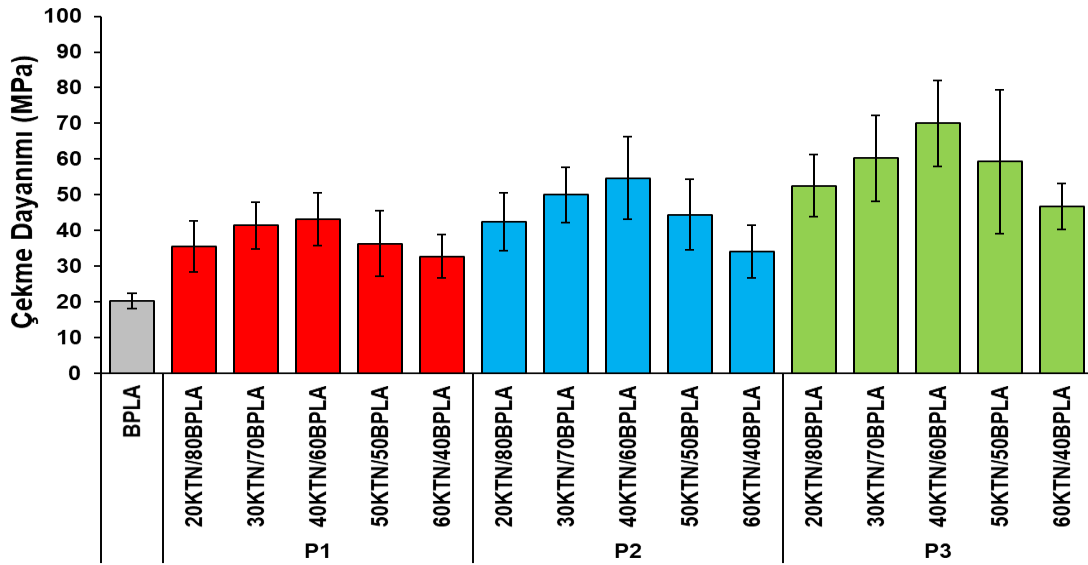
Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.1 üzerinden gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere, kompozit yapıdaki kenevir miktarının artışı ile pasaj miktarının (1, 2 ve 3 pasaj) artışı arasında doğrusal bir orantı mevcuttur. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak % 40 optimum değerdir, daha fazla lif takviyesinde yüzeylerin çekme dayanımında azalma görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde

edilen çekme dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha düşük çekme dayanımı gösterdiği gözlemlenmektedir. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	48,979	,000
P2 (Pasaj)	33,359	,000
P3 (Pasaj)	64,226	,000

Tablo 3.1’de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.2. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri

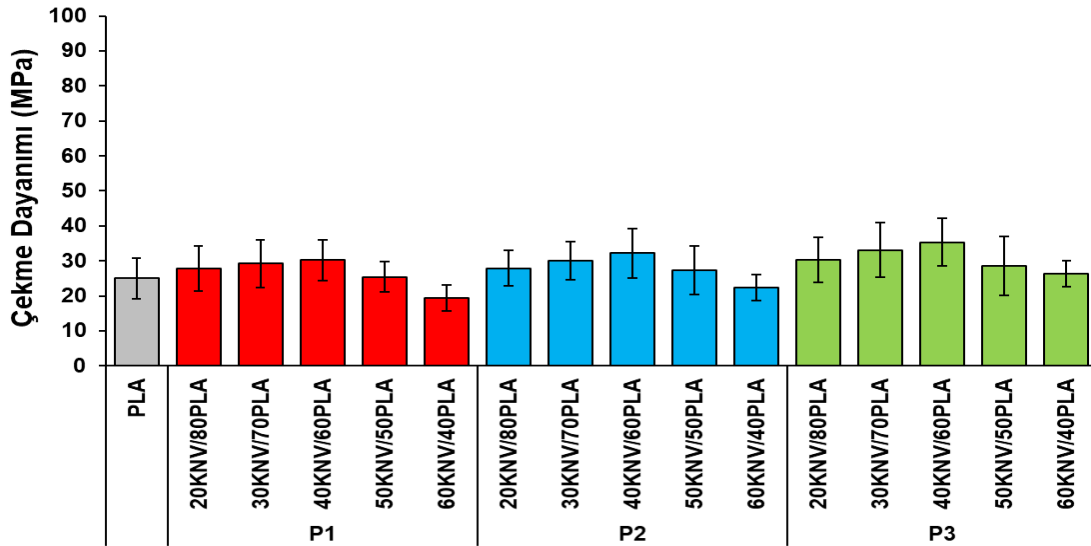
Keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.2 ifade edilmektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki keten lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak keten lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında arttırılması 1, 2 ve 3 pasaj

tarama sayısı için de çekme dayanımının düşmesine neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 keten lifi ilavesi yapıldığında elde edilen çekme dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek çekme dayanımı göstermektedir. Optimum çekme dayanımı % 40 keten ilavesi yapıldığı durumda elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımda düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasa)	28,530	,000
P2 (Pasa)	43,511	,000
P3 (Pasa)	43,329	,000

Tablo 3.2’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



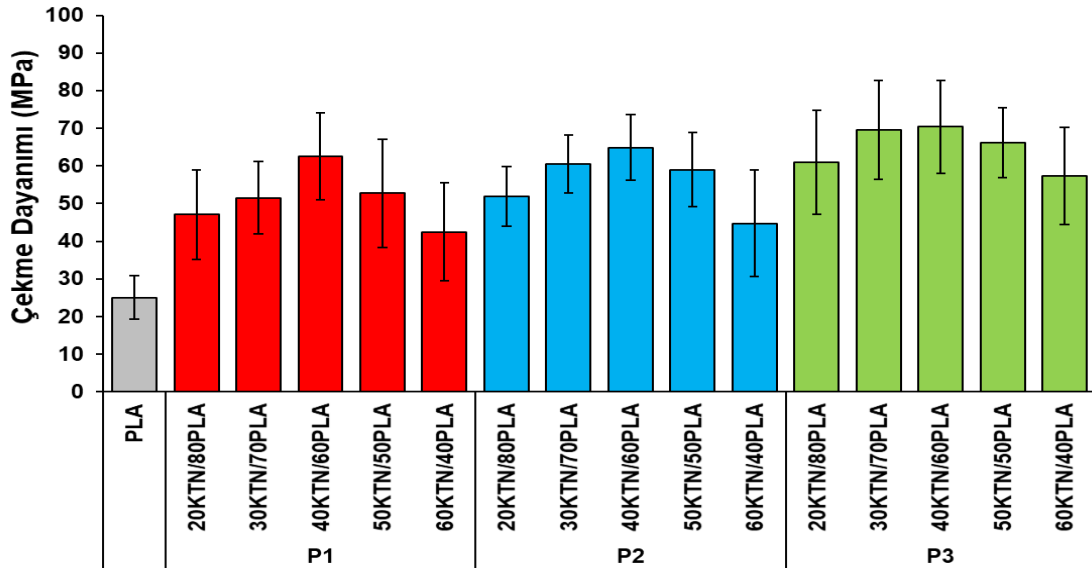
Şekil 3.3. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.3 gösterilmektedir. Grafikte de belirtildiği üzere kenevir lifi miktarının artışı, pasaj sayısının artışıyla -1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı- doğru orantılıdır. Bu deney sonucu ile diğer makine yönü deney çalışmalarındaki benzer sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları artmaktadır. Ancak kenevir lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde çekme dayanımının düşmesine neden olmaktadır. Kompozit yapı üretiminde % 60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen çekme dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha düşüktür. En yüksek çekme dayanımı % 40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımda düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.3’ de verilmiştir.

Tablo 3.3. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	9,594	,000
P2 (Pasaj)	7,360	,000
P3 (Pasaj)	7,055	,000

Tablo 3.3’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin Makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



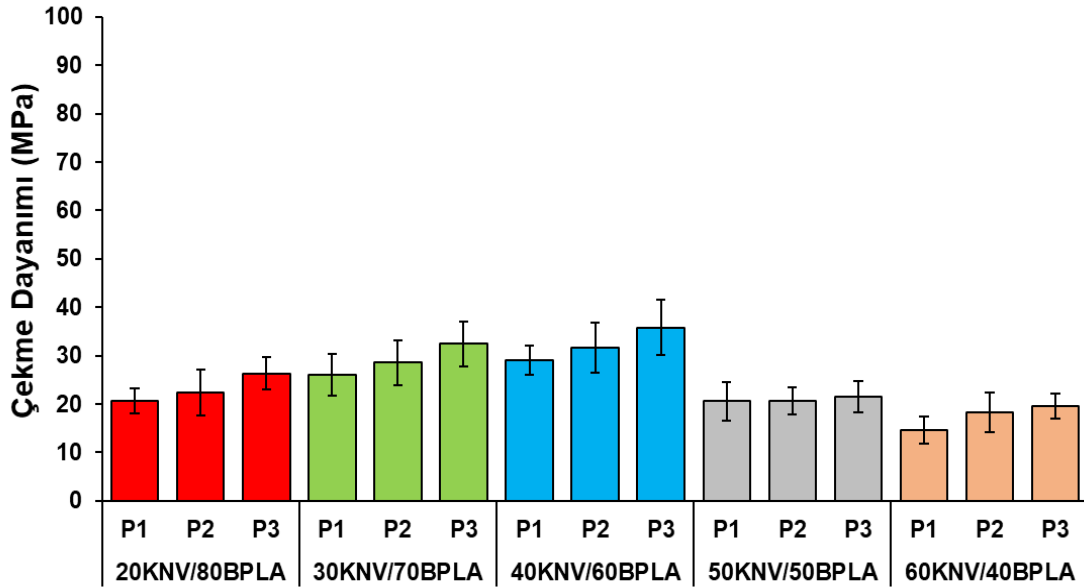
Şekil 3.4. Makine Üretim Yönünde Ketan-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Ketan Lifi Miktarının Etkileri

Şekil 3.4 de ketan-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği ketan lif miktarı etkisi ifade edilmiştir. Grafik üzerinde yapılan incelemede, ketan lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı ile artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki ketan lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak ketan lifinin % 40 üzerindeki oranlarda yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de çekme dayanımının düşmesine neden olduğu görülmektedir. Diğer makine yönü deneylerinden elde edilen sonuçlarla elde edilen bu veri aynıdır. En yüksek çekme dayanımı % 40 ketan ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımda düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine ketan lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.4' de verilmiştir.

Tablo 3.4. Makine Üretim Yönünde Ketan-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Ketan Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	24,808	,000
P2 (Pasaj)	48,701	,000
P3 (Pasaj)	45,181	,000

Tablo 3.4’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin Makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



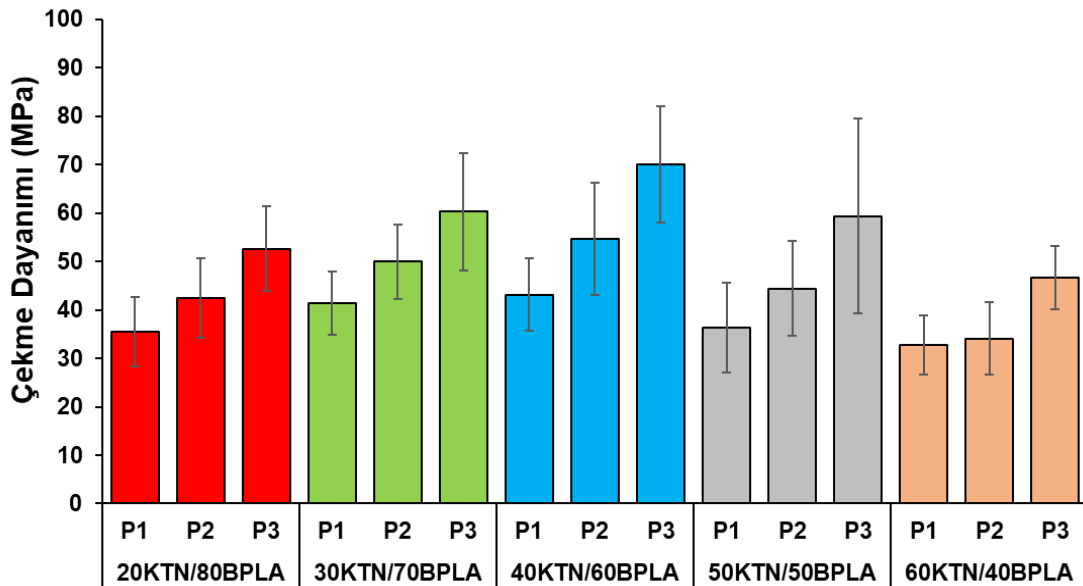
Şekil 3.5. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.5 üzerinden ifade edilebilmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısındaki artışın çekme dayanımına etkisi incelendiğinde, her bir tarama pasajının %10’ luk bir artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.5’ de verilmiştir.

Tablo 3.5. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80BPLA	7,761	,007
30KNV/70BPLA	52,888	,000
40KNV/60BPLA	90,649	,000
50KNV/50BPLA	0,643	,425
60KNV/40BPLA	9,830	,002

Tablo 3.5’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme dayanımı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.6. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

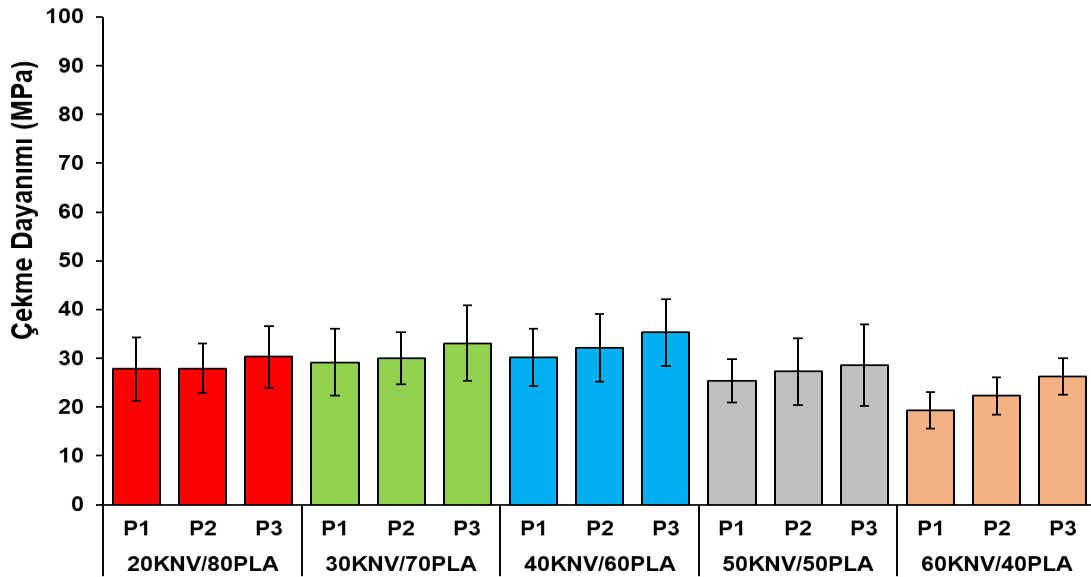
Şekil 3.6’ da keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi gözlemlenmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranı içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %15’ lik bir çekme dayanımında artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının

artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.6’ da verilmiştir.

Tablo 3.6. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80BPLA	93,637	,000
30KTN/70BPLA	127,986	,000
40KTN/60BPLA	109,407	,000
50KTN/50BPLA	48,859	,000
60KTN/40BPLA	71,399	,000

Tablo 3.6’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine ke tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.7. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

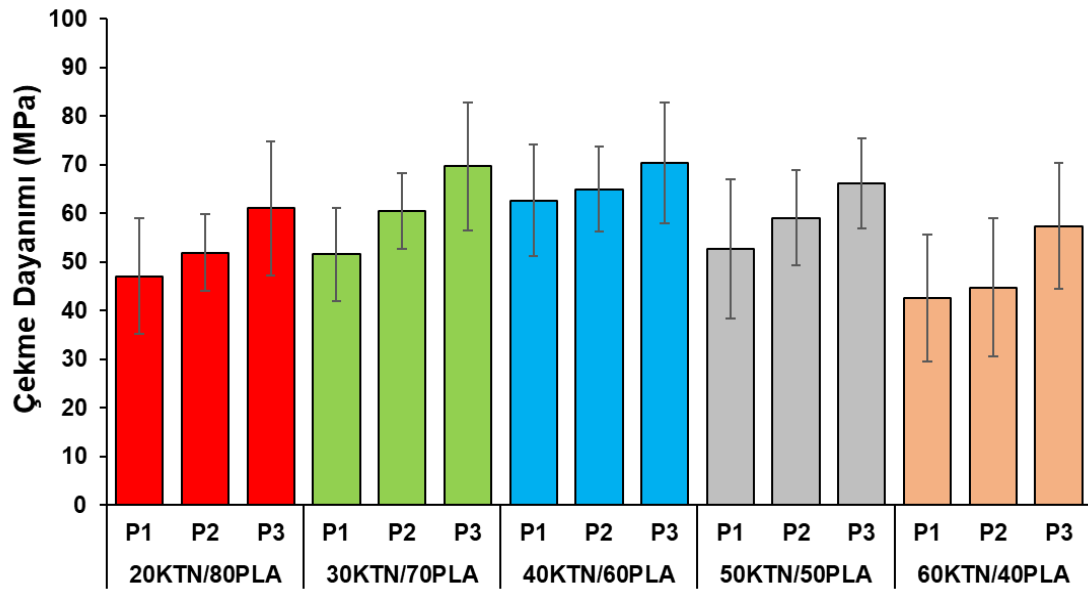
Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.7 gösterilmiştir. Grafikten tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranı içinde artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Artan pasaj sayısının çekme dayanımını üzerinde %15’ lik (her bir tarama pasajı için) artış sağladığı görülmektedir.

Tablo 3.7’ de kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.7. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	5,659	,020
30KNV/70PLA	11,423	,001
40KNV/60PLA	20,238	,000
50KNV/50PLA	1,496	,225
60KNV/40PLA	3,460	,067

Tablo 3.7’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine ke tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme dayanımı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.8. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Şekil 3.8’ de keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi ifade edilmektedir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla

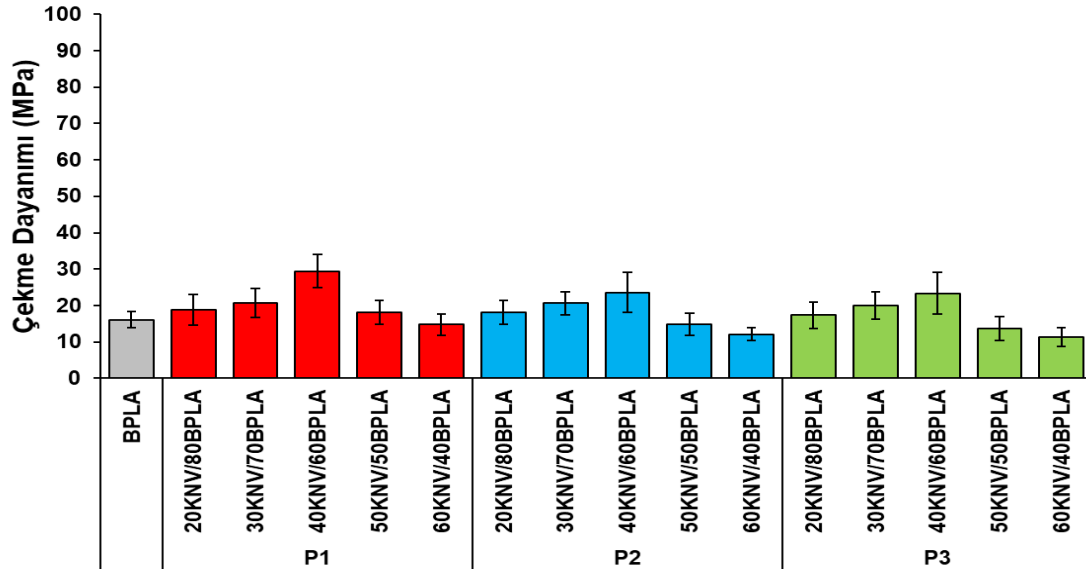
kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %15' lik bir çekme dayanımında artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.8' de verilmiştir.

Tablo 3.8. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	94,947	,000
30KTN/70PLA	144,223	,000
40KTN/60PLA	238,224	,000
50KTN/50PLA	141,161	,000
60KTN/40PLA	45,976	,000

Tablo 3.8' da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine ke tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

3.1.2. Makine Eni Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA



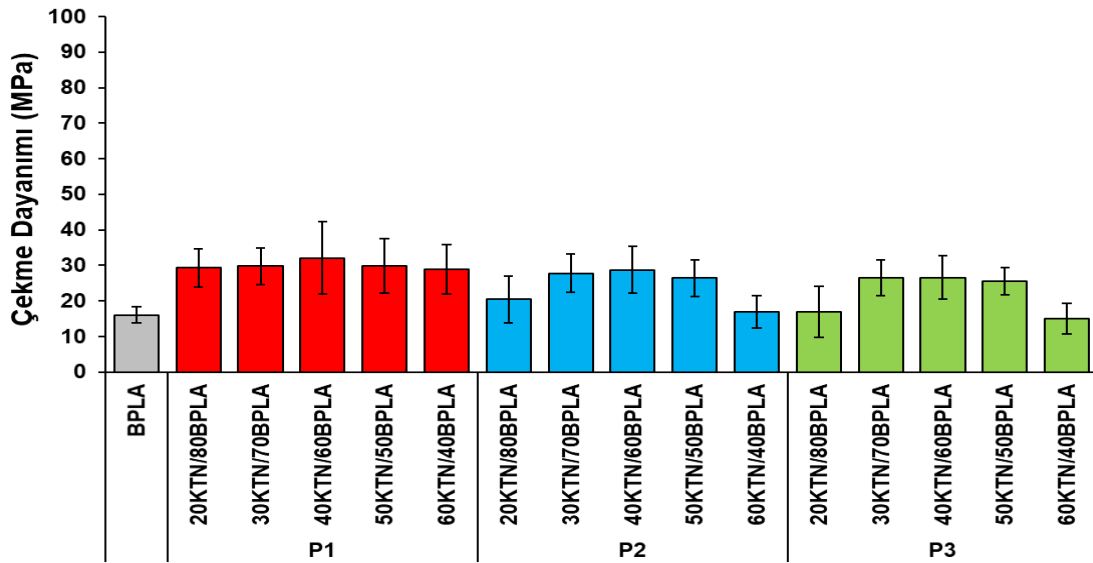
Şekil 3.9. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.9 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak kenevir lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de çekme dayanımının düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen çekme dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha düşük çekme dayanımı gösterdiği gözlemlenmektedir. En yüksek çekme dayanımı % 40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımda düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.9. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	41,521	,000
P2 (Pasaj)	30,198	,000
P3 (Pasaj)	27,050	,000

Tablo 3.9’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



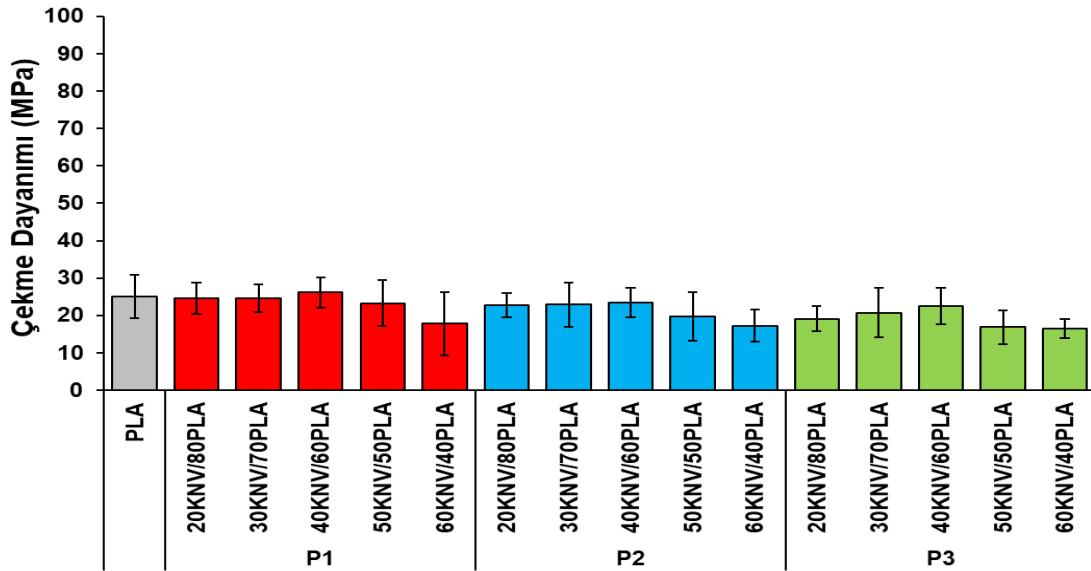
Şekil 3.10. Makine Eni Yönünde Ketten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Ketten Lifi Miktarının Etkileri

Şekil 3.10 üzerinden keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi incelenmiştir. Grafikten keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımının 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış gösterdiği anlaşılmaktadır. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki keten lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak keten lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de çekme dayanımının düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 keten lifi ilavesi yapıldığında elde edilen çekme dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek çekme dayanımı gösterdiği görülmektedir. En yüksek çekme dayanımı % 40 keten ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımında düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.10' de verilmiştir.

Tablo 3.10. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	15,012	,000
P2 (Pasaj)	22,699	,000
P3 (Pasaj)	24,508	,000

Tablo 3.10’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.11. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

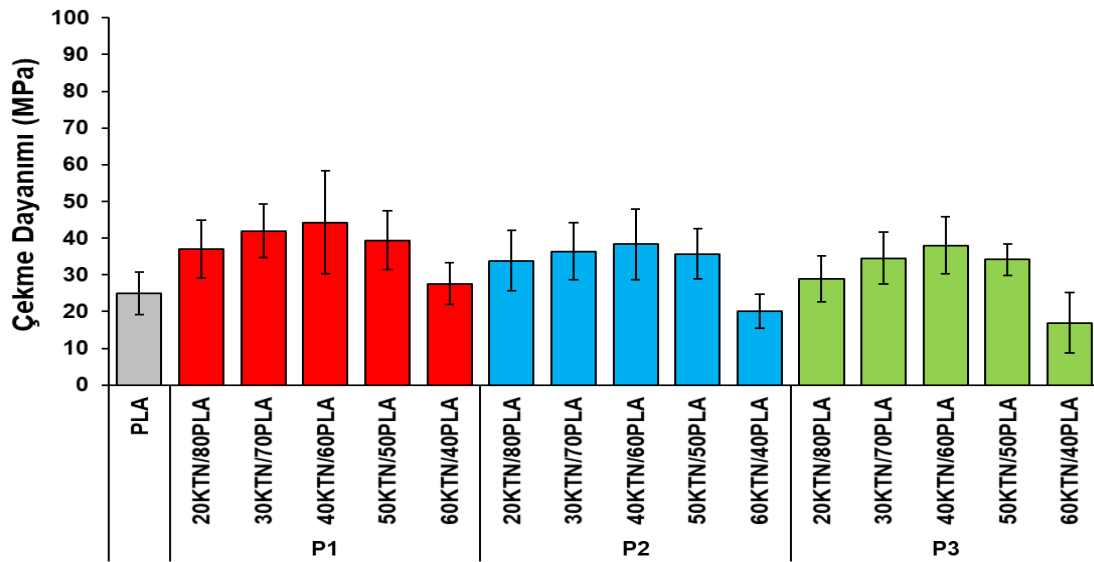
Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.11 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak kenevir lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında kullanılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de çekme dayanımının düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen çekme

dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha düşük çekme dayanımı göstermektedir. En yüksek çekme dayanımı % 40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımında düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.11’ de verilmiştir.

Tablo 3.11. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	5,159	,000
P2 (Pasaj)	6,281	,000
P3 (Pasaj)	9,582	,000

Tablo 3.11’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.12. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri

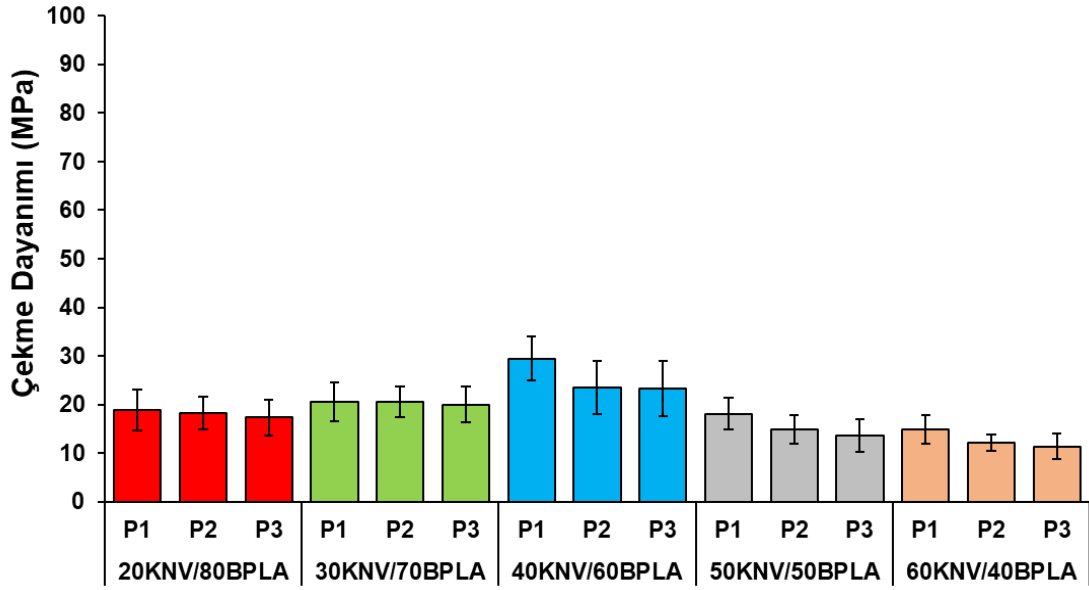
Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi Şekil 3.12 üzerinden

ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki keten lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak keten lifinin % 50 ve % 60 oranlarında arttırılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de çekme dayanımının düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 keten lifi ilavesi yapıldığında elde edilen çekme dayanımı, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek çekme dayanımı gösterdiği görülmektedir. En yüksek çekme dayanımı % 40 keten ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında çekme dayanımında düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.12’ de verilmiştir.

Tablo 3.12. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	17,596	,000
P2 (Pasaj)	19,506	,000
P3 (Pasaj)	26,555	,000

Tablo 3.12’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.13. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

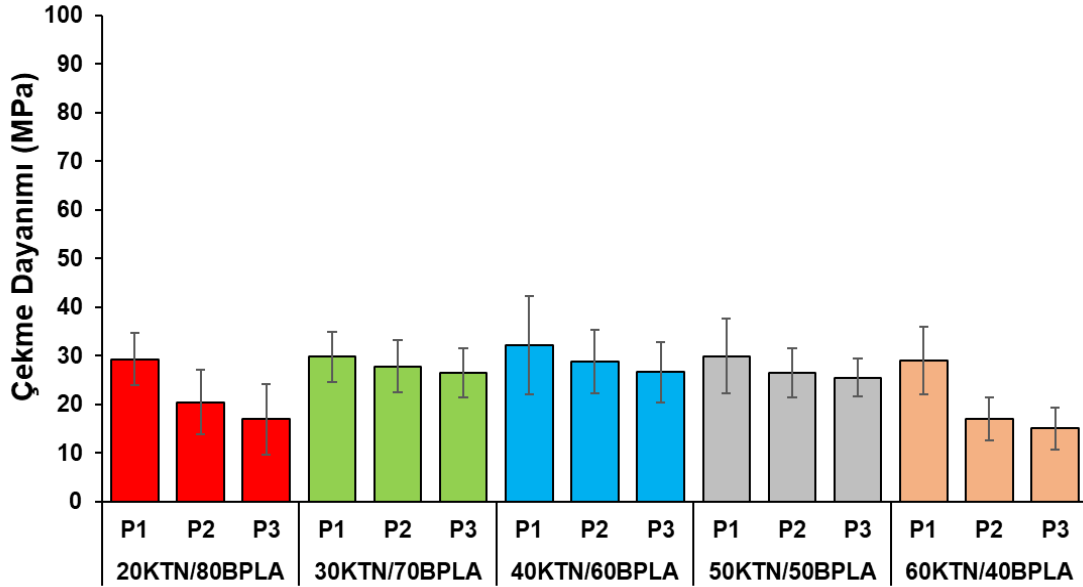
Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.13 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %10' luk bir çekme dayanımında artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.13' de verilmiştir.

Tablo 3.13. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80BPLA	5,844	,018
30KNV/70BPLA	25,539	,000
40KNV/60BPLA	47,601	,000
50KNV/50BPLA	,400	,529
60KNV/40BPLA	22,132	,000

Tablo 3.13' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme dayanımı üzerine

anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



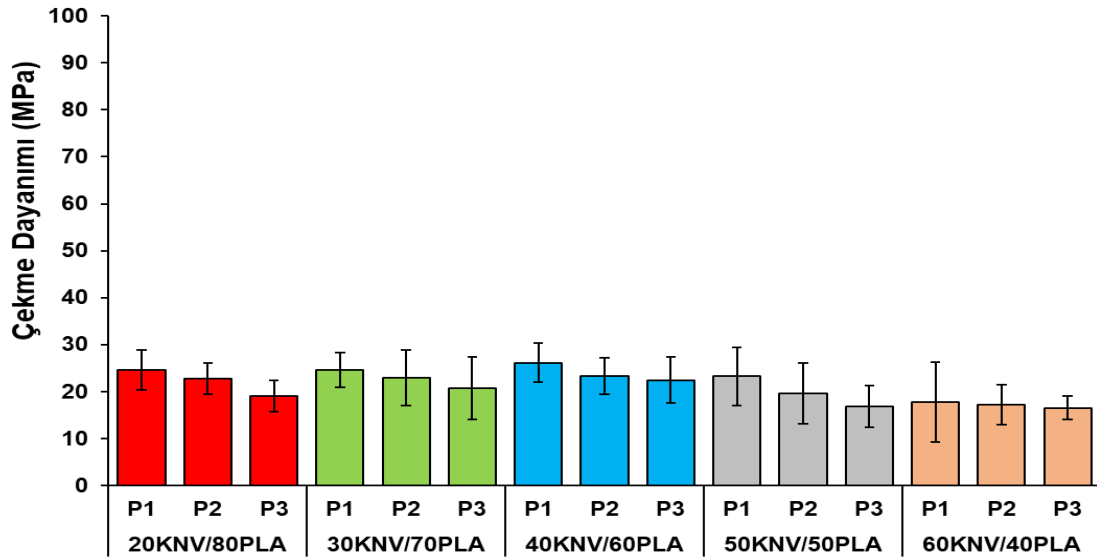
Şekil 3.14. Makine Eni Yönünde Ketten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Ketten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.14 üzerinden ifade edilmektedir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı % 15' lik bir çekme dayanımında artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.14' da verilmiştir.

Tablo 3.14. Makine Eni Yönünde Ketten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80BPLA	10,809	,002
30KTN/70BPLA	98,197	,000
40KTN/60BPLA	51,324	,000
50KTN/50BPLA	66,270	,000
60KTN/40BPLA	4,897	,030

Tablo 3.14’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme dayanımı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



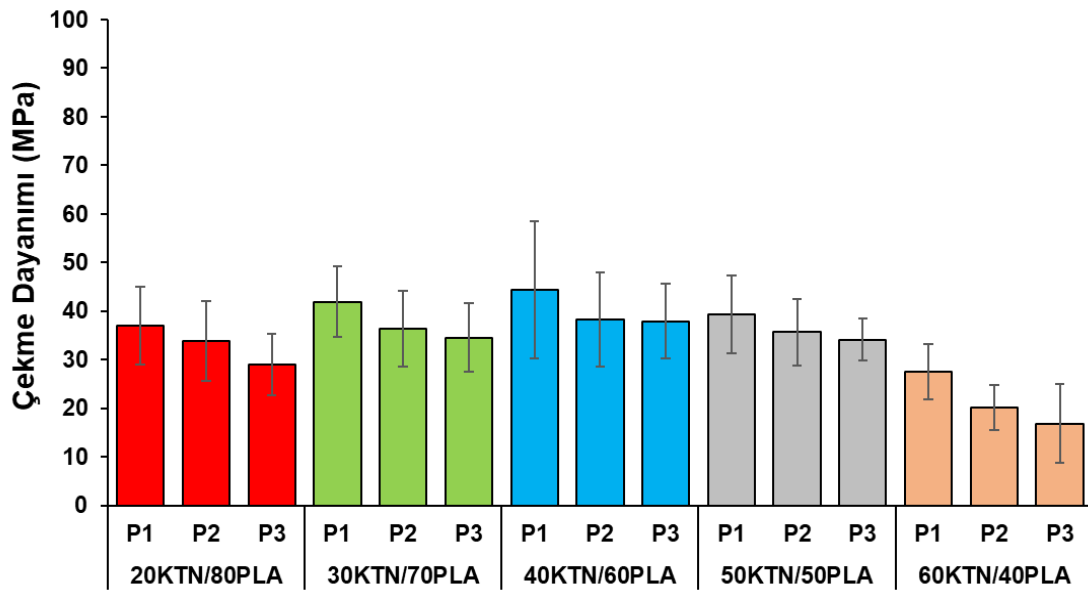
Şekil 3.15. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.15 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı % 15’ lik bir çekme dayanımı artışı sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.15’ de verilmiştir.

Tablo 3.15. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	5,679	,020
30KNV/70PLA	2,214	,141
40KNV/60PLA	,915	,342
50KNV/50PLA	10,216	,002
60KNV/40PLA	28,251	,000

Tablo 3.15’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme dayanımı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.16. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme dayanımına kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.16 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı % 15’ lik bir çekme dayanımı artışı sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının

istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.16’ da verilmiştir.

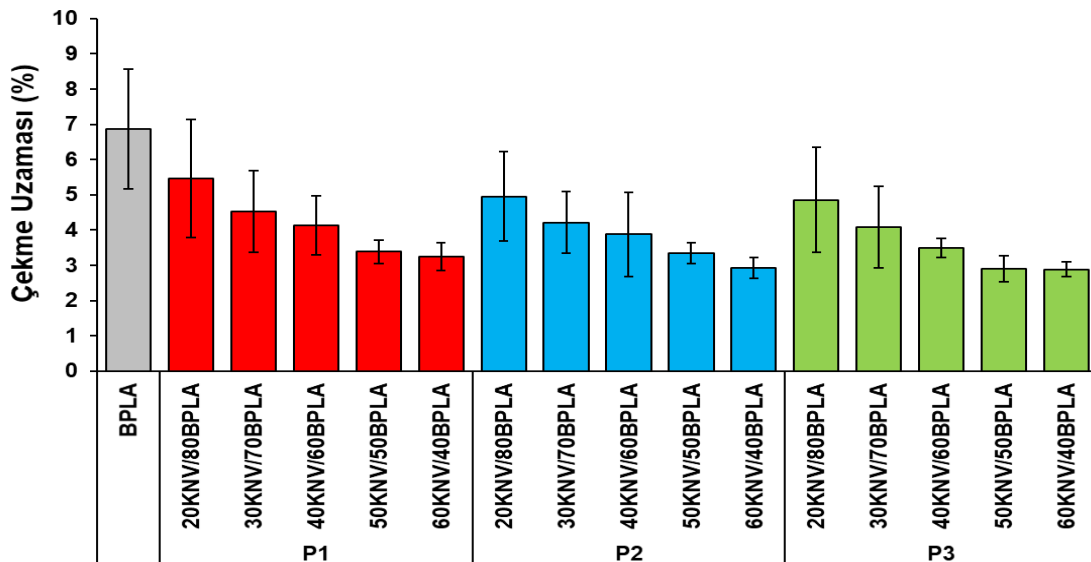
Tablo 3.16. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	17,656	,000
30KTN/70PLA	42,782	,000
40KTN/60PLA	38,973	,000
50KTN/50PLA	44,335	,000
60KTN/40PLA	3,399	,069

Tablo 3.16’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme dayanımı üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme dayanımı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

3.2. Çekme Uzaması Davranışları

3.2.1. Makine Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA



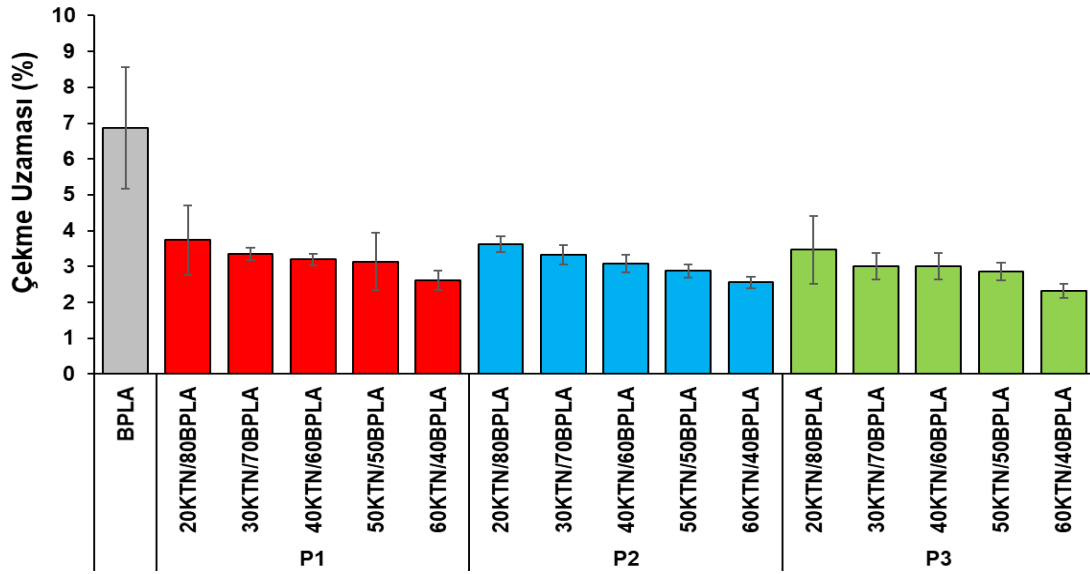
Şekil 3.17. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Şekil 3.17’ de kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi incelenmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan BPLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60’ lık kenevir lifi takviyesi yapılan kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında % 5’ lik bir çekme uzamalarında azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.17’ de verilmiştir.

Tablo 3.17. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	28,172	,000
P2 (Pasaj)	34,828	,000
P3 (Pasaj)	41,200	,000

Tablo 3.17’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.18. Makine Üretim Yönünde Ketten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Ketten Lifi Miktarının Etkileri

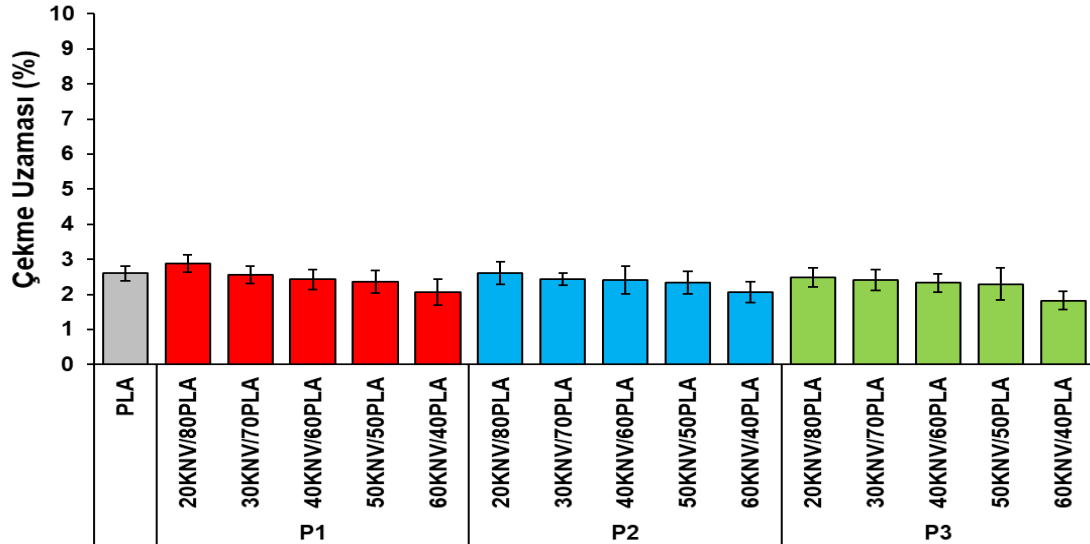
Ketten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi Şekil 3.18 üzerinden gösterilmektedir. Grafik üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan BPLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60' lık keten lifi takviyesi yapılan keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında %5' lik bir çekme uzamalarında azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.18'de verilmiştir.

Tablo 3.18. Makine Üretim Yönünde Ketten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Ketten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	61,588	,000
P2 (Pasaj)	96,194	,000
P3 (Pasaj)	78,907	,000

Tablo 3.18' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması

üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



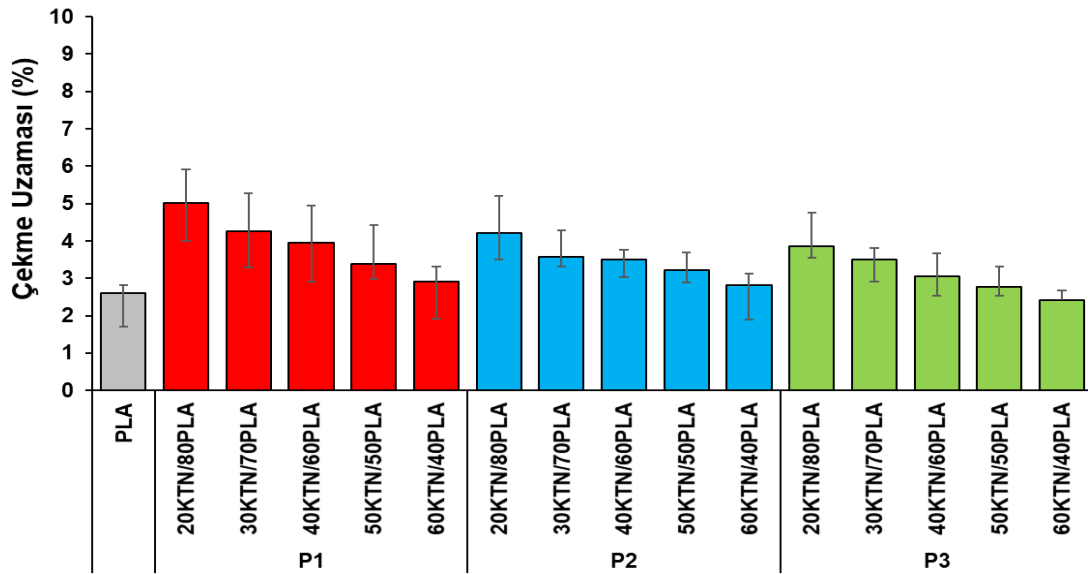
Şekil 3.19. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.19 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan PLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60' lık kenevir lifi takviyesi yapılan kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında % 5' lik bir çekme uzamalarında azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.19' da verilmiştir.

Tablo 3.19. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasa)	18,182	,000
P2 (Pasa)	9,340	,000
P3 (Pasa)	15,463	,000

Tablo 3.19’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.20. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

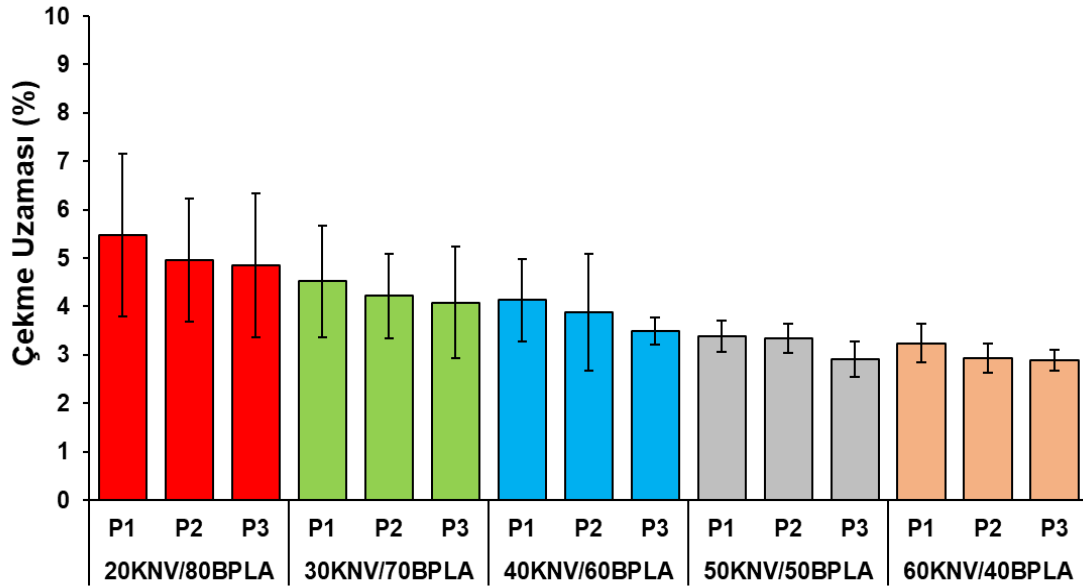
Şekil 3.20’ de keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzamasına kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi gösterilmektedir. Grafikde de görülebileceği gibi, keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan PLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Diğer çalışmalara benzer olarak, kompozit yapı içerisine % 60’ lık keten lifi takviyesi yapılan keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında %5’ lik bir çekme uzamalarında azalma

gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.20’ de verilmiştir.

Tablo 3.20. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	23,767	,000
P2 (Pasaj)	20,668	,000
P3 (Pasaj)	7,761	,007

Tablo 3.20’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise keten lifi miktarının kompozit yapının çekme uzaması üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.21. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

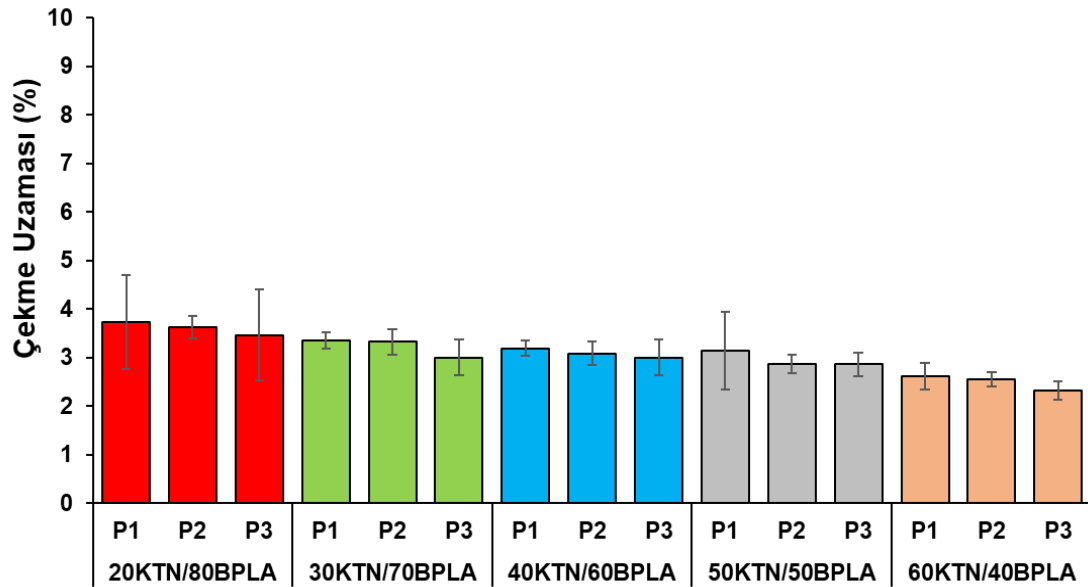
Şekil 3.21’ de kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi ifade

edilebilmektedir. Grafikte pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı % 5' lik bir çekme uzamasında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.21' de verilmiştir.

Tablo 3.21. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	19,751	,000
30KNV/70PLA	64,313	,000
40KNV/60PLA	106,064	,000
50KNV/50PLA	243,453	,000
60KNV/40PLA	279,930	,000

Tablo 3.21' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.22. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

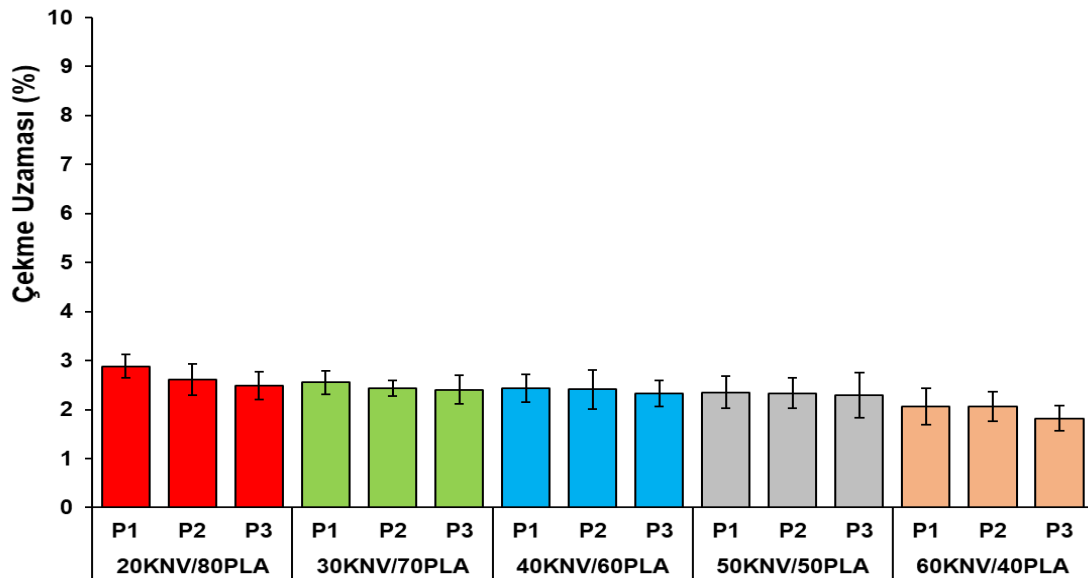
Keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.22' de gösterilmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede pasaj sayısının artmasının etkisine

incelendiğinde, her bir tarama pasajı %5' lik bir çekme uzamasında düşüşe neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.22' de verilmiştir.

Tablo 3.22. Makine Üretim Yönünde Ketten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	136,139	,000
30KTN/70PLA	254,520	,000
40KTN/60PLA	279,656	,000
50KTN/50PLA	255,174	,000
60KTN/40PLA	382,292	,000

Tablo 3.22' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.23. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

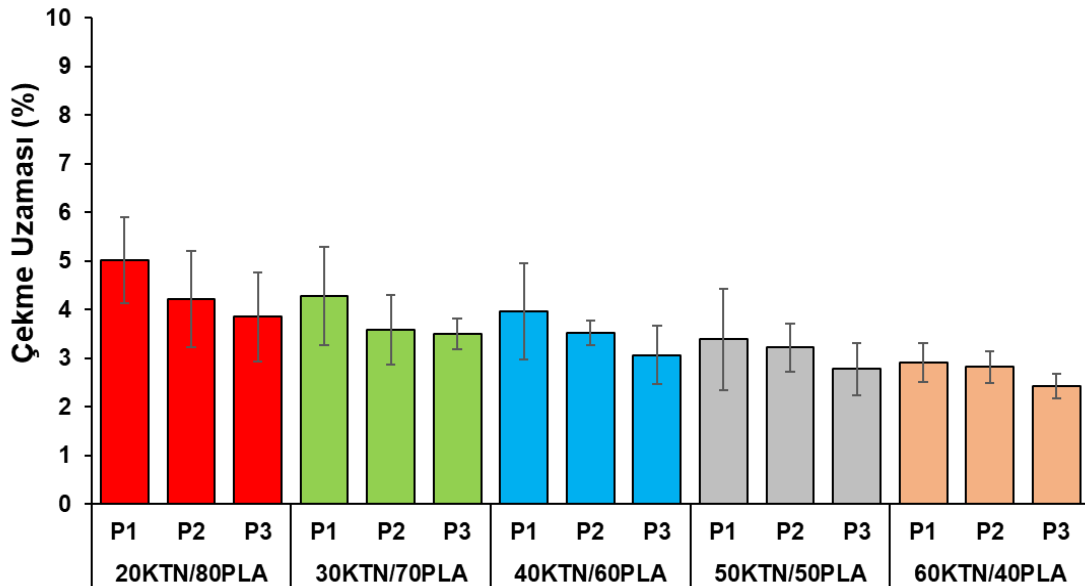
Şekil 3.23' de kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi ifade edilmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla

kompozit yapıların çekme uzamaları 5 farklı karışım oranları içinde azalma göstermektedir. Pasaj sayısındaki artış, % 5' lik bir çekme uzamasında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.23' de verilmiştir.

Tablo 3.23. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	,630	,430
30KNV/70PLA	4,609	,035
40KNV/60PLA	6,489	,013
50KNV/50PLA	9,554	,003
60KNV/40PLA	60,516	,000

Tablo 3.23' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme uzaması üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.24. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

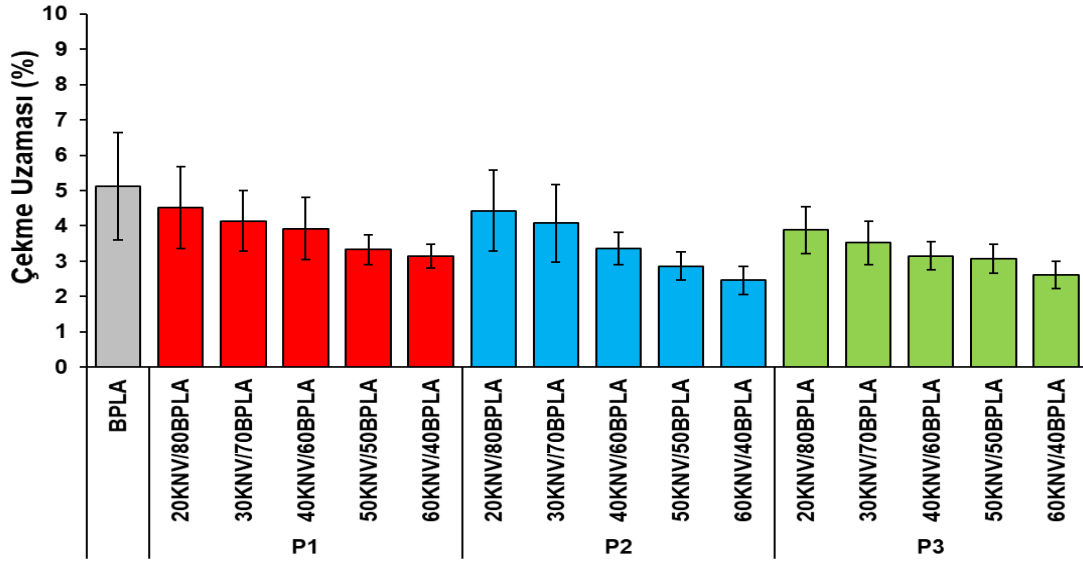
Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.24 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 5 farklı karışım oranları içinde azalma göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %5' lik bir çekme uzamasında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.24' de verilmiştir.

Tablo 3.24. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	56,958	,000
30KTN/70PLA	42,748	,000
40KTN/60PLA	27,329	,000
50KTN/50PLA	10,339	,002
60KTN/40PLA	1,595	,210

Tablo 3.24' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme uzaması üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

3.2.2. Makine En Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA



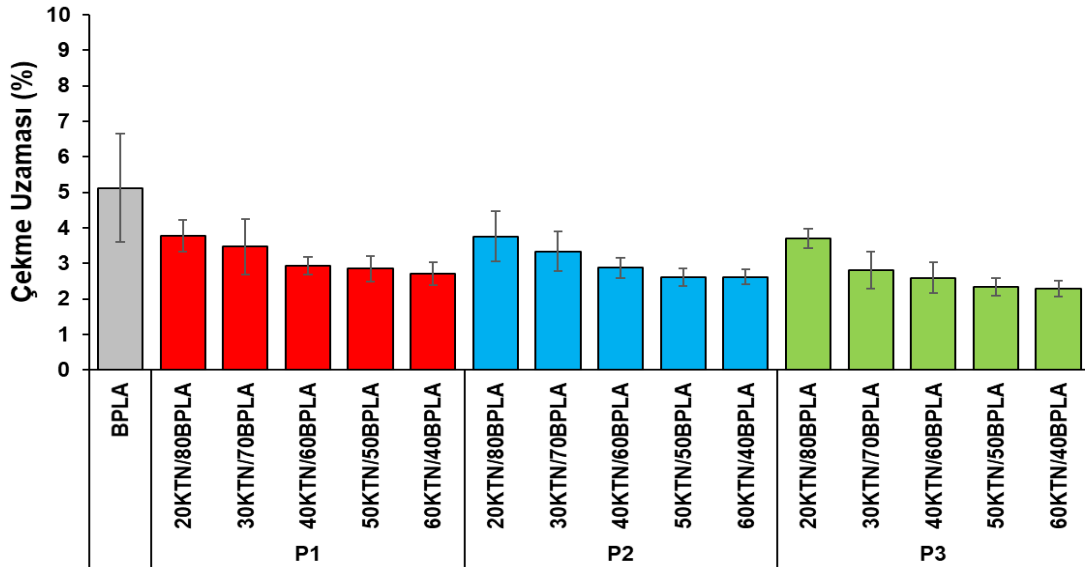
Şekil 3.25. Makine En Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Şekil 3.25’ de kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi gösterilmiştir. Grafik de kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamalarının 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış gösterdiği görülmektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan BPLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60’ lık kenevir lifi takviyesi yapılan kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında % 5’ lik azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.25’ de verilmiştir.

Tablo 3.25. Makine En Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	12,052	,000
P2 (Pasaj)	22,803	,000
P3 (Pasaj)	25,584	,000

Tablo 3.25’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



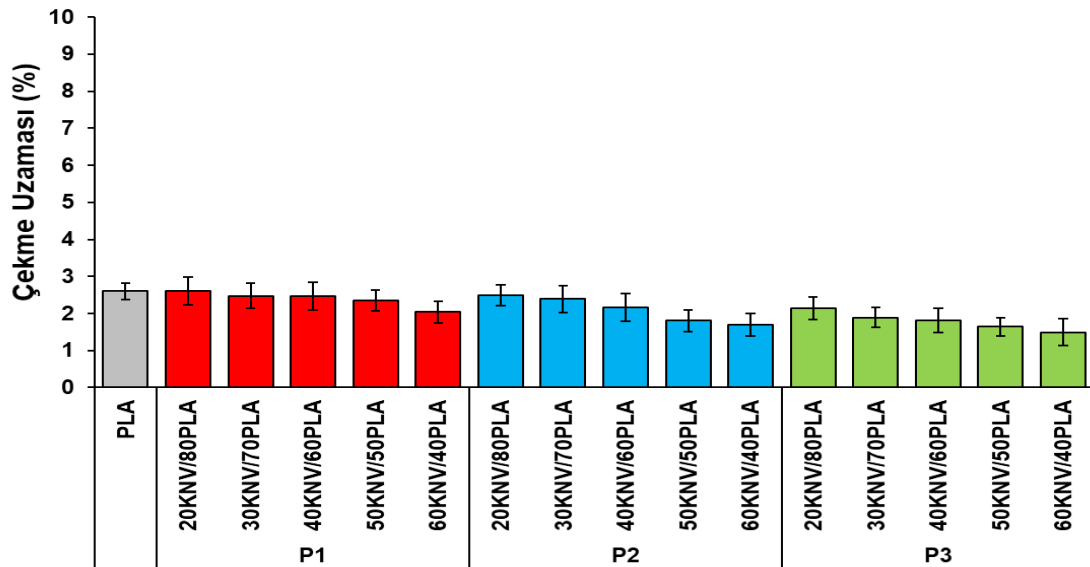
Şekil 3.26. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

Keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi Şekil 3.26 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan BPLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60’ lık keten lifi takviyesi yapılan keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında % 5’ lik azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.26. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasa)	31,620	,000
P2 (Pasa)	30,604	,000
P3 (Pasa)	45,179	,000

Tablo 3.26’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.27. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

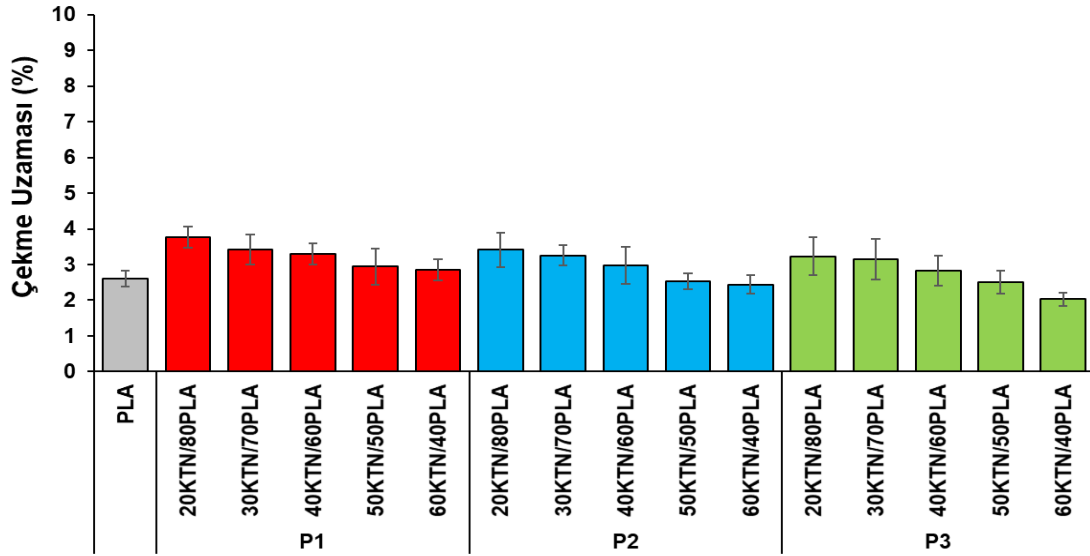
Şekil 3.27’ de kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi gösterilmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan PLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60’ lık kenevir lifi takviyesi yapılan kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında % 5’ lik azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi

takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.27’ de verilmiştir.

Tablo 3.27. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	8,348	,000
P2 (Pasaj)	28,524	,000
P3 (Pasaj)	35,895	,000

Tablo 3.27’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.28. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

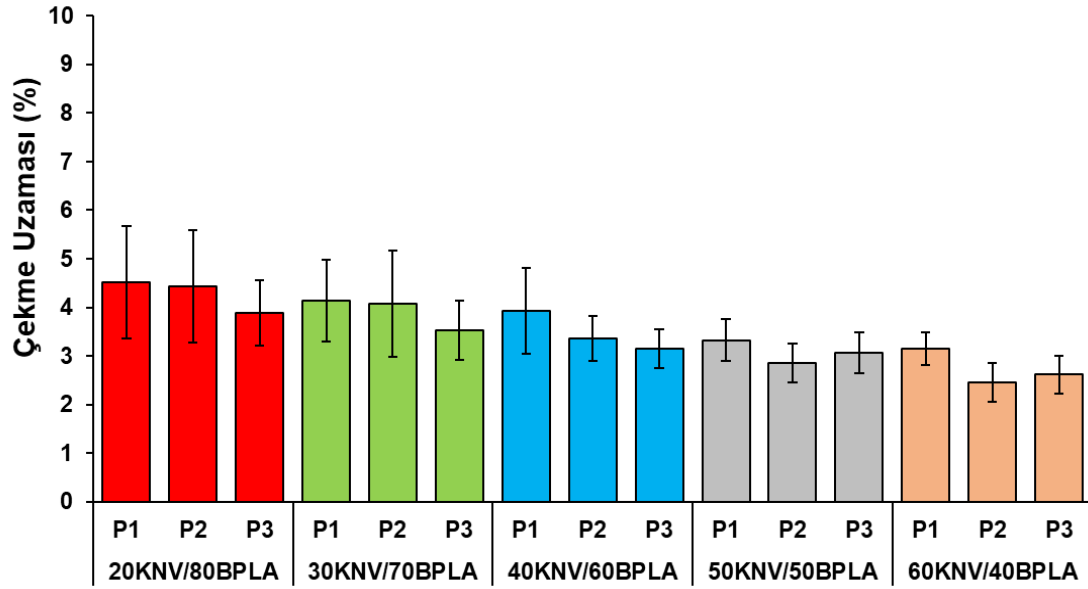
Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi Şekil 3.28 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde azalış göstermektedir. Güçlendirme ilavesi yapılmamış olan PLA biyolojik esaslı kompozit yapılar en yüksek çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine % 60’ lık k

keten lifi takviyesi yapılan keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapı en düşük çekme uzaması göstermektedir. Kompozit yapı içerisine yapılan lif katkı oranı artışıyla her oran artışında % 5' lik azalma gösterdiği görülmektedir. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.28' de verilmiştir.

Tablo 3.28. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	28,737	,000
P2 (Pasaj)	26,947	,000
P3 (Pasaj)	24,408	,000

Tablo 3.28' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.29. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

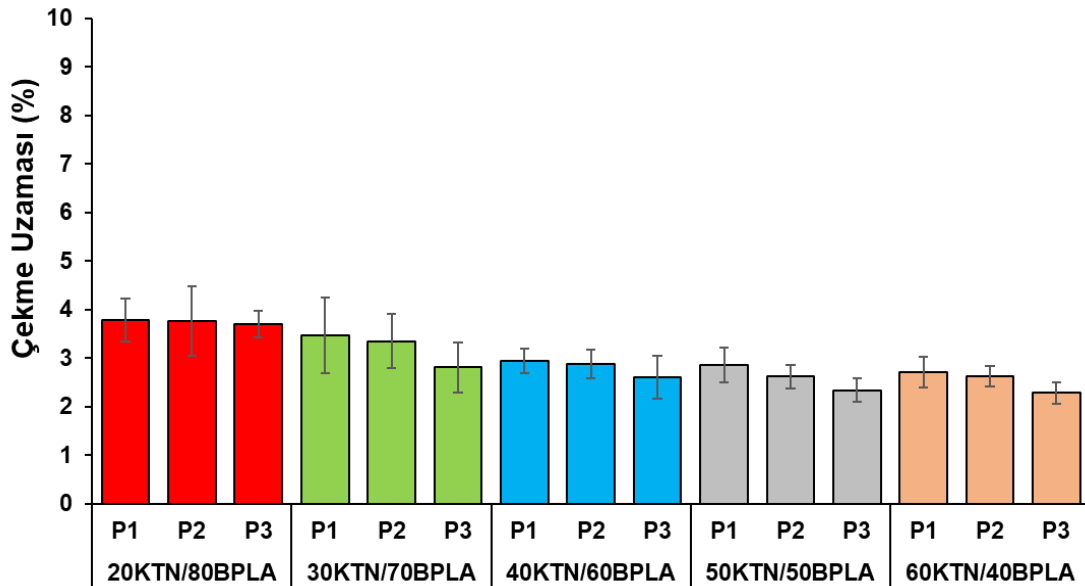
Şekil 3.29 kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi ifade edilmiştir. Grafik üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit

yapıların çekme uzamaları 5 farklı karışım oranları içinde azalma göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı % 5' lik çekme uzamasında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.29' da verilmiştir.

Tablo 3.29. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	7,867	,006
30KNV/70PLA	18,825	,000
40KNV/60PLA	44,248	,000
50KNV/50PLA	86,109	,000
60KNV/40PLA	116,120	,000

Tablo 3.29' da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme uzaması üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



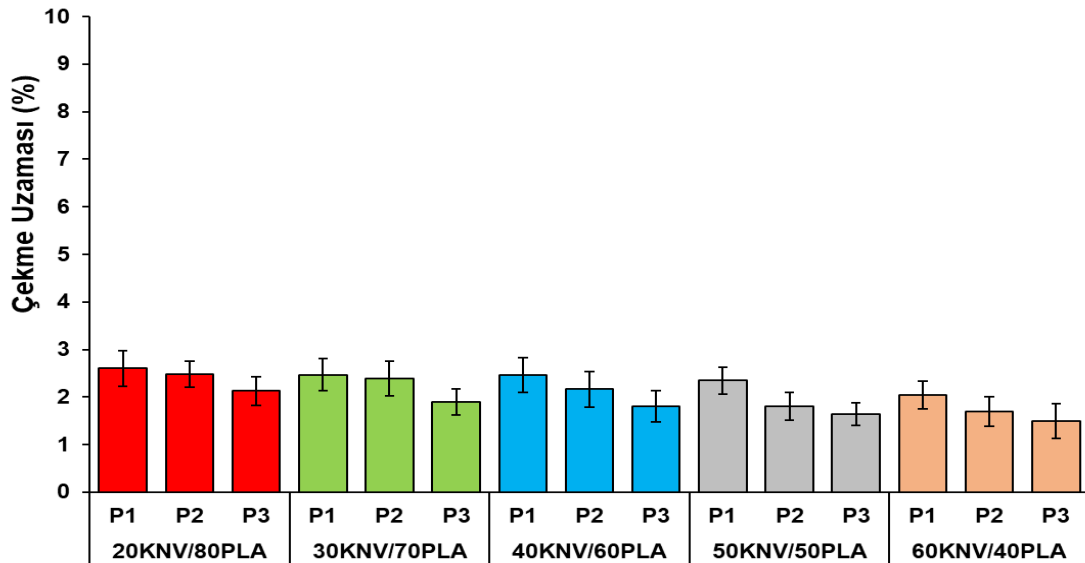
Şekil 3.30. Makine Eni Yönünde Ketan-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.30’ da gösterilmektedir. Grafik üzerinde yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 5 farklı karışım oranları içinde azalma göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı % 5’ lik azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.30’ da verilmiştir.

Tablo 3.30. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	38,162	,000
30KTN/70PLA	58,803	,000
40KTN/60PLA	122,095	,000
50KTN/50PLA	144,969	,000
60KTN/40PLA	158,231	,000

Tablo 3.30’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



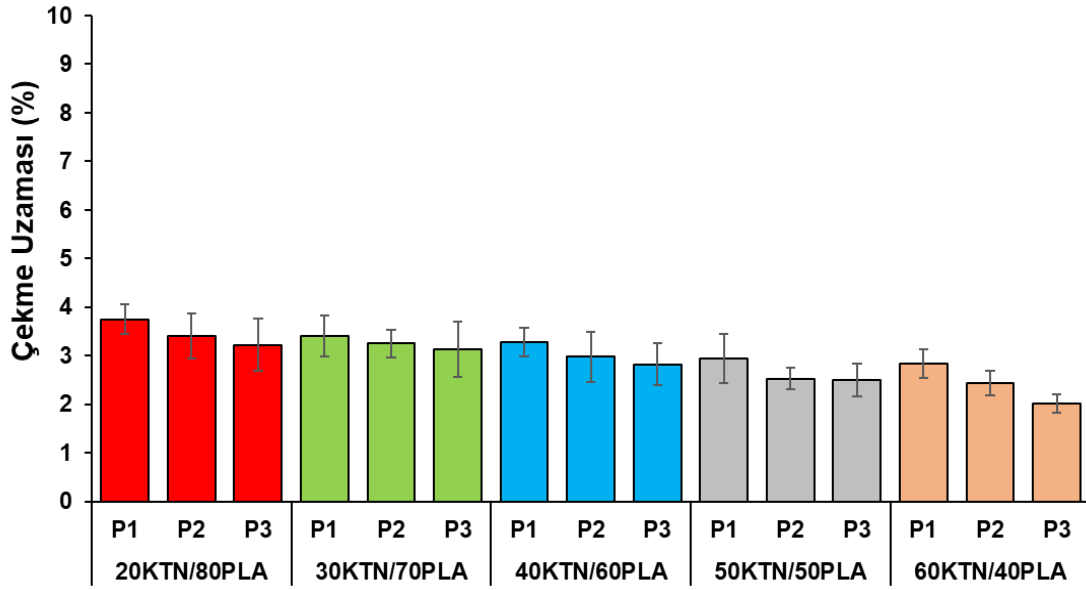
Şekil 3.31. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.31 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların çekme uzamaları 5 farklı karışım oranları içinde azalma göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajının %5' lik çekme uzamasında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.31' de verilmiştir.

Tablo 3.31. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	4,569	,036
30KNV/70PLA	12,915	,001
40KNV/60PLA	19,586	,000
50KNV/50PLA	19,586	,000
60KNV/40PLA	82,742	,000

Tablo 3.31' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme uzaması üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.32. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Şekil 3.32’ de keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan çekme uzaması kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi gözlemlenmiştir. Grafik üzerinden yapılan incelemede pasaj sayısının artmasının etkisi incelendiğinde, her bir tarama pasajı % 5’ lik bir çekme uzamasında azalmaya neden olmaktadır. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.32’ de verilmiştir.

Tablo 3.32. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

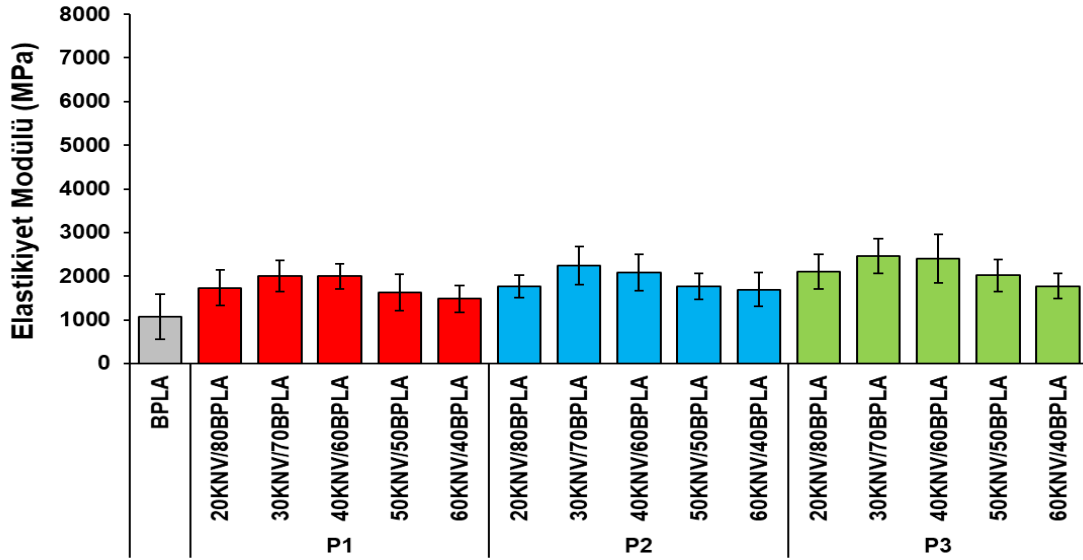
	F	Sig
20KTN/80PLA	58,698	,000
30KTN/70PLA	42,006	,000
40KTN/60PLA	16,614	,000
50KTN/50PLA	,513	,476
60KTN/40PLA	2,653	,107

Tablo 3.32’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı çekme uzaması üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının çekme

uzaması üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

3.3. Elastikiyet Modülü Davranışları

3.3.1. Makine Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA



Şekil 3.33. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

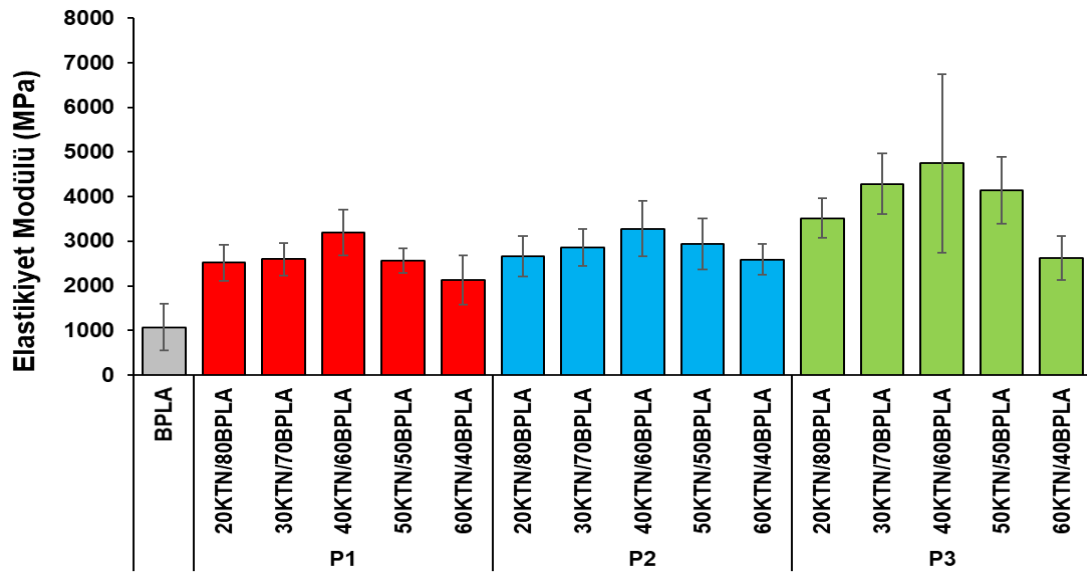
Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.33 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak kenevir lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü % 40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının

istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.33’ de verilmiştir.

Tablo 3.33. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaaj)	16,119	,000
P2 (Pasaaj)	20,904	,000
P3 (Pasaaj)	28,107	,000

Tablo 3.33’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.34. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

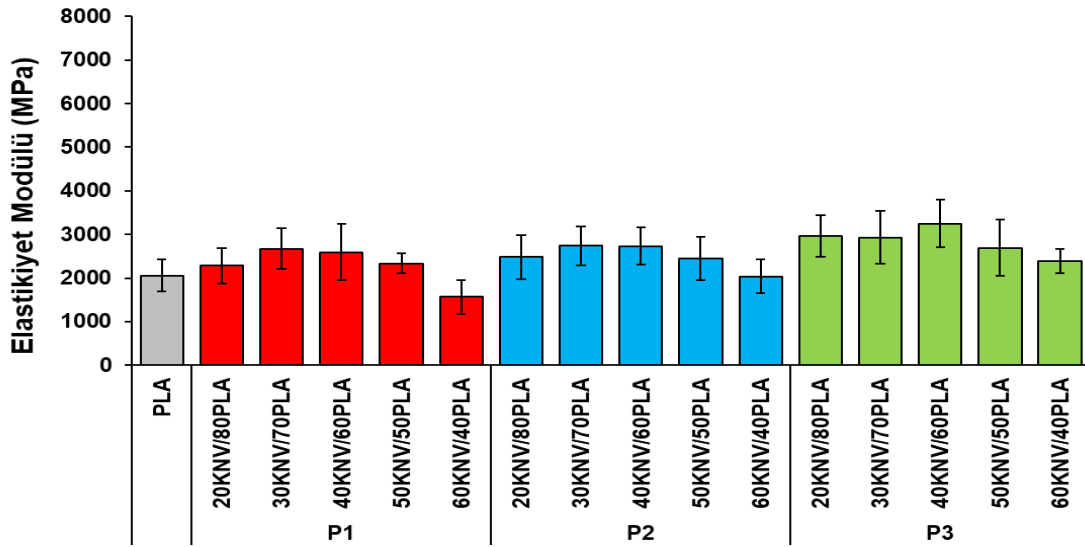
Şekil 3.34’ de keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi ifade edilmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki keten lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları

1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak keten lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 keten lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü göstermektedir. En yüksek elastikiyet modülü % 40 keten ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.34’ de verilmiştir.

Tablo 3.34. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	50,618	,000
P2 (Pasaj)	48,682	,000
P3 (Pasaj)	38,443	,000

Tablo 3.34’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



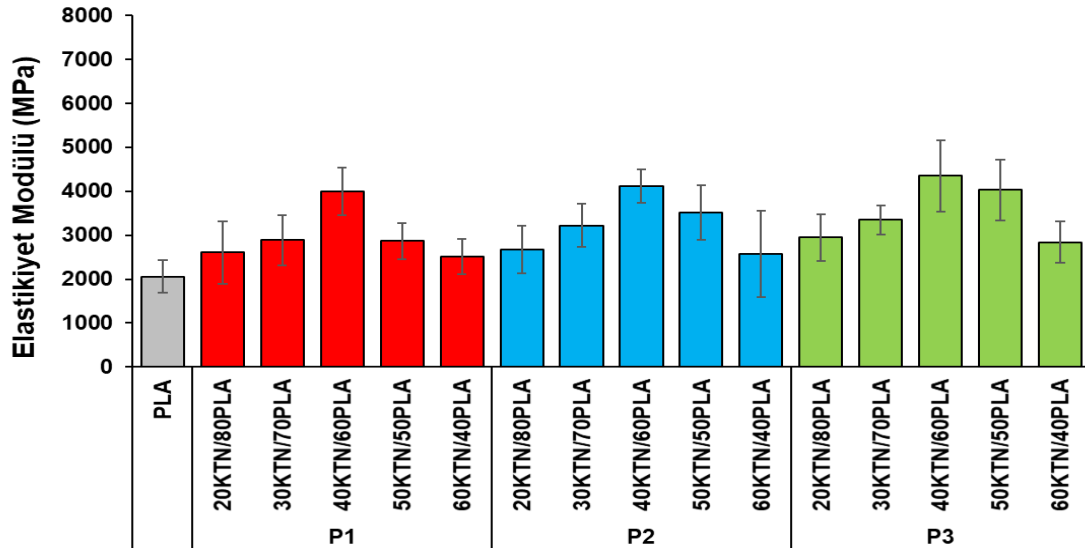
Şekil 3.35. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.35’ de verilmiştir. Grafik üzerinden yapılan incelemede, kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artışı gösterilmektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak kenevir lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde %60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü % 40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.35’ de verilmiştir.

Tablo 3.35. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	17,529	,000
P2 (Pasaj)	10,000	,000
P3 (Pasaj)	14,823	,000

Tablo 3.35’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.36. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

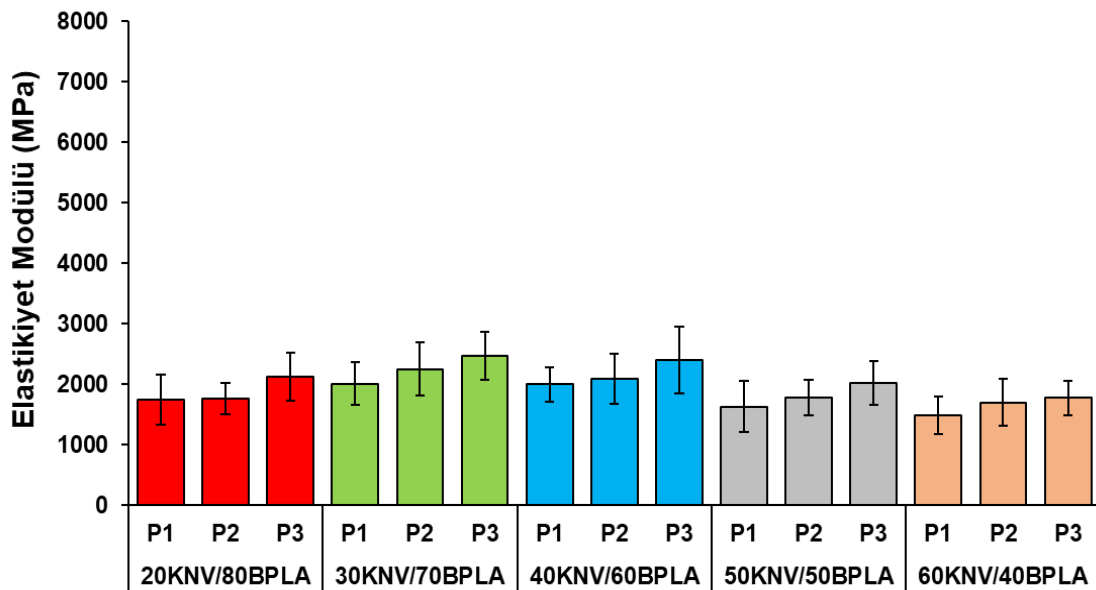
Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi Şekil 3.36 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki keten lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak keten lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı

üretiminde % 60 keten lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü % 40 keten ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.36’ da verilmiştir.

Tablo 3.36. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaaj)	31,620	,000
P2 (Pasaaj)	30,604	,000
P3 (Pasaaj)	45,179	,000

Tablo 3.36’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



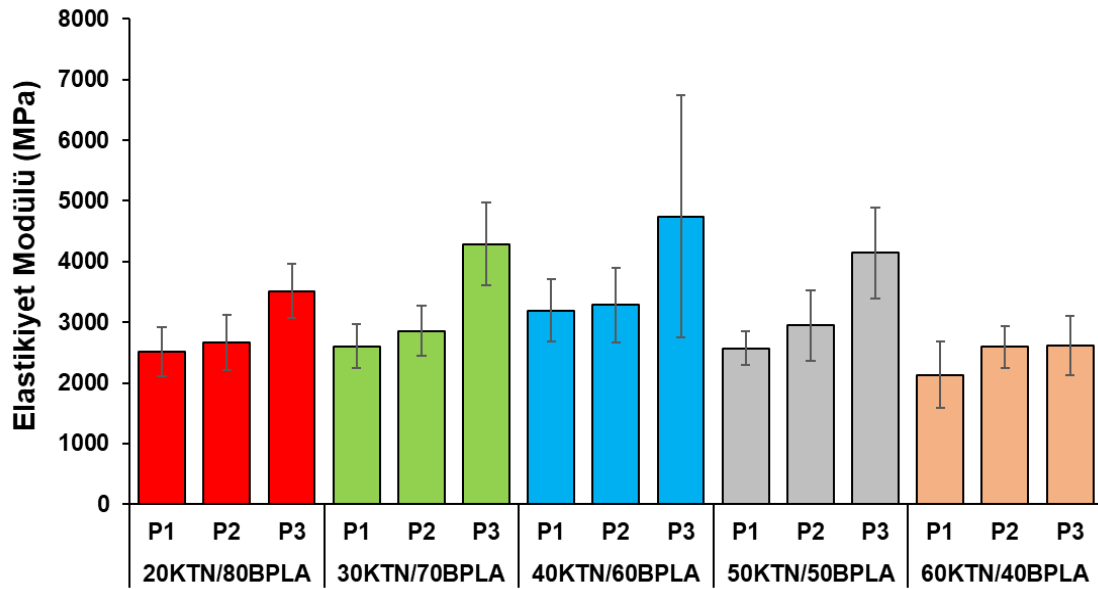
Şekil 3.37. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaaj Sayısının Etkileri

Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.37 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %10' luk bir elastikiyet modülün de artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.37' de verilmiştir.

Tablo 3.37. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80BPLA	51,685	,000
30KNV/70BPLA	97,402	,000
40KNV/60BPLA	79,071	,000
50KNV/50BPLA	44,742	,000
60KNV/40BPLA	32,123	,000

Tablo 3.37' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



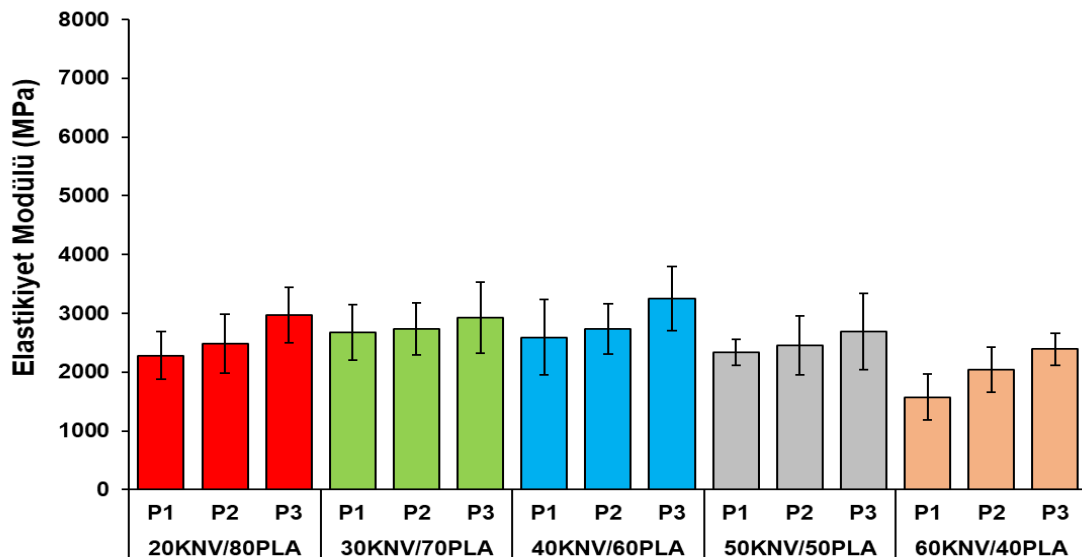
Şekil 3.38. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.38 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %10' luk bir elastikiyet modülün de artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.38' de verilmiştir.

Tablo 3.38. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80BPLA	142,552	,000
30KTN/70BPLA	105,049	,000
40KTN/60BPLA	67,703	,000
50KTN/50BPLA	106,626	,000
60KTN/40BPLA	107,494	,000

Tablo 3.38' de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



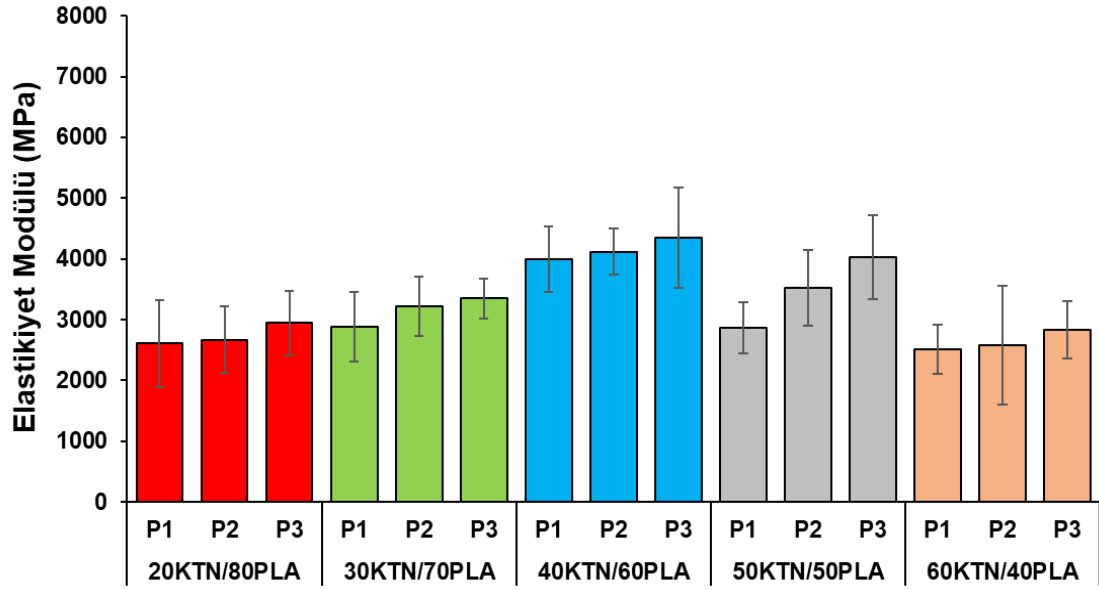
Şekil 3.39. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Şekil 3.39’ da kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi gösterilmiştir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %10’ luk bir elastikiyet modülün de artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.39’ da verilmiştir.

Tablo 3.39. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	16,140	,000
30KNV/70PLA	33,868	,000
40KNV/60PLA	31,829	,000
50KNV/50PLA	12,713	,001
60KNV/40PLA	,225	,636

Tablo 3.39’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.40. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

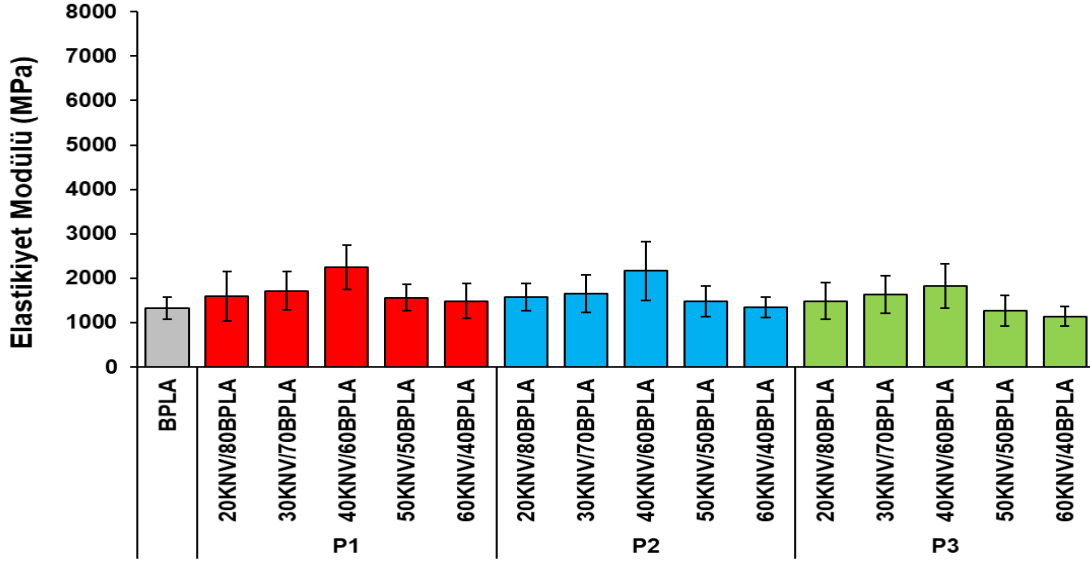
Şekil 3.40 üzerinden keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine üretim yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi gösterilmektedir. Grafik üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %10' luk bir elastikiyet modülünde artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.40' da verilmiştir.

Tablo 3.40. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	22,657	,000
30KTN/70PLA	79,064	,000
40KTN/60PLA	173,580	,000
50KTN/50PLA	62,005	,000
60KTN/40PLA	13,828	,000

Tablo 3.40' da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine üretim yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

3.3.2. Makine En Yönü- Kenevir-Keten-BPLA-PLA



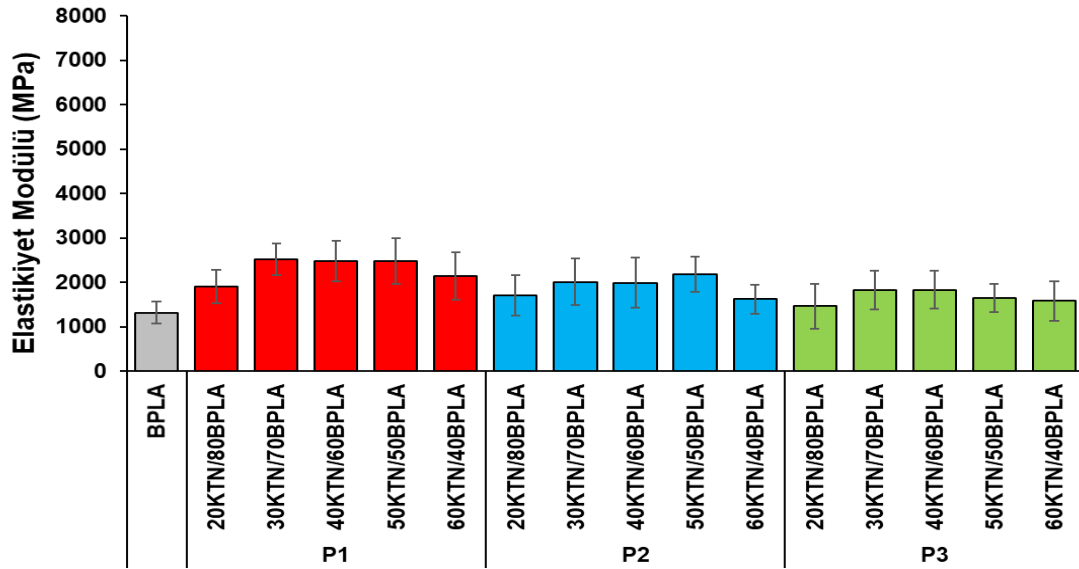
Şekil 3.41. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi Şekil 3.41 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede kenevir lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak kenevir lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü % 40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.41’ de verilmiştir.

Tablo 3.41. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri için ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	11,468	,000
P2 (Pasaj)	12,157	,000
P3 (Pasaj)	9,105	,000

Tablo 3.41’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.42. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

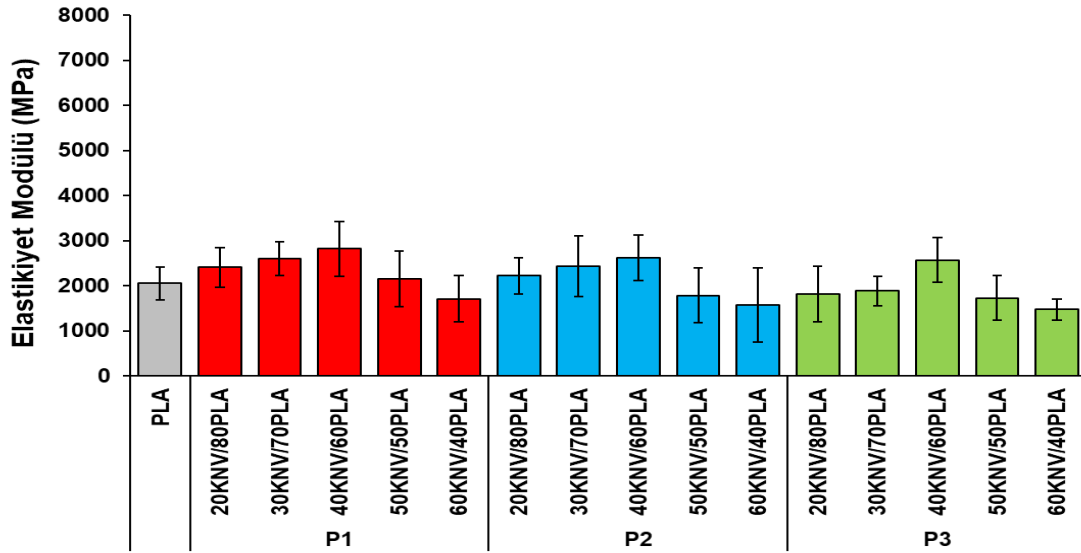
Keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği keten lif miktarı etkisi Şekil 3.42 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede keten lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki keten lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak keten lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 keten lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü

gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü % 40 keten ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine keten lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.42’ de verilmiştir.

Tablo 3.42. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	24,222	,000
P2 (Pasaj)	10,576	,000
P3 (Pasaj)	4,996	,000

Tablo 3.42’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.43. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

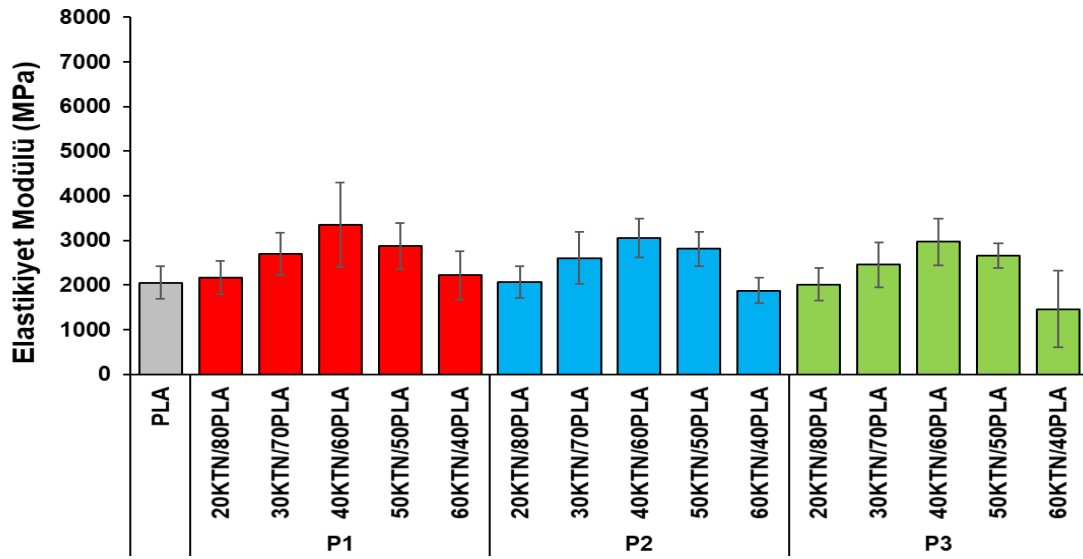
Şekil 3.43’ de kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği kenevir lif miktarı etkisi incelenmiştir. Grafik de % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki kenevir lifi takviyesi ile

kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış gösterdiği görülmektedir. Ancak kenevir lifinin % 50 ve % 60 oranlarında beslenmesi 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde %60 kenevir lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü %40 kenevir ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine kenevir lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.43’ de verilmiştir.

Tablo 3.43. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaj)	16,040	,000
P2 (Pasaj)	9,055	,000
P3 (Pasaj)	14,449	,000

Tablo 3.43’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine kenevir lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



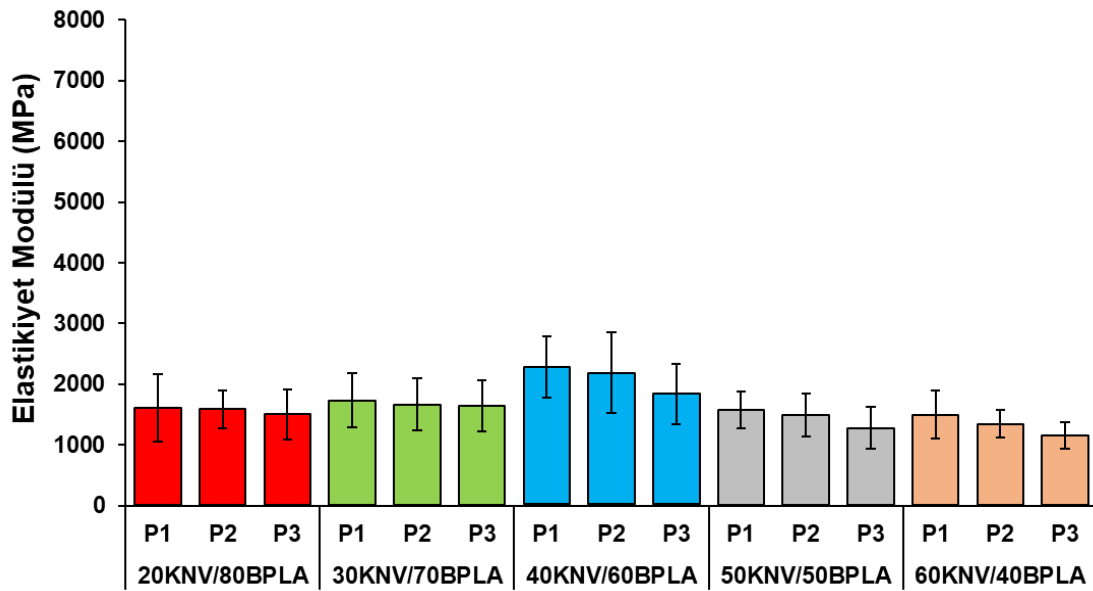
Şekil 3.44. Makine Eni Yönünde Ketan-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Ketan Lifi Miktarının Etkileri

Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının içerdiği ketan lif miktarı etkisi Şekil 3.44 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede ketan lifi miktarının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. % 20, % 30 ve % 40 miktarlarındaki ketan lifi takviyesi ile kompozit yapıların dayanımları 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı içinde artış göstermektedir. Ancak ketan lifinin % 40 üzerinde % 50 ve % 60 oranlarında yapılması 1, 2 ve 3 pasaj tarama sayısı için de elastikiyet modülünün düşmesine sebebiyet verdiği görülmektedir. Kompozit yapı üretiminde % 60 ketan lifi ilavesi yapıldığında elde edilen elastikiyet modülü, takviye malzemesi ilavesi yapılmayan kompozit yapıdan daha yüksek elastikiyet modülü gösterdiği görülmektedir. En yüksek elastikiyet modülü %40 ketan ilavesi yapıldığı durum da elde edilmiştir. Bu lif miktarı üzerine çıkıldığında elastikiyet modülün de düşüş eğilimi başlamıştır. Kompozit yapı üzerine ketan lifi takviyesinin miktarının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.44’ de verilmiştir.

Tablo 3.44. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri İçin ANOVA Sonuçları

	F	Sig
P1 (Pasaaj)	14,906	,000
P2 (Pasaaj)	25,940	,000
P3 (Pasaaj)	21,432	,000

Tablo 3.44’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine keten lifi takviyesinin Makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



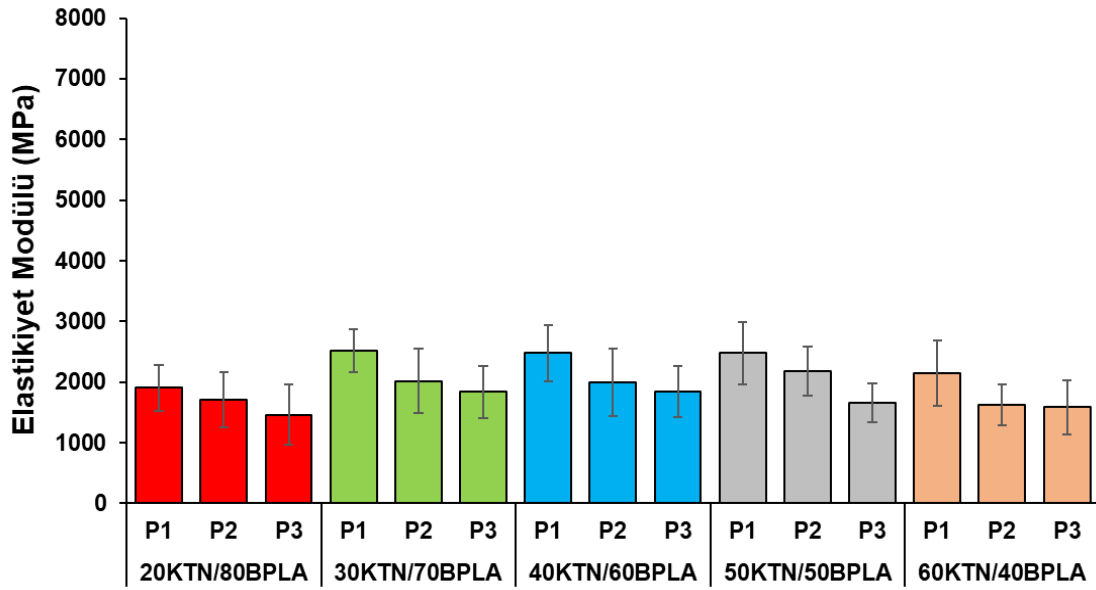
Şekil 3.45. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaaj Sayısının Etkileri

Kenevir-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaaj sayısının etkisi Şekil 3.45 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Pasaaj sayısının artmasının etkisine bakıldığında, her bir tarama pasaajı % 10’ luk bir elastikiyet modülün de artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.45’ de verilmiştir.

Tablo 3.45. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80BPLA	5,482	,022
30KNV/70BPLA	11,944	,001
40KNV/60BPLA	31,758	,000
50KNV/50BPLA	1,787	,185
60KNV/40BPLA	31,758	,000

Tablo 3.45’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.46. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

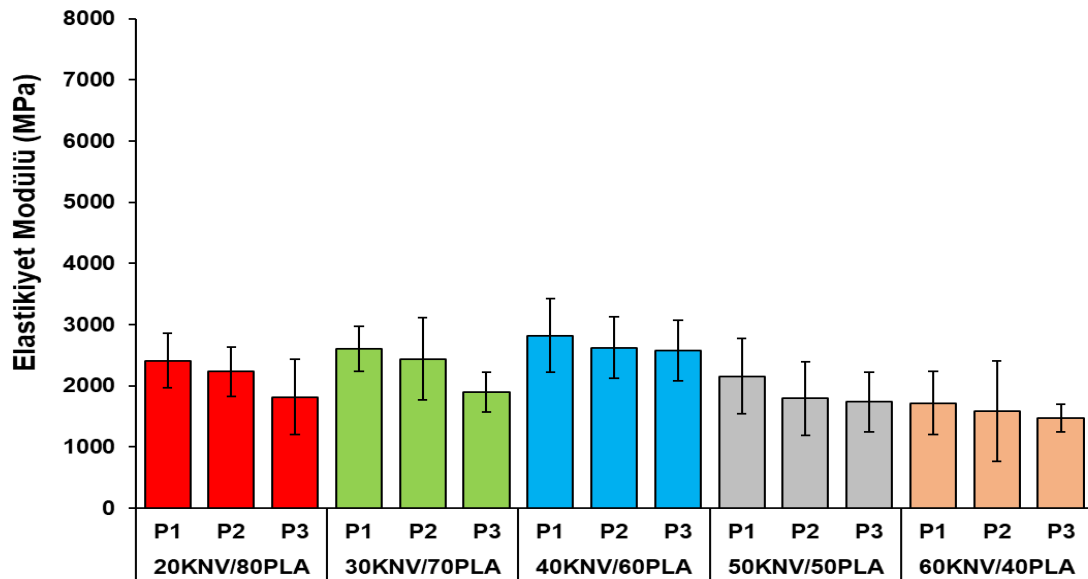
Şekil 3.46’ da keten-BPLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi gösterilmektedir. Şekil üzerinden yapılan incelemede, pasaj sayısındaki artışın elastikiyet modülü üzerindeki etkisine bakıldığında, her bir tarama pasajı %10’ luk artış sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi

olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.46’ da verilmiştir.

Tablo 3.46. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80BPLA	11,231	,001
30KTN/70BPLA	43,534	,000
40KTN/60BPLA	37,930	,000
50KTN/50BPLA	39,850	,000
60KTN/40BPLA	14,539	,000

Tablo 3.46’ da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile Tarama Pasaj Sayısının Makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine Tarama Pasaj Sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.47. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

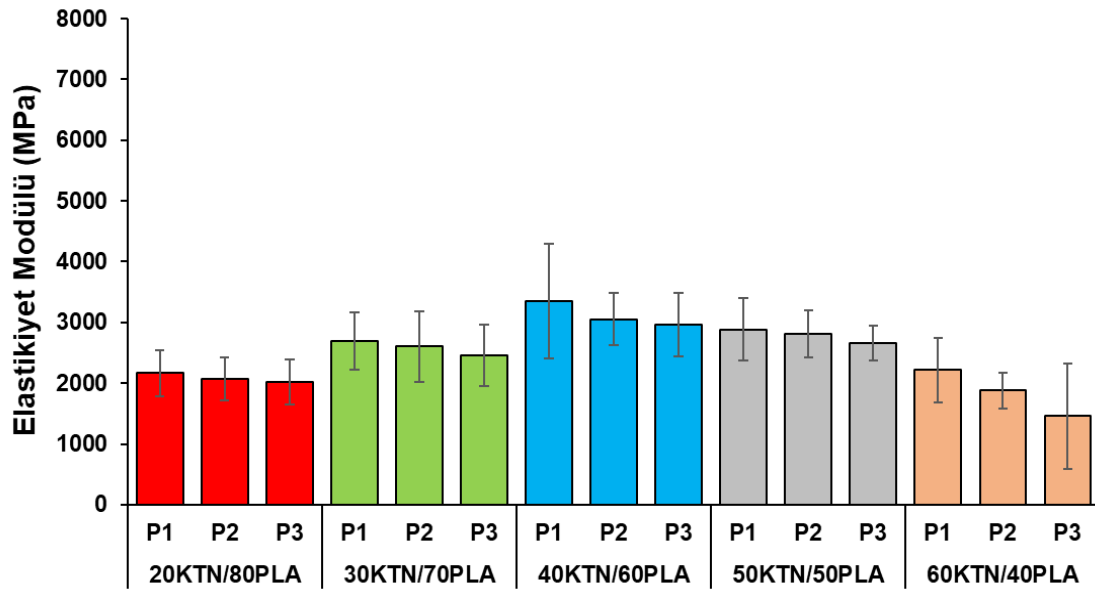
Kenevir-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.47 üzerinden ifade edilebilir. Şekil üzerinden yapılan incelemede tarama pasaj sayısının artmasıyla kompozit yapıların dayanımı 5 farklı karışım oranları içinde artış göstermektedir. Her bir tarama pasajı %10’ luk elastikiyet modülün de artışa sebep olmuştur. Kompozit yapı

üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.47’ de verilmiştir.

Tablo 3.47. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KNV/80PLA	,564	,455
30KNV/70PLA	3,807	,055
40KNV/60PLA	25,398	,000
50KNV/50PLA	1,302	,257
60KNV/40PLA	11,851	,001

Tablo 3.47’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).



Şekil 3.48. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

Keten-PLA biyolojik esaslı kompozit yapıların makine eni yönünde uygulanan elastikiyet modülü kompozit yapının tarama pasaj sayısının etkisi Şekil 3.48’ de gösterilmiştir. Grafikde pasaj sayısındaki artışın etkisi incelendiğinde, her bir tarama pasajı %10’ luk bir elastikiyet modülün atışı sağladığı görülmektedir. Kompozit yapı üzerine pasaj sayısının artmasının istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.48’ de verilmiştir.

Tablo 3.48. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülü Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

	F	Sig
20KTN/80PLA	,096	,757
30KTN/70PLA	17,573	,000
40KTN/60PLA	43,341	,000
50KTN/50PLA	48,425	,000
60KTN/40PLA	1,665	,201

Tablo 3.48’ de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile tarama pasaj sayısının makine eni yönünde kompozit yapı elastikiyet modülü üzerine tarama pasaj sayısının anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise tarama pasaj sayısının kompozit yapının elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

BÖLÜM 4: SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında çevre ile uyumlu malzemeler geliştirmek amacıyla polimer içerisine selülozik esaslı keten ve kenevir lifi takviye edilerek kompozit yapı üretimi hedeflenmiştir. Üretilen kompozitlerin yapısal özellikleri yönüyle petrol esaslı polimer malzemelere alternatif oluşturması amaçlanmıştır.

Çalışmada öncelikle polimer matris malzemeler beklenen özellikleri sağlayacak şekilde sıcak pres makinasında matris malzemeye son şekli verilmiştir. Keten ve kenevir liflerinin kompozit üretiminde kullanılacak tekstil yüzeylerinin üretiminde geleneksel tarak makinesi kullanılmıştır. Kompozit yapının oluşturulmasında iki farklı matris yapı olarak PLA ve Bico PLA kullanılmıştır. Oluşturulan tülbentlerin içersindeki liflerin maksimum oranda yönlendirilmelerini sağlamak için farklı miktarda tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tülbent içersindeki matris lifleri sıcak pres makinasında ısıtılma işlemine maruz bırakılmış ve yüzeyler basınç altında şekillendirilmiştir. Üretilen kompozit yapıların mekanik özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri tespit etmek için mukavemet testi uygulanmıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde aşağıda verilen bulgulara ulaşılmıştır;

- Liflerin yönlendirilmesini sağlamak için yapılan tarama sayısının miktarı artmasıyla (pasaj sayısının), kompozit yapıların makine üretim yönünde çekme dayanımı performansları açısından pozitif bir etki yapmış olduğu tespit edilmiştir.
- Kompozit yapıların takviye mazemesi olarak ilave edilen % 40' a kadar olan keten ve kenevir liflerinin ilave miktarı ile makine üretim yönünde çekme dayanımı performanslarının artması için olumlu etki yapmış olduğu tespit edilmiştir. % 40 üzerinde yapılan lif katkısının kompozit yapıların çekme dayanımı özelliklerini olumsuz etkilediği görülmüştür.

- Kompozit yapıların takviye malzemesi olarak ilave edilen % 40' a kadar olan keten ve kenevir liflerinin eklenmesi, makine eni yönünde çekme dayanımı performanslarını olumlu yönlü etkilemiştir. % 40 üzerinde yapılan ilave lifler kompozit yapıların çekme dayanımı performanslarını düşürmektedir.
- Kompozit yapıların takviye malzemesi olarak ilave edilen keten ve kenevir liflerinin ilave miktarı ile makine eni yönünde uzama performanslarında negatif bir etki yapmış olduğu tespit edilmiştir.
- Liflerin yönlendirilmesini sağlamak için yapılan tarama sayısının miktarı artmasıyla (pasaj sayısının) hem makine üretim yönünde hemde makine eni yönünde uzama performanslarında negatif etki gösterdiği tespit edilmiştir.
- Liflerin yönlendirilmesini sağlamak için yapılan tarama sayısının miktarı artmasıyla (pasaj sayısının) kompozit yapıların makine üretim yönünde elastiklik modülü performanslarının artması için pozitif bir etki yapmış olduğu tespit edilmiştir.
- Kompozit yapıların takviye malzemesi olarak ilave edilen % 40' a kadar olan keten ve kenevir liflerinin ilave miktarı ile makine üretim yönünde elastiklik modülü performanslarının artması için pozitif bir etki yapmış olduğu tespit edilmiştir. % 40 üzerinde yapılan katkı neticesinde kompozit yapıların elastiklik modülü performansları açısından negatif yönlü etkisi görülmüştür.
- Elde edilen verilerden bu çalışma için optimum takviye malzemesi miktarının % 40 olduğu belirlenmiştir. Buna göre % 40' lık takviye elyafının kullanıldığı kenevir/BPLA ve kenevir/PLA' nın çekme dayanımı yaklaşık 35 MPa' dır. Yine benzer bir sonuç keten/BPLA ve keten/PLA için de geçerlidir. Bu yüzeylerin (optimum oran olan % 40) çekme oranı yaklaşık % 70 MPa olduğu grafikler de görülmektedir. Buradan sonuçla, petrol bazlı polimer içeren bicomponent matris malzemesinin fark yaratmadığı görülmektedir. % 100 ekolojik sürdürülebilirliği olan kompozit yüzeyler üretilebilecektir.

- Bu çalışmada kompozit yüzeyler, ara işlemler olmaksızın, sadece uygun maliyetli taraklama ve sıcak pres işlemleriyle üretilmiştir. Pazarda EcoTechnilin' in (FlaxTape) hizalanmış uzun keten liflerinden oluşan bant ürünleri mevcuttur [105]. Bu ürün kullanılarak üretilen kompozit yapı, 12 kat FlaxTape 110 ve reçine transfer kalıplama yöntemiyle işlenmiş epoksi reçine ile elde edilmektedir. Lamine keten bant kompozitlerinin çekme dayanımı 365 MPa olduğu teknik dokümanda belirtilmektedir. Bu ürünlerin ulaşım sektöründeki uygulanma alanları havacılık, otomotiv, tekne imalatı ve demiryolu iken spor sektöründe ise raketlerde, bisiklet iskeletlerinde ve kayak tahtalarında kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada üretilen % 40 keten/BPLA ve keten/PLA (tek kat) çekme dayanım değerleri yaklaşık 70 MPa' dır. Keten/PLA ve keten/BPLA bantlarının bu uygulamadaki gibi laminasyonu ile ticari ürünlerdeki referans mekanik değerleri yakalayabileceği düşünülmektedir.
- Yine pazarda Composite Evolution firmasının Biotex flax 150 g/m² tek yönde yönlendirilmiş ürünün teknik dökümanında [113] yer alan bilgilere göre; Biotex flax yüzeylerin doymamış poliester ile vakum infüzyon yöntemi ile üretilen yüzeylerin çekme gerilimleri 198 MPa olarak belirtilmiştir. Bu çalışma da elde edilen tek kat % 40 keten/BPLA ve keten/PLA (tek kat) çekme dayanım değerleri yaklaşık 70 MPa' dır. Bundan sonraki çalışmalarda üretilen bu ürünün çok katlı laminasyonu ile daha yüksek mukavemet değerleri elde edilebileceği öngörülmektedir.
- Telef kenevir lifleri karmaşık yapıda, saflıkları düşük ve ucuzdurlar ancak taraklanmış keten temiz, yönlendirilmiş ve üretim maliyetleri artmıştır. Bu çalışmada kullanılan kısa lif kenevir/BPLA ve kenevir/PLA (%40/%60 optimum değer için) için çekme dayanımı 35 MPa bulunmuştur. Lamine edilmiş çok katlı kenevir/BPLA ve kenevir/PLA yüzeyleri ile daha az mukavemet gerektiren araç içi uygulamalarında kullanılabilir.

- Elde edilen kenecir/BPLA, kenecir/PLA, keten/BPLA ve keten/PLA yüzeylerinden dar bantlar kesilip, dokuma yüzeylerin üretilmesi ile daha yüksek mekanik özellikler kazanılması gelecek çalışmaların konusunu oluşturabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Y. M. Şimşek, “Türk tekstil sektörü 2022’de ihracatta yerinde saydı”. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.textilegence.com/turk-tekstil-sektoru-2022de-ihracatta-yerinde-saydi/>. [Erişim: 01.08.2023]
- [2] S. Mezarcıöz, S. Mezarcıöz, T. R. Oğulata, “Teknik tekstiller - otobüs koltuk döşemelerinde kullanımı ve uygulanan test yöntemleri”, *Tekstil ve Mühendis*, c. 18, sy 82, ss. 34-41, Mart 2011, Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/137244>. [Erişim: 01.08.2023]
- [3] W. Fung ve M. Hardcastle, “Introductory survey”, içinde *Textiles in Automotive Engineering*, W. Fung ve M. Hardcastle (Ed.), Cambridge, MA: Woodhead, Technomic UK, ss. 1-23, 2001.
- [4] R. P. İnan, N.Ö. Ceviz, “Otomotiv teknik tekstillerinde kullanılan liflerin özelliklerinin incelenmesi”, *I. International Conference on Intelligent Transportation Systems (BANU-ITSC’18)*, ss. 417-432, Mayıs 2018. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/329364640>. [Erişim: 27.07.2021]
- [5] W. Fung, A “Textile in transportation” içinde *Handbook of Technical Textiles*, .R. Horrocks ve S.C. Anand (Ed.), Boca Raton, CRC Press; Cambridge: Woodhead, ss.490-524, 2000.
- [6] P. Böttcher, “Aktueller Stand und Entwicklungstrends Technische Textilien” *Autotextilien*, c. 1, sy. 48, ss. 29-31, 2005. Erişim adresi: <https://www.tib.eu/de/suchen/id/tema:TEMA20050501912/Autotextilien-Aktueller-Stand-und-Entwicklungstrends?cHash=d79e1618c21aff60371fae8a5e63feb6>. [Erişim: 31.07.2021].
- [7] S. J. Russel, M. J. Tipper, “Nonwovens used in automobiles”, içinde *Textile Advances in the Automotive Industry*, R. Shishoo (Ed.), Boca Raton: CRC Press, Cambridge: Woodhead, ss. 63-85, 2008.

- [8] M. Carus, S. Karst, A. Kauffmann, J. Hobson, S. Bertucelli, “The European Hemp Industry : Cultivation, processing and applications for fibres, shives and seeds”, *Hürth: European Industrial Hemp Association (EIHA)*, 2016, Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/281366876_The_european_hemp_industry_Cultivation_processing_and_applications_for_fibres_shives_and_seeds. [Erişim: 31.07.2021].
- [9] “CO₂ emission performance standards for cars and vans”, *European Commission - European Commission*. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en. [Erişim: 31.07.2021].
- [10] “Reducing CO₂ emissions from heavy-duty vehicles”, *European Commission - European Commission*. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en. [Erişim: 31.07.2021].
- [11] M. Fergusson, “How clean are Europe’s cars? An analysis of carmaker progress towards EU CO₂ targets in 2014”, *Transport&Environment Magazine*, 2015, https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2015_TE_cars_CO2_report_FINAL.pdf. [Erişim: 31.07.2021].
- [12] N. P. J. Dissanayake, “Life Cycle Assessment of Flax Fibres for the Reinforcement in Polymer Matrix Composites”, *University of Plymouth, PhD Thesis*, 2011, Erişim adresi: http://www.academia.edu/735685/LIFE_CYCLE_ASSESSMENT_OF_FLAX_FIBRES_FOR_THE_REINFORCEMENT_OF_POLYMER_MATRIX_COMPOSITE S. [Erişim: 31.07.2021].
- [13] N. Ramli, N. Mazlan, Y. Ando, Z. Leman, K. Abdan, A. A. Aziz ve N. A. Sairy, “Natural fiber for green technology in automotive industry: A brief review”, *IOP*

Conference Series Materials Science and Engineering, c. 368, ss.1-8, Haziran 2018, doi: 10.1088/1757-899X/368/1/012012.

- [14] L. Yan, N. Chouw, K. Jayaraman, “Flax Fibre and its Composites – A review”, *Composites: Part B*, v. 56, ss. 296–317, Ocak 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.08.014>.
- [15] “Natural Fiber Reinforcement Materials Market – Forecast (2021 - 2026)”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.industryarc.com/Research/Natural-Fiber-Reinforcement-Materials-Market-Research-501660>. [Erişim: 07.08.2021].
- [16] “Development of High Performance Bio-Composites Based On Furan Bio-Resins For Vehicle Panels” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.escm.eu.org/docs/eccm13/0240.pdf>. [Erişim: 31.07.2021].
- [17] “Bioplastics facts and figures raporu”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf. [Erişim: 07.08.2021].
- [18] “Bioplastics in the automotive market :Clear benefits and strong performance; overview of materials and market development”, 2015, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: http://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EuBP_fs_automotive.pdf, [Erişim: 07.08.2021].
- [19] I. Blanco, C. Ingrao, V. Siracusa, “Life-Cycle Assessment in the Polymeric Sector: A Comprehensive Review of Application Experiences on the Italian Scale”, *Polymers*, c.12, sy.6, ss. 1-42, Mayıs 2020, doi: 10.3390/polym12061212.
- [20] H. J. Endres, A. Siebert-Raths, “Manufacture and Chemical Structure of Biopolymers” içinde *Engineering Biopolymers: Markets, manufacturing, properties and applications*, Hanser Publications, München, ss.71-148, 2011.
- [21] M. A. Sawpan, K. L. Pickering, A. Fernyhough, “Improvement of mechanical performance of industrial hemp fibre reinforced polylactide biocomposites”,

Composites Part A, c. 42, sy. 3, ss. 310-319, 2011, doi:10.1016/j.compositesa.2010.12.004.

- [22] B. Bax, J. Müssig, “Impact and tensile properties of PLA/Cordenka and PLA/flax composites”, *Composites Science and Technology*, c. 68, sy. 7-8, ss. 1601-1607, 2008, doi: 10.1016/j.compscitech.2008.01.004.
- [23] P. K. Bajpai, I. Singh, J. Madaan, “Comparative studies of mechanical and morphological properties of polylactic acid and polypropylene based natural fiber composites”, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, c. 31, sy. 24, ss. 1712-1724, Aralık 2012, doi: 10.1177/0731684412447992.
- [24] N. Graupner, A. S. Herrmann, J. Müssig “Natural and man-made cellulose fibre reinforced poly (lactic ac-id)(PLA) composites : An overview about mechanical characteristics and application areas”, *Composites Part A*, c. 40, sy. 6-7, ss. 810-821, 2009, doi: 10.1016/j.compositesa.2009.04.003.
- [25] W. Fung ve M. Hardcastle, “Quality assurance and testing”, içinde *Textiles in Automotive Engineering*, W. Fung ve M. Hardcastle (Ed.) Cambridge, MA: Woodhead, Technomic UK, ss. 158-192, 2001.
- [26] M. Balasubramanian, “Introduction to Composite Materials” içinde *Fibrous and Textile Materials for Composite Applications*, S. Rana, R. Figueiro (Ed.), Springer Singapore, ss. 1-38, 2016.
- [27] T. D. Ngo, “Natural Fibres for Sustainable Bio-Composites” içinde *Natural and Artificial Fiber-Reinforced Composites as Renewable Sources*, Ezgi Günay (Ed.), IntechOpen, Mayıs 2018, ss. 1839, doi: 10.5772/intechopen.71012.
- [28] B. M. Philip, E. Abraham, Deepa B., L. A. Pothan ve S. Thomas, “Plant Fiber-Based Composites” içinde *Green Composites from Natural Resources*, V. K. Thakur (Ed.), CRC Press Taylor & Francis Group, ss. 95-125, 2014.
- [29] T. Huber, N. Graupner ve J. Müssig, “Natural Fibre Composite Processing: A Technical Overview” içinde *Industrial Applications of Natural Fibres Structure*,

Properties and Technical Applications, J. Müssig, C. Stevens (Ed.), Wiley, ss. 408-421, 2010.

- [30] “Open contact molding”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.nal.res.in/en/techniques/open-contact-moulding>. [Erişim: 07.08.2021].
- [31] “What is resin infusion (or vacuum infusion)?”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.vacmobiles.com/resin_infusion.html. [Erişim: 07.08.2021].
- [32] “Pultrüzyon”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://poliya.com/tr/pultruzyon>. [Erişim: 07.08.2021].
- [33] “Technology Overview Biocomposites” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://netcomposites.com/media/1211/biocomposites-guide.pdf>. [Erişim: 07.08.2021].
- [34] W. Steinmann and A.-K. Saelhoff (Ed.) “Essential Properties of Fibres for Composite Applications” içinde *Fibrous and Textile Materials for Composite Applications*, S. Rana, R. Figueiro (Ed.) Springer Singapore, ss. 39-75, 2016.
- [35] “Natural Fiber Composites Market Set to Witness a CAGR of 10.6 % During 2019-2025” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/08/08/1899065/0/en/Natural-Fiber-Composites-Market-Set-to-Witness-a-CAGR-of-10-6-During-2019-2025.html>. [Erişim: 07.08.2021].
- [36] V. K. Thakur, M. K. Thakur, R. K. Gupta, R. Prasanth ve M. R. Kessler, “Green Composites: An Introduction” içinde *Green Composites from Natural Resources*, V. K. Thakur (Ed.), CRC Press Taylor & Francis Group, ss. 1-10, 2014.
- [37] R. R. Franck, “Flax” içerisinde *Bast and other plant fibres*, Woodhead Publishing Limited, S: 94-174, 2005.
- [38] “Flax fibre and tow production in the world” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://knoema.com/data/agriculture-indicators-production+flax-fibre-and-tow#:~:text=Though%20World%20production%20of%20flax,at%20896%2C636.43%20tonnes%20in%202021>. [Erişim: 05.08.2023].

- [39] “Production of hemp tow waste in the World” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://knoema.com/data/agriculture-indicators-production+hemp-tow-waste>. [Erişim: 05.08.2023].
- [40] “Tarımsal işletmeler bitkisel üretim araştırma metaverisi ”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.google.com/search?q=keten+%C3%BCretimi+t%C3%BCik&oq=keten+%C3%BCretimi+t%C3%BCik&aqs=chrome..69i57j33i160l2j33i395i671l6.1052741300j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. [Erişim: 05.08.2023].
- [41] “Kenevir üretiminde yeni döneme giriliyor”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.dunya.com/sektorler/tarim/kenevir-uretiminde-yeni-doneme-giriliyor-haberi-437192>. [Erişim: 12.08.2021].
- [42] “Big Data Market Size Worth \$123.2 Billion By 2025”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-big-data-market>. [Erişim: 12.08.2021].
- [43] M. Ho, H. Wanga, J. Lee, C. Ho, K. Lau, J. Leng, D. Hui, “Critical factors on manufacturing processes of natural fibre composites”, *Composites: Part B*, c. 43, sy. 82012, ss. 3549–3562, 2011, doi: 10.1016/j.compositesb.2011.10.001
- [44] B. T. Weclawski ve M. Fan, “Bast fibers composites for engineering structural applications myth or the future trend” içinde *Green Composites from Natural Resources*, V. K. Thakur (Ed.), CRC Press Taylor & Francis Group, ss. 133-153, 2014.
- [45] B.C. Sudell, “Industrial Fibres : Recent and Current Developments Common Fund for Commodities / Proceedings of the Symposium on Natural Fibres”, ss. 71 – 82, 2008, doi: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0709e/i0709e10.pdf>.
- [46] F Ahmad, H.S Choi, M.K. Park, “A review : natural fiber composites selection in view of mechanical, light weight, and economic properties”, *Macromolecular Materials and Engineering*, c. 300, sy. 1, ss. 10-24, 2015, doi: 10.1002/mame.201400089.

- [47] J. Summerscales, S. Grove, “Manufacturing methods for natural fibre composites” içinde *Natural Fibre Composites, Materials, Processes and Properties*, A. Hodzic, R. Shanks (Ed.), Woodhead Publishing Limited, ss.176-205, 2014.
- [48] D. N. Cuvier, F. Lauro, B. Bennani, M. Nciri, “Impact of natural variability of flax fibres properties on mechanical behaviour of short-flax-fibre-reinforced polypropylene”, *Journal of Materials Science*, c. 51 sy. 6, ss. 2911-2925, 2016, doi: 10.1007/s10853-015-9599-3.
- [49] D. E. Akin, “Flax – Structure, Chemistry, Retting and Processing” içerisinde *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications*, J. Mussig, C. Stevens (Ed.), Wiley, ss. 89-234, 2010.
- [50] M. Zimniewska, M. Wladyka-Przybylak, “Natural Fibers for Composite Applications” içinde *Fibrous and Textile Materials for Composite Applications*, S. Rana, R. Figueiro (Ed.) Springer Singapore, ss. 171-204, 2016.
- [51] C. Baley, A. L. Duigou, C. Morvan, A. Bourmaud, “Tensile properties of flax fibers” içerisinde *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*, A. R. Bunsell (Ed.), Woodhead publishing, ss. 275-29, 2018.
- [52] A. E. Körlü, E. G. Bozacı, “Ketenin Genel Özellikleri ve Havuzlanması”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, ss. 276-280, 2006.
- [53] “Lif Bitkileri Yetiştiriciliği Modülü” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Lif%20Bitkileri%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf. [Erişim: 12.08.2021].
- [54] J. Müssig, K. Haag, “The use of flax fibres as reinforcements in composites” içerisinde *Reinforcement in Composite Materials*, O. Faruk, M. Sain (Ed.), Cambrige Woodhead publishing, ss.35-85, 2015.
- [55] M. Ramesh, “Hemp, jute, banana, kenaf, ramie, sisal fibers” içerisinde *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*, A. R. Bunsell (Ed.), Coimbatore Woodhead Publishing, ss. 301-325, 2018.

- [56] “Lif Bitkileri”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <file:///C:/Users/Nilda%20Y%C4%B1ld%C4%B1r%C4%B1m/Downloads/bitkisel%20lif%20bitkilerine%20giri%C5%9F.pdf>. [Erişim: 12.08.2021].
- [57] İ. Başer, “Doğal Lifler” içerisinde *Elyaf Bilgisi*, İ. Başer, Marmara Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, ss. 47-53, 2002.
- [58] “Flax”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://news.europeanflax.com/fr/>. [Erişim: 12.08.2021].
- [59] D. E. Akin, R. B. Dodd, J. Foulk, “Pilot plant for processing flax fiber”, *Industrial Crops and Products*, c. 21 sy. 3 ss. 369-378, 2005, doi: 10.1016/j.indcrop.2004.06.001.
- [60] J. G. Cook (Ed.), “Cellulose Fibres; Rayons” içinde *Handbook of Textile Fibres:Vol.1-Natural Fibres*, Woodhead Publishing, ss. 9-78, 1984.
- [61] T. Lampke, “Beitrag zur Charakterisierung naturfaserverstärkter Verbundwerkstoffe mit hochpolymerer Matrix”, Chemnitz, Techn. Univ., Diss, 2001, doi: <https://docplayer.org/21641907-Beitrag-zur-charakterisierung-naturfaserverstaerkter-verbundwerkstoffe-mit-hochpolymerer-matrix.html>.
- [62] Michael Karus (Astor), Das kleine Hanf-Lexikon 2. Aufl. - Göttingen: Verlag die Werkstatt, Nova Institut (Hrsg.), ss. 1-80, 2003.
- [63] “Bioplastics: Economic opportunity or temporary phenomenon”, Erişim adresi: <http://www.biokunststoffe.de/joomdocs/BioplasticsMarket.pdf>. [Erişim: 12.08.2021].
- [64] “What are bioplastics?”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>. [Erişim: 31.08.2021].
- [65] “Frequently Asked Questions On Bioplastics?”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_FAQ_on_bioplastics.pdf. [Erişim: 31.08.2021].

- [66] “Biopolymers' Overview : Types, Synthesis, Properties, Innovations and Key Players” Erişim adresi: <https://omnexus.specialchem.com/tech-library/article/biopolymers>. [Erişim: 31.08.2021].
- [67] “Biodegradable plastics”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/biodegradable/>. [Erişim: 31.08.2021].
- [68] “Bioplastics market data” Erişim adresi: www.european-bioplastics.org/market. [Erişim: 31.08.2021].
- [69] “Renewable Materials Conference” ” Erişim adresi: <https://renewable-carbon.eu/publications/product/renewable-materials-conference-18-20-may-2021>. [Erişim: 31.08.2021].
- [70] “Bioplastics in the automotive market : clear benefits and strong performance; overview of materials and market development”, Erişim adresi: <https://bioplasticsnews.com/wp-content/uploads/2019/04/EuBP-Fact-Sheet-automotive.pdf>. [Erişim: 31.08.2021].
- [71] H.-J Endres, A. Siebert-Raths, “Engineering biopolymers : Markets, manufacturing, properties and applications”, München: Hanser, s.1-20, 2011.
- [72] A. Bergeret, J.-C. Benezet, T.-P.-T. Tran, G. C. Papanicolaou, A. Koutsomitopoulou, “Valorization of Agricultural By-Products in Poly(Lactic Acid) to Develop Biocomposites” içerisinde *Green Composites from Natural Resources*, V. K. Thakur (Ed.), CRC Press, s.11-45, 2014.
- [73] “Biopolymers— Facts and Statistics” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: www.ifbb-hannover.de. [Erişim: 12.08.2021].
- [74] Hans-Josef Endres “Bio-Based Thermoplastic and Thermosets Polymer” içerisinde *Lightweight and Sustainable Materials for Automotive Applications*, O. Faruk (Ed.), CRC Press, ss.139-164, 2017.
- [75] “Development of biobased self-reinforced polymer composites – Bi-oSRPC Final Report IGF 90 EN”, Erişim adresi: https://www.ita.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaeaaxzk. [Erişim: 31.08.2021].

- [76] M. Magnani, M. Allen, “Bio-composites for cars” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.allthings.bio/bio-composites-for-cars/>. [Erişim: 12.08.2021].
- [77] M. A. Sawpan, K. L. Pickering, A. Fernyhough, “Improvement of mechanical performance of industrial hemp fibre reinforced polylactide biocomposites” *Composites Part A* c. 42, sy. 3, ss. 310-319, 2011, doi: 10.1177/0021998319853025.
- [78] E. Bodros, I. Pillin, N. Montrelay, C. Baley, “Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fibre be used in structural applications?” *Composites Science and Technology* c. 67 sy. 3-4, ss. 462-470, 2007, doi: 10.1016/j.compscitech.2006.08.024.
- [79] D. Plackett, T. L. Andersen, W. P. Batsberg, L. Niel-sen, “Biodegradable composites based on L-polylactide and jute fibres”, *Composites Science and Technology*, c. 63, sy. 9, sy. ss. 1287-1296, 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00100-3.
- [80] B. H. Lee, H. S. Kim, S. Lee, H. J. Dorgan, “Bio-composites of kenaf fibers in polylactide: Role of improved interfacial adhesion in the carding process”, *Compos. Sci. Technol.*, c. 69, sy. 15-16, ss. 2573–2579, 2009, doi: 10.1016/j.compscitech.2009.07.015.
- [81] G. Sedlacik, “Beitrag zum Einsatz von unidirektional naturfaserverstärkten thermoplastischen Kunststoffen als Werkstoff für grossflächige Strukturbauteile”, *Chemnitz, Techn. Univ., Diss.*, 2004, https://www.researchgate.net/publication/34686347_Beitrag_zum_Einsatz_von_unidirektional_naturfaserverstarkten_thermoplastischen_Kunststoffen_als_Werkstoff_fur_grossflachige_Strukturbauteile. [Erişim: 12.08.2021].
- [82] D.U. Shah, P.J. Schubel, M.J. Clifford, “Can flax replace E-glass in structural composites? A small wind turbine blade case study”, *Composites: Part B*, c. 52, sy. ss.172–181, 2013, doi: 10.1016/j.compositesb.2013.04.027.
- [83] S. Goutianos, T. Peijs, B. Nystrom, M. Skrifvars, “Development of Flax Fibre based Textile Reinforcements for Composite Applications”, *Appl. Compos. Mater.*, c.13, sy.4, ss.199–215, 2006, doi:10.1007/s10443-006-9010-2.

- [84] M.H.Akonda, D.U.Shah, R.H.Gong, “Natural fibre thermoplastic tapes to enhance reinforcing effects in composite structures”, *Composites Part A*, c.131, sy.6-7, 2020, doi:10.1016/j.compositesa.2020.105822.
- [85] N. Martin, P. Davies, C. Baley, “Comparison of the properties of scutched flax and flax tow for composite material reinforcement”, *Industrial Crops and Products*, c. 61 sy. 284–292, ss.284–292, 2014, doi: 10.1016/j.indcrop.2014.07.015.
- [86] P. Pan, B. Zhu, T. Dong, S. Serizawa, M. Iji, Y. Inoue, “Kenaf fiber/poly(e-caprolactone) biocomposite with enhanced crystallization rate and mechanical properties”, *J. Appl. Polym. Sci.*, c.107, sy. 6, ss. 3512–3519, 2008, doi: 10.1002/app.27470.
- [87] P. Pan, B. Zhu, W. Kai, S. Serizawa, M. Iji, Y. Inoue, “Crystallization behavior and mechanical properties of bio-based green composites based on poly(l-lactide) and kenaf fiber”, *J. Appl. Polym. Sci.*, c.105, sy.3, ss. 1511–1520, 2007, doi: 10.1002/app.26407.
- [88] S. Ochi, “Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites”, *Mech. Mater.*, c. 40, sy. 4-5, ss. 446–452, 2015, doi: 10.1016/j.mechmat.2007.10.006.
- [89] K. Oksman, M. Skrifvars, J.F. Selin, “Natural fibres as reinforcement in poly-lactic acid (PLA) composites”, *Compos. Sci. Technol.* c. 63, sy. 9, ss.1317–1324, 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00103-9.
- [90] T. Nishino, K. Hirao, M. Kotera, K. Nakamae, H. Inagaki, “Kenaf reinforced biodegradable composite”, *Compos. Sci. Technol.* c. 63, sy. 9, ss.1281–1286, 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00099-X
- [91] A. Couture, G.Lebrun, L. Laperrière, “Mechanical properties of polylactic acid (PLA) composites reinforced with unidirectional flax and flax-paper layers”, *Composite Structures*, c. 154, ss. 286–295, 2016, doi: 10.1016/j.compstruct.2016.07.069
- [92] A. Lefeuvre, Al. Bourmaud, C. Morvan, C. Baley, “Tensile properties of elementary fibres of flax and glass: Analysis of reproducibility and scattering”, *Materials Letters*, v. 130, ss. 289–291, 2014, doi: 10.1016/j.matlet.2014.05.115

- [93] V. Placet, “Characterization of the thermo-mechanical behaviour of Hempfibres intended for the manufacturing of high performance composites”, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.—Spec.*, v. 40, sy. 8, ss. 1111-1118, 2009, doi:<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2009.04.031>.
- [94] E. Bodros, I. Pillin, N. Montrelay, C. Baley, “Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fibre be used in structural applications?”, v. 67, sy. 3, ss. 462–470, 2007, doi: 10.1016/j.compscitech.2006.08.024
- [95] “Innovative biocomposites for structural applications”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://cordis.europa.eu/article/id/86185-innovative-biocomposites-for-structural-applications>. [Erişim: 31.08.2021].
- [96] “Faurecia Flaxpreg wins JEC Europe 2015 Innovation Award in the semi-products category”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.faurecia.com/en/newsroom/faurecia-flaxpreg-wins-jec-europe-2015-innovation-award-semi-products-category>. [Erişim: 31.08.2021].
- [97] “Students present the world’s first bio-composite car during Dutch Technology Week”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.tue.nl/en/news/news-overview/17-05-2017-students-present-the-worlds-first-bio-composite-car-during-dutch-technology-week/>. [Erişim: 31.08.2021].
- [98] “Discover Biobased Materials”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.bio-sourced.com/> [Erişim: 31.08.2021].
- [99] “ampliTex® SURF 5030”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.bio-sourced.com/amplitex-surf-5030/> [Erişim: 31.08.2021].
- [100] “FibriPlast”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.bio-sourced.com/fibriplast/> [Erişim: 31.08.2021].
- [101] “Thrive Cellulose Fiber Composites”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: www.bio-sourced.com/thrive-30dxv235sb4n/ [Erişim: 31.08.2021].
- [102] “Case Studies”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://compositesevolution.com/case-studies/>. [Erişim: 31.08.2021].

- [103] K. Georgios, A. Silva, S. Furtado, “Applications of Green Composite Materials” içinde *Biodegradable Green Composites*, S.Kalia (Ed.), John Wiley & Sons, Inc, 2016, ss.312-337.
- [104] “Natural Fibre Prepregs”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://compositesevolution.com/products/natural-fibre-prepregs/?ab=1> [Erişim: 31.08.2021].
- [105] “Technical Data Sheet - FLAXTAPE™”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://ecotechnil.in.com/img/cms/2019%20-%20TDS%20FlaxTape.pdf>. Technical Data Sheet - FLAXTAPE™, [Erişim: 31.08.2021].
- [106] “Flax weaves its way into cars and aircraft”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.sustainableplastics.com/article/20130328/PNE/303289980/flax-weaves-its-way-into-cars-and-aircraft>. [Erişim: 31.08.2021].
- [107] “Final Report Summary - BIOCOMP (New Classes of Engineering Composite Materials from Renewable Resources)”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://cordis.europa.eu/project/id/515769/reporting>. [Erişim: 31.08.2021].
- [108] “Harvest Season Ahead For Soy Resins”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.compositesworld.com/columns/harvest-season-ahead-for-soy-resins>. [Erişim: 31.08.2021].
- [109] “The development of very high performance bioderived composite materials of cellulose nanofibres and polysaccharides” , [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://cordis.europa.eu/project/id/263017> [Erişim: 31.08.2021].
- [110] “Sustainable structural and multifunctional biocomposites from hybrid natural fibres and bio-based polymers” , [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://cordis.europa.eu/project/id/744349> [Erişim: 31.08.2021].
- [111] “Bio-based, Recyclable, Reformable, even Biodegradable” , [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://bpreg.com/> [Erişim: 31.08.2021].
- [112] B. Suddell, “Developments in the Innovative Use of Natural Fibres for Industrial Applications”, *JEC Biomaterials Forum*, 2009.

[113] “Biotex Flax 150g/m2 Unidirectional Tape” [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.jacomp.fi/wp-content/uploads/2014/04/Biotex-Flax-200gsm-2x2-Twill.pdf> [Erişim: 02.08.2023].



EKLER:

Tablo 3.1. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2537,437	5	507,487	48,979	,000
Within Groups	1181,196	114	10,361		
Total	3718,633	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2769,509	5	553,902	33,359	,000
Within Groups	1892,863	114	16,604		
Total	4662,372	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4663,833	5	932,767	64,226	,000
Within Groups	1655,640	114	14,523		
Total	6319,473	119			

Tablo 3.2. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6545,871	5	1309,174	28,530	,000
Within Groups	5231,119	114	45,887		
Total	11776,991	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15117,226	5	3023,445	43,511	,000
Within Groups	7921,545	114	69,487		
Total	23038,771	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29521,247	5	5904,249	43,329	,000
Within Groups	15534,197	114	136,265		
Total	45055,444	119			

Tablo 3.3. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1505,922	5	301,184	9,594	,000
Within Groups	3578,781	114	31,393		
Total	5084,703	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1218,995	5	243,799	7,360	,000
Within Groups	3776,457	114	33,127		
Total	4995,453	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1555,365	5	311,073	7,055	,000
Within Groups	5026,639	114	44,093		
Total	6582,004	119			

Tablo 3.4. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16018,902	5	3203,780	24,808	,000
Within Groups	14722,271	114	129,143		
Total	30741,173	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21249,839	5	4249,968	48,701	,000
Within Groups	9948,288	114	87,266		
Total	31198,127	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29268,953	5	5853,791	45,181	,000
Within Groups	14770,147	114	129,563		
Total	44039,101	119			

Tablo 3.5. Makine Üretim Yöntünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	116,706	1	116,706	7,761	,007
Within Groups	1172,872	78	15,037		
Total	1289,578	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1132,742	1	1132,742	52,888	,000
Within Groups	1670,583	78	21,418		
Total	2803,325	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2131,440	1	2131,440	90,649	,000
Within Groups	1857,535	79	23,513		
Total	3988,975	80			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6,093	1	6,093	,643	,425
Within Groups	738,683	78	9,470		
Total	744,776	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	117,726	1	117,726	9,830	,002
Within Groups	934,098	78	11,976		
Total	1051,824	79			

Tablo 3.6. Makine Üretim Yöntünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8060,034	1	8060,034	93,637	,000
Within Groups	6714,065	78	86,078		
Total	14774,098	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13688,604	1	13688,604	127,986	,000
Within Groups	8342,393	78	106,954		
Total	22030,997	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19077,565	1	19077,565	109,407	,000
Within Groups	13601,029	78	174,372		
Total	32678,594	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10427,621	1	10427,621	48,859	,000
Within Groups	16647,134	78	213,425		
Total	27074,755	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4614,248	1	4614,248	71,399	,000
Within Groups	5040,819	78	64,626		
Total	9655,067	79			

Tablo 3.7. Makine Üretim Yöntünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	199,546	1	199,546	5,659	,020
Within Groups	2750,427	78	35,262		
Total	2949,973	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	495,535	1	495,535	11,423	,001
Within Groups	3383,818	78	43,382		
Total	3879,353	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	858,779	1	858,779	20,238	,000
Within Groups	3309,801	78	42,433		
Total	4168,580	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64,191	1	64,191	1,496	,225
Within Groups	3346,691	78	42,906		
Total	3410,882	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	85,789	1	85,789	3,460	,067
Within Groups	1933,975	78	24,795		
Total	2019,764	79			

Tablo 3.8. Makine Üretim Yöntünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12287,425	1	12287,425	94,947	,000
Within Groups	10094,275	78	129,414		
Total	22381,699	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18980,508	1	18980,508	144,223	,000
Within Groups	10265,177	78	131,605		
Total	29245,685	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25364,666	1	25364,666	238,224	,000
Within Groups	8304,972	78	106,474		
Total	33669,639	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17598,335	1	17598,335	141,161	,000
Within Groups	9724,115	78	124,668		
Total	27322,450	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7828,525	1	7828,525	45,976	,000
Within Groups	13281,462	78	170,275		
Total	21109,987	79			

Tablo 3.9. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2727,839	5	545,568	41,521	,000
Within Groups	1497,908	114	13,140		
Total	4225,747	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1713,490	5	342,698	30,198	,000
Within Groups	1293,725	114	11,348		
Total	3007,215	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1865,991	5	373,198	27,050	,000
Within Groups	1572,836	114	13,797		
Total	3438,827	119			

Tablo 3.10. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanımına Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3377,512	5	675,502	15,012	,000
Within Groups	5129,546	114	44,996		
Total	8507,059	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3168,098	5	633,620	22,699	,000
Within Groups	3182,133	114	27,913		
Total	6350,230	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3228,388	5	645,678	24,508	,000
Within Groups	3003,438	114	26,346		
Total	6231,826	119			

Tablo 3.11. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	840,268	5	168,054	5,159	,000
Within Groups	3713,832	114	32,577		
Total	4554,100	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	805,007	5	161,001	6,281	,000
Within Groups	2922,008	114	25,632		
Total	3727,015	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1111,461	5	222,292	9,582	,000
Within Groups	2644,592	114	23,198		
Total	3756,053	119			

Tablo 3.12. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5577,310	5	1115,462	17,596	,000
Within Groups	7226,632	114	63,392		
Total	12803,942	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5349,218	5	1069,844	19,506	,000
Within Groups	6252,507	114	54,847		
Total	11601,725	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5941,877	5	1188,375	26,555	,000
Within Groups	5101,654	114	44,751		
Total	11043,532	119			

Tablo 3.13. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	70,189	1	70,189	5,844	,018
Within Groups	936,829	78	12,011		
Total	1007,018	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	281,277	1	281,277	25,539	,000
Within Groups	859,063	78	11,014		
Total	1140,340	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1324,366	1	1324,366	47,601	,000
Within Groups	2170,149	78	27,822		
Total	3494,515	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,535	1	4,535	,400	,529
Within Groups	883,459	78	11,326		
Total	887,994	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	163,400	1	163,400	22,132	,000
Within Groups	575,870	78	7,383		
Total	739,269	79			

Tablo 3.14. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	566,108	1	566,108	10,809	,002
Within Groups	4085,162	78	52,374		
Total	4651,270	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2173,280	1	2173,280	98,197	,000
Within Groups	1726,291	78	22,132		
Total	3899,571	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2573,495	1	2573,495	51,324	,000
Within Groups	3911,118	78	50,143		
Total	6484,613	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1883,336	1	1883,336	66,270	,000
Within Groups	2216,701	78	28,419		
Total	4100,038	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	260,396	1	260,396	4,897	,030
Within Groups	4147,298	78	53,170		
Total	4407,694	79			

Tablo 3.15. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	123,740	1	123,740	5,679	,020
Within Groups	1699,487	78	21,788		
Total	1823,228	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	72,226	1	72,226	2,214	,141
Within Groups	2544,234	78	32,618		
Total	2616,461	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21,004	1	21,004	,915	,342
Within Groups	1790,507	78	22,955		
Total	1811,511	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	386,284	1	386,284	10,216	,002
Within Groups	2949,384	78	37,813		
Total	3335,667	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	928,424	1	928,424	28,251	,000
Within Groups	2563,330	78	32,863		
Total	3491,754	79			

Tablo 3.16. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Dayanıma Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1025,025	1	1025,025	17,656	,000
Within Groups	4528,328	78	58,055		
Total	5553,353	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2376,803	1	2376,803	42,782	,000
Within Groups	4333,399	78	55,556		
Total	6710,202	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3183,472	1	3183,472	38,973	,000
Within Groups	6371,351	78	81,684		
Total	9554,823	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1974,389	1	1974,389	44,335	,000
Within Groups	3473,618	78	44,534		
Total	5448,006	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	180,301	1	180,301	3,399	,069
Within Groups	4136,955	78	53,038		
Total	4317,256	79			

Tablo 3.17. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	188,251	5	37,650	28,172	,000
Within Groups	152,355	114	1,336		
Total	340,606	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	191,909	5	38,382	34,828	,000
Within Groups	125,633	114	1,102		
Total	317,542	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	228,521	5	45,704	41,200	,000
Within Groups	126,464	114	1,109		
Total	354,984	119			

Tablo 3.18. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	235,443	5	47,089	61,588	,000
Within Groups	87,162	114	,765		
Total	322,605	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	249,840	5	49,968	96,194	,000
Within Groups	59,217	114	,519		
Total	309,057	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	271,264	5	54,253	78,907	,000
Within Groups	78,381	114	,688		
Total	349,644	119			

Tablo 3.19. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7,436	5	1,487	18,182	,000
Within Groups	9,325	114	,082		
Total	16,761	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,043	5	,809	9,340	,000
Within Groups	9,870	114	,087		
Total	13,914	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7,188	5	1,438	15,463	,000
Within Groups	10,598	114	,093		
Total	17,786	119			

Tablo 3.20. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	81,045	5	16,209	23,767	,000
Within Groups	77,748	114	,682		
Total	158,793	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34,246	5	6,849	20,668	,000
Within Groups	37,780	114	,331		
Total	72,026	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	116,706	1	116,706	7,761	,007
Within Groups	1172,872	78	15,037		
Total	1289,578	79			

Tablo 3.21. Makine Üretim Yönteminde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	46,905	1	46,905	19,751	,000
Within Groups	185,233	78	2,375		
Total	232,138	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	100,518	1	100,518	64,313	,000
Within Groups	121,909	78	1,563		
Total	222,427	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	137,607	1	137,607	106,064	,000
Within Groups	101,197	78	1,297		
Total	238,804	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	199,765	1	199,765	243,453	,000
Within Groups	64,003	78	,821		
Total	263,767	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	221,549	1	221,549	279,930	,000
Within Groups	61,733	78	,791		
Total	283,282	79			

Tablo 3.22. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	158,568	1	158,568	136,139	,000
Within Groups	90,850	78	1,165		
Total	249,417	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	197,980	1	197,980	254,520	,000
Within Groups	60,673	78	,778		
Total	258,653	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	212,591	1	212,591	279,656	,000
Within Groups	59,295	78	,760		
Total	271,885	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	228,287	1	228,287	255,174	,000
Within Groups	69,781	78	,895		
Total	298,068	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	285,689	1	285,689	382,292	,000
Within Groups	58,290	78	,747		
Total	343,979	79			

Tablo 3.23. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,058	1	,058	,630	,430
Within Groups	7,134	78	,091		
Total	7,192	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,260	1	,260	4,609	,035
Within Groups	4,401	78	,056		
Total	4,661	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,589	1	,589	6,489	,013
Within Groups	7,080	78	,091		
Total	7,669	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,092	1	1,092	9,554	,003
Within Groups	8,916	78	,114		
Total	10,008	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5,646	1	5,646	60,516	,000
Within Groups	7,277	78	,093		
Total	12,923	79			

Tablo 3.24. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47,135	1	47,135	56,958	,000
Within Groups	64,548	78	,828		
Total	111,683	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21,253	1	21,253	42,748	,000
Within Groups	38,780	78	,497		
Total	60,033	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12,522	1	12,522	27,329	,000
Within Groups	35,739	78	,458		
Total	48,261	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,576	1	4,576	10,339	,002
Within Groups	34,522	78	,443		
Total	39,098	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,200	1	,200	1,595	,210
Within Groups	9,757	78	,125		
Total	9,956	79			

Tablo 3.25. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54,651	5	10,930	12,052	,000
Within Groups	103,386	114	,907		
Total	158,037	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	100,617	5	20,123	22,803	,000
Within Groups	100,605	114	,883		
Total	201,223	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	77,166	5	15,433	25,584	,000
Within Groups	68,768	114	,603		
Total	145,934	119			

Tablo 3.26. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42122694,954	5	8424538,991	31,620	,000
Within Groups	30373055,337	114	266430,310		
Total	72495750,291	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54793448,530	5	10958689,706	30,604	,000
Within Groups	40820608,372	114	358075,512		
Total	95614056,902	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	71262521,177	5	14252504,235	45,179	,000
Within Groups	35963404,781	114	315468,463		
Total	107225925,959	119			

Tablo 3.27. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,080	5	,816	8,348	,000
Within Groups	11,143	114	,098		
Total	15,223	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13,742	5	2,748	28,524	,000
Within Groups	10,984	114	,096		
Total	24,726	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15,337	5	3,067	35,895	,000
Within Groups	9,742	114	,085		
Total	25,079	119			

Tablo 3.28. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17,765	5	3,553	28,737	,000
Within Groups	14,094	114	,124		
Total	31,859	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16,259	5	3,252	26,947	,000
Within Groups	13,757	114	,121		
Total	30,016	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19,824	5	3,965	24,408	,000
Within Groups	18,519	114	,162		
Total	38,343	119			

Tablo 3.29. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,757	1	10,757	7,867	,006
Within Groups	106,649	78	1,367		
Total	117,405	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22,168	1	22,168	18,825	,000
Within Groups	91,851	78	1,178		
Total	114,019	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40,805	1	40,805	44,248	,000
Within Groups	71,930	78	,922		
Total	112,734	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	61,824	1	61,824	86,109	,000
Within Groups	56,002	78	,718		
Total	117,825	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	85,335	1	85,335	116,120	,000
Within Groups	57,321	78	,735		
Total	142,657	79			

Tablo 3.30. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28,725	1	28,725	38,162	,000
Within Groups	58,712	78	,753		
Total	87,437	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54,131	1	54,131	58,803	,000
Within Groups	71,803	78	,921		
Total	125,934	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	81,073	1	81,073	122,095	,000
Within Groups	51,793	78	,664		
Total	132,866	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	95,634	1	95,634	144,969	,000
Within Groups	51,456	78	,660		
Total	147,090	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	101,465	1	101,465	158,231	,000
Within Groups	50,017	78	,641		
Total	151,482	79			

Tablo 3.31. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,541	1	,541	4,569	,036
Within Groups	9,244	78	,119		
Total	9,786	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,824	1	1,824	12,915	,001
Within Groups	11,013	78	,141		
Total	12,837	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,080	1	3,080	19,586	,000
Within Groups	12,268	78	,157		
Total	15,348	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,080	1	3,080	19,586	,000
Within Groups	12,268	78	,157		
Total	15,348	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,651	1	10,651	82,742	,000
Within Groups	10,041	78	,129		
Total	20,692	79			

Tablo 3.32. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Çekme Uzamasına Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,275	1	11,275	58,698	,000
Within Groups	14,983	78	,192		
Total	26,258	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6,824	1	6,824	42,006	,000
Within Groups	12,672	78	,162		
Total	19,496	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,756	1	2,756	16,614	,000
Within Groups	12,940	78	,166		
Total	15,697	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,073	1	,073	,513	,476
Within Groups	11,114	78	,142		
Total	11,187	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,379	1	,379	2,653	,107
Within Groups	11,149	78	,143		
Total	11,529	79			

Tablo 3.33. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12357153,684	5	2471430,737	16,119	,000
Within Groups	17479228,599	114	153326,567		
Total	29836382,283	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16434889,030	5	3286977,806	20,904	,000
Within Groups	17925760,828	114	157243,516		
Total	34360649,859	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25943554,873	5	5188710,975	28,107	,000
Within Groups	21044774,979	114	184603,289		
Total	46988329,852	119			

Tablo 3.34. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50288607,949	5	10057721,590	50,618	,000
Within Groups	22651717,946	114	198699,280		
Total	72940325,896	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	59861503,168	5	11972300,634	48,682	,000
Within Groups	28036071,184	114	245930,449		
Total	87897574,353	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	184093812,867	5	36818762,573	38,443	,000
Within Groups	109183703,760	114	957751,787		
Total	293277516,627	119			

Tablo 3.35. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16414244,375	5	3282848,875	17,529	,000
Within Groups	21350527,435	114	187285,328		
Total	37764771,809	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9663896,415	5	1932779,283	10,000	,000
Within Groups	22034707,728	114	193286,910		
Total	31698604,144	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18771618,194	5	3754323,639	14,823	,000
Within Groups	28872764,588	114	253269,865		
Total	47644382,782	119			

Tablo 3.36. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42122694,954	5	8424538,991	31,620	,000
Within Groups	30373055,337	114	266430,310		
Total	72495750,291	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54793448,530	5	10958689,706	30,604	,000
Within Groups	40820608,372	114	358075,512		
Total	95614056,902	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	71262521,177	5	14252504,235	45,179	,000
Within Groups	35963404,781	114	315468,463		
Total	107225925,959	119			

Tablo 3.37. Makine Üretim Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9607209,353	1	9607209,353	51,685	,000
Within Groups	14498531,218	78	185878,605		
Total	24105740,571	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20444133,398	1	20444133,398	97,402	,000
Within Groups	16371760,764	78	209894,369		
Total	36815894,162	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17837891,918	1	17837891,918	79,071	,000
Within Groups	17596220,859	78	225592,575		
Total	35434112,776	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8115569,559	1	8115569,559	44,742	,000
Within Groups	14148057,464	78	181385,352		
Total	22263627,023	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5047244,177	1	5047244,177	32,123	,000
Within Groups	12255724,216	78	157124,669		
Total	17302968,392	79			

Tablo 3.38. Makine Üretim Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50215210,815	1	50215210,815	142,552	,000
Within Groups	27476106,846	78	352257,780		
Total	77691317,661	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	71340957,488	1	71340957,488	105,049	,000
Within Groups	52971363,609	78	679120,046		
Total	124312321,098	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	107113907,828	1	107113907,828	67,703	,000
Within Groups	123404157,485	78	1582104,583		
Total	230518065,312	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	69303050,530	1	69303050,530	106,626	,000
Within Groups	50697304,788	78	649965,446		
Total	120000355,318	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28486195,216	1	28486195,216	107,494	,000
Within Groups	20670265,990	78	265003,410		
Total	49156461,205	79			

Tablo 3.39. Makine Üretim Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4136932,145	1	4136932,145	16,140	,000
Within Groups	19992620,919	78	256315,653		
Total	24129553,065	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7913477,932	1	7913477,932	33,868	,000
Within Groups	18225221,410	78	233656,685		
Total	26138699,342	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9693707,565	1	9693707,565	31,829	,000
Within Groups	23755407,339	78	304556,504		
Total	33449114,905	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2860891,579	1	2860891,579	12,713	,001
Within Groups	17552177,922	78	225027,922		
Total	20413069,501	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47415,386	1	47415,386	,225	,636
Within Groups	16424769,220	78	210573,964		
Total	16472184,605	79			

Tablo 3.40. Makine Üretim Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7189795,125	1	7189795,125	22,657	,000
Within Groups	24752445,005	78	317339,039		
Total	31942240,130	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17863631,571	1	17863631,571	79,064	,000
Within Groups	17623195,467	78	225938,403		
Total	35486827,038	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	37537086,276	1	37537086,276	173,580	,000
Within Groups	8217584,818	38	216252,232		
Total	45754671,094	39			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30302905,096	1	30302905,096	62,005	,000
Within Groups	38120031,783	78	488718,356		
Total	68422936,879	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5139217,887	1	5139217,887	13,828	,000
Within Groups	28989676,545	78	371662,520		
Total	34128894,432	79			

Tablo 3.41. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10212285,157	5	2042457,031	11,468	,000
Within Groups	20304114,715	114	178106,269		
Total	30516399,872	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9718919,720	5	1943783,944	12,157	,000
Within Groups	18227173,048	114	159887,483		
Total	27946092,768	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6253743,435	5	1250748,687	9,105	,000
Within Groups	15660753,351	114	137375,029		
Total	21914496,786	119			

Tablo 3.42. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22147304,900	5	4429460,980	24,222	,000
Within Groups	20847052,149	114	182868,878		
Total	42994357,048	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10068001,302	5	2013600,260	10,576	,000
Within Groups	21705252,139	114	190396,949		
Total	31773253,441	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4234665,884	5	846933,177	4,996	,000
Within Groups	19324863,424	114	169516,346		
Total	23559529,308	119			

Tablo 3.43. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Kenevir Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19454445,651	5	3890889,130	16,040	,000
Within Groups	27653459,428	114	242574,206		
Total	47107905,078	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15358570,550	5	3071714,110	9,055	,000
Within Groups	38674022,111	114	339245,808		
Total	54032592,661	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13986497,577	5	2797299,515	14,449	,000
Within Groups	22069424,525	114	193591,443		
Total	36055922,102	119			

Tablo 3.44. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Keten Lifi Miktarının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24509396,801	5	4901879,360	14,906	,000
Within Groups	37489480,182	114	328855,089		
Total	61998876,983	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22154359,891	5	4430871,978	25,940	,000
Within Groups	19472513,041	114	170811,518		
Total	41626872,932	119			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28864440,229	5	5772888,046	21,432	,000
Within Groups	30707379,866	114	269362,981		
Total	59571820,094	119			

Tablo 3.45. Makine Eni Yönünde Kenevir-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	868736,875	1	868736,875	5,482	,022
Within Groups	12361677,752	78	158483,048		
Total	13230414,627	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1799968,877	1	1799968,877	11,944	,001
Within Groups	11754743,300	78	150701,837		
Total	13554712,177	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8622591,595	1	8622591,595	31,758	,000
Within Groups	21177804,801	78	271510,318		
Total	29800396,396	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	194900,672	1	194900,672	1,787	,185
Within Groups	8505185,215	78	109040,836		
Total	8700085,887	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8622591,595	1	8622591,595	31,758	,000
Within Groups	21177804,801	78	271510,318		
Total	29800396,396	79			

Tablo 3.46. Makine Eni Yönünde Keten-BPLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2102080,068	1	2102080,068	11,231	,001
Within Groups	14599243,043	78	187169,783		
Total	16701323,111	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9792123,738	1	9792123,738	43,534	,000
Within Groups	17544766,207	78	224932,900		
Total	27336889,945	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9213435,832	1	9213435,832	37,930	,000
Within Groups	18946581,223	78	242904,887		
Total	28160017,055	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9304115,709	1	9304115,709	39,850	,000
Within Groups	18211533,765	78	233481,202		
Total	27515649,475	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3267082,013	1	3267082,013	14,539	,000
Within Groups	17527573,937	78	224712,486		
Total	20794655,950	79			

Tablo 3.47. Makine Eni Yönünde Kenevir-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	146262,081	1	146262,081	,564	,455
Within Groups	20239533,943	78	259481,204		
Total	20385796,025	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1031628,560	1	1031628,560	3,807	,055
Within Groups	21137150,039	78	270989,103		
Total	22168778,599	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6544425,555	1	6544425,555	25,398	,000
Within Groups	20098337,125	78	257670,989		
Total	26642762,680	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	390918,081	1	390918,081	1,302	,257
Within Groups	23411509,264	78	300147,555		
Total	23802427,345	79			

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3368341,410	1	3368341,410	11,851	,001
Within Groups	22169397,731	78	284223,048		
Total	25537739,141	79			

Tablo 3.48. Makine Eni Yönünde Keten-PLA Kompozit Yapının Elastikiyet Modülüne Tarama Pasaj Sayısının Etkileri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12915,908	1	12915,908	,096	,757
Within Groups	10461970,430	78	134127,826		
Total	10474886,338	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4217597,896	1	4217597,896	17,573	,000
Within Groups	18720455,954	78	240005,846		
Total	22938053,850	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16756726,760	1	16756726,760	43,341	,000
Within Groups	30156848,249	78	386626,260		
Total	46913575,009	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7725839,554	1	7725839,554	48,425	,000
Within Groups	12444344,773	78	159542,882		
Total	20170184,328	79			

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	630033,721	1	630033,721	1,665	,201
Within Groups	29508255,983	78	378310,974		
Total	30138289,704	79			

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nilda ÖZSOY

Doğum Yeri ve Tarihi :

Yabancı Dili :

E-Posta :

Öğrenim Durumu

Derece	Bölüm	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Tekstil Terbiye Öğretmenliği	Marmara	2003-2006
Yüksek Lisans	Gelişmiş Malzemeler	Bolton	2007-2009
Doktora	Tekstil Mühendisliği	Marmara	2015-2023

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görevi
2009-2016	İTKİB İTA Tekstil Araştırma Ltd. Şti	Araştırmacı
2016-2019	İTA İstanbul Tekstil Araştırma Geliştirme ve Eğitim A.Ş.	Araştırmacı