MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Selüloz Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Otomotiv Parçası Tasarımı ve Geliştirilmesi

SABİH OVALI

DOKTORA TEZİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Erhan Sancak

İSTANBUL, 2020

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Selüloz Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Otomotiv Parçası Tasarımı ve Geliştirilmesi

SABİH OVALI

723415841

DOKTORA TEZİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Erhan Sancak

İSTANBUL, 2020

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmamda danışmanlığımı yürüten ve doktora çalışmalarım süresince gerek danışmanlık gerekse bilgi paylaşımı yönü yardımlarını hiç esirgemeyen saygı değer hocam Doç.Dr. Erhan Sancak'a,

Tez izleme sürecinde görüş, eleştiri ve önerileri ile çalışmanın gelişmesine katkı sağlayan sayın hocalarım Doç. Dr. Metin YÜKSEK ve Dr. Öğr. Üyesi Vedat ÖZYAZGAN'a,

Doktora tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle yardımlarını esirgemeyen hocam Arş. Gör Onur Atak'a

Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından FEN-C-DRP-090518-0251'nolu proje ile söz konusu desteğinden dolayı Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine,

Hayatım boyunca, bana verdikleri destek ve gösterdikleri sabırdan dolayı çok değerli annem Zahide ve babam İsmail Behçet Ovalı' ya, kardeşlerim Şeyma ve Murat Zini'ye

Doktora eğitimim süresince her konuda destek olan eşim ESRA OVALI ve canım oğlum İSMAİL'e

Öğrenim hayatımda bu ana gelmemde emeği olan tüm değerli hocalarıma,

Yürekten sevgi ve saygılarımla,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2020 **Sabih OVALI**

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **i**

İÇİNDEKİLER ..... **ii**

ÖZET ..... **vii**

ABSTRACT ..... **ix**

YENİLİK BEYANI ..... **xi**

SEMBOLLER ..... **xii**

KISALTMALAR ..... **xiii**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvi**

TABLO LİSTESİ ..... **xxii**

BÖLÜM 1: GİRİŞ **1**

1.1. Amaç ve Kapsam 2

1.2. Kompozit Yapılar Hakkında Genel Bilgiler 2

1.2.1. Polimer (Matris) Malzemeler Hakkında Genel Bilgiler 5

1.2.2. Kompozit Yapılara İlave Edilen Takviye Malzemeleri 7

1.2.2.1. Selüloz Esaslı Yeşil Kompozit Malzemeler 7

1.2.2.2. Jüt Lifi Hakkında Genel Bilgiler 12

1.2.2.3. Selüloz Esaslı Malzemelere Uygulanan Yüzey İşlemleri Hakkında Genel Bilgi 15

1.3. Önceki Çalışmalar 18

1.3.1. Selüloz Esaslı Kompozit Yapılar 20

1.3.2. Kompozit Yapılarda Uygulana Yüzey Uygulamaları 25

1.3.3. Çevresel Şartların Kompozit Yapılara Etkisi 25

BÖLÜM 2: MATERYAL VE YÖNTEM **29**

2.1. Çalışmada Kullanılan Malzemeler ve Uygulanan Yöntemler 29

2.1.1. Takviye Malzemeleri 30

2.1.2. Matris Malzemeler 30

2.1.3. Yüzey İşlemlerinde Kullanılan Kimyasallar 31

2.1.4. Matris Malzemelerin Modifikasyonunda Kullanılan Polimer Katkılar 32

2.2. Kompozit Yapıların Üretimi 33
2.2.1. Takviye Malzemesine Uygulanan Yüzey İşlemi 34
2.2.1.1. Alkali (NaOH) Kullanılan Yüzey Modifikasyonu 35
2.2.1.2. Silan Kullanılan Yüzey Modifikasyonu 35
2.2.1.3. Alkali (NaOH) Silan Kullanılan Yüzey Modifikasyonu 36
2.2.2. Matris Yapıların Modifikasyonu 36
2.2.3. Takviye Edilmiş Kompozit Tabakaların Üretimi 39
2.2.4. Üretilen Kompozit Yapılarının Özellikleri 42
2.3. Kompozit Yapılara Uygulanan Testler ve Analizler 45
2.3.1. Mekanik Testler 45
2.3.1.1. Çekme Dayanımı 45
2.3.1.2. Eğilme Dayanımı 46
2.3.1.3. Darbe Dayanımı 48
2.3.2. Yapısal Analizler 50
2.3.2.1. DSC Analizi 50
2.3.2.2. FTIR Analizi 50
2.3.3. Yüzeysel Görünüm Analizleri 51
2.3.3.1. Spektrofotometre ile Renk Analizi 51
2.3.3.2. Optik Mikroskop İle Yüzey Analizi 51
2.3.3.4. SEM 52
2.3.3.5. Yüzey Gerilimi ve Temas Açısı Ölçümü 52
2.3.4. Hızlandırılmış Çevresel Yaşlandırma İşlemleri 52
2.4. İstatistiksel Analizler 53
BÖLÜM 3: BULGULAR VE TARTIŞMA 54
3.1. Çevresel Etkilere Maruz Bırakılmayan Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi 54
3.1.1. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Takviye Malzemesi Miktarının Etkileri 54
3.1.1.1. Çekme Dayanımı 54

3.1.1.2. Eğilme Dayanımı 56
3.1.1.3. Darbe Dayanımı 58
3.1.2. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Takviye Malzemelerine Uygulanan Yüzey Malzemesi Türünün Etkisi 61
3.1.2.1. Yüzey İşleminde Silan Kullanımı 62
3.1.2.1.1. Çekme Dayanımı 62
3.1.2.1.2. Eğilme Dayanımı 65
3.1.2.1.3. Darbe Dayanımı 66
3.1.2.2. Yüzey İşleminde Alkali Kullanımı 68
3.1.2.2.1. Çekme Dayanımı 68
3.1.2.2.2. Eğilme Dayanımı 71
3.1.2.2.3. Darbe Dayanımı 72
3.1.2.3. Yüzey İşleminde Alkali ve Silan Kullanımı 74
3.1.2.3.1. Çekme Dayanımı 75
3.1.2.3.2. Eğilme Dayanımı 77
3.1.2.3.3. Darbe Dayanımı 78
3.1.3. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Matris Malzemeye Uygulanan (Maleikanhidrit) Modifikasyon Malzemenin Etkisi 82
3.1.3.1. Jüt Lifi Takviye Edilmemiş Matris Yapıların Mekanik Özelliklere Etkisi 82
3.1.3.1.1. Çekme Dayanımı 82
3.1.3.1.2. Eğilme Dayanımı 84
3.1.3.1.3. Darbe Dayanımı 85
3.1.3.2. Yüzey İşlemi Uygulanmamış Takviye Malzemesinin Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi 86
3.1.3.2.1. Çekme Dayanımı 87
3.1.3.2.2. Eğilme Dayanımı 89
3.1.3.2.3. Darbe Dayanımı 90

3.1.3.3. Yüzey İşlemi Uygulanmış Takviye Malzemesinin Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi 92
3.1.3.3.1. Yüzey İşleminde Silan Kullanımı 92
3.1.3.3.2. Yüzey İşleminde Alkali Kullanımı 99
3.1.3.3.3. Yüzey İşleminde Alkali ve Silan Kullanımı 106
3.1.4. Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin Üzerine Matris Malzemeye Katkı Yapılan UV Koruyucu Malzemelerin Etkileri 113
3.1.4.1. Çekme Dayanımı 113
3.1.4.2. Eğilme Dayanımı 116
3.1.4.3. Darbe Dayanımı 117
3.2. Çevresel Etkilere Maruz Bırakılan Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi 119
3.2.1. Koruyucu Madde İçermeyen Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Çevrenin Etkileri 120
3.2.1.1. Çekme Dayanımı 120
3.2.1.2. Eğilme Dayanımı 125
3.2.1.3. Darbe Dayanımı 129
3.2.1.4. UV Koruyucu Katkılı Kompozitlerin Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri 132
3.2.1.5 UV Koruyucu Katkılı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi 134
3.2.2. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Çevre Etkilerine Karşı Koruyucu Malzeme İçermenin Etkileri 135
3.2.2.1. Çekme Dayanımı 136
3.2.2.2. Eğilme Dayanımı 142
3.2.2.3. Darbe Dayanımı 146
3.2.2.4. UV Koruyucu Katkıların Renk Değişimleri Üzerine Etkileri 150
3.3. Selülozik Esaslı Lif Takviyeli Otomotiv Parçası Analiz Çalışması 151
3.3.1. Lif Takviyeli Termoplastik Yapıların Otomotiv Sektöründe Mevcut Durumu ve Kullanımı 151

3.3.2. Tekstil Yüzeyi Takviyeli Kompozit Parça Maliyet Analizi 154
BÖLÜM 4: SONUÇLAR VE ÖNERİLER 156
Kaynaklar 158
EKLER 173
ÖZGEÇMİŞ 252

ÖZET

Selüloz Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Otomotiv Parçası Tasarımı ve Geliştirilmesi

Tez çalışmasında, kompozit üretiminde kullanılan cam ve karbon gibi liflere alternatif olabilecek selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapıların üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, selülozik esaslı lif takviyesi kullanılarak üretilen biyo kompozit yapıların diğer liflere kıyasla otomotiv sektöründe parçaların ağırlıklarını büyük oranda hafifletmekle beraber çevre ile uyumlu atıklar oluşturarak sağladığı avantajlar incelenmiştir. Aynı zamanda, üretilen kompozit yapılarda çevresel şartlar altında meydana gelebilecek değişimlerin etkisi de belirlenmiştir. Lif yapısında bulunan selüloz oranı, düşük maliyeti, işlenebilme kolaylığı, sürdürülebilirliği vb. avantajlarından dolayı kompozit yapı içerisinde takviye elemanı olarak jüt dokuma kumaş tercih edilmiştir. Kompozit yapıların ana bileşenlerinden birini oluşturan matris malzeme olarak ise düşük maliyeti, düşük sıcaklıkta işlem kolaylığı, kolay şekil verilebilme ve sürdürülebilme özelliklerinden dolayı düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen yapıların fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla bazı testler ve analizler gerçekleştirilmiştir. Çekme dayanımı, eğme dayanımı ve darbe dayanımı gibi mekanik testlerin yanı sıra kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) testleri uygulanmıştır. Odaklanmış bir elektron demeti ile numune yüzeyini tarayarak görüntü elde eden tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) ve optik mikroskop ile kompozit yapıların içyapı görüntüleri elde edilerek analizi yapılmıştır.

Kompozit yapı üretimi, polimer matris malzemeye ve selülozik esaslı lif takviyesi olarak kullanılan jüt liflerine modifikasyonlar uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

Matris malzemesi DYPE, ekstrüder de ara yüzey yapısını geliştirmek amacıyla maleikanhidrit ile karıştırılarak granül formunda üretilmiştir. Ultraviyole koruyucu katkı malzemeleri de matris malzemesi DYPE'ye aynı şekilde ilave edilerek granül formunda üretilmiştir. Toz formundaki saf DYPE ve granül formunda bulunan modifiye edilmiş DYPE sıcak press makinasında film haline getirilmiştir. Buradaki amaç, kompozit yapı üretimde polimerin yapı içeresinde liflerle birlikte homojen olarak dağılması ve yapı içerisinde hava boşluklarının meydana gelmemesidir.

Kompozit yapı ana bileşeni ve takviye malzemesi olan jüt kumaşa ise lif/matris yüzey uyumunu artırmak amacıyla silan ve alkalin (NaOH) işlemleri uygulanmıştır. Önce silan ve alkalin yüzey işlemleri jüt kumaşa ayrı ayrı uygulanarak ideal uygulama şartları belirlenmiş ve sonra alkalin ve silan işlemleri jüt kumaşa beraber uygulanmıştır.

Ara yüzey iyileştirme işlemlerinden sonra sıcak pres makinasında kompozit yapı üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen yapılardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, yüzey iyileştirme işlemlerinin kompozit yapının mekanik özelliklerini artırdığı belirlenmiştir.

Üretilen kompozit yapıların çevresel koşullara dayanımını ölçmek amacıyla hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Ultraviyole koruyucu katkı malzemesi ilavesi öncesinde ve sonrasında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Söz konusu inceleme ile ultraviyole ışınlarının kompozit yapıların çekme, eğilme, darbe dayanımı ile birlikte kimyasal ve mikro yapısı üzerinde meydana getirdiği etkiler tespit edilmiştir. Kompozit yapılara yapılan testler sonucunda polimer matris malzemeye uygulanan modifiye işlemleri ile takviye lifine uygulanan yüzey iyileştirme işlemlerinin lif/matris arsındaki yüzey uyumunu artırdığı tespit edilmiştir. Bu şekilde kompozit yapıların mekanik özelliklerinin geliştiği belirlenmiştir. Aynı şekilde, UV koruyucu katkı malzemelerinin ideal oranlarda kullanılması ile kompozit yapıların dış olumsuzluklara karşı koruyucu özelliğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tez çalışması kapsamında elde edilen veriler ışığında, selülozik esaslı lif takviyeli yenilikçi kompozit yapıların otomotiv vb. alanlarda kullanımı ile daha ekonomik, uzun ömürlü ve çevre ile uyumlu ürünlerin elde edilmesinin yanı sıra yeni iş olanakları da sağlayabileceği öngörülmüştür.

Eylül, 2020 **Sabih OVALI**

ABSTRACT

Design and Development of Cellulose Based Fiber Reinforced Composite Automotive Parts

In this thesis study, it is aimed to produce cellulosic-based fiber reinforced composite structures that can be alternative to glass and carbon fibers used in composite production and to examine their properties. In this context, the advantages of bio composite structures produced by using cellulosic fiber reinforcement compared to other fibers have been investigated, which were creating environmentally friendly wastes while reducing the weight of the parts in the automotive industry. At the same time, the effects of changes that may occur under the environmental conditions in the produced composite structures were also determined. Due to its advantages, such as the rate of cellulose in the fiber structure, low cost, ease of processing, sustainability etc., jute woven fabric is preferred as a reinforcing element in the composite structure. Low density polyethylene (DYPE) was used as the matrix material, which constitutes one of the main components of the composite structure, due to its low cost, ease of operation at low temperature, easy forming and sustainability. Several tests and analyses were carried out to determine the physical properties of the structures produced within the scope of the study. In addition to mechanical tests such as tensile strength, flexural strength and impact strength, Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) tests were also applied to determine the chemical properties of the composites. were obtained by analysing the internal structures of composite structures. The internal structure images of composite structures were obtained with a Scanning Electron Microscope (SEM) and optical microscope, which acquired images by scanning the surface of the sample with a focused electron beam, and then these images were analysed. Composite structure production was realized by applying modifications to the polymer matrix material and jute fibers used as cellulosic fiber reinforcement.

The matrix material DYPE was produced in the form of granules by mixing with maleic anhydride in the extruder to improve the interface structure. The polymer matrix with ultraviolet protective additives were also produced in the form of granules by adding the ultraviolet protective additives to the matrix material DYPE in the same way.

Pure DYPE in powder form and modified DYPE in granule form were produced in film form on hot press machine.

The aim here was to homogeneously distribute the polymer together with the reinforcement fibers and to prevent air gaps in the composite structure during the production.

Silane and alkaline (NaOH) processes were applied to the jute fabric, which was a reinforcing material and one of the main materials in the composite, in order to increase fiber/matrix surface compatibility. First, the ideal application conditions were determined by applying silane and alkaline surface treatments separately to the jute fabric, and then alkaline and silane treatments were applied together to the jute fabric.

After the surface treatment applications, composite structure productions were carried out on the hot press machine. When the results obtained from the produced structures are evaluated, the surface improvement processes have been found to increase the mechanical properties of the composite.

Accelerated aging process was applied to measure the resistance of the produced composite materials to environmental conditions. Changes that occurred before and after the addition of ultraviolet protective additives were examined. With this examination, the effects of ultraviolet rays on the chemical structure and microstructure of the composites along with their tensile, flexural and impact resistances were measured. As a result of the tests made on composite structures, it has been determined that the modification processes applied to the polymer matrix material and the surface treatment processes applied to the reinforcement fiber increased the surface compatibility between the fiber and matrix. In this way, it was determined that the mechanical properties of the composite structures improved. Likewise, it was concluded that the protective feature of the composite structure against external negative conditions increased with the use of UV protective additives in ideal ratios.

Based on the data obtained within the scope of the thesis study, it is predicted that the use of cellulosic-based fiber-reinforced innovative composite structures in automotive etc. areas can help to obtain more economical, long-lasting and environmentally compatible products as well as providing new business opportunities.

September, 2020 **Sabih OVALI**

YENİLİK BEYANI

Selüloz Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Otomotiv Parçası Tasarımı ve Geliştirilmesi

Günümüzde lif ile güçlendirilmiş kompozit yapılara olan ilgi dayanım, ekonomi ve çevre ile uyumu 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. Selüloz esaslı lif takviyeli biyo kompozit yapılara; otomotiv gibi endüstriyel kullanıma sahip birçok alanda kullanımı artmaktadır. Günümüzde otomotiv sektöründe araç içinde kullanılan plastik yapıların içerisine doğal lif takviyesi edilerek biyo-kompozit parçalar kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yapılan bu çalışmada da termoplastik esaslı polimer malzeme içerisine selülozik esaslı jüt lifini kumaş formunda takviye edilerek kompozit malzemenin üretilmesi çalışmanın özgün kısmını oluşturmaktadır. Aynı zamanda farklı modifikasyon işlemleri ile takviye lifinin özellikleri geliştirilerek farklı kompozit yapılar oluşturuldu. Bu yapıların karakteristik özelliklilieri detaylı şekilde incelendi. Çalışmanın farklı bir özgün tarafı ise polimer ve lif malzemelerinin bir arada kullanılması ile multidisipliner bir çalışma olmasıdır. Birçok değişkene bağlı karar verme yöntemleri kullanılarak deneysel sonuçlardan kompozit yapı içerisine takviye edilecek en ideal oran belirlendi. Ayrıca aynı yöntemle yapıların fiziksel ve kimyasal değerleri belirlenerek detaylı şekilde irdelendi. Çalışmada kullanılan yüzey uyumunu artırma işlemleri ve koruyucu katkı miktarları literatüre yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Zaman, ekonomi ve sürdürebilirlik açısından bu tarz yapıların geliştirilmesi ekolojik çevre açısında fayda sağlayacağı sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Eylül, 2020 **Doç. Dr. Erhan SANCAK** **Sabih OVALI**

SEMBOLLER

h	: Kompozit yapı kalınlığı
Ɛ	: Gerilme oranı
V	: Çalışma hızı
F	: Uygulanan yük (N)
L	: Kompozit yapı uzunluğu(mm)
h	: Kompozit yapı kalınlığı(mm)
b	: Kompozit yapı genişliği (mm)
Ec	: Kompozit yapı kırılma anı absorplama enerjisi (J)
h	: Kompozit yapı kalınlığı (mm)
b	: Kompozit yapı genişliği (mm)
bN	: Kompozit yapı çentikten sonra kalan genişliği (mm)
delL	: Yüzeyin aydınlık veya karanlık olması durumu
dela	: Yüzeyin kırmızı veya yeşil olması durumu
delb	: Yüzeyin sarı veya mavi olması durumu

KISALTMALAR

DYPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
Si	: Silan
NaOH	: Sodyum Hidroksit (Alkalin)
MA	: Maleikanhidrit
C	: Chimasorb 944 Işık Düzenleyici
T	: Tinuvin 326 Mor Ötesi Işık Emici
I	: Irganox 1010 Antioksidan
1M	: Bir molar
mm	: milimetre
cm	: santimetre
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
DYPE/1K	: Düşük Yoğunluklu Polietilen /Ham jüt kumaş tek kat
DYPE/2K	: Düşük Yoğunluklu Polietilen /Ham jüt kumaş çift kat
DYPE/3K	: Düşük Yoğunluklu Polietilen/ Ham jüt kumaş üç kat
DYPE/2K/0.75Si	: %0.75 silan uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/1.5Si	: %1.5 Silan Uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/3Si	: %3 Silan uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/Na-1s	: 1 saat 1M Alkalin Uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/Na-3s	: 3 saat 1M alkalin uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/Na-5s	: 5 saat 1M Alkalin uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/1.5Si/Na-5s	: 5saat 1M Alkalin /%1.5 Silan uygulanmış iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/M1	: %1 Maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/M1	: %1 Maleikanhidrit katkılı 2 Kat jüt kumaş takviyeli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/M1 : %1 Maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/Na-5s/M1 : %1 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M1 : %1 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin /%1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/M3 : %3 Maleikanhidrit katkılı DYPE

DYPE/2K/M3 : %3 Maleikanhidrit katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/M3 : %3 Maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/Na-5s/M3 : %3 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M3 : %3 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin /%1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/M5 : %5 Maleikanhidrit katkılı Düşük Yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/M5 : %5 Maleikanhidrit katkılı 2 Kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/M5 : %5 Maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/Na-5s/M5 : %5 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M5 : %5 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin /%1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/M7 : %7 Maleikanhidrit katkılı Düşük Yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/M7 : %7 Maleikanhidrit katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

DYPE/2K/1.5Si/M7	: %7 Maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/Na-5s/M7	: %7 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M7	: %7 Maleikanhidrit katkılı 5 saat alkalin /%1.5 silan işlemli iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/0.5C	: %0.5 Chimasorb 944 katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/1C	: %1 Chimasorb 944 katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/0.5I	: %0.5 Irganox 1010 katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/1I	: %1 Irganox 1010 katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/0.2T	: %0.2 Tinuvin 326 katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen
DYPE/2K/0.4T	: %0.4 Tinuvin 326 katkılı iki kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa
Şekil 1.1	Kompozit Malzeme Genel Yapı Şeması……	4
Şekil 1.2	Selülozik Esaslı Jüt Lifi İle Silan Etkileşimi……..	18
Şekil 1.3	Mercedes-Benz A-Class Mini'de Kullanılan Muz Lifi-PP Parçaları ….	21
Şekil 2.1	Kompozit Yapılarda Takviye için Kullanılan Ham Jüt Kumaşın Yapısal Özellikleri……	30
Şekil 2.2	Toz Formunda Düşük Yoğunluklu Polietilen……	31
Şekil 2.3	Yüzey İşlemlerin de Kullanılan Kimyasallar…….	32
Şekil 2.4	Matris Yapıların Özelliklerinin Geliştirilmesi Amacıyla Kullanılan Polimer Katkılar…….....	33
Şekil 2.5	Kompozit Yapıların Üretim Şematiği……	34
Şekil 2.6	Jüt Kumaşa Yüzey İyileştirme Uygulaması……..	34
Şekil 2.7	(a) Ham Jüt Kumaş, (b) NaOH Uygulanan Jüt Kumaş…….	35
Şekil 2.8	Çift Vidalı Ekstrüder Makinesi……	37
Şekil 2.9	Çift Vidalı Ekstrüzisyon Makinesinin Çalışma Bölgeleri……..	38
Şekil 2.10	Modifiye Edilmiş Düşük Yoğunluklu Polietilen (DYPE) Granül Formu……	38
Şekil 2.11	Sıcak Pres Makinesi……..	39
Şekil 2.12	Kompozit Yapıların Üretiminde Kullanılan Kalıp Sistemi……	40
Şekil 2.13	(a) Sıcak pres , (b) DYPE Film…….	40
Şekil 2.14	Üç kat (DYPE/3K) Jüt Kumaş Takviyeli Kompozit Yapı…….	41
Şekil 2.15	İki kat (DYPE/2K) Jüt Kumaş Takviyeli Kompozit Yapı……	41
Şekil 2.16	Tek kat(DYPE/1K) Jüt Kumaş Takviyeli Kompozit Yapı……	42
Şekil 2.17	Çekme Test Çubuğu……..	46
Şekil 2.18	Çekme Dayanımı Test Cihazı Zwick Z020……	46
Şekil 2.19	Eğilme Test Çubuğu……..	47
Şekil 2.20	Eğilme Dayanımı Test Cihazı……	47
Şekil 2.21	Darbe Test Çubuğu…….....	49
Şekil 2.22	Charpy Darbe Dayanımı Test Cihazı…….	49
Şekil 2.23	SEM Analizi için Kaplama Cihazı ve Taramalı Elektron Mikroskobu	52
Şekil 3.1	Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı…….	55

Şekil 3.2 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması……... 55
Şekil 3.3 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modulü…….. 55
Şekil 3.4 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit SEM Görüntüsü…… 56
Şekil 3.5 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı……. 57
Şekil 3.6 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme…… 57
Şekil 3.7 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…… 57
Şekil 3.8 Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı…….. 58
Şekil 3.9 a) Grup Ham Kumaş, DYPE ve Katmanlı Kompozit Yapı (ATKI YÖNÜ), b) Grup Ham kumaş, DYPE ve Katmanlı Kompozit Yapı(ÇÖZGÜ YÖNÜ), c) Grup NaOH(Alkalin) Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompozit Yapı (ATKI YÖNÜ), d) Grup NaOH(Alkalin) Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompoztit Yapı (ÇÖZGÜ YÖNÜ), e) Grup Silan Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompozit Yapı (ATKI YÖNÜ), f) Grup Silan Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompozit Yapı (ÇÖZGÜ YÖNÜ) Kuvvet–Uzama Grafiği 60
Şekil 3.10 Silan Yüzey İşlemli Lif Yapısı SEM Görüntüsü…… 62
Şekil 3.11 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı…… 63
Şekil 3.12 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması…… 63
Şekil 3.13 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Elastikiyet Modulü……. 64
Şekil 3.14 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı……... 65
Şekil 3.15 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları 65
Şekil 3.16 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü……. 66
Şekil 3.17 Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı…… 66
Şekil 3.18 Alkalin İşlemi Uygulanmış Jüt Lifi Yüzey Görüntüsü……. 68
Şekil 3.19 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı…… 69
Şekil 3.20 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması……. 70
Şekil 3.21 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…. 70
Şekil 3.22 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı….. 71
Şekil 3.23 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme…….. 71
Şekil 3.24 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…….. 72
Şekil 3.25 Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı……. 72
Şekil 3.26 Alkalin/Silan-Jüt Lifi SEM Görüntüsü…….. 74
Şekil 3.27 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı. 75
Şekil 3.28 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması.. 76

Şekil 3.29 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…….. 76
Şekil 3.30 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı 77
Şekil 3.31 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme… 78
Şekil 3.32 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü... 78
Şekil 3.33 Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı 79
Şekil 3.34 (a) Yüzey İşlemsiz Jüt Kumaş, (b) Alkalin İşlemli Jüt Kumaş, (c)Silan İşlemli Jüt Kumaş Sıvı Damlası Görüntüsü…….. 81
Şekil 3.35 Yüzey İşlemi Uygulanmamış, Alkalin Ve Silan Yüzey İşlemi Uygulanmış Jüt Kumaş Yüzey Temas Açıları …….. 81
Şekil 3.36 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı……. 82
Şekil 3.37 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması……... 83
Şekil 3.38 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…….. 83
Şekil 3.39 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı……. 84
Şekil 3.40 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme……. 84
Şekil 3.41 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…… 85
Şekil 3.42 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı……... 85
Şekil 3.43 Maleikanhidrit/DYPE ile Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı SEM Görüntüsü…….. 87
Şekil 3.44 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı……... 87
Şekil 3.45 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması……. 88
Şekil 3.46 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…… 88
Şekil 3.47 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı……..... 89
Şekil 3.48 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme……. 89
Şekil 3.49 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…….. 90

Şekil 3.50 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı……..... 90
Şekil 3.51 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı……... 93
Şekil 3.52 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması…… 94
Şekil 3.53 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…… 94
Şekil 3.54 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı…….. 95
Şekil 3.55 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları…… 96
Şekil 3.56 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…….. 96
Şekil 3.57 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı…… 97
Şekil 3.58 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı…….. 99
Şekil 3.59 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması…… 100
Şekil 3.60 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…… 101
Şekil 3.61 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı…….. 101
Şekil 3.62 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları……... 102
Şekil 3.63 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü……. 103
Şekil 3.64 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı…… 103
Şekil 3.65 Kompozit Yapılarda FTIR Sonuçları……. 105

Şekil 3.66 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı…….. 106
Şekil 3.67 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması…… 107
Şekil 3.68 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…… 107
Şekil 3.69 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı…….. 108
Şekil 3.70 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme…….. 109
Şekil 3.71 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü……. 110
Şekil 3.72 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı…… 111
Şekil 3.73 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı.. 113
Şekil 3.74 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması… 114
Şekil 3.75 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit yapıların Elastikiyet Modülü. 115
Şekil 3.76 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı.. 116
Şekil 3.77 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme….. 116
Şekil 3.78 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…. 117
Şekil 3.79 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı… 118
Şekil 3.80 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı……. 122
Şekil 3.81 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması……... 123
Şekil 3.82 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü……... 124
Şekil 3.83 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı …… 126
Şekil 3.84 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları…….. 127

Şekil 3.85 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…… 128
Şekil 3.86 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı……... 131
Şekil 3.87 Kompozit Yapılarda FTIR Spektrumu (0 saat)……..... 132
Şekil 3.88 Kompozit Yapılarda FTIR Spektrumu (1000 saat)…… 133
Şekil 3.89 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı……. 139
Şekil 3.90 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması…… 140
Şekil 3.91 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü…….. 141
Şekil 3.92 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı……. 143
Şekil 3.93 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme……. 144
Şekil 3.94 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü…… 145
Şekil 3.95 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı…….. 146

TABLO LİSTESİ

		Sayfa
Tablo 1.1	Ticari Termoplastiklerin Özellikleri……...	6
Tablo 1.2	Doğal Liflerin Kimyasal Bileşenleri……...	10
Tablo 1.3	Selülozik Esaslı Liflerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri……...	11
Tablo 1.4	Selülozik Esaslı Lifler ile Yapay Liflerin Belirli Özellikleri……..	20
Tablo 2.1	Kompozit Yapılarda Takviye için Kullanılan Ham Jüt Kumaşın Yapısal Özellikleri……..	30
Tablo 2.2	Düşük Yoğunluklu Polietilen Yapısal Özellikleri……..	31
Tablo 2.3	Jüt Kumaşa Uygulanan Kimyasalların Yapısal Özellikleri…….	32
Tablo 2.4	Polimer Katkı Malzemelerin Yapısal Özellikleri……	33
Tablo 2.5	Çift Vidalı Ekstrüder Makinesinin Teknik Özellikleri……	37
Tablo 2.6	Çift Vidalı Ekstrüzyon Makinesi Çalışma Parametreleri……	38
Tablo 2.7	Sıcak Pres Makinesinin Teknik Özellikleri……	39
Tablo 2.8	Sıcak Pres Makinası Çalışma Değerleri……..	41
Tablo 2.9	Ham Jüt Lifi ve Yüzey İşlemi Uygulanmış Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı İçerikleri……	42
Tablo 2.10	Maleikanhidrit Katkılı Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı İçerikleri…	43
Tablo 2.11	500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış Kompozit Yapı İçeriği……..	44
Tablo 2.12	120 ve 240 Saat Süreli Saat Yaşlandırma Uygulanmış Kompozit Yapı İçeriği…….	45
Tablo 3.1	Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları ……	59
Tablo 3.2	Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları ……..	67
Tablo 3.3	Alkalin Yüzey İşlemi Uygulanmış Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……...	73
Tablo 3.4	Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları …….	74
Tablo 3.5	Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……..	86
Tablo 3.6	Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……..	91

Tablo 3.7	Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……..	98
Tablo 3.8	Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……...	104
Tablo 3.9	Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……...	112
Tablo 3.10	UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……..	118
Tablo 3.11	500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……..	129
Tablo 3.12	FTIR Dalga Boyları …….	132
Tablo 3.13	UV Koruyucu Katkılı Kompozitlerin Karbonil Değerleri……...	134
Tablo 3.14	UV İşleminin Solma ve Renk Değişimi Değerleri……..	135
Tablo 3.15	UV İşlem Süresine Göre Çekme Dayanımı Değişim Oranları……	137
Tablo 3.16	120-240s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……..	148
Tablo 3.17	UV Katkılı Kompozitlerin Isıl Özelliklerine Etkisi…….	150
Tablo 3.18	UV Koruyucu Katkılı Kompozit Yapılarda Renk Ölçümü……..	150
Tablo 3.19	Araç Üretiminde Plastik Kullanımı…….	153
Tablo 3.20	Araç Üretiminde Kullanılan Plastik Hammadde Miktarları…….	153
Tablo 3.21	Örnek Kompozit Yapı Maliyet Analiz…….	154
Tablo 5.1	Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları…….	174
Tablo 5.2	Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları……..	176
Tablo 5.3	Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları..	180
Tablo 5.4	Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları…	182
Tablo 5.5	Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları	186
Tablo 5.6	Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları	188
Tablo 5.7	Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları…….	192
Tablo 5.8	Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları…….	194
Tablo 5.9	Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları….	198

Tablo 5.10 Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları…. 199
Tablo 5.11 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları…….. 201
Tablo 5.12 Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları……... 203
Tablo 5.13 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları…….. 208
Tablo 5.14 Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları…… 210
Tablo 5.15 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……... 217
Tablo 5.16 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları…… 219
Tablo 5.17 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……. 226
Tablo 5.18 Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Yapılar İçin TUKEY Sonuçları……. 228
Tablo 5.19 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……. 233
Tablo 5.20 UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları……. 235
Tablo 5.21 500-1000s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……. 240
Tablo 5.22 500-1000s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit TUKEY Sonuçları…….. 242
Tablo 5.23 120-240s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları……. 246
Tablo 5.24 120-240s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları……. 248

BÖLÜM 1: GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ile geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik gibi kavramların ön plana çıktığı günümüzde doğal liflerin kompozit yapılarda kullanımı hızla artmaktadır. Takviye materyali olarak kullanılan doğal liflerin biyolojik olarak parçalanabilirlik ve geri dönüştürülebilirlik özellikleri, düşük yoğunluk, yüksek özgül mukavemet değerlerinin yanı sıra bitkisel kökenli doğal kaynakların yenilenebilir olması nedeniyle çevre ile ilgili malzemeler artış göstermektedir.

Son yıllarda otomotiv endüstrisinde ise yakıt maliyetlerinin azaltılmasının ve karbondioksit emisyonların çevreye olan zararlarının üreticiler üzerinde meydana getirdiği baskılar her geçen gün artmaktadır. Bu baskılar neticesinde kullanılmakta olan ağırlığı fazla olan çelik gibi malzemelerin yerine daha hafif kompozit yapıların tercih edilmesi artmaktadır.

Günümüzde otomotiv sektöründe plastik kullanımı mevcut olmakla birlikte ağırlık olarak araçların %10-15 ini oluşturmakta olup bu oran gitgide artış göstermektedir. Haliyle plastik kullanım oranını artırmaya yönelik araştırmalar ve çalışmalar sürmektedir.

Otomotivde kullanılan kompozit yapılarda yapay ve selülozik esaslı doğal lifler takviye malzemesi olarak kullanılmakla birlikte, yapay lif (cam, karbon vb.) katkılı malzemelerin çevresel problemlerinden dolayı selülozik esaslı doğal liflere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Selülozik esaslı lifler; fiyatlarının düşük olması, yoğunluklarınım düşük olması, yüksek özgül dayanıklılık ve elastikiyet modülü, lif yüzey uygulamalarına elverişli olması, çevresel şartlara uyumu, yüksek aşınma dayanımı, yenilenebilir, sürdürülebilir ve doğada çözünebilir olması, kullanım ömrü bitiminde yakma suretiyle enerjinin geri dönüşümü, üretim sırasındaki kolaylığı, cam lifi takviyeli kompozitlere alternatif oluştura bilirliği, karbondioksit dengesi, ısı ve ses yalıtım özellikleri geri kazanılabilirliği gibi üstün özellikleri bir arada taşıması nedeni ile polimer matris malzemelerde takviye elemanı olarak kullanılmaktadır.

Ancak cam, karbon, aramid gibi klasik takviye lifleri istenilen özelliklere sahip olacak şekilde üretilebilirken, selülozik esaslı liflerin özellikleri lifin alındığı bitkinin özellikleri, üretim yeri ve iklim gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Kompozit üretiminde kullanılan bitkisel lifler pamuk keten, kenevir, rami, jüt, kenaf, sisal, hindistan cevizidir. Bunların haricinde pirinç kapsülleri, pirinç ve buğday saplarda kullanılmaktadır. Özellikle keten, kenevir, jüt ve hindistan cevizi gibi selülozik esaslı lifler söz konusu üstün özellikleri nedeni ile özellikle otomotiv sektöründe cam liflerine alternatif olarak kullanılmaktadır.

1.1. Amaç ve Kapsam

Polimer matris ile takviye malzemesi selülozik esaslı jüt lifinin mevcut özellikleri modifiye edilerek başta otomotiv endüstrisinde kullanılmak üzere endüstrinin diğer alanlarında da kullanılabilen çevre ile uyumlu kompozit yapı üretimi hedeflenmiştir. Çalışmada kullanılan selülozik esaslı jüt lifi düşük maliyet, düşük yoğunluk, yüksek özgül direnç ve kolay yüzey modifikasyonu, kolay temin edilebilmesi, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir olmalarından dolayı güçlendirici madde olarak kullanımı tercih edilmiştir.

1.2. Kompozit Yapılar Hakkında Genel Bilgiler

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 [1] .

Mühendislik uygulamalarında kullanılan kompozit malzemeler genel olarak metaller, seramikler, plastikler vb. gibi malzemelerden oluşmaktadır [2]. Kompozit malzemeler genellikle kendisini meydana getiren malzemelerden dayanım, tokluk, elastiklik gibi özellikleriyle daha nitelikli olmaktadır. Çekme dayanım, yorulma dayanımı, aşınma dayanımı, korozyon dayanımı, termal özellikler, ısı iletkenliği, akustik iletkenlik, elastiklik, rijitlik, hafiflik gibi bazı özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla üstün özelliklerin bir araya getirildiği yeni malzemeler üretmektir.

Kompozit malzemeler matris yapıların cinsine göre;

1- Metal Matris Kompozit Malzemeler

2- Seramik Matris Kompozit Malzemeler

3- Polimer Matris Kompozit Malzemeler

4- Nano Kompozit Malzemeler olarak dört ana gruba ayrılır.

Kompozit yapıların oluşumunda kullanılan takviye malzemeleri; tanecik takviyeli kompozitler, lif takviyeli kompozitler, tabakalı kompozitler olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

Lif takviyeli kompozitler:

- Sürekli lif takviyeli,
- Kesikli lif takviyeli,
- Rastgele düzlemsel olarak alt gruplara ayrılmaktadır.

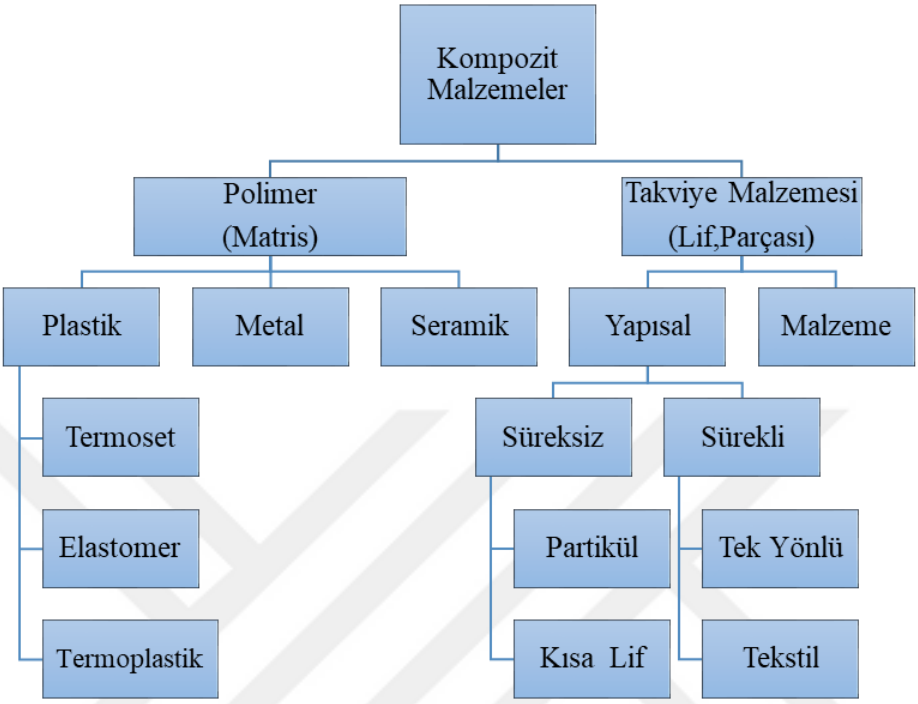
Kompozit malzemeler matris (ana) malzeme ile katkı malzemelerinden meydana gelmektedir. Çoğunlukla takviye malzemesi taşıyıcı, matris faz ise onu bir arada tutmaya ve destekleme işlevini görür. Matrisin görevi yapıyı bir arada tutmak, çevresel etkilerden korumak ve yükü eşit dağıtma görevini yerine getirmektir.

Bir matris malzemesi başlangıçta düşük viskoziteli bir yapıda iken daha sonra katkı malzemelerini sağlam ve uygun bir şekilde çevreleyebilecek katı forma kolaylıkla geçebilme özelliğine sahip olmalıdır.

Kompozit yapıların;

- Yüksek Dayanım
- Hafiflik
- Tasarım esnekliği
- Boyutsal stabilite
- Elektrik yalıtkanlığı
- Korozyon dayanımı
- Kalıplama kolaylığı
- Renklendirilebilme
- Şeffaflık özelliği
- Isı Dayanımı
- İmalat işlemlerine uygunluk gibi birçok avantajı bulunmaktadır [3].

Kompozit malzemelerin en genel haliyle şematize edilmiş hali Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Kompozit Malzeme Genel Yapı Şeması [4]

Selülozik esaslı doğal lif takviyeli kompozit malzemelerin genellikle kalıplama yöntemi ile üretimi gerçekleştirilmektedir. Takviye elemanı olarak selülozik esaslı kesikli lif halinde veya yüzey haline getirilerek kullanılır. Kesikli lifler kalıp içerisine tek yönü ya da dağınık halde, yüzey haline getirilmiş malzemeler ise belirli katlar halinde yerleştirilerek üretim gerçekleştirilir. Kalıpla işlemde uygulaması yapılacak malzemeler yapısına, türüne ve ekonomik durumuna göre farklılık göstermektedir. Selülozik takviyeli kompozit malzemelerde çoğunlukla polimer plastik (polipropilen, polietilen vb.) kullanılmaktadır [5,6].

Kompozit malzemelerin kalıplama yöntemi ile üretim tekniğinde çoğunlukla iki kalıp kullanılarak belirli basınç ve sıcaklıkta işlem gerçekleştirilmektedir.
Kalıplardan birisine polimer matris malzeme ve takviye malzemesi yerleştirilerek ikinci kalıp ile polimer yapıların takviye malzemesi ile birleştirilmesi işlemi gerçekleştirilir.
Bu kalıplama tekniği ile özellikle otomobil, havacılık ve uzay sanayi parçalarının üretimi yapılmaktadır.

1.2.1. Polimer (Matris) Malzemeler Hakkında Genel Bilgiler

Polimer plastik malzemeler monomerlerin zincirler halinde bir araya gelerek oluşturdukları yapılardır.

Monomerler polimerizasyon yoluyla diğer monomer molekülleri ile birleşerek uzun zincirli makro molekül meydana getirirler.
Polimer malzemelerin;

- Genellikle plastikler gibi fazladan bir işleme gerek duymadan karmaşık geometriler ile kalıplanabilme özelliğine sahip olması,
- Metaller ve seramiklere göre düşük yoğunluğa sahip olması ve dayanımının yüksek olması,
- Yüksek bozunma direnci ile düşük ısı ve iletkenlik göstermesi,
- Metallere göre daha düşük sıcaklıklarda çalışılabilmesi,
- Işığı yansıtabilme özellikleri ile bazı alanlarda cam lifine veya malzemesine alternatifi olarak kullanılabilmesi genel avantajlarıdır.

Polimer malzemeler birçok avantajının yanında metaller ve seramiklere göre daha düşük dayanım, düşük elastikiyet modülü, servis sıcaklığının düşük olması gibi dez avantajlara sahiptir [2]. Kompozit malzemelerde kullanılan plastik matris olarak termoplastikler, termosetler, elastomerler şeklinde 3 gruba ayrılır. Termoplastik malzemeler oda sıcaklığında katı haldedir. Molekülleri oluşturan zincirler arasında Van der Walls bağları vardır. Isıtılarak yumuşarlar, sıcaklık arttıkça viskozitesi azalır. Bu özelliklerinden dolayı kolay şekil verilebilirler ve maliyetleri düşüktür.

Termoplastik (polietilen, polipropilen), termoset (epoksi, poliester reçine vb.) kompozit malzemelerin otomotiv endüstrisi, paketleme gibi geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır [7,10].

Termoplastik malzemeler mevcut yapısında bulunan zayıf bağlar nedeni ile birçok kez eritilebilme ve soğuduktan sonra eski formunu alabilmesinin yanında yüksek mekanik özelliklere sahiptirler. Termoset malzemeler ise ısıtıldıklarında sertleşen ve tekrar eski haline gelemeyen ve sıvı formda viskoziteleri yüksek malzemelerdir.

Termoplastik malzemelerin ara yüzey bağları termosetlere göre daha kısıtlıdır ve ticari olarak asetal, akrilik, poliamid, poliester, polietilen, polipropilen, polivinil klorür vb. kullanılmaktadır. Ticari olarak kullanılan termoplastiklerin genel özellikleri Tablo 1.1'de aşağıda verilmiştir.

Tablo 1.1. Ticari Termoplastiklerin Özellikleri [11]

Malzeme Özellikleri	Polietilen	Polipropilen	Politetraken	Poliamid 6.6
Yoğunluk (g/cm^3)	0,95	0.90	0.92	1.14
Elastiklik Modülü (MPa)	1000	1400	22	700
Çekme Dayanımı (MPa)	30	35	14-34	70
Çekme Uzaması (%)	10-1200	10-500	100-650	300
Isıl Genleşme Katsayısı	60-110	80-100	100-220	70-120

Kompozit yapılar endüstrinin havacılık, otomotiv, inşaat gibi birçok alanında kullanılmaktadır. Bu yapıların üretiminde mekanik olarak yüksek performans gösteren karbon lifi, cam lifi ya da polietilen ve aramid gibi yapay lifler öncelikli kullanıma sahiptir. Kullanılan bu malzemelerin kullanılması çevresel birçok probleme neden olmaktadır. Kompozit yapıyı meydana getiren polimer matris ve takviye elemanı arasında kuvvetli bir bağ etkileşiminin gerçekleşmesi ve yapıyı meydana getiren bileşenlerin birbirlerinden ayrılmasında ve geri dönüştürülmesinde meydana gelen sıkıntılar kompozitlerin en büyük problemlerindendir [12].

Bu problemlerin giderilmesi ve çevre ile uyumlu malzemelere oluşan ihtiyaçtan dolayı polimer malzemelere takviye elemanı olarak kullanılmak üzere selülozik esaslı jüt, keten, kenevir, rami, sisal gibi doğal malzemelere olan ilgi artmaktadır.

Bu nedenle başlıca selülozik esaslı jüt, keten, kenevirden elde edilen lif takviyeli kompozit malzemelerin üretim yöntemleri, son özellikleri [13-14] ile kompozit yapı içerisindeki bileşenlerin tutumu ile değişen oranlarda ilave edilen selülozik esaslı takviye elemanın kompozit yapıya etkisi üzerine çalışmalar artmaktadır [15,16,17] .

Selülozik esaslı takviye elemanı kullanılarak üretilen kompozit üretiminde üretim tekniği, selülozik esaslı yapıların formu (lif ya da yüzey halinde), polimer yapıların özelliklerini belirlemektedir.

1.2.2. Kompozit Yapılara İlave Edilen Takviye Malzemeleri

Selülozik esaslı bitkisel lif katkılı kompozit malzeme üretiminde sak (gövde) lifleri ile meyve ve yaprak lifleri tercih edilmektedir.

Takviye elemanı olarak kullanılan selülozik esaslı liflerin biyobozunur olması, doğada mevcut şartlarda parçalanabilmesi ve geri dönüşüm imkânı ile sürdürülebilir özelliklerinin olması, yoğunluklarının düşüklüğü, mukavemetlerinin yüksekliği ile birlikte doğal malzemelerin yenilenebilir olması nedeni ile çevresel problemi olmayan malzemeler kullanılmaktadır [18].

Yapay liflerin üstün mekanik özelliklerine rağmen keten [19,20,21], kenevir [22], jüt [23,24] ve Hindistan cevizi [25,26] benzeri selülozik esaslı liflerin sürdürülebilir ve yenilenebilir özellikleri sebebi ile otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır. Fakat selülozik liflerin su emici özellikleri ve düşük işlem sıcaklığı kullanımını kısıtlamaktadır.

Genellikle takviye elemanı olarak kullanılan karbon, cam, aramid lifleri vb. istenilen formlarda kullanılabilirken selülozik esaslı bitkisel lifler üretim yeri ve iklim gibi birçok etmene bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Hill ve diğ. (2000) yaptığı çalışmada selülozik lif takviyeli yüksek yoğunluklu kompozit malzemelerin mekanik davranışını inceleyerek söz konusu takviyenin çekme (gerilme) ve eğilme dayanımını artırdığını belirlemiştir[26].

1.2.2.1. Selüloz Esaslı Yeşil Kompozit Malzemeler

Yeşil kompozit malzemeler yenilenebilir kaynaklardan türetilmiştir.
Dünyadaki petrol kaynaklarının azalması nedeni ile çevre ile uyumlu bu malzemelere olan ilgi artmaktadır. Avrupa Birliği çerçevesinde otomotiv endüstrisinde daha sürdürülebilir, maliyeti uygun, malzemeler ilgi görmektedir [27] .

Günümüzde aktif olarak kullanılan araçların karbon emisyonları, dünya genelinde meydana delen hava kirliliğinin % 23'ünü oluşturmaktadır. Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit malzeme kullanımı ile toplam araç ağırlığı %10 azalarak yakıt tüketimini dolaysıyla çevreye salınan karbon emisyon miktarı azalmaktadır.

Kopp ve diğ.(2009) araba ağırlığındaki 100 kg'lık kütle azalması, 0.3-0.5 dm^3 / 100 km yakıt tüketimi azalmasına ve 7.5 ila 12.5 g / km karbondioksit emisyonu azalması sağladığını belirlemişlerdir [28].

Her yıl kullanım ömrünü sonlandırmış araç atığı miktarı yaklaşık olarak 8-9 milyon tonu bulmaktadır. Kullanım ömrü biten parçaların %65-70'ini geri dönüşümde kullanmak ya da çevresel şartlarda doğaya zarar vermeden kaybolasını sağlamak geleceğimiz için önem arz etmektedir [29].

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozitler ile üretimi gerçekleştirilen otomotivler sadece çevreye değil aynı zamanda üreticiye ve tüketiciye de fayda sağlayacaktır.

Yeşil Kompozit Malzemeler

Son yıllarda yenilenebilir malzemelerden yapılan lif takviyeli kompozit yapılar otomotiv endüstrisinde iç ve dış gövde parçalarında kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca gösterge panolarında, kapı panellerinde, kol raflarında, koltuk minderlerinde, sırtlıklarda ve kabin kaplamalarında döşeme parçaları olarak kullanılmaktadır. Cam lifi takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin yerini jüt, keten, kenevir, sisal ve rami gibi selülozik esaslı doğal lifler almaya başlamıştır [30,31,32]. Yeşil kompozitlerin daha yoğun kullanılabilmesi için uygun maliyet ve rekabetçi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Otomotiv üreticileri gelişmiş bir kompozitin otomotiv gövdesinde kullanılması halinde alüminyum bir gövdeye göre % 40-55 ve çeliğe göre ise % 50-67 oranında hafifleme sağladığını belirtmektedir [33] .

Önümüzdeki yıllarda elektrikli araçların yaygınlaşması ile araç ağırlığının hafifletilmesi önem kazanacaktır. Maliyeti yüksek cam, aramid veya karbon elyaf kullanımını azaltılması ve aynı zamanda selülozik esaslı liflerin sağladığı düşük yoğunluk ve maliyetten yararlanılması otomobilin gövdesini önemli ölçüde hafifletecektir [34].

Yeşil kompozit malzemelerin başlangıcı Audi'nin A2 orta kademe aracını piyasaya sürdüğü 2000'li yıllara dayanmaktadır. Firma, Kapı panellerini keten / sisal lifi takviyeli poliüretandan kompozit malzemelerden üretmiştir [35].

Toyota firması RAUM 2003 yedek lastik kapağındaki modelinde selülozik esaslı kenaf lif takviyeli PLA (polilaktikasit) ile kompozit yapı kullanmıştır. Mitsubishi, bitki esaslı polibütilen süksinat içerisine bambu lif takviye edilerek kompozit malzeme üreterek araçlarında kullanmıştır. Toyota, 2008 yılında RAV4 modellerinde soya lifi esaslı koltuk köpükler kullanmıştır. Ford 2010 yılında Flex crossover aracında bir depolama kutusu ve iç kapak için buğday sapı takviyeli kompozit malzemeler kullanmıştır. Yapılan uygulamalara bakıldığında otomotiv sektöründe kompozit malzemelerde selülozik esaslı lif takviyesi olarak kenaf, kenevir, keten jüt, rami gibi bitkisel lifler olarak kullanılmıştır. Otomotiv uygulamalarında selülozik esaslı jüt lifinin takviye olarak tercihi ağır kazanmaktadır. Jüt lifi dünya genelinde çok fazla bulunması, ulaşım kolaylığı, uygun maliyet şartları nedeni ile tercih edilmektedir. 2007-2009 yılları arasında 3000 ton üretim ile keten ve kenevir üretimini aşmıştır [33, 36].

Selülozik Esaslı Bitkisel Lif Takviyeleri

Doğal lifler genellikle bitkisel veya hayvansal olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Bitkisel lifler temel olarak selülozdan oluşur; hayvansal lifler ise proteinlerden oluşur [6]. Bitkisel lifler kompozit uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Doğal liflerin hücre yapıları göreceli olarak karmaşıktır ve her lif bir lignin ve hemiselüloz matrisine gömülü selüloz mikro-ipliklerinden oluşan bir bileşiktir [37].
Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapılar üretiminde tohum (pamuk), sak (jüt, keten, kenevir, rami, kenaf), yaprak lifi (sisal, muz), meyve lifi (Hindistan cevizi) takviye malzemesi olarak tercih edilmektedir.

Selülozik esaslı lif yapısında molekül zincirinde birbirine yönlenmiş düzenli kristalin alan ile düzensiz karmaşık amorf alanlar mevcuttur.
Amorf alanlar life etki edilebilen yumuşak, bükülebilen bölgelerdir. Amorf yapı lignin ve hemiselüloz matris içeresinde mikrofibriller mevcuttur. Selülozik esaslı lifler, lif boyunca uzanan fibrillerden oluşmaktadır. Lifin kimyasal yapısında bulunan hidrojen köprüleri ve diğer bağlar life mukavemet ve sertlik özelliği sağlamaktadır. Mikrofibriller, lignin, hemiselüloz polimer matris içerisinde takviye elemanı olarak yer almaktadır. Aslında selülozik lifleri mevcut yapılarında kompozit karakter taşımaktadır. Tablo 1.2'de selülozik esaslı liflerin kimyasal yapısı gösterilmiştir.

Selülozik esaslı liflerin yapısını oluşturan selüloz, hemiselüloz ve lignin önemli bileşenlerdir. Yapısında bulunan her bir bileşen lifin karakterini belirlemektedir.

Tablo 1.2. Doğal Liflerin Kimyasal Bileşenleri [38,39]

Lif Türü	Selüloz (%)	Lignin (%)	Hemiselüloz (%)	Pektin (%)
Jüt	61-71.5	12-13	13.6-20.4	0.2
Keten	71	2.2	18.6-20.6	2.3
Kenevir	70.2-74.4	3.7-5.7	17.9-22.4	0.9
Rami	68.6-76.2	0.6-0.7	13.1-16.7	1.9
Kenaf	31-39	15-19	21.5	2
Sisal	67-78	8-11	10-14.2	10
Hindistan Cevizi	36-43	41-45	0.15-0.25	3-4
Pamuk	82-96	0.5-1	2-6	5-7
Abaca	61-64	12	21	0.8
Ananas Yaprağı	80-81	4.6-12	16-19	2-3

Selülozik esaslı liflerin kimyasal yapısının çoğunluğunu selüloz oluşturmaktadır. Genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakrittir. Selüloz makro molekülleri (n tane) β-D glikoz yapıtaşının 1. ve 4. karbon atomları üzerinden oksijen köprülerinin birbirine bağlanması ile meydana gelmiştir. Glikoz yapıtaşında 3 adet hidroksil grubu olması sebebiyle makro moleküller lif içerisinde tek başlarına hidrojen köprüleri ile bağlanmaktadır [38].

Su itici özelliğe sahip plastiklere hidroksil gruplarının su emici özellik sağladığı selülozik esaslı malzemeler takviye elemanı olarak kullanıldığında lif ve matris ara yüzeyinde nem emme dayanımında düşüş meydana gelmektedir. Makrofibrillerden oluşan selülozik esaslı liflerde, selüloz fibrillerine kuvvetli hidrojen köprüleri ile bağlı olan hemiselüloz, düşük molekül ağırlığında ve amorf yapıdadır. Selüloz yapısında bulunan hidroksil ve asetilen grupları sebebiyle suda çözülebilmektedir. Hemiselüloz ise lifin nem çekmesini, biyobozunurluluğunu ve termal özelliklerini belirlemektedir. Lignin selülozik lif bileşenlerinden en az su emme özelliğine sahip kısmıdır [39]. Lignin 'in UV dayanımı ile hemiselülozun termal direnci düşüktür [8] .

Pektin selülozik esaslı sak (gövde) liflerinde lif hücrelerini birbirine bağlar. Liflerin mekanik özelliklerini morfolojik yapıları, kristalin ve amorf alan oranı vb. etkenler etkilemektedir.

Kompozit yapılarda matris malzemeler, takviye lifleri arasındaki geçişi sağlamakta ve lifleri dış etkenlere karşı muhafaza etmektedir. Çevreden gelebilecek ısı, nem vb. farklı etkenlere karşı ilk temasın matris malzemelere olmasından dolayı matris malzemeler ana yapıyı belirleyici malzemelerdir. Liften istenen özellikleri kompozit yapıda görülebilmesi için polimer matris seçimi önemlidir. Polimer seçiminde diğer etken ise selülozik karakterli liflerin maliyeti, işlenebilirliği ve sürdürülebilirliği, nem ve su çekme özelliğidir [8,41] .

Selülozik esaslı lifler ile biopolimerlerden kompozit yapılar üretilebilmektedir. Çoğunlukla selüloz asetat, nişasta karışımı, polilaktisasit, polivinilalkol gibi polimerler kullanılmaktadır [42, 43]. Tablo 1.3'te selülozik esaslı liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Selülozik Esaslı Liflerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri [38,39]

Lif	Yoğunluk (gr/cm^3)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)	Çekme Uzaması	Çap (µm)	Fibriler açı	Polimerizasyon derecesi	Nem içeriği
Pamuk	1,5-1,6	5,5-12,6	287-800	7,0-8,0	11,5-17,0	$20\text{-}30^o$	2020-4700	8,5
Jüt	1,3-1,45	13-26,5	393-773	1,16-1,5	15,9-20,7	$8,0^o$	1920-4700	12,6
Keten	1,50	27,6	345-1100	2,7-3,2	17,8-21,6	10,0	2190-4700	10,0
Kenevir	1,48	70	690	1,6	17,0-22,8	$6,2^o$	2200-4800	10,8
Rami	1,50	61,4-128	400-938	1,2-3,8	28,1-35,0	$7,5^o$	2660-5800	8,0
Sisal	1,45	9,4-22,0	468-640	3-7	18,3-23,7	$20,0^o$	2160	11,0
Hindistan Cevizi	1,15	4-6	131-175	15-40	16,2-19,5	$39\text{-}49^o$	–	8,0
Ananas Yaprağı	1,52-1,56	34,5-82,51	413-1627	1,6	20-80	14	–	11,8

1.2.2.2. Jüt Lifi Hakkında Genel Bilgiler

Jüt lifi; Güney Asya'da yetişen, Corchorus, Tiliaceae familyası cinsine ait olan jüt bitkisinin sapından çıkarılarak elde edilmektedir. Sadece iki tür Corchorus, C. capsularis L. ve C. olitorius L. olarak 2 tür yetiştirilmektedir.

Corchorus capsularis beyaz jüt, Corchorus olitorius tossa jüt olarak bilinir. Olitorius ve capsularis jütleri çok benzer kimyasal bileşimlere sahiptir [44, 45]. Jüt bitkilerinin boyu yaklaşık 2,5 ila 3,5 metreye ulaşmaktadır. Jüt üreten başlıca ülkeler Bangladeş, Hindistan, Çin ve Tayland'dır. Bangladeş, dünyadaki ham jüt ihracatının% 90'ından fazlasını sağlamaktadır. Jüt; kullanım, küresel tüketim, üretim ve bulunabilirlik açısından pamuktan sonra en önemli ikinci bitki lifi olma özelliğini taşımaktadır. Doğal liflerin en ucuz ve en güçlülerinden biridir[43].

Jüt lifi geleneksel olarak, çuval, kendir bezi, halı ve sicim, ip ve kordon imalatında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra otomotiv, inşaat ve ambalaj endüstrisinde takviye edici bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Jüt lifi yenilenebilir ve ucuzdur [9,45-47].

Jüt Lifinin Kimyasal Yapısı:

- Selüloz (% 61-71),
- Hemiselülozlar (% 13.6–20.4),
- Lignin (% 12–13),
- Kül (% 0.5-2),
- Pektin (~% 0,2),
- Balmumu (~% 0,5),
- Nem (~12,6%) [11].

Bir lifin farklı yapısal bileşenleri lifin özelliklerini belirlemektedir. Yüksek selüloz içeriği ve düşük mikrofibril açısı, bir polimer matrisinde takviye olarak kullanılacak bir lifin istenilen edilen özellikleridir. Jüt lifinin yüksek selüloz içeriği ve düşük mikrofibril açısına (~8.0 °) sahip olması ilave katkı sağlamaktadır [46].

Selülozun kristalin kısmı, güçlü alkalilere ve oksitleyici maddelere karşı (ağırlıkça% 17.5) dayanıklı iken asitlere karşı dayanıksızdır.

Selülozik sertlik, yüksek çekme (gerilme) ve eğilme dayanımı sağlar ve bu fibriller, lif eksenine göre bir mikrofibriler açısı oluşturan mikrofibrillerden oluşur. Mikrofibriller açısı, kompozitin mekanik özelliklerini düzenleyen liflerin sertliğini belirler. Düşük mikrofibril açısı life sertlik, esneklik ve mekanik dayanım kazandırır. Mikrofibriler açının değeri bir fiberden diğerine değişir[45,48] .Selülozdaki çok sayıda hidroksil grubu içeriği, hidrofobik polimer matrislerle zayıf uyumluluğundan ve ayrıca boyutsal dengesizliğinden dolayı jüt lifi hidrofilik bir karakter verir. Bununla birlikte, bu hidroksil grupları, lifleri farklı yüzey değiştiricilere karşı daha reaktif kılar. Jüt lifinin takviye edici özelliği, selülozun doğası ve kristalliği ile ilgilidir. Hemiselüloz çok hidrofiliktir, alkalide çözünür ve asitlerde kolayca hidrolize olur [45, 49]. Selülozun yapısındaki lignin amorf ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Oksidasyona karşı çok hassastır ve kolayca yoğuşma reaksiyonlarına girer. Lignin ultraviyole (UV) bozulmaları bu yapı nedeni ile meydana gelmektedir. Ayrıca mikrobiyal bozulmaya direnç gösterdiği de bilinmektedir [45,49].

Jüt lifinin özellikleri, diğer bitki liflerinde olduğu gibi esas olarak bitkinin yapısına, yetiştirildiği yere, bitkinin yaşına ve kullanılan ekstraksiyon yöntemlerine bağlıdır.
Bireysel lif özellikleri ile birlikte lif en boy oranı, liflerin hacim oranı ve liflerin oryantasyonu, lif takviyeli bir kompozitin tasarımında dikkate alınmalıdır [43]. En boy oranına sahip jüt gibi lifler, geniş bir yüzey / hacim oranına sahiptir.

Jüt lifinin geniş yapıştırma yüzeyi alanı, matris malzemesi ile temas ve yapıştırma için daha büyük bir fırsat, elyaf bileşenine daha fazla gerilme aktarımı ve sonuç olarak daha büyük bir bileşik dayanımı sağlar. Jüt lifi düşük yoğunluğa sahiptir ve cam, karbon ve aramid elyaflarına kıyasla hafiftir. Anahtar özellikler yüksek özgül dayanım ve sertliği içerir.

Jüt lifinin mekanik özellikleri;

- Yoğunluk 1.3-1.46 g.cm^3),
- Uzama % 1.5-1.8,
- Çekme dayanımı 393-800 MPa,
- Young modülü 10-30 GPa,
- Spesifik çekme dayanımı 302-477 MPa / g.cm $^{-3}$ şeklindedir.
- Spesifik Young modülü 8-20.5 GPa / g.cm^{-3}) [45, 50, 51]

Lif yapısında bulunan lignoselüloz oranı lifin özelliklerini belirlemektedir. Hücre çeperi hidrojen bağı yoluyla nemi çeken hidroksil ve diğer oksijen içeren gruplar içerdiği için değişen nem içeriği ile boyutsal değişim göstermektedir.

Selüloz polimeri, oksidasyon, hidroliz ve dehidrasyon reaksiyonları yoluyla bozulmaya uğradığından jüt lifi biyolojik olarak organizmalar tarafından parçalanabilir. Çevresel şartlarda ultraviyole ışığına maruziyet sonucunda jüt lifi yapısında fotokimyasal bozunma meydana gelmektedir. Uzun süreli maruziyetler sonucunda kompozit yapıların renginde değişmeler meydan gelmektedir. Bu da yapıların görünümünü ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir [52,53,53]. Bu nedenle, polimer matrislerde takviye olarak jüt lifi kullanımının dezavantajları vardır. Lifte hidroksil ve diğer oksijen içeren grupların bulunması nedeniyle, jüt lifleri polar ve hidrofiliktir. Polimer matrisler çoğunlukla polar olmayan termoplastiklerdir. Bu lif ve matris fazları arasında zayıf dağılma ve ara yüz yapışma ile sonuçlanır ki jüt lifi takviyeli kompozitlerin büyük bir dezavantajıdır. Yüksek nem çekme özelliği, zayıf mekanik özelliklere neden olup kompozitlerin boyutsal stabilitesini azaltabilmektedir.

Jüt lifi, daha yüksek işlem sıcaklıklarında (250 °C'nin üzerinde) bozulmaya karşı hassastır, bu da matris seçimini kısıtlar. Aynı elyaf içerisindeki özelliklerde meydana gelen farklılıklar, aynı şekilde homojen özelliklere sahip kompozitlerin üretilmesinde problemler meydana getirmektedir. Yükün birincisinden diğerine aktarılması için gerekli olan matris ve takviye fazları arasındaki güçlü ara yüzey yapışması, jüt liflerinin yüzey modifikasyonu gerektirir. Yüzeyinin modifikasyonu ile ıslanma, yapışma, yüzey gerilimi ve liflerin gözenekli ligi gibi yüzey özellikleri iyileştirilebilir. Lif yüzeyindeki düzensizlikler, ara yüzdeki mekanik kilitlemede önemli bir rol oynar. Ara yüzey özellikleri, ara yüzeydeki fiziksel ve kimyasal etkileşimlerdeki değişikliklere yol açan bileşenlerde uygun değişiklikler yapılarak iyileştirilebilir. Farklı yüzey modifikasyonları ile jüt lifi katkılı kompozitlerde lif dayanımı ve elyaf / matris uyumunu iyileştirmede birçok başarılı yöntem geliştirilmiştir.

Taj ve diğ. (2007) jüt ipliklerine alkali (%5 NaOH) ile ön işlem uygulamışlar farklı yoğunluklarda UV radyasyonu altında 3- (trimetoksisilil) propilmetakrilat (silan) ve akrilamid (AA) gibi iki tip monomer muamele yapmışlardır.

Alkali ile muamele edilmiş silan ve AA ile aşılanmış jüt ipliğinin, işlem görmemiş liflerden daha iyi mekanik özellik gösterdiğini tespit etmişlerdir [39].

Khan ve diğ. (2004) Alkali ile 6 ve 8 saat boyunca muamele edilen liflerin kristalliğinin artması ile nem kaybını düşürdüğü sonucuna ulaşılmışlardır [54].

1.2.2.3. Selüloz Esaslı Malzemelere Uygulanan Yüzey İşlemleri Hakkında Genel Bilgi

Kompozit yapılarda polimer matris malzeme ile takviye elemanı arasındaki etkileşimden dolayı ara yüzey meydana gelmektedir. Ara yüzeyde meydana gelen bağ etkileşimi kompozit yapıların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir.

Selülozik esaslı liflerde hidrojen bağları termoplastik yapı içeresinde homojen bir şekil de dağılmasını engellemektedir.
Bu yüzden selülozik esaslı lifleri takviye materyali olarak kullanmadan önce kimyasal yüzey işlemleri uygulamak gerekmektedir. Polimer matris malzeme ile takviye olarak kullanılan selülozik esaslı malzemelere kimyasal yüzey işlemleri uygulanarak liflerin orantısal olarak yapı içerisine daha düzenli bir şekilde yerleşmesi sağlanmaktadır. Stearik asit, mineral yağlar ya da maleikanhidrit asit aşılanan etilen gibi bağlayıcı maddeler kullanılarak lifler arasındaki etkileşimi düşürerek lif dağılımı dengelenebilmektedir [53].

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozitlerde lif ile matris arasındaki meydana gelen zayıf ara yüzey bağlarını güçlendirmek için birçok kimyasal uygulama bulunmaktadır. Bu kimyasalların uygulanmasının amacı lif yüzeyinin pürüzlendirilmesi ile lif ile matris arasında kuvvetli bir bağ oluşturularak kompozit yapıların dayanımı artırılabilmektedir. Selülozik liflere alkali (NaOH), silan, isosiyanat, titanat, stearik asit gibi kimyasallarla yüzey iyileştirme işlemleri uygulanmaktadır. Çoğunlukla yüzey modifikasyonlarında alkalin ve silan tercih edilmektedir.

Alkali işlemi farklı konsantrasyonlarda sodyum hidroksit (NaOH) ile farklı sıcaklık veya sürede muamele ederek gerçekleştirilmektedir. Selülozik lifler yapısında bulunan hidroksil gruplar sebebiyle polar özelliğe sahiptir. Lignin, pektin ve vaks vb. saf olmayan yapılar ile hidroksil grupları lif ile matris ara yüzeyindeki bağları olumsuz etkilemektedir.

Bu yapıları lif üzerinden uzaklaştırmak için farklı konsantrasyonlarda alkalin ile muamele uygulanmaktadır. Bu şekilde lif ve matris arasındaki bağ kuvvetlenerek kompozit yapıların mekanik dayanımı geliştirilmektedir[54]. Ayrıca alkali ile muamele selüloz fibrillerini etkileyerek selülozun polimer derecesini düşürmekte ve lif yapısından ayrılan lignin ve hemiselüloz miktarını doğrudan belirlemektedir[39]. Van de Weyenberg ve diğ.(2003) selülozik esaslı takviye elemanı keten lifinin alkalin ile muamele sonucunda kompozit yapıların çekme dayanımı ve modülünün %30 oranında arttığı, ayrıca pektin maddesinide uzaklaştırdığı sonucuna ulaşılmışlardır [21].

Liu ve diğ.(2007) araştırmalarında selülozik jüt liflerine yapılan alkalin uygulamasından sonra lif yüzeyinin pürüzlendiğini ve jüt lifi ile polipropilen ara yüzeyini geliştirdiğini belirlemişlerdir[24].

Seki ve diğ. (2009) yaptığı çalışmada %5 konsantrasyondaki alkalin ile jüt lifine muamele etmişler ve jüt lifi takviyeli epoksi ile poliester kompozitlerin mekanik dayanımlarının arttığı sonucuna ulaşmıştır [55].

Mishra ve diğ. (2003) selülozik esaslı sisal lif takviyeli kompozit malzemede sisal lifine farklı oranlarda alkalin işleminde uygulamıştır. Bunun sonucunda %5'lik alkalin (NaOH) çözeltisi ile yaptığı yüzey işlemi, %10'luk NaOH çözeltisi ile yapılan yüzey işlemine göre kompozit yapıların çekme dayanımını artırdığını belirlemiştir[56].

Yüzey modifikasyon yöntemlerinden alkalin ile muamele işleminde çözelti konsantrasyonu işlem süresi ve sıcaklığına göre değişkenlik göstermektedir. Fazla oranda alkalin ile muamele işleminde lif yapısında bulunan ligninin fazla uzaklaştırılması ile liflerin zayıflatılmasına neden olabilmektedir. Selülozik esaslı liflere alkalin (NaOH) ile uygulama işlemlerinde uygun çözelti konsatrasyonu, işlem süresi, sıcaklığı belirlenerek liflerin zarar görmeyeceği şekilde muamele edilmesi gerekmektedir.

Kompozit malzemelerde lif ve matris arasındaki uyum yapıların fiziksel ve kimyasal özelliklerine doğrudan etkilediği için lif ve matris arasındaki uyumu artırmak çok önemlidir. Bu uyumu artırmak lif yüzeyinde ki zayıf katmanlar uzaklaştırarak lif ve matris arasında çapraz bağlı ara yüzeyler meydana getirir [41, 50].

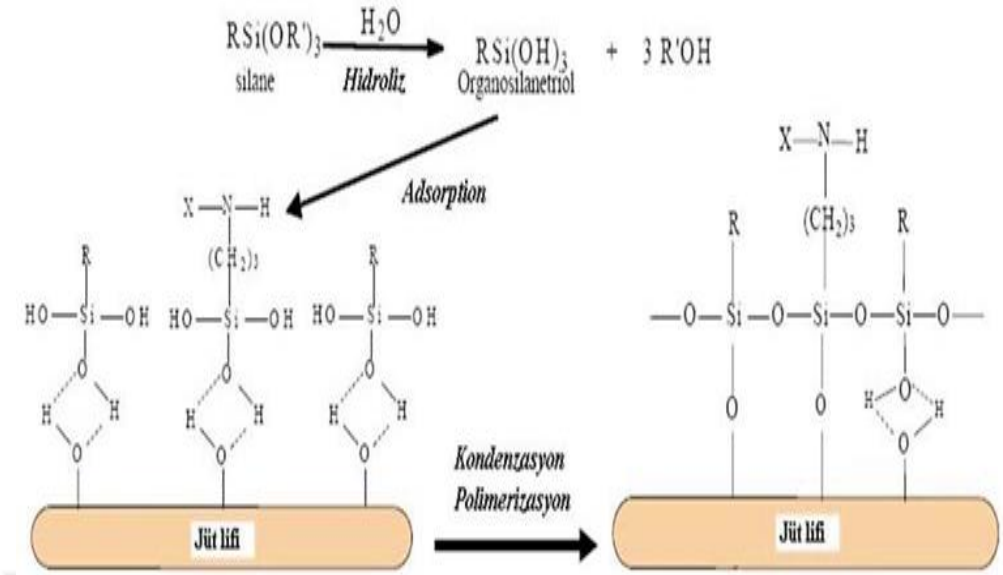
Lif ve matris arasındaki etkileşimde selülozun OH grupları ve matris polimerin fonksiyonel grupları etkilidir. Silan, isosiyanat vb. bağlayıcı maddeler kullanılarak kompozit yapıların dayanımı ve sertliği artırılabilmektedir[57].

Yüzey modifikasyonu ve ara yüzey iyileştirme malzemesi olarak kullanılan silan lif yüzeyi ve polimer ile etkileşime giren ve kimyasal yapısı X_3Si-R şeklinde ara yüzey bağlayıcı bir malzemedir. Çoğunlukla R grubu matrisi, X grubunda çözelti içerisinde hidrolize uğrayarak silanol grupları meydana getirir ve selüloz yüzeyindeki hidroksil grupları ile reaksiyona girmesini sağlar. X gruplarının selülozun yüzeyindeki OH grupları ve silan arasında reaksiyonu sağlayacak şekilde hidrolize olması gerekmektedir. Modifiye edilen lifler silanol ve OH grupları arasında tersinir bir kondanzasyon oluşturarak selüloz yüzeyinde polisiloksan katmanı meydana getirmektedir. Silan kaplaması ile lif yüzeyindeki R grupları matristeki fonksiyonel gruplar ile tepkimeye girerek kovalent bağ meydana getirir. Bu bağ sayesinde selüloz ve polimer arasındaki etkileşim artarak, kompozit yapıların mekanik özellikleri geliştirilir[56,59] .

Agrawal ve diğ. (2000) selülozik esaslı kenevir ve palmiye liflerinin yüzeyini geliştirmek için %0,033 konsantrasyonda silan sulu çözeltisi ve %1 konsantrasyonda silan etanol çözeltisi ile muamele etmişlerdir. İşlem sonrasında yapılan analizlerde silan ile yapılan yüzey iyileştirme işleminin mekanik özelliklerinde iyileşme meydana getirdiğini tespit etmişlerdir[58].

Park. ve diğ. (2008) selülozik esaslı jüt lifi takviyeli polipropilen kompozitlerin ara-yüzeysel kayma gerilimi analizine göre silan ile yapılan muamelenin ara yüzey dayanımını geliştirdiğini belirlemişlerdir[59].

Sever ve diğ. (2010) selülozik esaslı jüt kumaşa farklı oranlarda silan ile yüzey modifikasyonu uygulanmıştır. Yapılan uygulamaların sonucuna göre % 0,3 oranındaki silan uygulanmış lifler ile takviye edilmiş kompozit yapıların en iyi mekanik özellik gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır [60]. Şekil 1.2'de selülozik esaslı jüt lifi ile silan bileşiği etkileşimi gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Selülozik Esaslı Jüt Lifi İle Silan Etkileşimi[54]

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapıların mekanik özelliklerini silan vb. maddelerin mikro yapıları etkilemektedir[44]. Silanın yapısı, asitlik derecesi, kurutma koşulları ve lif yüzeyinin sahip olduğu kimyasal bileşimi bu etkilerdendir.

1.3. Önceki Çalışmalar

Geçtiğimiz son yirmi yılda doğal lif ve biyo reçine esaslı kompozitlere farklı alanlarda ilgi artmaktadır. Doğal çevrenin korunması ve otomotiv endüstrisinden kaynaklanan kirliliğin azaltılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır [31]. Üretim ve tüketimde ise, dayanıklılık, güvenlik ve maliyet, malzeme seçimi hala temel unsurları oluşturmaktadır. Bu nedenle kullanılan malzemelerin maliyet, performans ve çevresel özellikler arasında optimal bir denge sağlandığında katma değeri yüksek ürünler elde edilebilmektedir [30].

Otomotivde biyo-kompozitlerin ticarileştirilmesine doğru yapılan ilk üretimler; araç içi ahşap kaplamalar, koltuk dolguları, koltuk başlıkları, başlıklar, paket tepsileri, gösterge panolarında gerçekleştirilmiştir [61]. Bu alanda devam eden araştırma ve geliştirmelerle kullanım alanı kepçe, koltuk çerçeveleri, yükleme katları, toplama yatakları, döşeme tavaları, aktarma organları ve direksiyon bileşenleri gibi daha yapısal parçalara hızlı bir şekilde genişlemiştir. Araştırmalar, selülozik esaslı lif takviyeli kompozitlerin otomotivin birçok bileşeninde kullanılabileceğini göstermiştir[62] .

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapılarla ilgili çalışmalara bakıldığında sisal, abaca, kenevir, hindistan cevizi, kenaf ve jüt lif takviyeli polipropilen (PP) kompozitler [9] incelendiğinde artan lif hacmi oranı çekme (gerilme) dayanımını (mukavemet) ve elastikiyet modülünü artırdığını belirlemiştir. Yüksek mekanik özellikler istemeyen son kullanım yerlerinde (araç içi paspaslar) söz konusu kompozitler, cam lifi takviyeli malzemelerden daha iyi performans göstermiştir [63].

Panthapulakkal ve diğ. (2007) % 25 kenevir ve % 15 cam lifi takviyeli hibrit PP (polipropilen) kompozitin kenevir takviyeli kompozitlere kıyasla çok daha iyi darbe dayanımına, ısıl özelliklerine sahip olduğunu bulmuşlardır [66].

Wötzel ve diğ. (1999) Otomotiv kompozit parçalarında kullanılabilecek ağırlıkça yaklaşık % 30 lignin içeren bir termoplastik akrilonitril bütadien stiren reçinesi içeren kompozit yapı çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda endüstriyel alanlarda kullanılabilecek lignin üzerinde olağan zararlı etkileri olmayan termoplastik matris yapı geliştirmişlerdir [67].

Birçok önemli otomobil markasından Volkswagen, PSA Peugeot Citro, Ford, Genel Motors, Renault-Nissan, Toyota, Hyundai, Fiat/Chrysler ve KIA araçlarının içyapısında kullanılan selülozik esaslı lif takviyeli kompozit miktarı araç ağırlığının% 15–20'sini oluşturmaktadır [66].

Son yıllarda doğal çevresel şartlarda biyolojik olarak bozuna bilen ve sürdürülebilirliği olan kompozit malzemelere ihtiyaç artmıştır. Bu ihtiyaçları karşılamak amacı ile geri dönüştürülebilen, düşük yoğunluklu, mukavemetli selülozik esaslı malzemelere olan talepler artmıştır.

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapılarda çoğunlukla sak, meyve ile yaprak lifleri tercih edilmektedir. Selülozik esaslı malzemelerin endüstrinin birçok alanında kullanılmakla birlikte otomotiv endüstrisinde kullanımı da artış göstermiştir. Selülozik esaslı lif takviyeli kompozitler ile maliyeti yüksek liflere olan bağımlılık azaltılmış üretim safhası kolaylaşmıştır. Birçok Avrupa birliği ülkesi geri dönüştürülebilir parçaların üretimini zorunlu kılmıştır. Tablo 1.4'te selülozik esaslı lifler ile yapay liflerin belirli özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.4. Selülozik Esaslı Lifler ile Yapay Liflerin Belirli Özellikleri [7–10,69,70]

Lif	Yoğunluk (g/cm3)	Uzama (%)	Çekme Dayanımı (Gpa)	Elastik Modülü (Gpa)
Pamuk	1.5-1.6	7-8	400	5.5-12.6
Jüte	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Keten	1.5	2.7-3.2	500-1500	27.6
Kenevir	1.47	2-4	690	70
Kenaf	1.45	1.6	930	53
Sisal	1.5	2-2.5	400-938	61.4-128
Mısır	1.2	30	593	4-6
E-cam	2.5	0.5	2000-3500	70
S-cam	2.5	2.8	4570	86
Aramid	1.4	3.3-3.7	3000-3150	63-67
Karbon	1.4	1.4-1.8	4000	230-240

1.3.1. Selüloz Esaslı Kompozit Yapılar

Biyo (selülozik) esaslı malzemelerin araç parçalarında kullanımı ilk olarak 1930'larda Ford motor şirketi tarafından düşünülmüştür. Henry Ford finansal olarak çiftçileri güçlendirmek ve pratik araç parçaları için uygun bir yöntem araştırmıştır [69]. T konseptli otomobilinin ortaya çıkmasıyla bu yöntemi kullanımı düşünülmüştür [70]. Soya reçinesiyle güçlendirilmiş kenevir, sisal ve buğday samanı kompozitlerini içeren bir gövde oluşturarak normal bir arabanın ağırlığının üçte ikisi ağırlığına sahip araç üretimini hedeflemiştir. Ford firması 1957'li yıllarda pamuk lifi takviyeli termoset fenolik reçineden araç parçaları [69] ,FIAT firması ise1982 yılında ahşap zeminden kapı panelleri üretmişlerdir[71]. Ancak bu üretimlere rağmen otomotive selülozik esaslı malzeme kullanım artışı fosil kaynakların tükenme oranındaki yükseliş ve endüstrinin gelişmesi ile yirminci yüzyılın sonlarına doğru olmuştur. Endüstrileşmenin çevrede meydana getirdiği tehditler, yakıt verimliliği, maliyetler nedeni ile çevre dostu yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş malzemelere olan ilgi artış göstermiştir.

Bu nedenle 1991'den beri Daimler Benz, bazı otomobil parçalarındaki cam lifi takviyeleri yerine selülozik esaslı malzemelere yönelmiştir. Sao Paulo Brezilya'daki bir projede, ticari araç parçaları için hindistan cevizi liflerinin kullanımı tercih edilmiştir [69].

Selülozik esaslı lif takviyeli plastik malzemeler 1994 yılında Mercedes benzin E sınıfı taşıtlarında içyapı malzemelerinde jüt lifi takviyeli kompozit malzemelerin kullanılmasıyla var olmaya başlamıştır. Şekil1.3'te Mercedes-Benz A-Class Mini'de kullanılan muz lifi-polipropilen kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Mercedes-Benz A-Class Mini'de Kullanılan Muz Lifi-PP Parçaları [69]

Otomotiv sektöründe bir otomobilde yaklaşık 20m^2 lif, dokuma yüzey ya da dokusuz yüzey yapısında takviye edilmiş kompozit malzemeler kullanılmıştır. Taşıtlarda lif takviyeli kompozit kullanımı %30 oranında ağırlığı ve %20 oranında maliyeti düşürmüştür. Koltuk minderleri için kullanılan lateksle bağlanmış hindistan cevizi lifleri kullanımı geleneksel liflere göre daha iyi nem çekme yeteneği ve sonuçta daha iyi konfor sunmuştur. Karmaşık şekillerin kalıplanmasına izin veren keten/sisal takviyeleri termoset polimerleri, iç döşeme parçalarının ve yalıtkan veya sönümleyici malzemelerin üretiminde pamuk veya benzeri lifler için bağlayıcı olarak kullanılmıştır [69] .Son yıllarda jüt lifi takviyeli malzemeler üzerine yapılan çalışmalar yaygınlaşmaktadır [74–76].

Otomotiv alanında yapılan çalışma örneklerinde;

- Değişen çevre sıcaklık koşullarında alkali ile muamele edilmiş jüt lifi takviyeli kompozit yapıları inceleyerek camsı geçiş sıcaklığının arttığını tespit edilmiştir.

- Dokuma jüt lifi takviyeli üç katmanlı yağ hurması kompozit malzemelerin gerilme ve eğilme davranışlarını inceleyerek mekanik özelliklerine olumlu katkı sağladığını belirlenmiştir.
- Selülozik esaslı jüt lifi takviyeli kompozit malzemeden çevre dostu bir tasarımlar geliştirilmiştir.
- Jüt ve cam lifi takviye epoksi hibrid kompozitlerinin mekanik ve termal özellikleri üzerinde analiz yapmış ve jüt lifi ve cam lifi epoksi içine eklenmesinin darbe enerjisini, çekme dayanımını ve kompozitin eğilme dayanımını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. [72].

Liu ve diğ. (2009) farklı oranlarda NaOH ile muamele görmüş jüt lifi takviyeli polibütilen süksinat biyo kompozit yapıları incelemişlerdir. Farklı oranlarda yüzey modifikasyonu yapılmış kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştiği sonucuna ulaşmışlardır [75].

Khondker ve diğ.(2005) tek yönü jüt ipliği takviyeli polipropilen kompozitlerin incelemişlerdir. Çalışma ile çekme (gerilme) dayanımının arttığı sonucuna ulaşmışlardır [76].

Lee ve diğ. (2009) kenaf veya jüt takviyeli polipropilen kompozitlerin gerilme modüllerinin, lif içeriği% 40'a varan oranda artan lif içeriği ile arttığını belirlemiştir [79].

Fatima ve Mohanty (2010) doğal kauçuk lateks jüt kompozitin özelliklerini incelemişlerdir. Ses izolasyonu açısından yüksek yoğunluklu jüt lateks kompozitlerin daha iyi ses izolasyonu sağladığını tespit etmişlerdir.[80].

Dhanasekaran ve Balachandran (2012) yaptıkları çalışmada sürekli jüt lifi takviyeli katmanlı kâğıt kompozitler lif takviyesiz katmanlı kâğıt kompozitler üzerine uygulama yapmışlardır. Lif takviyeli olan malzemelerin mekanik özelliklerinin daha iyi sonuç verdiğine ulaşmışlardır [79].

Sangamesh ve diğ (2018) jüt-epoksi ve kauçuk ile kompozitlerin balistik etki altında davranışını incelemek için farklı kalınlıklarda kompozit malzemeler üretilerek yapı kalınlıklarının olumlu katkı sağladığını tespit etmişlerdir. [80].

Otomotiv sektöründe üretilen parçaların dış faktörlere (çarpma, darbe) karşı dayanımını artırmak için jüt lifi takviyeli kompozit malzemelerle ilgili çalışmalar artmaktadır. Sürekli jüt lifi takviyeli epoksi kompozitlerin darbe dayanımını inceleyebilmek için charpy darbe testi gerçekleştirilmiştir.

Pereira ve diğ. (2017) selülozik esaslı lif takviyeli diğer malzemenin daha iyi darbe dayanımı verdiği sonucuna ulaşmışlardır. Darbeyi emici lignoselülozik lifler içerisindeki en iyi değeri verdiği belirtilmiştir[81].

Bansal ve diğ. (2017) selülozik esaslı bambu liflerinin epoksi ve poliester içerisine takviye edilerek elde edilen kompozitlerin darbe dayanımları araştırılmıştır[82]. Bambu/epoksi ve bambu/poliester kompozitlerinden doğal lif katkısının darbe dayanımına olumlu katkı sağladığını tespit etmişlerdir.

Militký ve diğ. (2015) kızılötesi lazer, ozon, enzim ve plazma gibi yeni işlemlerin dokuma jüt kumaş/yeşil epoksi kompozitlerin sürünme davranışı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda muamele edilmiş kompozitler, tüm sıcaklıklarda muamele edilmemiş olanlardan daha az sünme gerginliği sağladığı tespit edilmiştir. [83].

Birçok ülkede standart formda jüt lifinden elde edilen ipliklerle dokunmuş malzemeler mevcuttur [84].

Johri ve diğ. (2018) epoksi kompozit yapı içerisindeki tavuk tüyü ve jüt lifi takviyesi ile yapılan çalışmada tüm yapı içerisindeki ideal katkı oranlarının %25 jüt lifi %5 tavuk tüyü katkısı olduğu sonucuna ulaşmışlardır [85].

Mohanty ve diğ. (2006) jüt lifi takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen kompozitlerin mekanik ve dinamik özelliklerinin araştırılmasında, % 30 lif takviyeli kompozit yapıların yüksek mekanik ve dinamik özelliklere sahip olduğu belirlenmişlerdir [86].

Basak ve diğ. (2018) jüt lifine uygulan silan ile muamele işleminin uygulanması ile yapıların mekanik özelliklerinin arttığı tespit etmişlerdir [87].

Deepak ve diğ. (2015) ano kil ve su emiliminin jüt lifleri üzerine etkisi incelenmiştir. Jüt lifi takviyeli kompozitlere nano kilin eklenmesi, mekanik özelliklerde düşük maliyette önemli bir gelişme sergilemiştir ve bu nedenle cam ve sentetik liflerin yerine alternatif bir malzeme haline geldiğini belirlemişlerdir [88] .

Jüt, muz, Hindistan cevizi, pamuk, kenevir ve sisal gibi doğal lifler inşaat mühendisliği alanında dikkat çekmektedir. Bu liflerin düşük maliyetli konut, sismik bina, vb. yerlerde uygulamaları mevcuttur.

Adhikari ve diğ (2017) Kısa (10 mm) rasgele yönlendirilmiş muz/jüt hibrit poliester takviyeli kompozitin çekme, eğilme ve darbe dayanımı test edilmiştir. Muz/jüt hibrid poliester kompozitin mekanik kuvvetlerinin, lif içeriğine göre değiştiği sonucuna ulaşmışlardır [89].

Jüt lifi gibi farklı doğal liflerin takviye edilmesi ile kauçuk kompozit yapılar mevcuttur. [92-94].

Gopinath ve diğ (2014) % 5 NaOH ile muamele edilmiş lif takviyeli poliester kompozitlerin, eğilme dayanımının % 10 NaOH ile muamele edilmiş jüt lifi takviyeli poliester kompozitlere göre % 15.6 arttığı belirlenmiştir. Jüt-poliester kompozitin, jüt-epoksi kompozitlerden daha iyi darbe enerjisi olduğu görülmüştür. % 5'lik NaOH ile muamele edilmiş jüte lifi takviyeli kompozitlerin, % 10'luk NaOH ile muamele edilmiş jüt kompozitlerinden çok daha iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır [93] .

Soya proteini konsantresi (SPC), soya proteini izolatı (SPI) esaslı jüt lifi takviyeli biyo-reçine kompozitlerin parçalanabilir ve çevre dostu özellik gösterdiği görülmüştür [96, 97].

Jüt selüloz nanofibrilleri, üç farklı konsantrasyon (ağırlıkça % 3, 5 ve 10) kullanılarak dokuma jüt lif üzerine kaplanmıştır. Hazırlanan nanoselülozun çekme, eğilme, kırılma tokluğu ve dinamik mekanik özellikleri ile kaplanmış dokuma jüt / yeşil epoksi kompozitler incelenmiştir [96].

Düz dokuma jüt kumaş (WJF) takviyeli poli (L-laktik asit) (PLLA) kompozitler, sıcak pres kalıplama metodu ile hazırlanmıştır.

Dokuma yapı ve yönünün mekanik özellikler üzerindeki etkisi, yani gerilme, eğilme ve darbe özellikleri incelenmiştir. İşlemden geçirilmemiş dokuma jüt bileşiminin (çözgü yönü doğrultusunda) ortalama gerilme dayanımı (TS), gerilme modülü (TM), eğilme dayanımı (FS), eğilme modülü (FM) ve darbe dayanımı (IS) yaklaşık % 103,% 211 oranında iyileştiği sonucuna ulaşılmışlardır [97].

1.3.2. Kompozit Yapılarda Uygulana Yüzey Uygulamaları

Kompozit malzemelerin yapısını meydana getiren lif ile matris arasındaki uyumu artırmak için alkalin, silan, maleikanhidrit vb. bağlayıcı malzemeler kullanılmaktadır. Alkalin (NaOH) ile muamele farklı oranlarda yoğunluğa sahip çözeltilerde liflerin bırakılması işlemidir. Lifler şişerek fiziksel yapılarında değişiklikler meydana gelir. Selülozik esaslı liflerin, yüzeylerini temizleme işlemlerinde uygun muamele şartları ile işlemlerde dayanımı ve çekme özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir [39].

Fonksiyonel silan ile modifiye edilmiş bitkisel lif takviyeli termoset kompozitlerin mekanik özelliklerini araştırılmıştır. Reaktif fonksiyonlar içeren birleştirme ajanlarının, jüt lifi/matris ara yüz uyumunu etkili bir şekilde geliştirdiğini göstermiştir.

Ma ve diğ. (2018) % 0.1 ve % 0.3 silan işleminin gerilme özelliklerini arttırdığı, ancak% 0.5 silan işleminin, jüt/poliester kompozitlerin gerilme özelliklerini azalttığı sonucuna varmıştır[98].

Silan malzemesi ile yüzey kaplama işleminde selüloz üzerindeki hidroksil gruplarının sayısının azaltılması hedeflenir. Silanol ile hidroksil grupları reaksiyona girerek kovalent bağ meydana getirir. Bu sayede liflerin şişmesi engellenir. Silan ile kaplam işlemi alkalin ile muamele edilen lifler daha güçlü olduğu belirlenmiştir. Silan ile kaplama işlemi sonrasında mekanik özellikler artmıştır [39].

1.3.3. Çevresel Şartların Kompozit Yapılara Etkisi

Selülozik lif takviyeli kompozit yapılardan yapılan malzemelerin çevresel şartlara karşı dayanımı oldukça önemlidir. Güneş ışığından gelen ultraviyole (UV) ışınları ile temasında renk değişimi ve ana zincir yapılarında bozunma meydana gelebilmektedir. Bu da kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin olumsuz etkilemektedir.

Kompozit yapıların mekanik dayanımlarını artırmak amacıyla ultraviule ışınlardan koruyucu maddeler ile modifiye edilmektedir. Selülozik esaslı kompozit yapıların dış ortamlarda kullanılabilmesi için çevresel şartlara uygun özellikte olması gerekir. Gün ışığından gelen ultraviyole ışınlarına direkt maruziyet sonucunda yapıların ışığı emmesi ile ana zincir yapısındaki kovalent bağlar zarar görmekte ve renk değişimi görülmesi ile birlikte mekanik dayanımlarıda azalmaktadır [101,102].

UV ışınlarından kaynaklı foto bozunma; oksitlenme, zincir yapılarında çekme, moleküllerin bozulması şeklinde gerçekleşmektedir[101].
Hızlandırılmış yaşlandırma tekniğinde foto radyasyon, ısıl bozunma, foto oksitlenme, hidroliz etkisi göstermektedir. Bu şekilde polimer yapısında değişikliklere sebep olmaktadır[104,105].

Selülozik esaslı kompozitlerde ultraviyole işlemi ile foto bozunma olayını ana hatları ile

- Selülozik esaslı kompozit yapılar UV ışınına maruziyet,
- Polimer malzeme ve liflerdeki lignin UV absorbsiyonu fotobozunma olayının meydana gelmesi,
- Selülozik esaslı kompozit malzemede çatlak renk değişimi mekanik dayanım değişikliği şeklindedir [101].

Kompozitin içeresindeki selülozik liflerin yapısında bulunana lignin maddesi ile bozunma gerileşmektedir. Bozunma ligninin yapısında bulunan hidroksil grupları, karbonil grupları ve çift bağlar ile ultraviyole ışığı absorblanması ile meyden gelmektedir [103].

UV ışınına maruz kalmış kompozit yapılarda foto bozunma olayı; polimer malzemenin cinsi ve modifiye şekilleri lif ara yüzey bağlayıcı ajanlar, lif miktarı gibi farklı sebeplerden meydana gelmektedir [101].
Lif ile matris arasındaki ara yüzey uyumunun bozulması ile mekanik özelliklerde farklılık göstermektedir[104] .

Kompozit yapıların UV etkisi ile bozunmasında zincir kırılmaları ve çapraz bağlanma mekanizmaları meydana gelmektedir.

Zincir kırılmaları yapıların molekül ağırlıklarını etkilemektedir. Kırılma olayları genellikle amorf bölgede meydana gelmektedir. Çapraz bağlanma olayları ise problemli kristal bölgelerde meydana gelmektedir. Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapıların mekanik, fiziksel, kimyasal özelliklerine olumsuz etkisi olan UV ışınlarının zararını azaltmak için farklı katkı malzemeleri ilave edilmektedir. Bu ilave malzemelerin görevi UV ışınlarını emmek ve bozunmalarını engellemektir. UV ışınları dengeleyici olarak HALS(Hindered Amine Light Stabilizers) ilave malzemeleri plastik malzemelerle kullanılmaktadır [101].

Hamid ve diğ. (2012) antioksidanların kompozit yapılar üzerindeki termal ve fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda antioksidanların malzemeyi UV ışınları etkisinden korumasının yanı sıra mekanik özellikler üzerinde de iyileşmeler olduğunu belirlemiştir[105].

Mauher ve diğ. (2006) selülozik esaslı ağaçlı lifi takviyeli kompozit yapılarda UV ışınları maruziyet sonucunda meydana gelen renk değişimlerini araştırmıştır. Farklı HALS ve UV ışınları ilaveli malzemeler kullanılmışlardır. Yapılan çalışmada sekonder amin triazin HALS ilave maddesinin serbest radikalleri uzaklaştırmasının zayıf olduğu bu nedenle de karbonil absorban değişiminin artmadığını belirlemişlerdir. HALS malzemesine UVA ilave edilerek renk solmasında azalma olduğunu tespit etmişlerdir[106].

Hemati ve diğ. (2012) polipropilen içerisine şeker kamışı ilave edilmiş kompozit yapıların UV etkisini araştırmışlardır. UV absorban kullanımının; yapıların renk değişimi üzerinde koruyucu etki göstererek renk solmasını engellediği sonucuna ulaşmıştır.
Aynı zamanda UV absorbanları selülozik esaslı liflerin yapısındaki ligninin UV etkisi ile bozulması sebebiyle meydana gelen kromofor grupları engelleyici ve polimer bozulmasını önleyici etkisinin bulunmadığını gözlemlemişlerdir [107].

Güneş ışığı gibi dış faktörlerin kompozit yapılar üzerinde olumsuz etkileri mevcuttur. Bu olumsuz etkinin azaltılması ve giderilmesi amacıyla çeşitli yöntemler literatürde mevcuttur.

Yapılan çalışmalarda elde edilen bilgiler neticesinde selülozik esaslı lif takviyeli kompozitlerin dış ortamda kullanılabilmesi ve olumsuz şartların etkisini azaltmak amacıyla farklı kimyasal katkılar kullanılmıştır. Çevresel etkenlerden dolayı meydan gelebilecek etkileri azaltmak amacıyla UV absorbanları, HALS(Hindered amine light stabilizers) ve antioksidanlar katkı malzemesi kullanılmıştır.

Bu malzemelerin amacı;

- UV ışınlarının enerjisini absorbe etmek,
- Polimer matris malzeme üzerindeki olumsuzlukları giderek malzemeye koruma sağlamaktır.

Molekül ağırlığı fazla olan UV ışınları absorbanlarının kullanımı ile polimer üzerinde ince bir tabaka meydana getirilerek kompozit malzemeler korunmaktadır. Işık düzenleyici HALS katkısı ile yüksek enerjili ışığın polimer zincirde serbest radikalleri uzaklaştırması ile zincir reaksiyonlarını engelleyerek koruma sağlamaktadır .UV ışınları etkisi maruziyet sürelerine göre değişkenlik göstermektedir. UV ışınlarının olumsuz etkilerine karşı koruyucu katkı malzemeleri kısa süreli etkilerde daha olumlu sonuçlar vermektedir. Isıl muamele, oda sıcaklığı, saklama, oda sıcaklığı gibi uygulamalar da kullanılan plastik malzemelerde genellikle antioksidan malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin en önemli özellikleri polimer malzemeyi ısı oksidiyonunun olumsuz etkilerine karşı koruma sağlamalarıdır.

BÖLÜM 2: MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasında; düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) matris malzeme içerisine ham jüt kumaş takviye edilerek kompozit yapıların üretimleri gerçekleştirilmiştir. Kompozit yapıların üretimi aşamasından önce lif-matris arasındaki yüzey uyumunu artırmak için düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) matris malzemesine ve takviye malzemesi olarak kullanılan jüt kumaşa yüzey işlemleri uygulanmıştır.

Kompozit yapıların üretiminde polimer matris içerisine takviye edilecek ideal lif oranını belirlemek amacıyla deneme üretimler gerçekleştirilmiştir. Kompozit yapılar içerisindeki lif oranları hacimsel olarak hesaplanarak uygulamalar yapılmıştır.
Üretilen kompozit plakaların hacminin ile takviye malzemesinin hacmine oranlanması ile hacimsel olarak lif takviye yüzdelik oranları belirlenmiştir. %12.5, %25, %50 oranlarında ham kumaş takviye edilerek kompozit plaka üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan üretimlerin neticesinde optimum lif oranının %25 olduğu tespit edilmiştir.

2.1. Çalışmada Kullanılan Malzemeler ve Uygulanan Yöntemler

Tez çalışması kapsamında kullanılan selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapıların sürdürebilirlik, çevre ile uyumluluk, hafiflik, düşük maliyet vb. birçok olumlu özelliğe sahiptir. Selülozik lif takviyeli kompozit yapılar içerisinde lif/matris ara yüzey durumu ve mekanik özelliklerinin cam ve karbon lifi takviyeli malzemelere oranla daha düşük olmasından dolayı daha az tercih edilmektedir. Ancak lif/matris uyumunu artıracak literatürde birçok yöntem yer almaktadır. Lif ve polimer modifikasyonları ile lif/matris uyumu iyileştirilerek mekanik özelliklerde geliştirilmektedir. Bu amaçla tez çalışması kapsamında literatürde lif/matris uyumunu arttırmak için yaygın olarak kullanılan yöntemler araştırılmıştır.

Kompozit yapı üretiminde genel olarak matris malzeme olarak düşük yoğunluklu polietilen ve takviye malzemesi olarak jüt kumaşlar kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında genel kapsamıyla kullanılan polimer, takviye malzemesi ve yüzey iyileştirme işlemlerinde kullanılan malzemeler belirtildiği gibidir.

Kompozit yapı üretiminde jüt dokuma kumaş (bezayağı örgülü), düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) (toz formunda), silan, alkalin (NaOH), etanol, malik anhidrit (pellet formunda) ve UV koruyucu katkı malzemesi (Toz formunda) vb. bu malzemeler Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAPKO) birimi desteği ile temin edilmiştir.

2.1.1. Takviye Malzemeleri

Tez çalışması kapsamında kompozit yapılarda takviye elemanı olarak herhangi bir işlem görmemiş %100 ham dokuma jüt kumaş kullanılmıştır. Şekil 2.1'de kompozit yapılarda takviye elemanı olarak kullanılan jüt kumaş gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Kompozit Yapılarda Takviye Jüt Kumaş

Deneysel çalışmalarda üretilen takviye edilmiş kompozit yapılar için yaklaşık olarak 50 m^2 kumaş tüketilmiştir. Kompozit yapıların üretiminde kullanılan Jüt kumaş özellikleri Tablo 2.1'de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 2.1. Kompozit Yapılarda Takviye için Kullanılan Ham Jüt Kumaşın Yapısal Özellikleri

Kumaş Gramajı (g/m^2)	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözgü yönü Sıklığı (tel/cm)	Atkı İplik Numarası (Nm)	Çözgü yönü İplik Numarası (Nm)
200	5	5	5	5

2.1.2. Matris Malzemeler

Şekil 2.2'de Toz formunda düşük yoğunluklu polietilen gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Toz Formunda Düşük Yoğunluklu Polietilen

Kompozit yapıların üretiminde polimer matris malzeme olarak, RESINEX firması tarafından üretilen (DOWLEX^{TM} 2631.10UE) kod numaralı düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda üretilen takviye edilmiş kompozit yapılar için yaklaşık olarak 60 kg matris malzeme kullanılmıştır. Kompozit yapıların üretiminde kullanılan polimer matris yapıların yapısal özellikleri Tablo 2.2'de detaylı olarak verilmiştir.

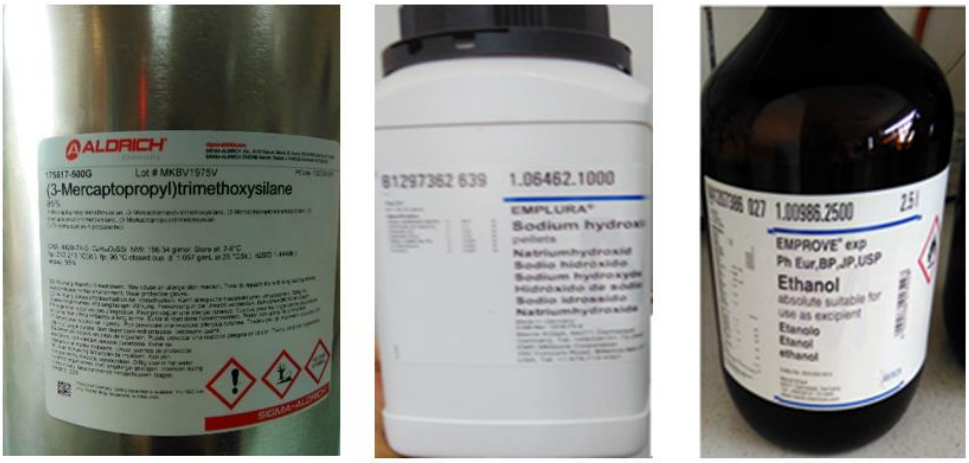
Tablo 2.2. Düşük Yoğunluklu Polietilen Yapısal Özellikleri

Yoğunluk (g/cm^3)	**Formu**	**Kopma Dayanımı (MPa)**	**Elastikiyet Modülü (MPa)**	**Darbe dayanımı (Kg/j)**	**Erime Sıcaklığı (^{o}C)**
0.935	Toz	17.8	628	59.7-79.6	110-124

2.1.3. Yüzey İşlemlerinde Kullanılan Kimyasallar

Tez çalışması kapsamında kompozit yapılarda takviye elemanı olarak kullanılan jüt kumaşa çeşitli yüzey işlemleri uygulanmıştır. SIGMA-ALDRICH firması tarafından üretilen ((3-Mercaptopropyl) trimethoxysilane) kod numaralı silan, MERK firması tarafından üretilen sodyum hidroksit (NaOH) ve MERK firması tarafından üretilen etanol kullanılmıştır.

Jüt kumaşa uygulanan yüzey işleminde kullanılan kimyasal malzemelerin özellikleri Tablo 2.3'te detaylı olarak verilmiştir. Şekil 2.3'te yüzey işlemlerinde kullanılan kimyasallar gösterilmiştir.



SİLAN Sodyum Hidroksit Etanol

Şekil 2.3. Yüzey İşlemlerin de Kullanılan Kimyasallar

Tablo 2.3. Jüt Kumaşa Uygulanan Kimyasalların Yapısal Özellikleri

Malzeme Adı	Yoğunluk	Formu	Molekül Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)
(3-Mercaptopropyl) trimethoxysilane	0.987 g/mL	Sıvı	$C_6H_{16}O_3SSi$	196.34
Sodyum Hidroksit	2.13 g/cm^3	Granül	NaOH	40.00
Etanol	0.790 - 0.793 g/cm^3	Sıvı	C_2H_5OH	46.07

2.1.4. Matris Malzemelerin Modifikasyonunda Kullanılan Polimer Katkılar

Kompozit yapıların üretiminde matris yapı olarak kullanılan düşük yoğunluklu polietilenin (DYPE) özelliklerinin geliştirmek amacıyla çeşitli polimer katkılar kullanılmıştır. DUPONT firması tarafından üretilen Dupont Fusabond E226 kod Maleikanhidrit kullanılmıştır.

BASF firması tarafından üretilen Chimasorb 944 ışık düzenleyici, Tinuvin 326 UV morötesi ışık emici, Irganox 1010 birincil antioksidan olarak kullanılmıştır.

Kompozit yapıların üretiminde matris yapı olarak kullanılan düşük yoğunluklu polietilenin (DYPE) özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan polimer katkıların özellikleri Tablo 2.4'te detaylı olarak verilmiştir. Şekil 2.4'te Matris yapıların özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan polimer katkılar verilmiştir.



Şekil 2.4. Matris Yapıların Özelliklerinin Geliştirilmesi Amacıyla Kullanılan Polimer Katkılar

Tablo 2.4. Polimer Katkı Malzemelerin Yapısal Özellikleri

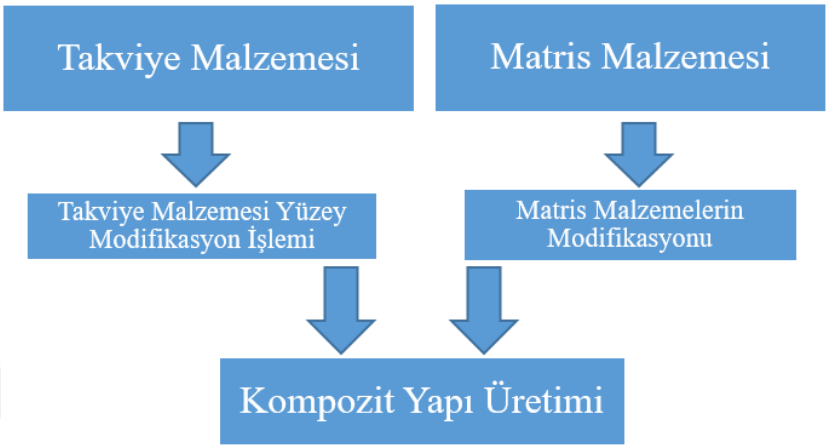
Malzeme Adı	Yoğunluk	Formu	Molekül Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)
Maleikanhidrit	0.954 g/cm³	Granül	$C_4H_2O_3$	98.057
Chimasorb 944	560 – 610 g/l	Toz	Poli [[6 - [(1,1,3,3-tetrametilbütil) amino] -1,3,5-triazin-2,4-diil] [(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil) imino] -1,6-heksandiil [(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil) imino]])	2000 – 3100
Tinuvin 326	-	Toz	Fenol, 2- (5-klor-2H-benzotriazol-2-il) -6- (1,1-dimetiletil) -4-metil	316
Irganox 1010	530 - 630 g/l	Garnül	Pentaeritritol Tetrakis (3- (3,5-di-tert-butil-4-hidroksifenil) propionat)	-

2.2. Kompozit Yapıların Üretimi

Çalışma kapsamında kompozit yapıların üretimi işleminin gerçekleştirilmesi 3 temel adımda da yapılmıştır. Takip edilen bu işlem basamakları;

- Takviye malzemelerine uygulanan yüzey işlemleri,
- Matris yapıların modifikasyonu,
- Takviye edilmiş kompozit tabakaların üretiminin gerçekleştirilmesidir.

Şekil 2.5'te Kompozit yapıların üretim şematiği gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Kompozit Yapıların Üretim Şematiği

2.2.1. Takviye Malzemesine Uygulanan Yüzey İşlemi

Kompozit yapı içeresinde kullanılan takviye jüt kumaşlara alkalin ve silan işlemleri ayrı olarak uygulanmıştır. Uygulama işlemleri neticesinde elde edilen sonuçlara doğrultusunda ideal çözelti oranları ve süreleri belirlenerek alkalin ve silan işlemi aynı anda uygulanmıştır. Şekil 2.6'da jüt kumaşa yapılan yüzey iyileştirme uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Jüt Kumaşa Yüzey İyileştirme Uygulaması

2.2.1.1. Alkali (NaOH) Kullanılan Yüzey Modifikasyonu

Lif/matris ara yüzey tutunma durumunu incelemek amacıyla NaOH (alkalin) ile jüt liflerine yüzey iyileştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Top kumaş formunda bulunan jüt kumaşlar 30cm x30 cm boyutlarında kesilerek metal bir tepsiye yerleştirilmiştir. Saf su içerisine NaOH ilave edilmiş ve hazırlanan 1M derişikliğe sahip çözelti metal tepsi içerisine ilave edilerek kumaşlar 1, 3 ve 5 saat çözelti içeresinde bekletilerek işlem gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.7'de tez de jüt kumaşa yüzey iyileştirme uygulaması gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 2.7. (a) Ham Jüt Kumaş, (b) NaOH Uygulanan Jüt Kumaş

Metal tepsi içerisinde yüzey işlemi gören kumaşlar saf suda pH değeri dengelenene kadar bekletilmiştir. Dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra etüvde 70^0C'de, 4 saat kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda jüt kumaş sıcak pres makinasında kompozit yapı içerisinde kullanılabilecek duruma hale getirilmiştir. Yapılan uygulama sonrası sabit derişim altında değişen sürelerde uygulanan alkalin yüzey işlemi jüt kumaşların mekanik sonuçlarındaki değişimler incelenmiştir.

2.2.1.2. Silan Kullanılan Yüzey Modifikasyonu

Silan yüzey uygulaması, lif yüzey iyileştirme işlemlerinde en yaygın kullanılan işlemlerden birisidir. Lif takviyeli kompozit yapımından önce lif/matris arası uyumu artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Uygulama, lifler çözelti banyosunda belli sürelerde bekletilerek gerçekleştirilir. Silan bağlayıcı ajanlar, uçlarında OH miktarı fazla olan yüzeylerle reaksiyona giren alkoksi silan grupları bulundurur. Ayrıca çeşitli fonksiyonel gruplar bulundurmasıyla lif/matris ara yüzey uyumunu kolaylaştırır [108].

Silan katkısı ile yüzey iyileştirme işlemi, ham top kumaştan altı adet 30cm x30 cm boyutlarında kumaşlar kesilmesi ve metal tepsi içerisine yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Saf su ve etanol karışımının içerisine % 0.75, 1.5 ve 3 oranlarında Silan katkısı ilave edilerek elde edilen çözelti metal tepsi içerisinde bulunan kumaş katmanlarının her birinin içerisine nüfuz edecek şekilde eklenmiş ve kumaşlar 3 saat çözelti içerisinde bekletilmiştir. Çözelti içeresinden çıkarılan kumaşlar etanol ile yıkanarak üretimden önce 70^0C 'de, 4 saat kurutulmuştur.

2.2.1.3. Alkali (NaOH) Silan Kullanılan Yüzey Modifikasyonu

Yüzey iyileştirme işlemlerinde silan ve alkalin uygulamalarının lifler üzerine ayrı ayrı yapıldığı çalışmalar yanında ve ikisinin bir arada uygulandığı çalışmalar da bulunmaktadır.

Tez çalışmasında ayrı uygulamalar ile lif ile matris arasındaki yüzey uyumunu artırmak için alkalin ve silan beraber uygulanmıştır. Daha önceki alkalin ve silan uygulamaları neticesinde belirlenen ideal çözelti ve bekleme sürelerine göre işlemler gerçekleştirilmiştir. Ham top kumaştan altı adet 30cm x30 cm boyutlarında kumaşlar kesilmiş söz konusu kumaşlar metal tepsi içeresine yerleştirilerek işlem gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada altı adet kumaşa 1M derişimde alkalin çözeltisi eklenerek 5 saat boyunca bekletilmiştir. Çözelti içerisinden çıkarılan kumaşlar saf suda pH değeri dengelenene kadar bekletilmiştir. İkinci aşamada alkalin yüzey işlemi uygulanan altı adet kumaş metal tepsi içerisine yerleştirilerek %1.5 silan içeren çözelti ilavesi ile 5 saat bekletilmiştir. Çözelti içeresinden çıkarılan kumaşlar ethanol ile yıkanarak üretimden önce 70^0C'de, 4 (dört) saat kurutulmuştur.

2.2.2. Matris Yapıların Modifikasyonu

Matris yapıların modifikasyon işlemi Yalova Üniversitesi Polimer İşleme Laboratuvarında GÜLNAR çift vidalı ekstrüzyon makinesinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.8'de Çift vidalı ekstrüzyon makinesinin şekli, Tablo 2.5'de çift vidalı ekstrüzyon makinesinin teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 2.8. Çift Vidalı Ekstrüder Makinesi

25 mm çaplı çift vidalı ekstrüder 42 L/D kovan yapısına sahiptir. Kovan yedi parçadan oluşmakta ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.

Tablo 2.5. Çift Vidalı Ekstrüder Makinesinin Teknik Özellikleri

Vida Çapı (mm)	25
Kovan yapısı (L/D)	42
Vida devri (d/dk)	0-600
Ana motor gücü (kW)	19
Kontrol Sıcaklığı (^{o}C)	300

Her bölgenin ısıtıcıları kendi bünyesinde bir soket yardımı ile devreye alınmaktadır. Standart 10" dokunmatik ekran kontrolü sayesinde vida ve beslemelerin devirleri ayarlanabilmektedir. Ekran üzerinde göstergede oluşan basınç ve diğer parametreler bulunmaktadır. Ekstrüzyon hattında soğutma yapmak için taşıma bandı veya su banyosu sistemi kullanılmaktadır. Ek granül kesme kısmı ile soğutulan polimerler istenilen büyüklüklerde kesilmektedir. 120 mbar vakum ünitesi ekstrüder içinde oluşan gazı dışarı atarak üründe kabarcık oluşumunu engellemektedir. Çift vidalı ekstrüzisyon makinesinin 2000 gram kapasiteli haznesinde düşük yoğunluklu polietilen polimer malzemesi ile UV ışınları katkı malzemelerin bir araya getirilerek çift vidalı eritme karıştırma bölgesine gönderilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. 7 kısımdan oluşan eritme/karıştırma bölgesinin polimerlerin maruz kaldığı ilk sıcaklık değeri 102°C derecedir. Ekstrüderin ileleyen bölgelerinde sıcaklık kademeli olarak artarak 179°C'ye kadar çıkmaktadır. Ekstrüderde karışan polimerler eriyik formunda çıkışta bulunan su banyosundan geçirilerek filament halinde çekilmektedir.

Filamentler granül formunda kesilerek modifiye edilen polimer matris malzeme elde edilmiştir. Şekil 2.9'da çift vidalı ekstrüzisyon makinesinin çalışma bölgeleri, Tablo 2.6'da ise çalışma parametreleri gösterilmiştir.

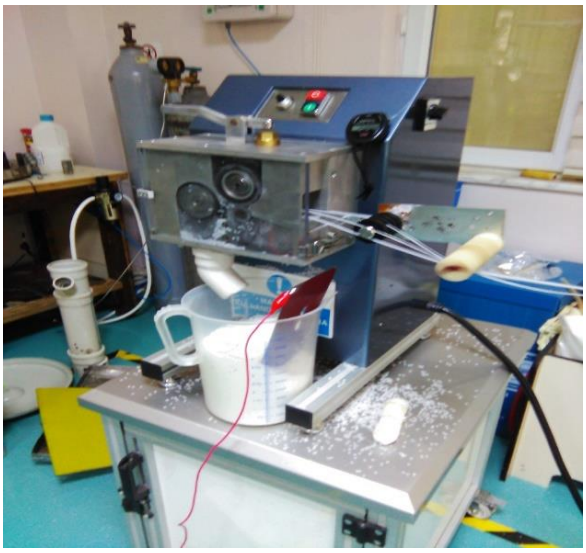


Şekil 2.9. Çift Vidalı Ekstrüzisyon Makinesinin Çalışma Bölgeleri

Tablo 2.6. Çift Vidalı Ekstrüzyon Makinesi Çalışma Parametreleri

Malzeme	**Isıtıcı 1 (°C)**	**Isıtıcı 2 (°C)**	**Isıtıcı 3 (°C)**	**Isıtıcı 4 (°C)**	**Isıtıcı 5 (°C)**	**Isıtıcı 6 (°C)**	**Çıkış (°C)**	**Vidaların hızı (devir/dk)**
DYPE	102	116.7	135.3	150.6	161	176	179.2	100

Şekil 2.10'da modifiye edilmiş düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) malzemesinin granül formu gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Modifiye Edilmiş Düşük Yoğunluklu Polietilen (DYPE) Granül Formu

Lif modifikasyonu için ara yüzey bağlayıcı ajan maleikanhidrit polimere ekstrüderde granül şeklinde % 1, 3, 5 ve 7 oranlarında DYPE içerisine ilave edilerek modifiye işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer katkı maddeleri olan UV ışınları koruyucu katkıları Chimasorb 944 % 0.5-1, Tinuvin 326 %0.2-0.4, Irganox 1010 %0.5-1 oranlarında DYPE içeresine eklenerek modifikasyon yapılmıştır.

2.2.3. Takviye Edilmiş Kompozit Tabakaların Üretimi

Takviye edilmiş kompozit plakaların üretimi Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarın da bulunan HÜRSAN hidrolik sıcak pres makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2.11'de Sıcak pres makinesi gösterilmiştir. Sıcak pres makinesinin teknik özellikleri Tablo 2.7'de detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 2.11. Sıcak Pres Makinesi

Tablo 2.7. Sıcak Pres Makinesinin Teknik Özellikleri

Üst Tabla Sıcaklığı (Maksimum) (^{o}C)	200
Alt Tabla Sıcaklığı (Maksimum) (^{o}C)	200
Basınç (Maksimum) (Ton)	100
Süre (dk)	60

Takviye edilmiş kompozit yapıların üretimi; 30cm x30 cm boyutlarında ve 4 mm derinliğinde haznesi olan bir alt kalıp ve bir adet üst kapak sistemi kullanılarak yapılmıştır. Şekil 2.12'de kompozit yapıların üretiminde kullanılan kalıp sistemi verilmiştir.



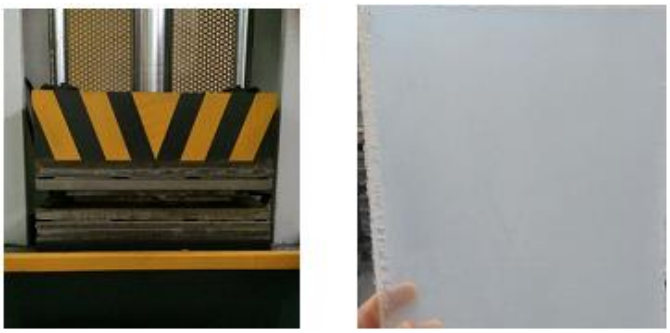
Alt Kalıp Üst Kapak

Şekil 2.12. Kompozit Yapıların Üretiminde Kullanılan Kalıp Sistemi

Takviye edilmiş kompozit plakaların üretimi 2 (iki) aşamada gerçekleştirilmiştir;

<u>Birinci aşama;</u> Toz formunda düşük yoğunluklu polietilen ve modifiye edilmiş düşük yoğunluklu polietilen polimer yapıdan film plaka üretimi.

Sıcak pres makinasında 4(dört) mm derinliğinde bir hazneye sahip alt kalıp içerisine 200 gram ağırlığında toz polietilen malzeme yerleştirilmiştir. Kompozit kalınlığı iki (2) mm olması için DYPE üzeri 2 (iki) mm' lik sac plaka ile kapatılmıştır. Sıcak pres makinası 170 C^0 sıcaklığa ulaşıncaya kadar ısıtılmıştır. İstenilen sıcaklığa ulaşıldıktan sonra kalıp içerisindeki malzeme 100 tonluk basınç altında 10 dakika bekletilerek polimer yapıların erime işlemi gerçekleştirilmiştir. Erime işlemi sonrasında sıcak pres makinası alt ve üst kalıplar 10 dakika süre ile soğutularak 2(iki) mm kalınlığında DYPE film üretimi gerçekleştirilmiştir. Belirtilen prosedür ile toz formunda bulunan işlem görmemiş ve modifiye edilmiş DYPE polimerden film tabaka üretim geçekleştirilmiştir. Şekil 2.13'te sıcak pres işlemi ve DYPE film gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 2.13. (a) Sıcak pres , (b) DYPE film

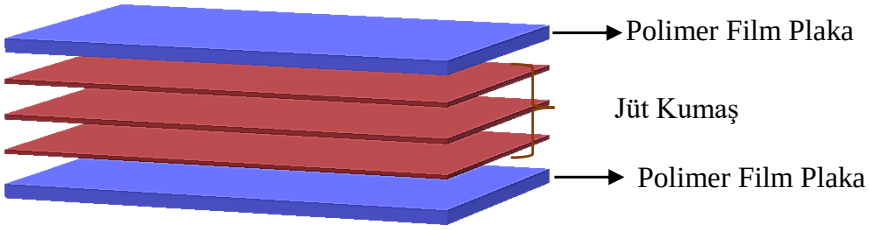
<u>İkinci aşama:</u> Takviyelendirilmiş kompozit plaka üretimi.

Sıcak pres makinasında 4(dört) mm derinliğe sahip alt kalıp içerisine 2 mm kalınlığında üretilen DYPE film tabakları arasına dokuma formunda jüt kumaş takviye edilerek kompozit yapı üretimi gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.8'de sıcak pres makinası çalışma değerleri verilmiştir.

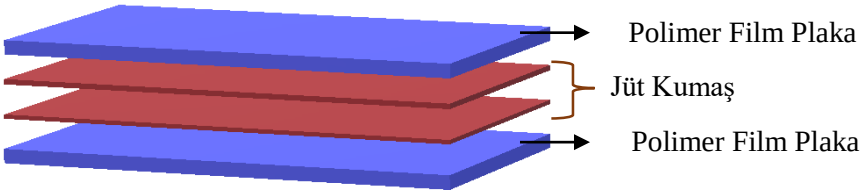
Tablo 2.8. Sıcak Pres Makinası Çalışma Değerleri

Üst Tabla Sıcaklığı (Maksimum) (^oC)	170
Alt Tabla Sıcaklığı (Maksimum) (^oC)	170
Basınç (Maksimum) (Ton)	50
Süre (Maksimum) (dk)	10

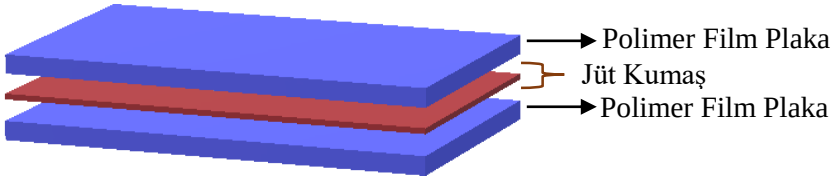
Kompozit yapı üretiminde öncelikle sıcak pres makinası 170^oC sıcaklığına ulaşıncaya kadar ısıtma işlemi ve o istenilen sıcaklığa ulaşıldıktan sonra kalıp içerisindeki malzeme 100 tonluk basınç altında 10 dakika bekletilerek erime işlemi gerçekleştirilmiştir. Erime işlemi sonrasında sıcak pres makinasında alt ve üst kalıplar 10 dakikalık süre ile soğutma işlemi yapılarak 4 (dört) mm kalınlığında kompozit yapı üretimi gerçekleştirilmiştir. Kompozit yapıların katmanlı üretimi Şekil 2.14 , Şekil 2.15, Şekil 2.16 'da şematize edildiği gibidir.



Şekil 2.14. Üç kat (DYPE/3K) Jüt Kumaş Takviyeli Kompozit Yapı



Şekil 2.15. İki kat (DYPE/2K) Jüt Kumaş Takviyeli Kompozit Yapı



Şekil 2.16. Tek kat(DYPE/1K) Jüt Kumaş Takviyeli Kompozit Yapı

Kompozit yapı içerisine ilave edilecekJüt kumaşın ideal takviye oranı 30cm x30cm boyutlarında ham jüt kumaş tek kat (DYPE/1K) , iki kat (DYPE/2K) ve üç kat (DYPE/3K) olarak yapıya eklenerek belirlenmiştir.İdeal takviye oranı belirlendikten sonra silan ve alkalin yüzey işlemi uygulanan jüt kumaşlar ile maleikanhidrit ,UV ışınları koruyucu katkılar ile modifiye edilen DYPE bir araya getirilerek kompozit üretimi gerçekleştirlmiştir.

2.2.4. Üretilen Kompozit Yapılarının Özellikleri

Çalışma kapsamında 300mm x 300 mm boyutlarında 4 mm kalınlığında sıcak pres yöntemi ile üretilen kompozit yapıların özellikleri Tablo 2.9'da gösterilmiştir.

Tablo 2.9. Ham Jüt Lifi ve Yüzey işlemi Uygulanmış Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı İçerikleri

	Kompozit Kodu	Jüt Kumaş Kat Sayısı	Polimer Ağırlık Oranı (%)	Takviye Lif Ağırlık Oranı (%)	Uygulanan Ara Yüzey İşlemi	Kompozit Yapı Kalınlığı (mm)
1	**DYPE**	---	100	---	---	4
2	**DYPE/1K**	1	87,5	12,5	---	4
3	**DYPE/2K**	2	75	25	---	4
4	**DYPE/3K**	3	50	50	---	4
5	**DYPE/2K/0.75Si**	2	75	25	% 0.75 Silan	4
6	**DYPE/2K/1.5Si**	2	75	25	%1.5 Silan	4
7	**DYPE/2K/3Si**	2	75	25	%3 Silan	4
8	**DYPE/2K/Na-1s**	2	75	25	Alkalin (1saat)	4
9	**DYPE/2K/Na-3s**	2	75	25	Alkalin (3 saat)	4
10	**DYPE/2K/Na-5s**	2	75	25	Alkalin (5saat)	4
11	**DYPE/2K/1.5Si/Na-5s**	2	75	25	%1.5 Silan (5saat) Alkalin	4

*(**DYPE/1K:** ham jüt kumaş tek kat,*
***DYPE/2K:** ham jüt kumaş çift kat*
***DYPE/3K:** ham jüt kumaş üç kat ,*
***DYPE/2K/0.75Si:** %0.75 silan uygulanmış jüt kumaş çift kat,*
***DYPE/2K/1.5Si:** %1.5 silan uygulanmış jüt kumaş çift kat,*
***DYPE/2K/3Si:** %3 silan uygulanmış jüt kumaş çift kat,*
***DYPE/2K/Na-1s:** 1saat 1M alkalin uygulanmış jüt kumaş çift kat,*
***DYPE/2K/Na-3s:** 3saat 1M alkalin uygulanmış jüt kumaş çift kat,,*
***DYPE/2K/Na-5s**: 5saat 1M alkalin uygulanmış jüt kumaş çift kat,*
***DYPE/2K/1.5Si/Na-5s:** 1saat 1M alkalin+%1.5 silan uygulanmış jüt kumaş çift kat.)*

Tablo 2.10'da maleikanhidrit katkılı jüt lifi takviyeli kompozit yapı içerikleri gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Maleikanhidrit Katkılı Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı İçerikleri

	Kompozit Kodu	Kumaş Kat Sayısı	Polimer Ağırlık Oranı (%)	Takviye Lif Ağırlık Oranı (%)	Maleikan hidrit Oranı (%)	Uygulanan Ara Yüzey İşlemi	Kompozit Yapı Kalınlığı (mm)
1	**DYPE/M1**	---	100	---	1	---	4
2	**DYPE/2K/M1**	2	75	25	1	---	4
3	**DYPE/2K/1.5Si/M1**	2	75	25	1	%1.5 Silan	4
4	**DYPE/2K/Na-5s/M1**	2	75	25	1	Alkalin (5saat)	4
5	**DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M1**	2	75	25	1	%1.5 Silan (5saat) Alkalin	4
6	**DYPE/M3**	---	100	---	3	---	4
7	**DYPE/2K/M3**	2	75	25	3	---	4
8	**DYPE/2K/1.5Si/M3**	2	75	25	3	%1.5 Silan	4
9	**DYPE/2K/Na-5s/M3**	2	75	25	3	Alkalin (5saat)	4
10	**DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M3**	2	75	25	3	%1.5 Silan (5saat) Alkalin	4
11	**DYPE/M5**	---	100	---	5	---	4
12	**DYPE/2K/M5**	2	75	25	5	---	4
13	**DYPE/2K/1.5Si/M5**	2	75	25	5	%1.5 Silan	4
14	**DYPE/2K/Na-5s/M5**	2	75	25	5	Alkalin (5saat)	4
15	**DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M5**	2	75	25	5	%1.5 Silan (5saat) Alkalin	4
16	**DYPE/M7**	---	100	---	7	---	4
17	**DYPE/2K/M7**	2	75	25	7	---	4
18	**DYPE/2K/1.5Si/M7**	2	75	25	7	%1.5 Silan	4
19	**DYPE/2K/Na-5s/M7**	2	75	25	7	Alkalin (5saat)	4
20	**DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M7**	2	75	25	7	%1.5 Silan (5saat) Alkalin	4

*(**DYPE/M1:** %1 maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/M1:** %1 maleikanhidrit katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/M1:** %1 maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/Na-5s/M1:** %1 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M1**: %1 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin /%1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/M3:** %3 maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/M3:** %3 maleikanhidrit katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/M3:** %3 maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/Na-5s/M3:** %3 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M3:** %3 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin /%1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/M5:** %5 maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/M5:** %5 maleikanhidrit katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/M5:** %5 maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/Na-5s/M5: :** %5 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M5:** %5 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin /%1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/M7:** %7 maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/M7:** %7 maleikanhidrit katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/M7:** %7 maleikanhidrit katkılı %1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/Na-5s/M7:** %7 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M7:** %7 maleikanhidrit katkılı 1 saat alkalin /%1.5 silan işlemli 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*.)

Tablo 2.11'de UV ışınları altında yaşlandırma işlemi uygulanan yapıların içerikleri gösterilmiştir.

Tablo 2.11. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış Kompozit Yapı İçeriği

	Kompozit Kodu	Kumaş Kat Sayısı	Polimer Ağırlık Oranı (%)	Takviye Lif Ağırlık Oranı (%)	Maleikanhidrit Oranı (%)	Uygulanan Ara Yüzey İşlemi	Kompozit Yapı Kalınlığı (mm)
1	**DYPE**	---	100	---	---	---	4
2	**DYPE/2K**	2	75	25	---	---	4
3	**DYPE/2K/1.5Si**	2	75	25	---	%1.5 Silan	4
4	**DYPE/2K/Na-5s**	2	75	25	---	Alkalin (5saat)	4
5	**DYPE/2K/1.5Si/Na-5s**	2	75	25	---	%1.5 Silan (5saat) Alkalin	4
6	**DYPE/2K/M5**	2	75	25	5	---	4

Tablo 2.12'de 120 ve 240 saat süreli yaşlandırma işlemi uygulanan UV ışınları koruyucu ilave katkılı malzemelerin içerikleri gösterilmiştir.

Tablo 2.12. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış Kompozit Yapı İçeriği

	Kompozit Kodu	Kumaş Kat Sayısı	Polimer Ağırlık Oranı (%)	Takviye Lif Ağırlık Oranı (%)	Chimasorb 944 (wt%)	Irganox 1010 (wt%)	Tinuvin 326 (wt%)	Kompozit Yapı Kalınlığı (mm)
1	**DYPE/2K**	2	75	25	---	---	---	4
2	**DYPE/2K/0.5C**	2	75	25	0.5	---	---	4
3	**DYPE/2K/1C**	2	75	25	1	---	---	4
4	**DYPE/2K/0.5I**	2	75	25	---	0.5	---	4
5	**DYPE/2K/1I**	2	75	25	---	1	---	4
6	**DYPE/2K/0.2T**	2	75	25	---	---	0.2	4
7	**DYPE/2K/0.4T**	2	75	25	---	---	0.4	4

*(**DYPE/2K/0.5C:** %0.5 Chimasorb 944 katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1C:** %1Chimasorb 944 katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/0.5I:** %0.5 Irganox 1010 katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/1I:** %1Irganox 1010 katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/0.2T:** %0.2 Tinuvin 326 katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen*
***DYPE/2K/0.4T:** %0.4 Tinuvin 326 katkılı 2 kat jüt kumaş takviyeli düşük yoğunluklu polietilen)*

2.3. Kompozit Yapılara Uygulanan Testler ve Analizler

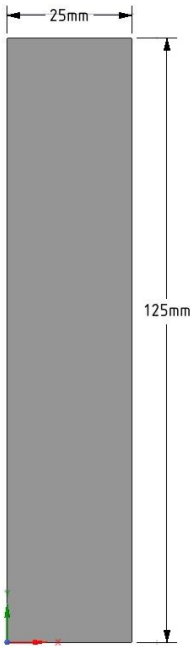
Çalışma kapsamında üretilen kompozit yapılara uygulanan testler Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü ve Yalova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Mekanik Testler

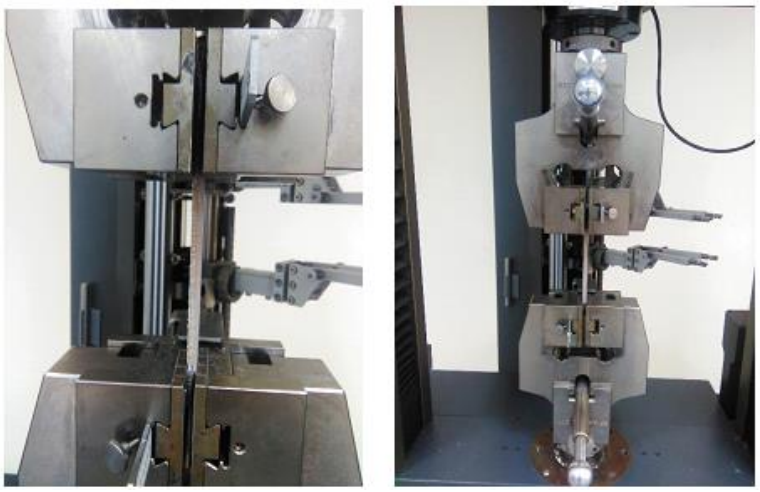
Üretilen kompozit yapıların mekanik özelliklerini belirlemek için çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve darbe dayanımı testleri yapılmıştır. Test işlemi testler plastik kompozit malzemelere uygulanan standartları referans alınarak gerçekleştirilmiştir.

2.3.1.1. Çekme Dayanımı

Kompozit yapıların çekme dayanımı ve elastikiyet modülü özellikleri Zwick Z020 cihazında ASTM D 3039/D3039M–07 standardına göre belirlenmiştir. Test işleminde kullanılan çekme çubukları boyutları 125mm x 25mm x 4 mm, test hızı ise 5 mm/min dir [23]. Şekil 2.17' de çekme test kompozit çubuğu, Şekil 2.18' de çekme dayanımı test cihazı verilmiştir.



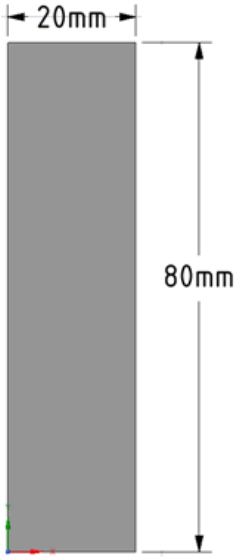
Şekil 2.17. Çekme Test Çubuğu



Şekil 2.18. Çekme Dayanımı Test Cihazı Zwick Z020

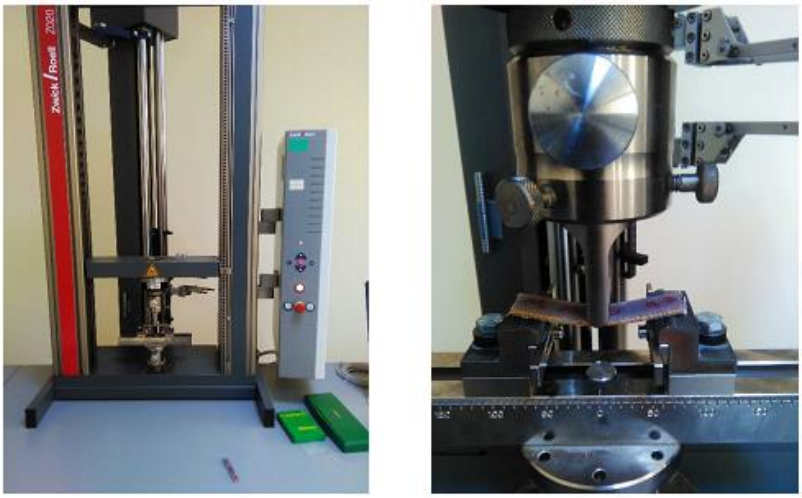
2.3.1.2. Eğilme Dayanımı

Kompozit yapıların eğilme dayanımı testleri Zwick Z020 test cihazında TS EN ISO 14125 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [25]. Şekil 2.19'da eğilme test çubuğu, Şekil 2.20'de eğilme dayanımı test cihazı verilmiştir.



Şekil 2.19. Eğilme Test Çubuğu

Üç nokta eğilme testinde iki tarafından destekli alt çene arası kompozit kalınlıklarının on altı katı şeklinde ayarlanarak test işlemi gerçekleşmiştir. Test için 80mm x 20mm x 4mm şeklinde atkı çözgü yönü 5'er adet kompozit numune kullanılmıştır.



Şekil 2.20. Eğilme Dayanımı Test Cihazı

Üç nokta eğilme test hızı aşağıdaki formül 2.1'de hesaplanarak 4mm/sn olarak hesaplanmıştır.

$$V = \frac{\varepsilon' L^2}{6h} \tag{2.1}$$

L: Kompozit kompozit yapıların uzunluğu

h: Kompozit kompozit yapıların kalınlığı

Ɛ: Gerilme oranı

V: Çalışma hızı

h: Kompozit kalınlığı(mm)

Üç nokta eğilme dayanımı förmülü 2.2' de verilmiştir.

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \tag{2.2}$$

F: Uygulanan yük (N)

L: Kompozit uzunluğu(mm)

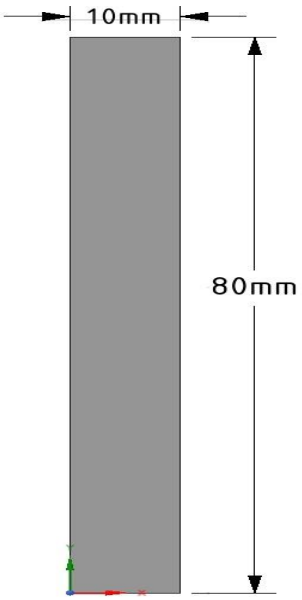
h: Kompozit kalınlığı(mm)

b: Kompozit genişliği (mm)

Yukarda verilen formüller ile kompozit yapıların eğilme dayanımı ve modülleri belirlenmiştir.

2.3.1.3. Darbe Dayanımı

Kompozit yapıların charpy darbe dayanımları Instron CEAST9050 cihazında ISO 179-1:2000 standardına göre test edilmiştir. Kompozit test çubukları boyutları 80mm x 10mm x 4mm şeklinde atkı ve çözgü yönü 5'er adet alınarak gerçekleştirilmiştir. Destekler arası mesafe 62 mm dir. Şekil 2.21'de darbe test çubuğu, Şekil 2.22'de Darbe dayanımı test cihazı verilmiştir.



Şekil 2.21 Darbe Test Çubuğu



Şekil 2.22. Charpy Darbe Dayanımı Test Cihazı

Çentiksiz deney kompozitlerinin Charpy darbe dayanımı kJ/m^2 cinsinden aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır.

$$acU = \frac{\mathrm{Ec}}{h.b} x1000 \qquad (2.3)$$

Ec: Kompozit yapı kırılma anı absorplama enerjisi (J)

h: Kompozit yapı kalınlığı (mm),

b: Kompozit yapı genişliği (mm) dir.

Çentiksiz kompozitler

A, B veya C tipi çentikli deney kompozitlerinin Charpy darbe dayanımı, acN, kJ/m^2 cinsinden aşağıdaki bağıntısıyla hesaplanmıştır.

$$acN = \frac{\mathrm{Ec}}{h.bN} x1000 \qquad (2.4)$$

Burada;

Ec: Kompozit yapı kırılma anı absorplama enerjisi (J)

h: Kompozit yapı kalınlığı (mm)

bN: Kompozit yapı genişliği (mm) dir.

2.3.2. Yapısal Analizler

Üretilen kompozit yapılarının özelliklerini belirlemek ve yapılan işlemlerin etkisinin gözlemlemek amacıyla DSC ve FTIR analizleri yapıldı.

2.3.2.1. DSC Analizi

Kompozit yapıların sıcaklık karşısındaki davranışlarını ölçmek için diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) testleri uygulanmıştır. Söz konusu test ile malzemelerin ısınma, soğuma veya sabit sıcaklıkta iken emilen ya da dışa verilen enerji miktarı özgül ısı kapasitesi, faz değişim ısısı ve sıcaklığı vb. ısıl değişiklikler ölçülmektedir.

Çalışma kapsamında kompozit yapıların erime sıcaklığı, camsı geçiş sıcaklığı, entalpi ve % kristallik değerleri; Seiko DSC 7020 diferansiyel taramalı kalorimetri cihazında belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde ağırlıkları yaklaşık olarak 6-8mg olan numuneler platin kaba sabitlenerek, sıcaklık değerleri nitrojen ortamında akış hızı 20mL/dk ve 10°C/min sıcaklık artış hızında, 30°C den 225°C ye kadar çıkarılarak test işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.3.2.2. FTIR Analizi

Kompozit yapıların içyapısını belirlemek ve meydana gelen bağ yapılarını belirlemek amacıyla fourier dönüşümlü kızılötesi spektrofotometre lif/ matris uyumu ve yaşlandırma işlemlerinin yapı üzerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bünyesinde bulunan Thermo Scientific Nicolet IS 10 FTIR spektroskopisi ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalar oda sıcaklığında ve 450-4000 cm kızılötesi spektrum aralığında 4 cm^{-1} sinyal çözünürlüğünde yapılmıştır. FTIR indeks belirleme formülü 2.5'te verilmiştir.

$$CarbonylIndex = \frac{I_{1712}}{I_{2915}} \quad (2.5)$$

2.3.3. Yüzeysel Görünüm Analizleri

Kompozit yapıların yüzey morfolojilerinin belirlenmesi, yüzey görüntülerinin tespiti ve yapılan işlemler sonucunda renlerinde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla;

- Renk ölçümü,
- Optik mikroskop,
- Tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) testi uygulanmıştır.

2.3.3.1. Spektrofotometre ile Renk Analizi

Çevresel şartlarda yaşlandırma işlemi sonucunda polimer matris malzeme üzerinde meydana gelen değişiklikler ASTM D2244 standartlarına göre belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında Datacolor International SF600*PLUS Spectraflash foto spektrometre cihazı kullanılmıştır. Renk değişimi L,a,b yüzey rengi değerleri belirlenerek ölçülmektedir.

L: Yüzeyin aydınlık veya karanlık olmasını
a: Değeri yüzeyin kırmızı veya yeşil olmasını
b: Değeri ise yüzeyin sarı veya mavi olmasını gösteren semboller olup + ve - değerlerde olmaktadır. İzleyen formül 2.6'da renk ölçüsünü belirleme denklemi verilmiştir.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (2.6)$$

2.3.3.2. Optik Mikroskop İle Yüzey Analizi

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapılara uygulanan yaşlandırma işlemleri sonucunda yüzeyinde meydana gelen değişiklikleri Nikon LV-150 optik mikroskop ile gözlenmiştir.

2.3.3.4. SEM

Kompozit yapıların enine kesit morfolojilerinin incelenmesi Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliğinde bulunan taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. SEM görüntülerinin çekiminde FEI SIRION XL elektron mikroskobu kullanılmıştır. SEM görüntülerinin elde edilebilmesi için kompozit malzeme örnekleri altın tozları ile kaplanmıştır. Kaplama cihazı Şekil 2.24'de gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 2.23. SEM Analizi için Kaplama Cihazı ve Taramalı Elektron Mikroskobu

Taramalı elektron mikroskobunda kompozit yapıların enine kesit görünüşleri 12 kV gerilim altında incelenerek takviye ve dolgu malzemeleri ile matris malzeme arasındaki uyum incelenmiştir.

2.3.3.5. Yüzey Gerilimi ve Temas Açısı Ölçümü

Temas açısı ve yüzey gerilimi ölçüm cihazı damla görüntülerini kaydederek zamanla damla şeklinde meydana gelen değişimleri analiz etmek damla şekli ile dinamik ve statik temas açısı katının serbest yüzey enerjisine bağlı olarak değişmeleri gözlemlemek amacıyla AUTOSORB-6B Yüzey Karakterizasyon Cihazı II makinesi ile analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.3.4. Hızlandırılmış Çevresel Yaşlandırma İşlemleri

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozitlerin çevresel ortam ürünlerinde kullanılabilirliğini tespit etmek amacıyla UV ışınları ile muamele edilmiştir.

Ultraviyole (UV) ışık altında hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ASTM G113 standardına göre, iklimlendirme kabin içi sıcaklığı ise 50°C olacak şekilde uygulanmıştır.

2.4. İstatistiksel Analizler

Kompozit yapının performans özellikleri üzerine takviye lifinin, polimer ile takviye lifine uygulanan modifikasyon işlemlerinin etkilerini görmek 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 kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma testleri (Multiple comparisons) yapılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçlarının tamamı yer tasarrufu amacıyla EKLER kısmında verilmiştir.

BÖLÜM 3: BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çevresel Etkilere Maruz Bırakılmayan Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

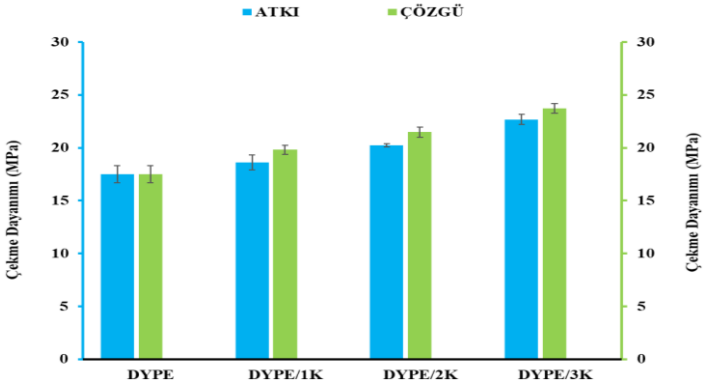
Bu bölümde çevresel etkiye maruz bırakılmayan kompozit yapıların mekanik (çekme, eğilme darbe dayanımı) özellikleri, takviye malzemesi miktarı ve kimyasal işlemleri etkileri bazında irdelenmiştir.

3.1.1. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Takviye Malzemesi Miktarının Etkileri

Düşük yoğunluklu polietilen kullanılarak (DYPE) elde edilen kompozit yapıya uygulanan testler ile yüzey işlem uygulanmamış %12.5 oranında (DYPE/1K), %25 oranında (DYPE/2K), %50 oranında (DYPE/3K) jüt lifi takviyeli kompozit yapılara uygulanan çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve darbe dayanımı sonuçları izleyen bölümlerde incelenmiştir.

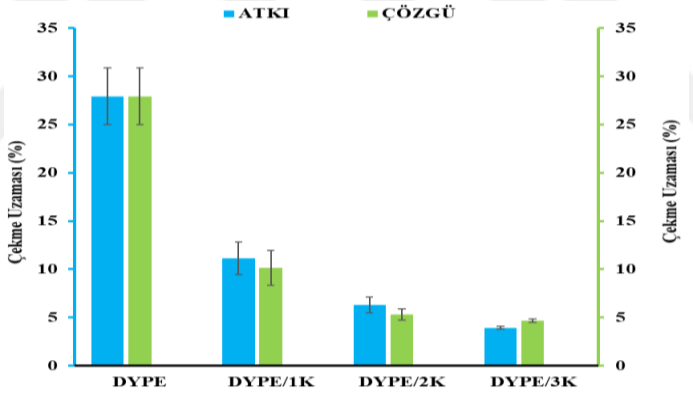
3.1.1.1. Çekme Dayanımı

Jüt lifleri bez ayağı dokuma formunda takviye edildiği için atkı ve çözgü yönü analizleri gerçekleştirilmiştir. Kompozit yapı içersine takviye edilen jüt kumaşların çözgü yönü çekme dayanımları yüksek olduğu için kompozit yapıların çözgü yönü, atkı yönüne göre değerleri daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.1'de jüt lifi takviyeli kompozit yapı çekme dayanımı, Şekil 3.2'de çekme uzaması, Şekil 3.3'te elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Değerler incelendiğinde selülozik esaslı lif takviyeli jüt kumaş miktarı arttıkça kompozit yapı çekme dayanımı değerlerinin artış gösterdiği görülmüştür. Optimum oranın aşılması ile elastikiyet modülü ve çekme uzaması değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Jüt lifi takviyesiz düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) kompozit yapı çekme dayanımı değeri 17.51 MPa olarak belirlenmiştir. DYPE/3K kompozit yapı çekme dayanımı atkı yönü 22.69 MPa, çözgü yönü 23.74 MPa ile en yüksek çıkmasına rağmen elastikliği, uzaması ve kompozit form yapısının bozulması etkenlerinden dolayı hacimce %25 jüt lifi katkılı DYPE/2K kompozit yapı üretimi tercih edilmiştir. MPA

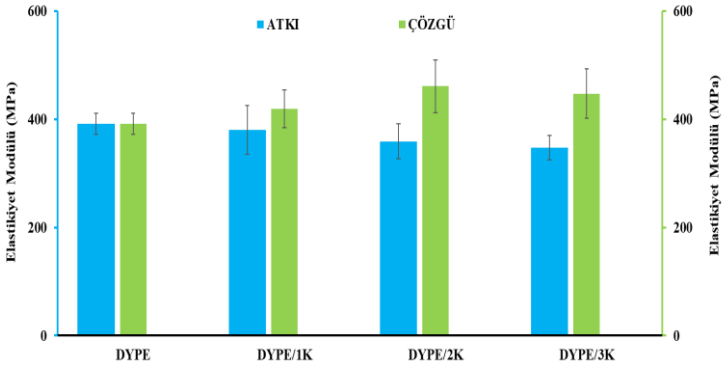


Şekil 3.1. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

Şekil 3.2'de verilen grafiğe göre belirli oranlarda jüt lifi katkısı artırılarak üretilen kompozit yapıların çekme uzaması değerlerinin azaldığı görülmektedir. En yüksek çekme uzaması değerlerine takviye lifi ilavesiz DYPE kompozit yapısında, en düşük uzama değerlerine ise jüt lifi katkılı DYPE/3K kompozit yapıda ulaşılmıştır.



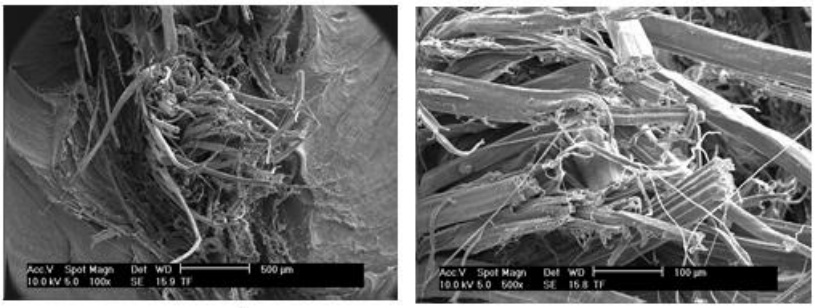
Şekil 3.2. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması



Şekil 3.3. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

Çekme testi sonucunda kompozit yapıların elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. DYPE kompozit yapısının elastikiyet modülü değeri 391.51 MPa, DYPE/1K kompozit yapısının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 380.24 MPa, çözgü yönü 419.32 MPa, DYPE/2K kompozit yapısının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 359.03 MPa, çözgü yönü 461.21 MPa, DYPE/3K kompozit yapısının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 347.27 MPa, çözgü yönü 447.29 MPa olarak tespit edilmiştir. Takviye lif oranının artması ile çekme dayanımı değerleri artarken elastikiyet modülü optimum değere ulaştıktan sonra azalarak kompozit yapıyı daha kırılgan bir forma dönüştürmüştür.

Şekil 3.4'te jüt lifi takviyeli kompozit yapıların lif-matris dağılımı SEM görüntüsü gösterilmiştir.

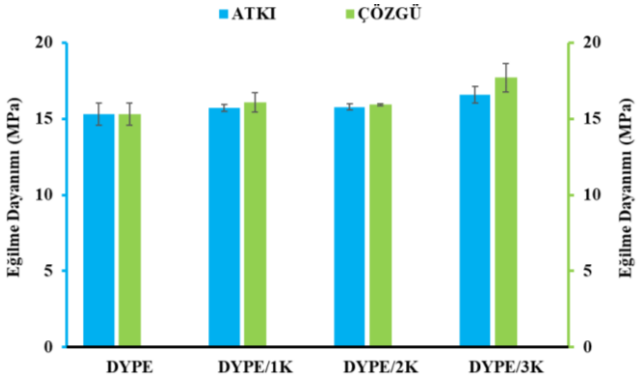


Şekil 3.4. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı SEM Görüntüsü

Yüzey iyileştirme işlemi uygulanmamış kompozit yapı içerisine takviye edilen jüt liflerinin SEM görüntüsünde, liflerin polimer matris içerisinde homojen olarak dağılmadığı ve lif/matris uyumsuzluğu görülmüştür.

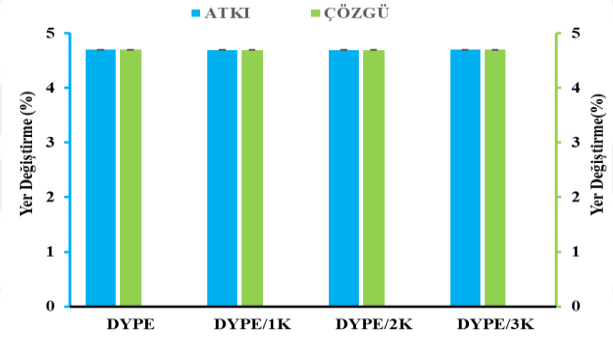
3.1.1.2. Eğilme Dayanımı

Şekil 3.5'te jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.6'da yer değiştirme, Şekil 3.7'de elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Selülozik esaslı lif takviyeli jüt kumaş miktarı arttıkça eğilme dayanımı değerleri artış göstermektedir. Eğilme dayanımı ve eğilme modülü değerleri optimum takviye oranının geçilmesi ile birlikte azalmıştır. Jüt lifi takviye edilmemiş düşük yoğunluklu polietilen kompozit yapıların DYPE eğilme dayanımı 15.31 MPa olarak tespit edilmiştir. DYPE/3K kompozit yapıların atkı yönü 16.58 MPa, çözgü yönü 17.71 MPa ile en yüksek eğilme dayanımı değeri belirlenmiştir.



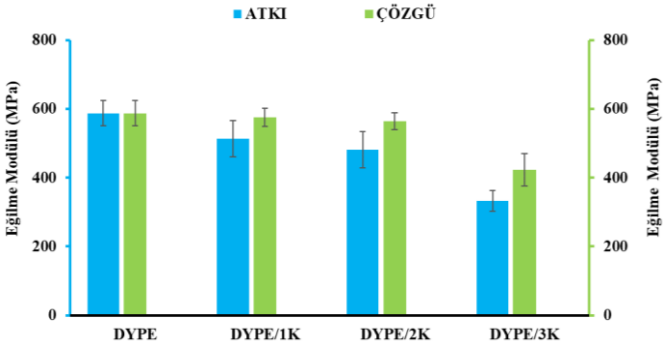
Şekil 3.5. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.6'da verilen grafite farklı lif oranlarında jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme oranları verilmiştir.



Şekil 3.6. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.7'de verilen grafite değişen lif oranlarında jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü değerlerinin katkı miktarına göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

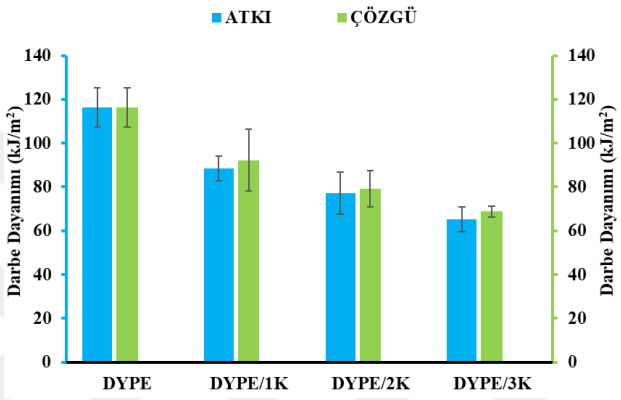


Şekil 3.7. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

Eğilme dayanımı değerlerine göre DYPE kompozit yapı 587.28 MPa değeri ile en yüksek eğilme modülüne, DYPE/3K atkı yönü 332.05 MPa çözgü yönü 423.13 MPa ile en düşük eğilme modülü değerine sahiptir.

3.1.1.3. Darbe Dayanımı

Çekme ve eğilme dayanımı sonuçlarında elde edilen olumlu etki darbe dayanımında elde edilememiştir. Şekil 3.8'de verilen grafite jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.8. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Takviye lifi ilavesiz DYPE kompozit yapıların darbe dayanımı değeri 116.34 kJ/m^2 olarak belirlenmiştir. Ancak kumaş formunda jüt lifi takviyesi ile DYPE/2K kompozit yapıların darbe dayanımı atkı yönü 77.11 kJ/m^2, çözgü yönü 79.02 kJ/m^2 olarak tespit edilmiştir. Polimer içerisine takviye lifi ilavesi ile darbe dayanımında azalma meydan gelmiştir. DYPE'nin esnek yapıda, takviye jüt lifinin polimere kıyasla daha rijit olması nedeniyle kompozit yapıyı olumsuz etkilemesini gösterebiliriz. Şekil 3.8'de verilen grafik incelendiğinde kompozit yapı içerinde lif oranı artışı ile dayanım özelliklerinin azalması söz konusu bulguları desteklemektedir.

Çekme, eğilme, darbe testi analiz sonuçları incelenerek kompozit yapıların içerisine takviye edilecek lif oranın hacimce %25 oranında olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre polimer matris malzeme içerisindeki lif oranı artırıldıkça yapıların mekanik özelliklerinin arttığı belirlenmiştir. Optimum oran geçildikten sonra yapıların kırılganlığını artırarak olumsuz yönde etkilemiştir.

Kompozit yapı üzerine jüt lifi takviyesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

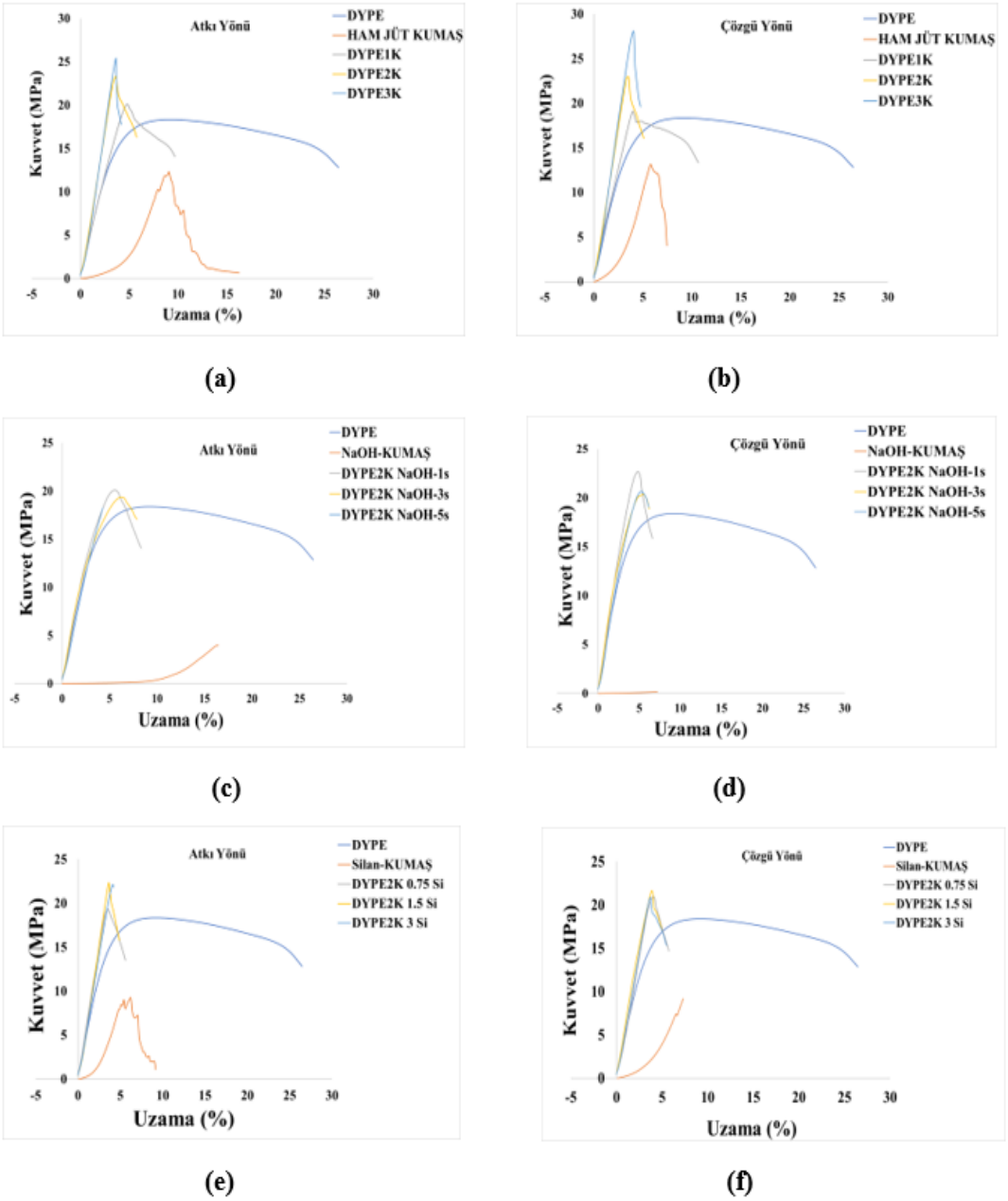
Tablo 3.1. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	38,960425	30,469	,000	,000
Çekme Uzaması	497,334	349,982	,000	,000
Elastikiyet Modülü	,792	1,149	,516	,360
Eğilme Dayanımı	12,005	21,721	,000	,000
Yer Değiştirme	1,270	,359	,318	,784
Eğilme Modülü	19,018	23,577	,000	,000
Darbe Dayanımı	18,031	17,456	,000	,000

Tablo 3.1'de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine jüt lifi takviyesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı çekme dayanımı, çekme uzaması, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise jüt lifi takviyesinin kompozit yapı elastikiyet modülü ve yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir (orijinal ANOVA tabloları Ekler kısmında verilmiştir).

Jüt lifi takviyesi sonrası kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları Ekler kısmında verilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı, çekme uzaması darbe dayanımı açısından takviye sonrası DYPE ve DYPE/1K yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; eğilme dayanımı açısından DYPE, DYPE/1K ve DYPE/2K yapıların aynı, DYPE/3K yapının farklı olduğunu; eğilme modülü açısından DYPE/1K ve DYPE/2K yapıların aynı, DYPE ve DYPE/3K yapıların farklı olduğunu; elastikiyet modülü ve yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

Şekil 3.9'da düşük yoğunluklu polietilen, yüzey işlemi uygulanmamış jüt kumaş, alkalin ve silan yüzey işlemi uygulanmış jüt kumaş takviyeli kompozit yapıların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil.3.9. a) Grup Ham Kumaş, DYPE ve Katmanlı Kompozit Yapı (ATKI YÖNÜ), b) Grup Ham kumaş, DYPE ve Katmanlı Kompozit Yapı (ÇÖZGÜ YÖNÜ), c) Grup NaOH(Alkalin) Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompozit Yapı (ATKI YÖNÜ), d) Grup NaOH(Alkalin) Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompoztit Yapı (ÇÖZGÜ YÖNÜ), e) Grup Silan Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompozit Yapı (ATKI YÖNÜ), f) Grup Silan Yüzey İşlemli Kumaş, DYPE ve Kompozit Yapı (ÇÖZGÜ YÖNÜ) Kuvvet–Uzama Grafiği

Şekil.3.9'da verilen grafik incelendiğinde (a) grup ham kumaş, DYPE ve katmanlı kompozit yapı (atkı yönü), b) grup ham kumaş, DYPE ve katmanlı kompozit yapı (çözgü yönü) eğrilerine göre DYPE ve ham jüt kumaş kuvvet-uzama değerlerinin diğer kompozit yapı değelerinden düşük çıktığı görülmüştür. Polimer içersine ham jüt lifi takviyesi ile kompozit yapıların kuvvet-uzama değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Grup (c) NaOH kumaş, DYPE ve kompozit yapıları (atkı yönü), d) grup NaOH kumaş, DYPE ve kompozit yapıları (çözgü yönü), eğrilerine göre DYPE ve alkalin yüzey işlemli jüt kumaş kuvvet-uzama değerlerinin diğer kompozit yapı değelerinden düşük çıktığı görülmüştür. Kompozit yapı içerisine alkalin yüzey işlemli lif takviyesi ile kompozit kuvvet-uzama değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Grup (e) silan etkili kumaş, DYPE ve kompozit yapıları (atkı yönü), f) grup silan etkili kumaş, DYPE ve (çözgü yönü) kompozit yapılarda kuvvet–uzama grafiği eğrilerine göre DYPE ve silan yüzey işlemli jüt kumaş kuvvet-uzama değerlerinin diğer kompozit yapı değelerinden düşük çıktığı görülmüştür. Şekil.3.9'da verilen grafikte Silan yüzey işlemli lif takviyesi ile kompozit yapıların kuvvet-uzama değerlerinin arttığı görülmüştür.

3.1.2. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Takviye Malzemelerine Uygulanan Yüzey Malzemesi Türünün Etkisi

Kompozit yapıların içerisine takviye edilen selülozik esaslı yapıların lif-matris yüzey uyumunu artırmak amacıyla silan ve alkalin kimyasal işlemleri uygulanmaktadır.

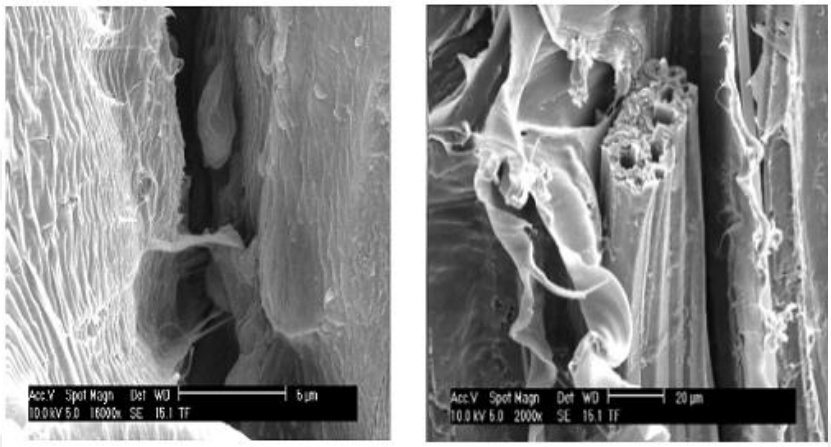
Çalışmada selülozik esaslı jüt liflerine silan ve alkalin işlemleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Uygulama sonrasında belirlenen ideal çözelti oranı ve bekleme süresi belirlenerek silan ve alkalin işlemi uygulaması birlikte gerçekleştirilmiştir. Silan işlemi selülozik esaslı liflere kompozit yapı üretimi öncesinde belli oranlarda silan yüzdesine sahip çözelti hazırlanarak liflerin içerisinde bekletilmesi işlemidir. Silan içerisinde iki ucunda –OH bulunan yüzeyler ile reaksiyona girebilen gruplar lif-matris yüzey uyumunu iyileştirmektedir [108].

Lif-matris yüzey uyumun artırmak amacıyla genellikle tercih edilen alkalin yüzey işlemi ile lif yüzeyi pürüzlendirilerek polimer yapı ile tutum özelliği geliştirilmiştir.

3.1.2.1. Yüzey İşleminde Silan Kullanımı

Lif-matris ara yüzey iyileştirme amacıyla kullanılan silan; 2000 ml kapta %0.75, %1.5, %3 oranlarında etanol ile çözelti haline getirilerek jüt kumaşa 3 saat süreyle uygulanmıştır. İşlem sonrasında pH değeri asetik asit ile dengelenerek etanol ile jüt kumaşlar yıkanmıştır. Silan yüzey işlemi uygulanan kumaşlar 3 saat süre ile 70 ºC'de kurutulmuştur.

Şekil 3.10'da silan yüzey işlemli uygulanmış lif-matris uyumu görüntüsü verilmiştir.



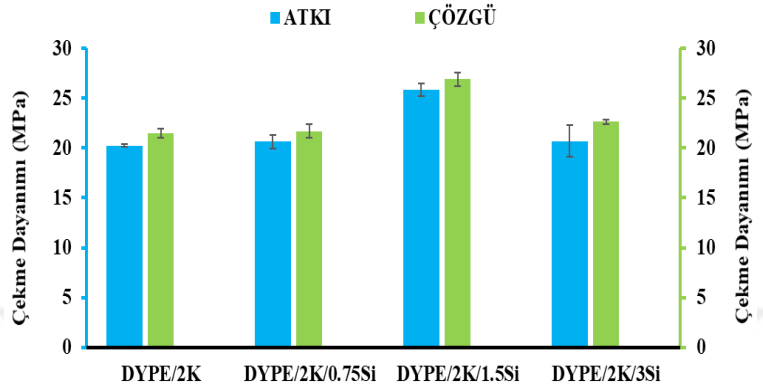
Şekil 3.10. Silan Yüzey İşlemli Lif Yapısı SEM Görüntüsü

Silan yüzey iyileştirme işlemi sonucunda lif-matris arasında meydana gelen olumlu etkileşim SEM analizi ile görülmüştür. Polimer yapının yüzey iyileştirme işlemi uygulanan life tutumu artarak kompozit yapının mekanik özelliklerini artırmıştır.

3.1.2.1.1. Çekme Dayanımı

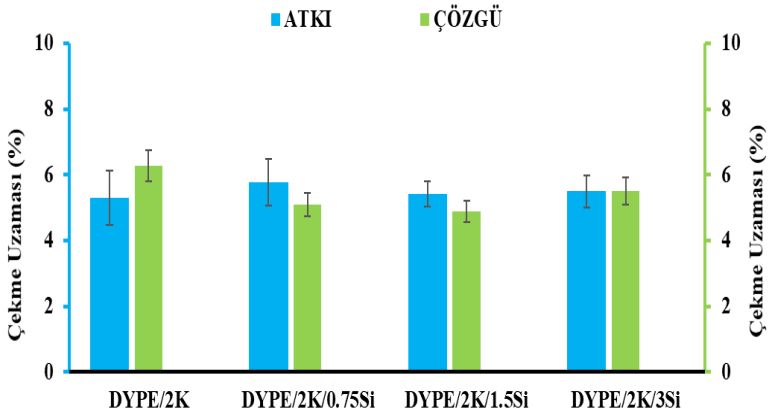
Şekil 3.11'de verilen grafikte jüt liflerinin silan yüzey işlemi sonrasında meydana gelen çekme dayanımı değerleri verilmiştir. Yüzey işlemi uygulanmayan DYPE/2K kompozit yapıların çekme dayanımı değeri atkı yönü 20.23 MPa, çözgü yönü 21.48 MPa olarak tespit edilmiştir. Silan yüzey iyileştirme işlemi sonucunda kompozit yapı çekme dayanımı değerlerinde iyileşmeler meydana gelmiştir. Jüt kumaşın %1.5 oranında 3 saat silan ile yüzey işlemi sonucu en iyi çekme değerini vermiştir. Silan yüzey işlemi uygulanmış DYPE/2K/1.5Si çekme dayanımı değeri atkı yönü 25.85 MPa, çözgü yönü 26.89 MPa olarak tespit edilmiştir.

Takviye jüt lifine %1.5 oranında silan uygulaması sonrasında, DYPE/2K/1.5Si kompozit yapı çekme dayanımı değeri atkı yönü %25, çözgü yönü %26 oranında arttığı belirlenmiştir. %1.5 oranında 3 saat silan ile yüzey işlemi ile en uygun işlem konsantrasyonu ve süresi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

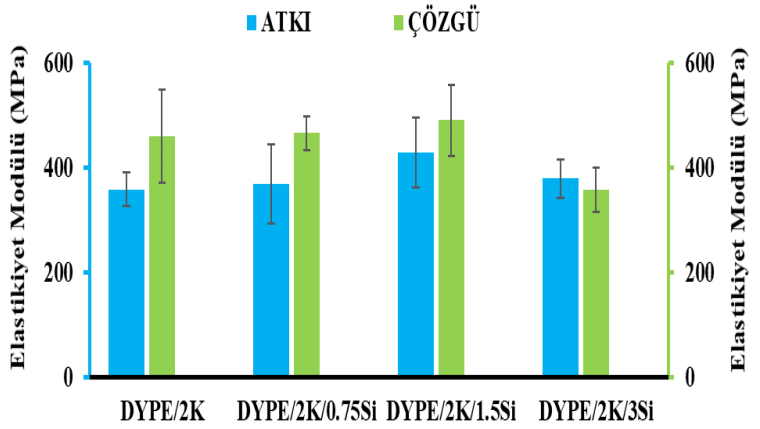
Şekil 3.12'de verilen grafite jüt liflerinin silan yüzey işlemi sonucunda meydana gelen çekme uzaması değeri verilmiştir. Uzama değerleri silan oranlarına bağlı olarak değişim göstermiştir.



Şekil 3.12. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.13'te verilen grafikte jüt liflerinin silan yüzey işlemi sonrasında üretilen yapıların elastikiyet modülü değerleri verilmiştir. DYPE/2K kompozit yapı elastikiyet modülü değeri atkı yönü 359.02 MPa, çözgü yönü 461.21 MPa olarak tespit edilmiştir. Silan yüzey işlemi sonrasında, çekme dayanımı değerlerindeki olumlu etki elastikiyet modülü değerlerinde de belirlenmiştir.

Silan yüzey işlemi sonucunda DYPE/2K/1.5Si kompozit yapısının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 429.42 MPa, çözgü yönü 490.44 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.13. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

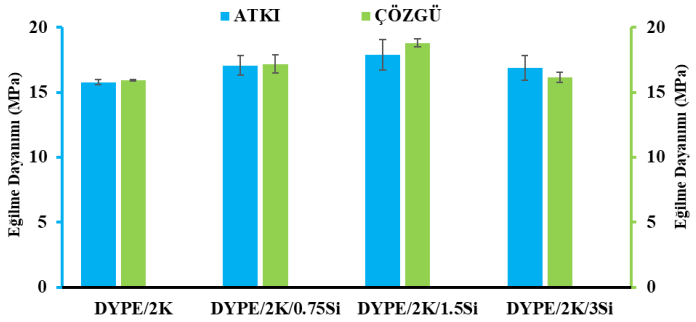
%1.5 oranında silan uygulaması sonucunda çekme dayanımı değerinin atkı yönü %20, çözgü yönü %22 oranında arttığı belirlenmiştir. %1.5 oranında 3 saat silan ile yüzey işlemi görmüş jüt lifi takviyeli kompozit yapı en iyi elastikiyet modülü değerini vermiştir.

Lif matris arası yüzey iyileştirme işlemlerinden olan silan ile muamelenin olumlu yöndeki etkilerinin birden fazla nedeni bulunmaktadır. Silan malzemesine saf su katılarak oluşturulan çözeltide silan malzemesi silanol grupları selülozik esaslı liflerin yapısında bulunan OH grupları ile bağ oluşturmaktadır. Diğer silanol grupları ise oksijen ile Si-O-Si bağı meydana getirmektedir. Bu şekilde yüzey muamelesi sonucunda selülozik esaslı lifler Vander Walls kuvvetleriyle ana polimer zinciri ile bağ kurabilmektedir. Lif matris arasında meydan gelen bu olumlu etkileşim kompozit yapıların mukavemet değerini artırmaktadır. Silan yüzey muamelesi işlemi çözeltinin derişimi, sıcaklığı, uygulama süresi, pH gibi etkenlere bağlı değişkenlik göstermektedir [111- 113].

Silan uygulamasının meydan getirdiği olumlu katkı silan oranını fazlalığı ile azalmaktadır. Fazla silan lifler arasında olumsuz etkileşime neden olarak belli bir çözelti oranından sonra dayanımı olumsuzluklar oluşturarak [113] ve silan yutum miktarını azaltarak mukavemeti olumsuz etkilemektedir [115, 116]. Bu nedenlerden dolayı silan ile muamelede optimum uygulama konsantrasyonu ve bekleme süresi belirlenerek işlem gerçekleştirildiğinde mukavemet değerlerinde olumlu artış olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

3.1.2.1.2. Eğilme Dayanımı

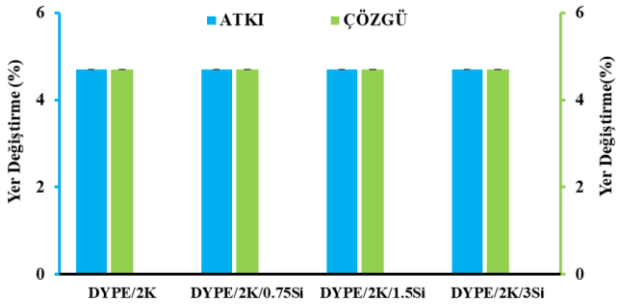
Şekil 3.14'te verilen grafiğe göre silan yüzey muamelesi görmüş kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.14. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.15'te verilen grafikte silan yüzey işlemi görmüş kompozit yapıların yer değiştirme oranları verilmiştir.

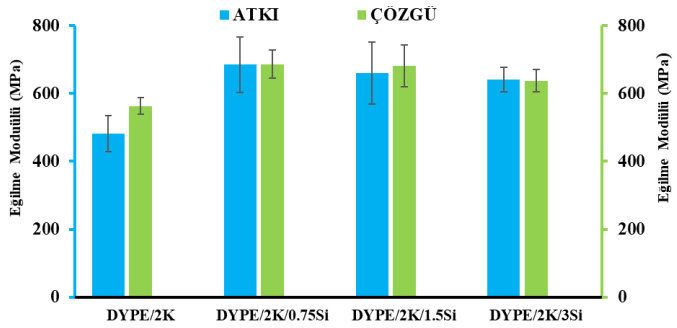
DYPE/2K kompozit yapısının eğilme dayanımı değeri atkı yönü 15.77 MPa, çözgü yönü 15.92 MPa olarak tespit edilmiştir. DYPE/2K/1.5Si kompozit yapısının eğilme dayanımı değeri atkı yönü 17.88 MPa, 18.86 MPa olarak tespit edilmiştir. Silan uygulaması sonucunda DYPE/2K/1.5Si kompozit yapısında atkı yönü %17, çözgü yönü %18 oranında artmıştır. DYPE/2K/3Si kompozit yapı eğilme dayanımı değerleri azalmıştır.



Şekil 3.15. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları

Şekil 3.16'da verilen grafikte silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü değerleri verilmiştir. DYPE/2K kompozit yapısının eğilme modülü değeri atkı yönü 481.44 MPa, çözgü yönü 563.50 MPa olarak tespit edilmiştir.

DYPE/2K/1.5Si kompozit yapı eğilme modülü değeri atkı yönü 660.26 MPa, çözgü yönü 681.81 MPa olarak tespit edilmiştir.

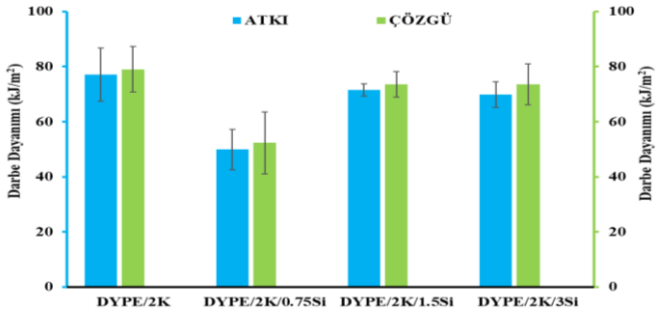


Şekil 3.16. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

Silan uygulaması sonucunda DYPE/2K/1.5Si kompozit yapı eğilme modülü atkı yönü %35, çözgü yönü %36 oranında artmıştır. Optimum silan uygulaması oranı (%1.5) sonrasında, DYPE/2K/3Si kompozit yapı eğilme modülü değeri azalmıştır. Fazla silan oranı eğilme modülü değerlerinde olumsuz etki meydana getirmiştir.

3.1.2.1.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.17'de verilen grafikte silan yüzey muamelesi görmüş kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.17. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Düşük yoğunluklu polietilen polimerin içerisine selülozik esaslı silan yüzey işlemi uygulanmış jüt lifi takviye edilerek üretilen kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri azalmıştır. Silan yüzey işlemi uygulanmış jüt lifi takviyeli kompozit yapıların değerleri karşılaştırıldığında, silan oranında ki artış ile birlikte kompozit yapıların darbe dayanımı değerlerini artırdığı belirlenmiştir. En iyi darbe dayanımı değeri DYPE/2K/1.5Si kompozit yapı atkı yönü 71.46 MPa, çözgü yönü 73.63 MPa olarak tespit edilmiştir.

Kompozit yapı üzerine; takviye jüt lifine uygulanan silan yüzey işleminin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	60,388	50,004	,000	,000
Çekme Uzaması	2,438	2,480	,102	,098
Elastikiyet Modülü	1,556	1,524	,239	,247
Eğilme Dayanımı	5,884	16,666	,007	,000
Yer Değiştirme	2,259	1,265	,121	,320
Eğilme Modülü	9,133	8,641	,001	,001
Darbe Dayanımı	7,275	10,847	,003	,000

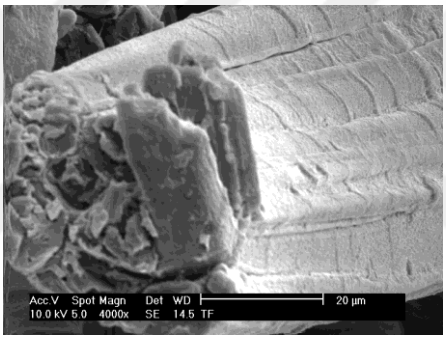
Tablo 3.2'de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli kompozit yapı hem atkı hem de çözgü yönü çekme dayanımı, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli kompozit yapı hem atkı hem de çözgü yönü çekme uzaması, elastikiyet modülü ve yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Silan yüzey işlemi sonrası kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı, eğilme dayanımı açısından silan uygulaması sonrasında DYPE/2K/0.75Si, DYPE/2K/3Si, DYPE/2K yapılar arasında fark olmadığını, DYPE/2K/1.5Si yapısının farklı olduğunu; eğilme modülü açısından DYPE/2K/0.75Si, DYPE/2K/1.5Si, DYPE/2K/3Si yapıların aynı, DYPE/2K yapısının farklı olduğunu; darbe dayanımı açısından, DYPE/2K/1.5Si, DYPE/2K/3Si, DYPE/2K yapıların aynı, DYPE/2K/0.75Si yapısının farklı olduğunu; elastikiyet modülü, çekme uzaması ve yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

3.1.2.2. Yüzey İşleminde Alkali Kullanımı

Selülozik esaslı yapıların yüzey iyileştirme işlemlerinin yaygın olarak kullanılan NaOH ile 2000ml kap içerisinde 1M derişikliğe sahip sulu çözelti hazırlanmış ve jüt kumaşlar 1, 3 ve 5 saatlik sürelerde çözelti içerisinde bekletilerek işlem uygulanmıştır. Alkalin işleminden sonra jüt kumaşlar saf su içerisinde pH 7 değerine gelinceye kadar bekletilmiştir. Dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra 48 saat oda sıcaklığında kurutularak sıcak pres makinesinde kompozit yapıların üretimine hazır hale getirilmiştir. Üretilen kompozit yapıların alkalin işlemi sonrasında mekanik özellikler üzerinde oluşan etkisi incelenmiştir.

Şekil 3.18'de alkalin yüzey işlemi uygulanmış jüt lifinin SEM analizi görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.18. Alkalin İşlemi Uygulanmış Jüt Lifi Yüzey Görüntüsü

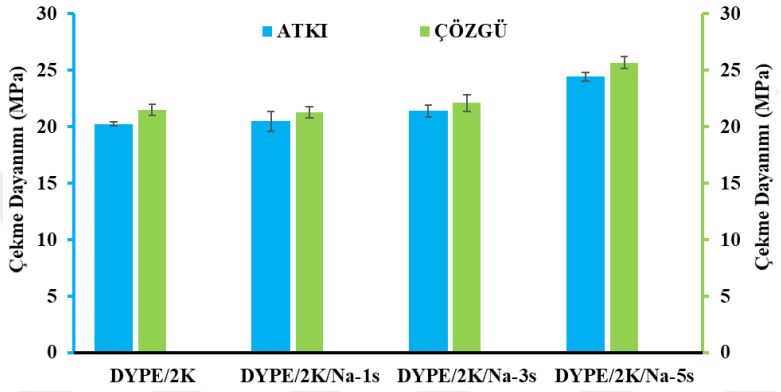
Alkalin uygulamasının jüt liflerinin yüzeyinde pürüzlülük meydana getirerek toplam etkin tutunma yüzeyini arttırdığı görülmektedir. Alkalin (NaOH) ile yüzey iyileştirme işleminde bakıldığında çekme dayanımı değerinin artırdığı literatürde yapılan çalışmalar örtüştüğü belirlenmiştir.

3.1.2.2.1. Çekme Dayanımı

Alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü çekme dayanımı Şekil 3.19'da çekme dayanımı, şekil 3.20'de çekme uzaması, şekil 3.21'de elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Yüzey işlemi uygulanmamış DYPE/2K kompozit yapısının değeri, yüzey işlemi uygulanmış kompozit yapılarla karşılaştırılmıştır.

DYPE/2K kompozit yapısının çekme dayanımı değeri atkı yönü 20.23 MPa, çözgü yönü 21.48 MPa, DYPE/2K/Na-1s kompozit yapısının çekme dayanımı değeri 20.49 MPa, çözgü yönü 21.30 MPa olarak tespit edilmiştir.

Jüt lifine 1 saat alkalin işlemi sonrasında üretilen kompozit yapıların çekme dayanımı değerlerinde ciddi bir değişim meydana gelmediği belirlenmiştir. En fazla artış 5 saat alkalin işlemi görmüş jüt lifi takviyeli DYPE/2K/Na-5s kompozit yapıda çekme dayanımı değeri atkı yönü 24.42 MPa, çözgü yönü 25.66 MPa olarak tespit edilmiştir.

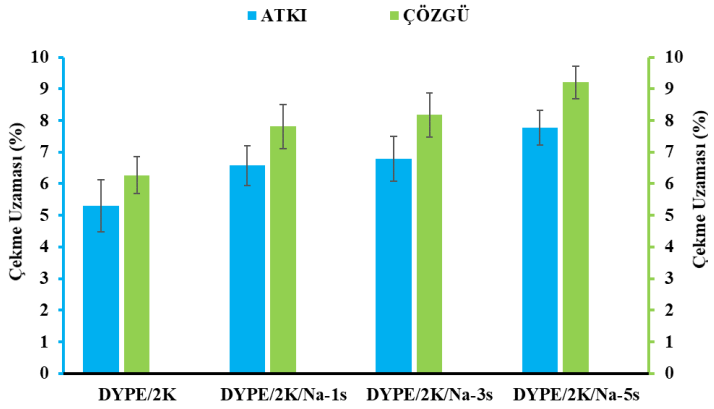


Şekil 3.19. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı atkı yönü %20, çözgü yönü %21 oranında artmıştır. Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde benzer sonuçlar elde ettiği tespit edilmiştir.

NaOH çözeltisi ile muamele sonucunda jüt lifinin yapısında bulunan pektin ve yağlı tabaka katmanlarının uzaklaştırılması sağlanmıştır. Böylelikle düzgün formda bulunan lif yüzeyi pürüzlü hale getirilmiştir. Liflerin polimer matris malzemeye tutumu artırılması kompozit yapıların çekme dayanım özelliklerini artırmıştır [41,117, 118].

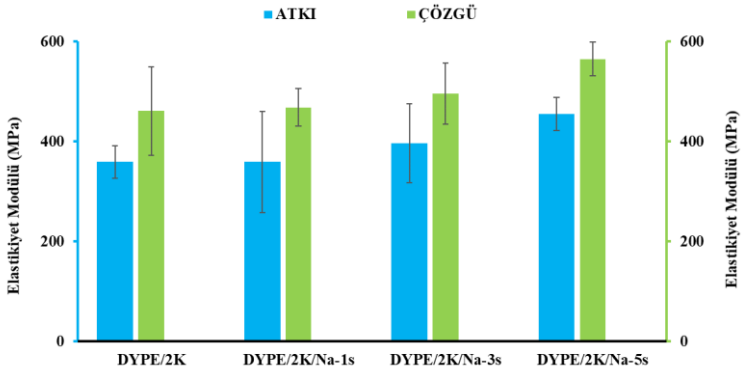
Şekil 3.20'de verilen grafikte görüldüğü üzere alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların aynı derişik özelliklerde işlem süresinin artışı ile çekme dayanımında meydana gelen olumlu etki çekme uzaması değerlerinde de görülmüştür.



Şekil 3.20. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.21'de verilen grafikte görüldüğü üzere alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların atkı ve çözgü yönlerinde elastikiyet modülü sonuçlarına göre aynı derişik özelliğe sahip çözelti içerisinde değişen sürelerde bekleme durumuna göre lif yapısında meydana gelen değişiklikler farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Liflerin yüzeyinin fazla aşınması durumunda lif-matris arasında tutunmayı da olumsuz etkilemektedir. Alkalin ile yüzey iyileştirme işlemlerinde uygun bekleme sürelerinin doğru belirlenmesi uygulamada kompozit yapıların yapı için önemli unsurlardandır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde alkalin ile ideal işlem süresi konusuna önem verilmiştir [118].

En yüksek elastikiyet modülü değeri DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı atkı yönü 455.40 MPa, çözgü yönü 565.43 MPa olarak tespit edilmiştir.



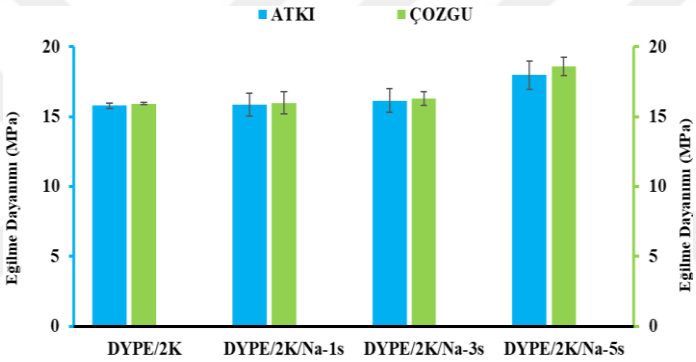
Şekil 3.21. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

DYPE/2K kompozit yapısı değerlerine göre, DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı çekme dayanımı değerlerinde atkı yönü %27, çözgü yönü %29 oranında artış belirlenmiştir.

Çekme testi sonucunda elde edilen veriler dikkate alındığında 1M derişikliğe sahip alkalin çözeltisinde jüt liflerinin 5 saat bekletilmesi ile optimum kompozit yapı üretimi değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir.

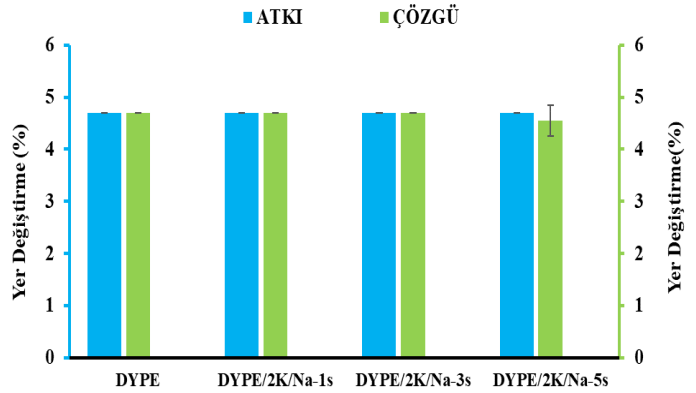
3.1.2.2.2. Eğilme Dayanımı

Şekil 3.22'de alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.23'te verilen değiştirme oranı, Şekil 3.24'te elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. En yüksek eğilme dayanımı değeri DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı atkı yönü 17.98 MPa, çözgü yönü 18.58 MPa olarak tespit edilmiştir. DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı eğilme dayanımı değerlerinde atkı yönü %19, çözgü yönü %20 oranında artış gerçekleşmiştir.



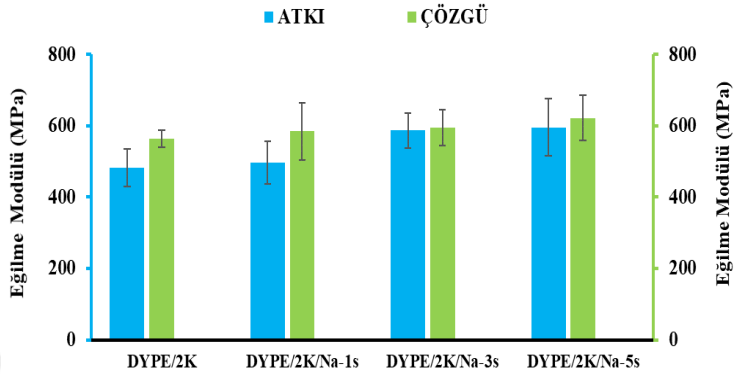
Şekil 3.22. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.23'de verilen grafikte alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme grafiğinden elde edilen sonuçlara göre değiştirme oranlarında değişiklik olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.23. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.24'te verilen grafikte alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü grafiğinden elde edilen sonuçlara göre alkalin uygulaması ile eğilme dayanımı değerlerinde artış meydana geldiği görülmektedir.

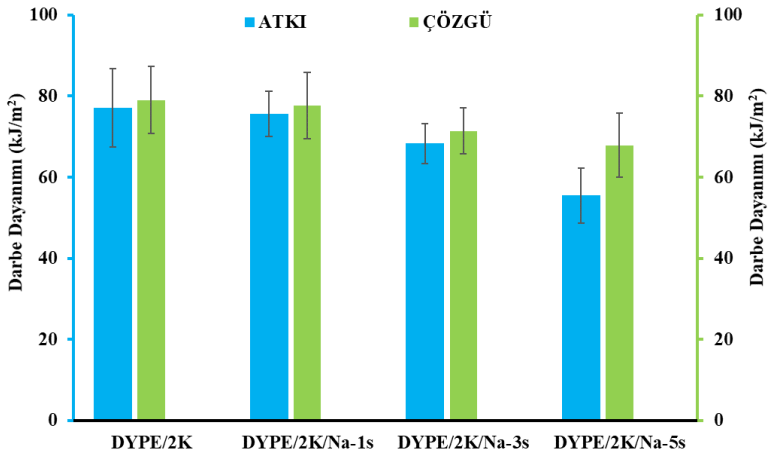


Şekil 3.24. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

DYPE/2K kompozit yapı eğilme modülü değeri atkı yönü 481.44 MPa, çözgü yönü 563.50MPa, 5 saat alkalin yüzey işlemi uygulanmış jüt lifi takviyeli DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı değeri atkı yönü 595.34MPa, çözgü yönü 621.74MPa olarak tespit edilmiştir. Alkalin uygulaması sonucunda eğilme değerleri işlem süresinin artması ile göre iyileşmeler meydana geldiğini ortaya koymuştur.

3.1.2.2.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.25'te verilen grafikte alkalin-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı grafiği verilmiştir. Grafikten elde edilen sonuçlara göre alkalin işlem süresinin artışı ile darbe dayanımı değerleri azalmıştır.



Şekil 3.25. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

En düşük darbe dayanımı değeri DYPE/2K/Na-5s kompozit yapı atkı yönü 55.45 kJ/m^2, çözgü yönü 67,83 kJ/m^2 olarak tespit edilmiştir. Kompozit yapı içerisinde lif-matris uyumunu artıran alkalin işlemi, kırılgan yapıda bulunan jüt lifleri oluşumu ile darbe dayanımı değerleri azalmıştır.

Kompozit yapı üzerine; takviye jüt lifine uygulanan alkalin yüzey işleminin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Alkalin Yüzey İşlemi Uygulanmış Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	33,843	27,193	,000	,000
Çekme Uzaması	29,155	14,814	,000	,000
Elastikiyet Modülü	2,478	2,698	,099	,081
Eğilme Dayanımı	11,612	16,730	,000	,000
Yer Değiştirme	,052	1,009	,984	,414
Eğilme Modülü	6,468	,984	,004	,425
Darbe Dayanımı	5,671	2,666	,008	,083

Tablo 3.3'te verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine takviye edilen jüt lifine uygulanan alkalin yüzey işleminin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı çekme dayanımı, çekme uzaması, eğilme dayanımı, atkı yönü darbe dayanımı ve eğilme modülü üzerine anlamlı etkiye sahip iken, 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri takviye jüt lifine uygulanan alkalin yüzey işleminin kompozit yapı eğilme modülü ve darbe dayanımı çözgü yönü, elastikiyet modülü ve yer değiştirme ise hem atkı hem de çözgü performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Takviye jüt lifine uygulanan alkalin yüzey işlemi sonrasında üretilen kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir.

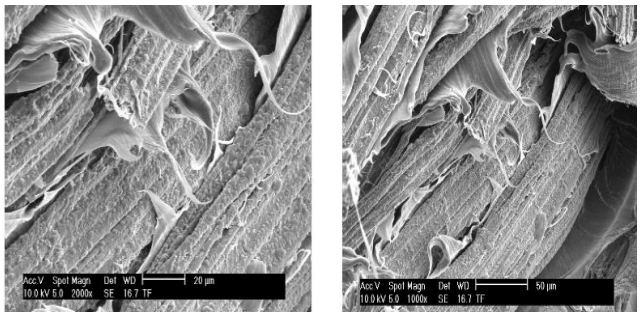
Tukey sonuçları alkalin işlemi sonrası çekme dayanımı, eğilme dayanımı açısından DYPE/2K, DYPE/2K/Na-1s, DYPE/2K/Na-3s yapılar arasında fark olmadığını, DYPE/2K/Na-5s yapısının farklı olduğunu; çekme uzaması açısından DYPE/2K/Na-1s, DYPE/2K/Na-3s yapılar arasında fark olmadığını diğer yapıların farklı olduğu; atkı yönü eğilme modülü açısından DYPE/2K, DYPE/2K/Na-1s yapıların aynı, diğer yapıların farklı olduğunu; elastikiyet modülü, çözgü yönü eğilme modülü, darbe dayanımı ve yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

3.1.2.3. Yüzey İşleminde Alkali ve Silan Kullanımı

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde lif-matris yüzey uyumunu artırarak yapının özelliklerini geliştirmek amacıyla; alkalin ile yüzeyi pürüzlendirilimiş life sonrasında silan yüzey işlemi uygulamaları yer almaktadır. Alkalin ve silan işlemlerinin aynı life uygulanması sonucunda kompozit yapının özelliklerinin olumlu yönde gelişeceğine dair bulgular mevcuttur.

Farklı oranlarda silan ve alkalin yüzey işlemi uygulamalarından elde edilen optimum değerlere göre; jüt kumaşlar öncelikle 1M derişimde 5saat NaOH çözeltisinde bekletilerek sonrasında oda sıcaklığında 48 saat kurutulmuş ve ardından , %1.5 oranında etanol/silan çözeltisinde 3 saat bekletilerek pH seviyesi 3.5-4 oluncaya kadar asetik asit eklenerek nötralizasyon yapılmıştır. Alkalin/silan işlemi uygulanmış jüt kumaşlar sıcak pres ile kompozit üretiminden önce etüvde 70°C'de 3 saat boyunca kurutularak işleme hazır hale getirilmiştir.

Selülozik esaslı jüt lifi ideal oranları belirlenmiş yüzeyler alkalin işlemi uygulandıktan sonra silan ile kaplanmıştır. Şekil 3.25'te alkalin/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapı SEM görüntüsü verilmiştir.

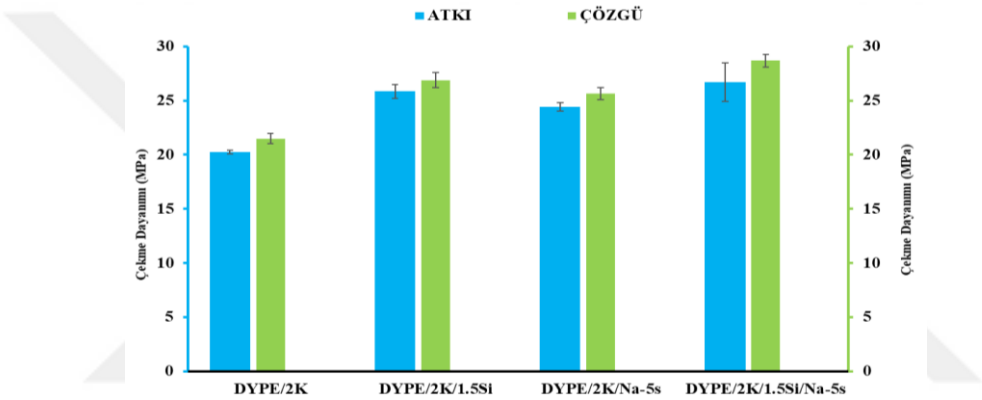


Şekil 3.26. Alkalin/Silan-Jüt Lifi SEM Görüntüsü

SEM analizinde maleikanhidrit katkısıyla birlikte polimer matris jüt lifinin çevresini sarmış ve bu durum yük transferini kolaylaştırmıştır. Lif-matris arasında meydana bu yüzey uyumu ile beraber kompozit yapının mekanik özelliklerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmaktadır.

3.1.2.3.1. Çekme Dayanımı

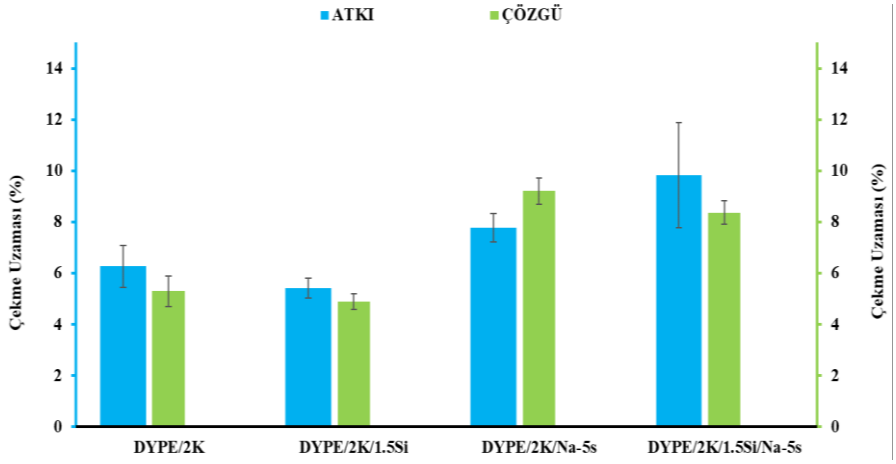
Şekil 3.27'de alkali/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı, Şekil 3.28'de çekme uzaması, Şekil 3.29'da elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. En yüksek çekme dayanımı değeri DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapının atkı yönü 26.71 MPa, çözgü yönü 28.68 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.27. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

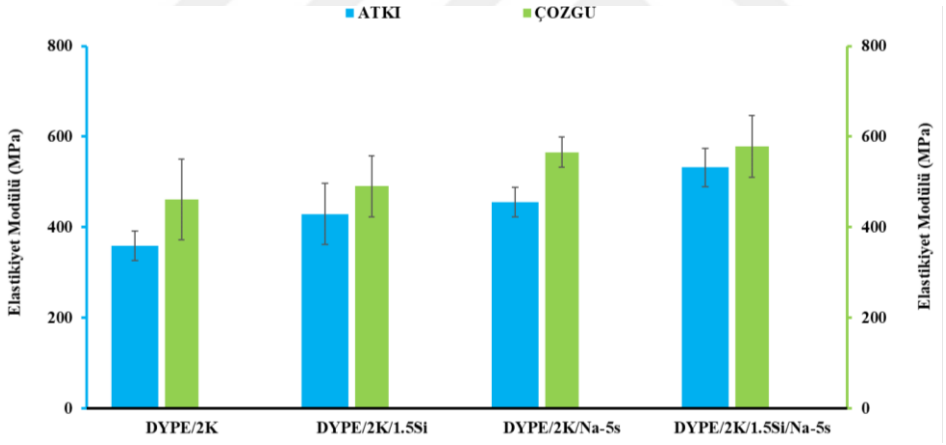
DYPE/2K/Na-5s kompozit yapının çekme dayanımı değerleri atkı yönü 24.42 MPa, çözgü yönü 25.66 MPa, silan işlemli DYPE/2K/1.5Si kompozit yapısının atkı yönü 25.85MPa, çözgü yönü 26.89MPa olarak tespit edilmiştir. DYPE/2K kompozit yapısında çekme dayanımı değerleri göre, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapısının çekme dayanımı değerleri atkı yönü %30, çözgü yönü %32 oranında artış sağlamıştır.

Şekil 3.28'de verilen grafikte alkali/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların alkalin/silan işlemlerinin beraber uygulanması kompozit yapıların çekme uzaması değerlerine olumlu katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.28. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.29'da verilen grafikte alkali/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde alkalin/silan işlemlerinin beraber uygulanması ile elastikiyet modülü değerlerini artırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.29. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

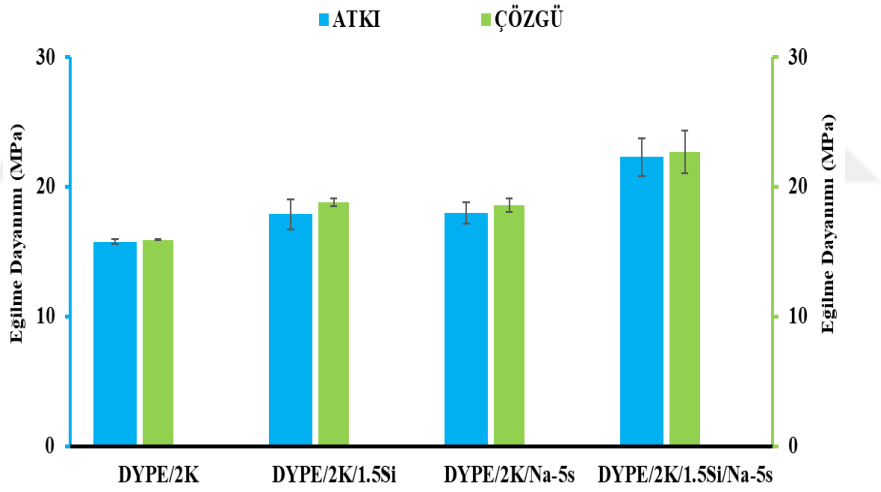
En yüksek elastikiyet modülü değeri DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapı atkı yönü 532.08 MPa, çözgü yönü 579,06 MPa olarak belirlenmiştir.

Alkalin ile liflerin yapısında bulunan yağ ve pektinin uzaklaştırılması ile yüzeyin pürüzlendirilerek uyumun artırılması ve silan muamelesi ile de silanol gruplarının lifler ile bağ yapmasının sağlanarak lif-matris uyumunun artması ile elastikiyet modülü değerinde artışı sağlanmıştır.

3.1.2.3.2. Eğilme Dayanımı

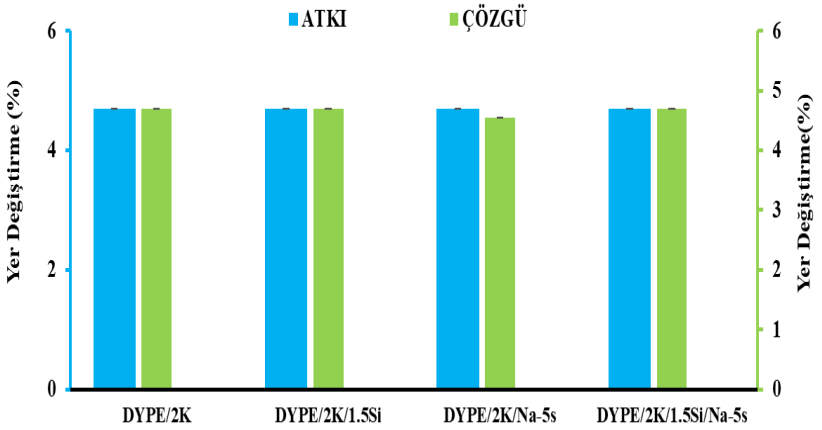
Kompozit yapı içerisine takviye edilen jüt lifine alkalin ve silan uygulaması ile mekanik özelliklerin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Takviye jüt lifine yalnız alkalin ve silan uygulaması birlikte uygulanarak üretilmiş kompozit yapıların eğilme dayanımı değerlerinde önemli oranda artış sağlanmıştır.

Şekil 3.30'da eğilme dayanımı, Şekil 3.31'de yer değiştirme, Şekil 3.32'de verilen grafikte eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Şekil 3.29'da verilen grafiğe göre DYPE kompozit yapı eğilme dayanımı değeri atkı yönü 15.77 MPa çözgü yönü 15.92 MPa olarak tespit edilmiştir. DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapısının atkı yönü 22.28 MPa, çözgü yönü 22.66 MPa değerine ulaşmıştır. DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapısının eğilme dayanımı değerlerinde atkı yönü %45, çözgü yönü %46 oranında artış meydana gelmiştir.



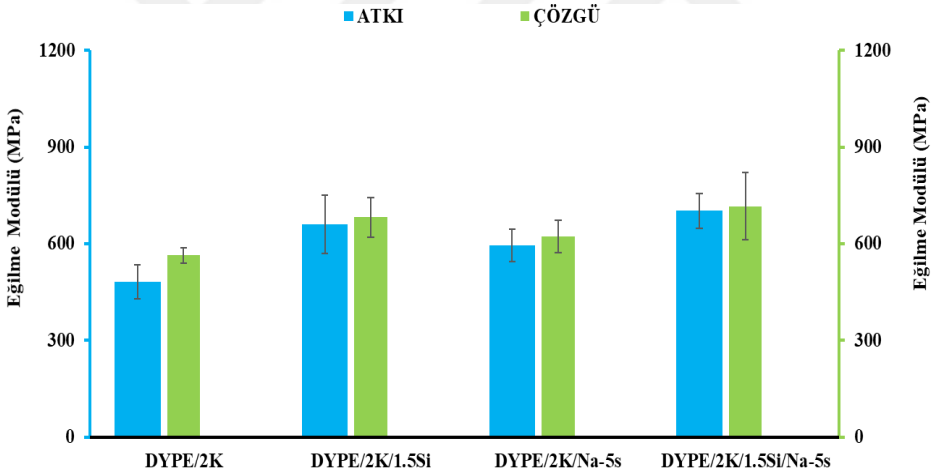
Şekil 3.30. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.31'de verilen grafikte alkali/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme grafiğine göre alkalin/silan işlemlerinin uygulanması ile yer değiştirme oranlarında değişim olmadı belirlenmiştir.



Şekil 3.31. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.32'de verilen grafikte alkali/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü grafiğine göre eğilme dayanımda meydana gelen artışa benzer bir sonuç elde edilmiştir.

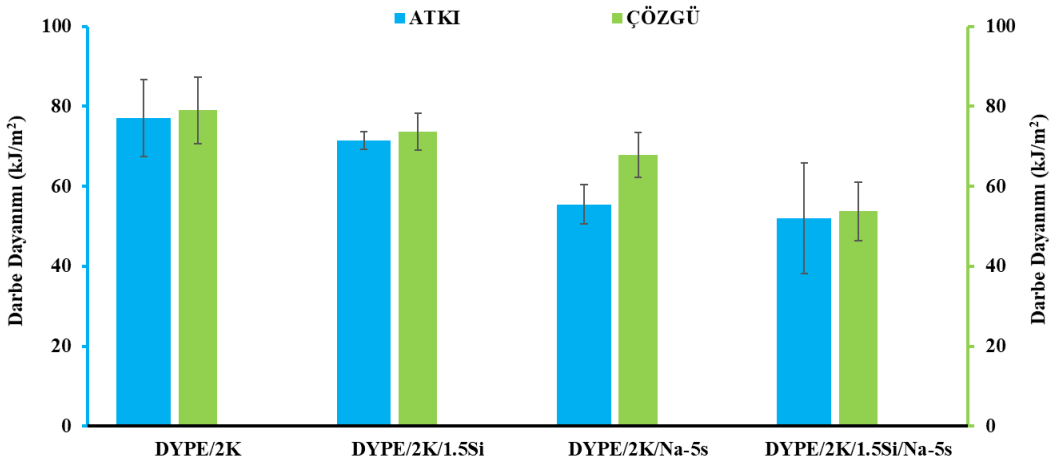


Şekil 3.32. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

En yüksek eğilme modülü değeri DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapısında atkı yönü 701.89 MPa, çözgü yönü 715.89 MPa olarak tespit edilmiştir.

3.1.2.3.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.33'de verilen grafikte alkali/silan-jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri gösterilmiştir. Yüzey işlemi görmüş jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanım değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 3.33. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

DYPE/2K kompozit yapısının darbe dayanımı değeri atkı yönü 77.11 kJ/m^2, çözgü yönü 79.02 kJ/m^2, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s kompozit yapı atkı yönü 51.99 kJ/m^2, çözgü yönü 53.76 kJ/m^2 olarak tespit edilmiştir.

Takviye lifleri kompozit yapı içerisinde polimer matris malzemeden daha fazla daha baskın özellik göstermiştir. Kompozit yapı içerisinde dayanımı düşük jüt liflerine uygulanan yüzey işlemlerinin meydana getirdiği etki nedeni ile darbe dayanımları azalmıştır.

Kompozit yapı üzerine; takviye jüt lifine uygulanan alkalin ve silan yüzey işleminin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	93,968	84,044	,000	,000
Çekme Uzaması	96,407	53,986	,000	,000
Elastikiyet Modülü	8,759	2,071	,001	,144
Eğilme Dayanımı	56,294	34,620	,000	,000
Yer Değiştirme	1,022	4,362	,409	,060
Eğilme Modülü	8,711	11,298	,001	,000
Darbe Dayanımı	8,339	12,860	,001	,000

Tablo 3.4'te verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine takviye jüt lifine uygulanan alkalin ve silan yüzey işleminin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı çekme dayanımı, çekme uzaması, eğilme dayanımı, eğilme modülü, darbe dayanımı ve atkı yönü elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise jüt lifi takviyesinin kompozit yapı çözgü yönü elastikiyet modülü ve atkı ve çözgü yönü yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Takviye jüt lifine uygulanan alkalin ve silan yüzey işleminin kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. TUKEY sonuçları alkalin/silan uygulaması sonrası çekme dayanımı ve eğilme dayanımı açısından DYPE/2K/1.5Si, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; atkı yönü darbe dayanımı açısından DYPE/2K/1.5Si, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; çözgü yönü DYPE/2K/1.5Si/Na-5s farklı diğer yapıların ise aynı olduğu; çekme uzaması açısından DYPE/2K, DYPE/2K/1.5Si sonrası yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; atkı yönü eğilme modülü açısından DYPE/2K/0.75Si, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s yapıların aynı, diğer yapıların farklı olduğunu; çözgü yönü eğilme modülü, atkı yönü elastikiyet modülü açısından DYPE/2K ve DYPE/2K/1.5Si yapıların aynı, diğer yapıların farklı olduğunu; çözgü yönü elastikiyet modülü ve yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

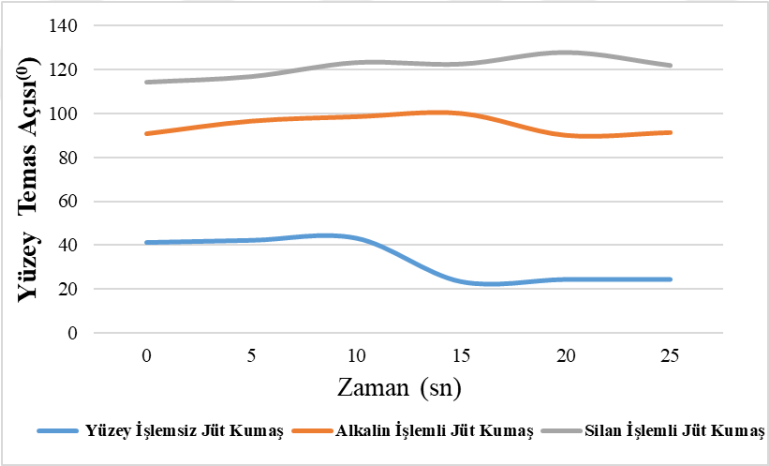
Jüt kumaşa uygulanan alkalin ve silan işlemleri sonucunda, kumaşın hidrofobik(su itici) ya da hidrofilik (su emici) sahip olduğunu belirlemek amacıyla yüzey kontak açısı analizi gerçekleştirilmiştir. Yüzeye damlatılan sıvının küresel ya da farklı bir şekil almasına göre yüzey kontak açısı belirlenmektedir. Şekil 3.34'de yüzey işlemsiz jüt kumaş, silan işlemli jüt kumaş, alkalin işlemli jüt kumaş sıvı damlaları görüntüsü verilmiştir. Yüzey işlemsiz jüt kumaş yüzeyine damlatılan sıvı, yüzeye yayıldığından dolayı damlacıkların kontak açısı azalmıştır. Jüt kumaşa alkalin yüzey işlemi sonucunda damlatılan sıvının açı derecesi artmıştır. Silan yüzey uygulaması sonrasında damlatın sıvı tam bir küre şeklini alarak açı derecesini artırmıştır.



(a) (b) (c)

Şekil 3.34. (a) Yüzey İşlemsiz Jüt Kumaş, (b) Alkalin İşlemli Jüt Kumaş, (c)Silan İşlemli Jüt Kumaş Sıvı Damlası Görüntüsü

Şekil 3.35'te yüzey işlemi uygulanmamış, alkalin ve silan yüzey işlemi uygulanmış jüt kumaş yüzey temas açıları verilmiştir. Temas açısı değeri 90° altında olan yüzeyler hidrofilik (su emici), üstünde olan yüzeyler ise hidrofobik olarak adlandırılmaktadır. Yüzey işlemi uygulanmamış jüt kumaşa damlatılan sıvının yüzeyle yaptığı açı 41.34^o, alkalin işlemi uygulanmış jüt kumaşa damlatılan sıvının yüzeyle yaptığı açı 90.94^o, silan işlemi uygulanmış jüt kumaşa damlatılan sıvının yüzeyle yaptığı açı 114.12^o'den başlayarak zaman içinde farklı açısal değerler almıştır.



Şekil 3.35. Yüzey İşlemi Uygulanmamış, Alkalin Ve Silan Yüzey İşlemi Uygulanmış Jüt Kumaş Yüzey Temas Açıları

Şekil 3.35'te verilen grafikte verilen açısal değerlerden görüleceği üzere alkalin ve silan yüzey işlemi sonrasında kumaşların hidrofobik özellik kazandığı belirlenmiştir.

3.1.3. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Matris Malzemeye Uygulanan (Maleikanhidrit) Modifikasyon Malzemenin Etkisi

Lif-matris ara yüzeyi için en yaygın polimer modifikasyon yöntemlerinden biri olan maleikanhidrit katkısı ile söz konusu yüzeylerin uyumu artırılmaya çalışılmıştır. İlk aşamada belirli oranlarda maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların özellikleri, ikinci aşamada ise maleikanhidrit katkılı polimere jüt lifi takviye edilerek üretilen kompozit yapıların özellikleri tespit edilmiştir.

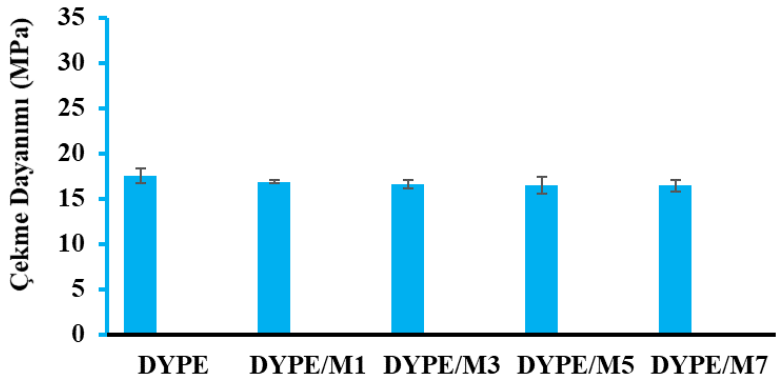
3.1.3.1. Jüt Lifi Takviye Edilmemiş Matris Yapıların Mekanik Özelliklere Etkisi

Lif-Matris ara yüzey bağlayıcı ajan olarak farklı oranlarda (%1, %3, %5, %7) maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen ile önceki çalışmalarda ideal işlem koşulları belirlenmiş silan ve alkalin yüzey işlemi görmüş jüt lifi takviye edilmemiş kompozit yapıların katkı oranlarının mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir.

3.1.3.1.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.36'da maleikanhidrit/DYPE kompozit yapıların çekme dayanımı, Şekil 3.37'de çekme uzaması, Şekil 3.38'de elastikiyet modülü ile oluşturulan grafikler verilmiştir. DYPE polimeri içerisine yalnız maleikanhidrit katkısı ile yapıların çekme dayanımında ve elastikiyet modülü değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

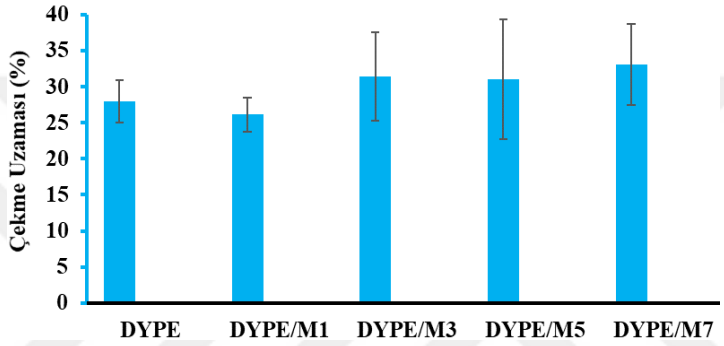
Katkı malzemesinin bağlayıcı olarak kullanılması ve polimer içerisinde tutunabileceği lif olmamasından dolayı maleikanhidrit katkısının artması çekme dayanımı değerleri azaltmıştır.



Şekil 3.36. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

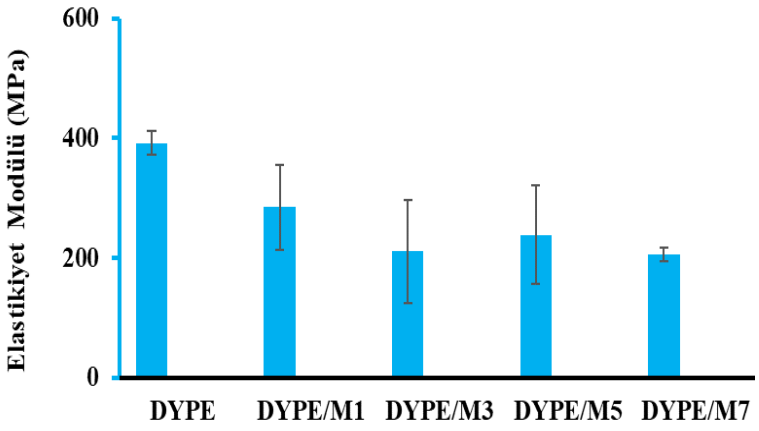
Şekil 3.36'da verilen grafikte DYPE kompozit yapının çekme dayanımı değeri 17.51 MPa, DYPE/M7 kompozit yapının çekme dayanımı değeri 16.43 MPa olarak tespit edilmiştir. Katkı miktarının artması ile çekme dayanımı değerleri üzerinde yaklaşık %7-9 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.37'de verilen grafikte ise maleikanhidrit katkısı ile uzama değerlerinin arttığı görülmüştür. Polimer yapının esnekliğini etkileyecek rijit takviye lif olmamasından dolayı uzama değerleri artış göstermiştir.



Şekil 3.37. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.38'de verilen grafikte elastikiyet modülü değerlerinin maleikanhidrit katkısı ile çekme dayanımı değerlerine benzer şekilde azaldığı izlenmektedir.



Şekil 3.38. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

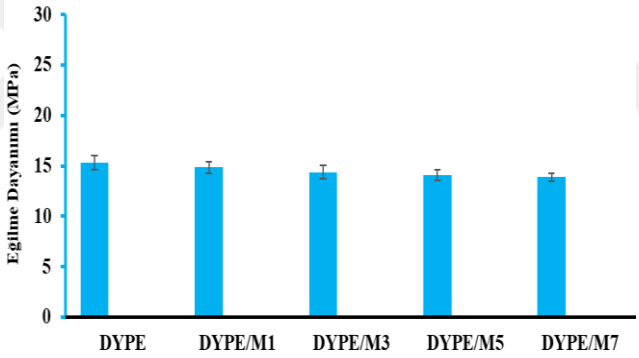
DYPE kompozit yapı elastikiyet modülü değeri 391.51 MPa, DYPE/M7 kompozit yapı elastikiyet modülü değeri 206.44 MPa olarak tespit edilmiştir.

Polimer içerisinde tutunabileceği lif olmamasından dolayı maleikanhidrit katkısının artması kompozit yapıların elastikiyet modülü değerini azaltmıştır.

3.1.3.1.2. Eğilme Dayanımı

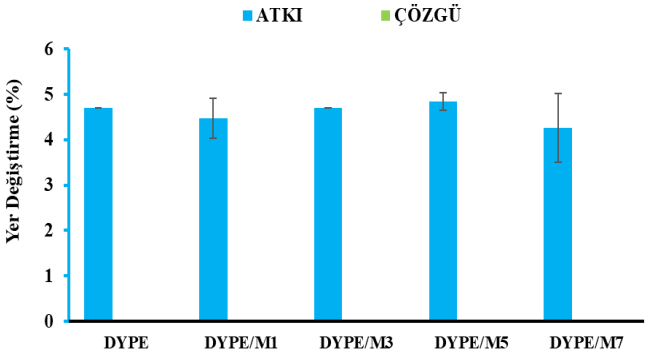
Şekil 3.39'da verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.40'da verilen grafikte yer değiştirme, Şekil 3.41'de verilen grafikte eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.

DYPE polimeri içerisine yalnızca maleikanhidrit katkısı yapının eğilme dayanımı ve eğilme modülü değerlerini azaltmıştır. Şekil 3.39'da verilen grafikte DYPE kompozit yapısının eğilme dayanımı 15.31 MPa, DYPE/M7 kompozit yapısının eğilme dayanımı 13.88 MPa olarak tespit edilmiştir. Katkı miktarının artması ile eğilme dayanımı değerinde yaklaşık %10 oranında azalma meydana gelmiştir.



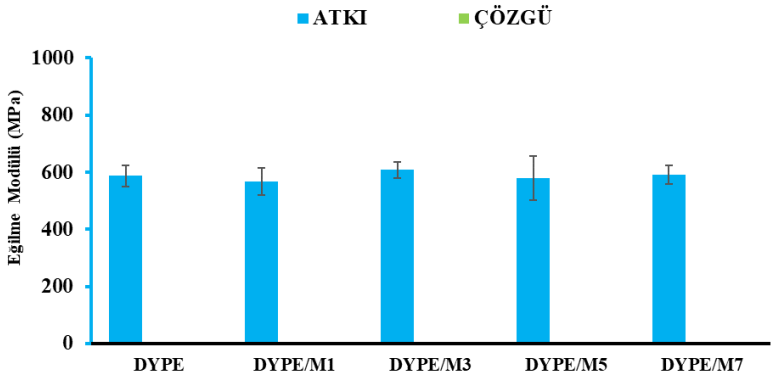
Şekil 3.39. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.40'da verilen grafikten görüldüğü üzere maleikanhidrit katkısı ile yapıların yer değiştirme değerlerinde değişiklik meydana gelmemiştir.



Şekil 3.40. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.41'de verilen grafikten eğilme modülü değerlerinin maleikanhidrit katkısı ile eğilme dayanımına benzer şekilde azaldığı izlenmiştir.

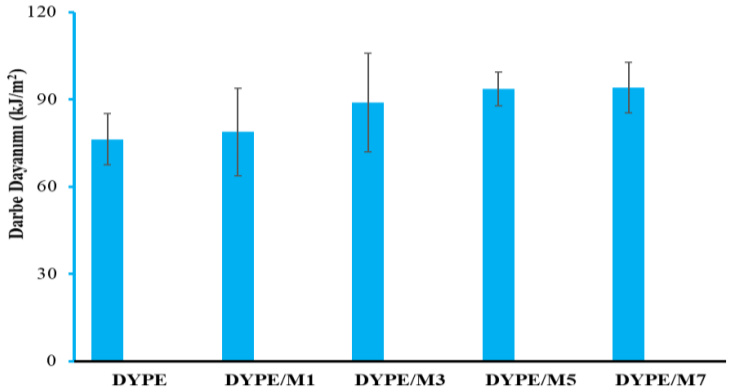


Şekil 3.41. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

3.1.3.1.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.42'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri verilmiştir. DYPE kompozit yapının darbe dayanımı değeri 76.34 kJ/m^2, DYPE/M7 kompozit yapının darbe dayanımı değeri 94.11 kJ/m^2 olarak tespit edilmiştir. Çekme dayanımı ve eğilme dayanımı değerlerine kıyasla darbe dayanımı değerleri maleikanhidrit katkısı ile beraber artmıştır.

Kompozit yapı içerisinde takviye lifi olmaması ile polimer üzerindeki yükün dağılmaması ve katkı oranıyla beraber desteklenmesi sonucunda darbe dayanımı değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.42. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Kompozit yapı üzerine; polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F	Sig.
Çekme Dayanımı	,547	,657
Çekme Uzaması	1,252	,324
Elastikiyet Modülü	1,249	,325
Eğilme Dayanımı	5,544	,004
Yer Değiştirme	,757	,565
Eğilme Modülü	,749	,570
Darbe Dayanımı	11,562	,000

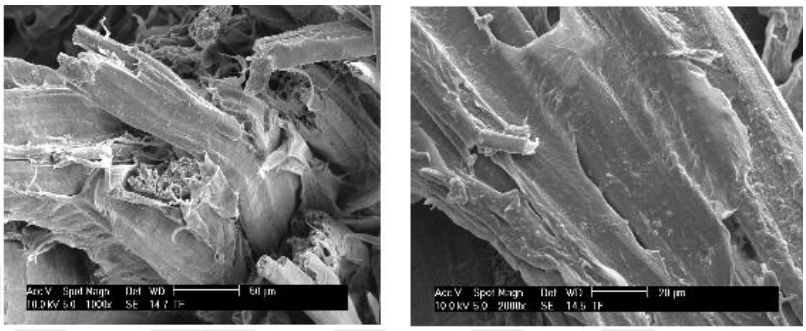
Tablo 3.5'te verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapı eğilme dayanımı ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapı çekme dayanımı, çekme uzaması elastikiyet modülü ve yer değiştirme eğilme modülü ve performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Maleikanhidrit ilavesi sonrasında kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları ile verilmiştir. Tukey sonuçları darbe dayanımı açısından maleikanhidrit takviyesi sonrası DYPE/M1, DYPE/M3, DYPE/M5, DYPE/M7 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; çekme dayanımı, çekme uzaması, elastikiyet modülü, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

3.1.3.2. Yüzey İşlemi Uygulanmamış Takviye Malzemesinin Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Maleikanhidrit katkılı polimere jüt lifi takviye edilerek üretilen kompozit yapıların özellikleri incelenmiştir.

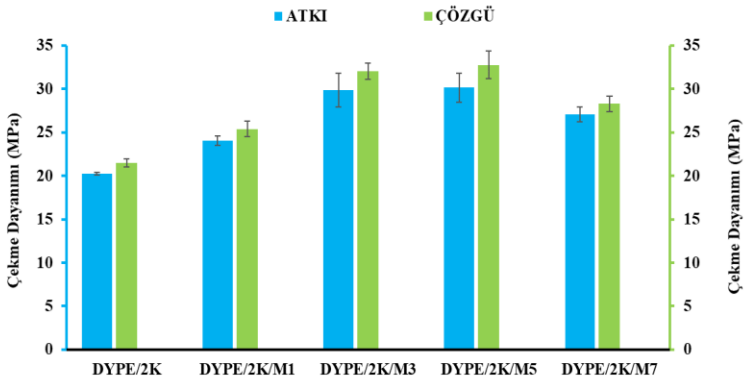
Bu kısımda düşük yoğunluklu polietilen içerisine %1, %3, %5, %7 oranlarında maleikanhidrit ilave edilmiş, %25 oranında jüt lifi takviyeli kompozit yapıların malzemelerin çekme, eğilme, darbe dayanım değerleri belirlenmiştir. Şekil 3.43'te maleikanhidrit/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapıların SEM görüntüsü verilmiştir. Polimerin lifin yüzeyini sarması yük transferini kolaylaştırarak kompozit yapıların mekanik özelliklerini artırmıştır.



Şekil 3.43. Maleikanhidrit/DYPE ile Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapı SEM Görüntüsü

3.1.3.2.1. Çekme Dayanımı

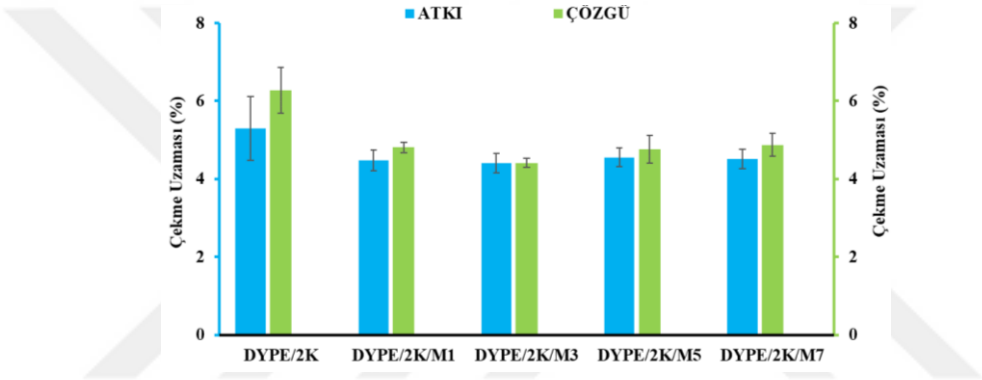
Şekil 3.44'te maleikanhidrit/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapılarda çekme dayanımı, Şekil 3.45'te çekme uzaması, Şekil 3.46'da elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Şekil 3.44'te verilen grafiğe göre maleikanhidrit katkı oranı artışı ile kompozit yapıların çekme dayanımı değerlerini artırmıştır. En yüksek çekme dayanımı değeri %5 maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/M5 kompozit yapısında atkı yönü 30.17 MPa, çözgü yönü 32.78 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.44. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

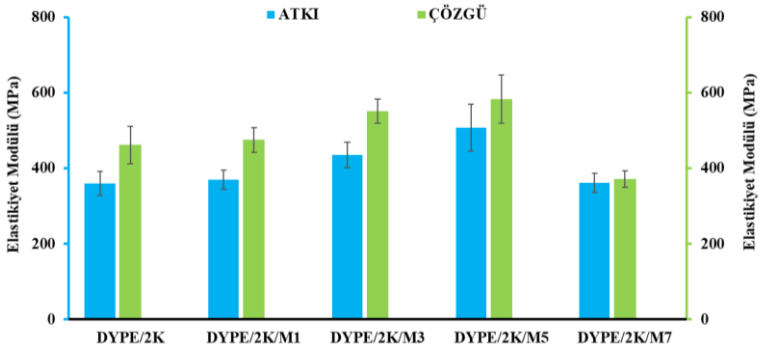
Lif-matris arasında oluşan yüzey uyumu ve polimer matristen life yükün aktarılması ile çekme dayanımı artmıştır. Ancak ideal katkı miktarının geçmesinden sonra maleikanhidrit katkısının polimer matris fazı bozarak yük iletimini azaltması ile kompozit yapıların çekme dayanımını azalttığı tespit edilmiştir [120, 121] . Yapılan çalışmada %25 jüt lifi takviyeli kompozit yapı için %5 maleikanhidrit ideal katkı oranı tespit edilmiştir.

Şekil 3.45'te verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme uzaması grafiği verilmiştir. Grafikten elde edilen verilere göre jüt lifi takviyesi ve maleikanhidrit katkısı ile uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Esnek polimer yapı içerisine lif takviyesi uzama değerlerini düşürmüştür.



Şekil 3.45. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

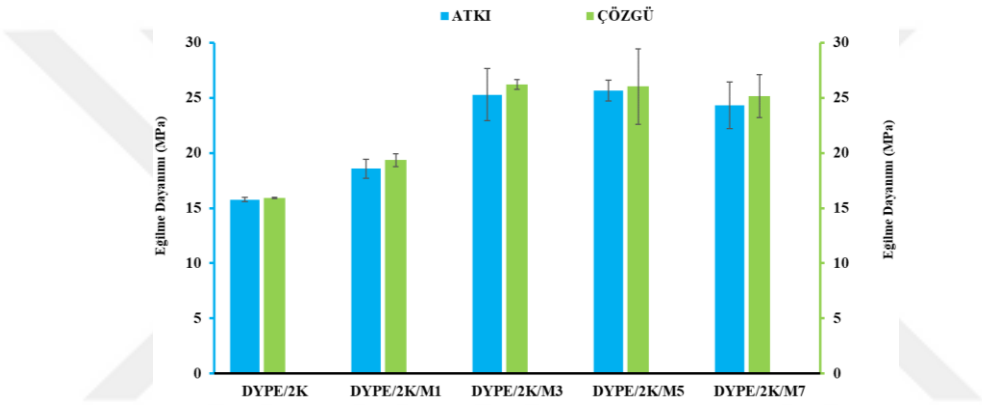
En yüksek elastikiyet modülü değeri %5 maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/M5 kompozit yapı değerlerinde atkı yönü 507.60 MPa, çözgü yönü 582.60 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.46. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

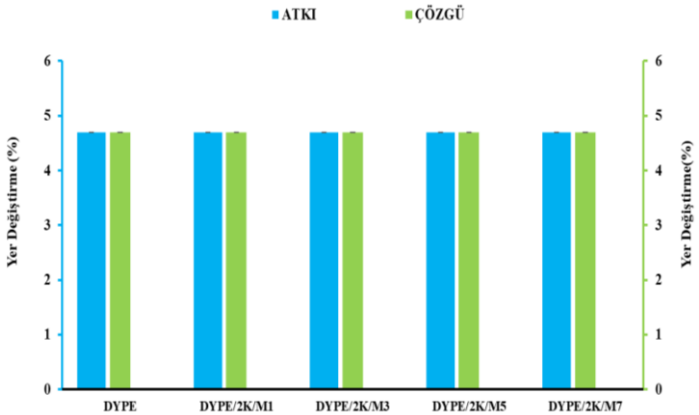
3.1.3.2.2. Eğilme Dayanımı

Şekil 3.47'de maleikanhidrit/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.48'de yer değiştirme, Şekil 3.49'da eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Şekil 3.47'de verilen grafikten maleikanhidrit katkısı oranı artışı ile kompozit yapıların eğilme dayanımı değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. En yüksek eğilme dayanımı değeri %5 maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/M5 kompozit yapıda atkı yönü 25.65 MPa, çözgü yönü 26.03 MPa olarak tespit edilmiştir. Polimer içerisine ilave edilen katkı oranının artması ile kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri arttığı belirlenmiştir.



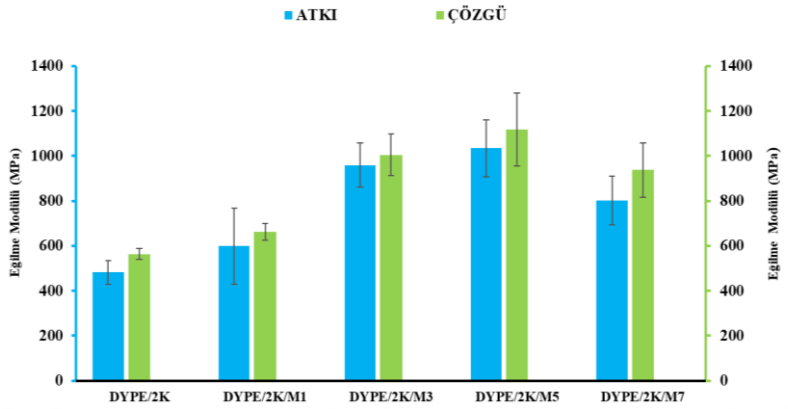
Şekil 3.47. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.48'de verilen grafikte görüldüğü üzere maleikanhidrit/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme oranlarında değişiklik olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.48. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.49'de gösterilen grafikten izlendiği üzere maleikanhidrit/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü katkı oranı ile beraber artmıştır.

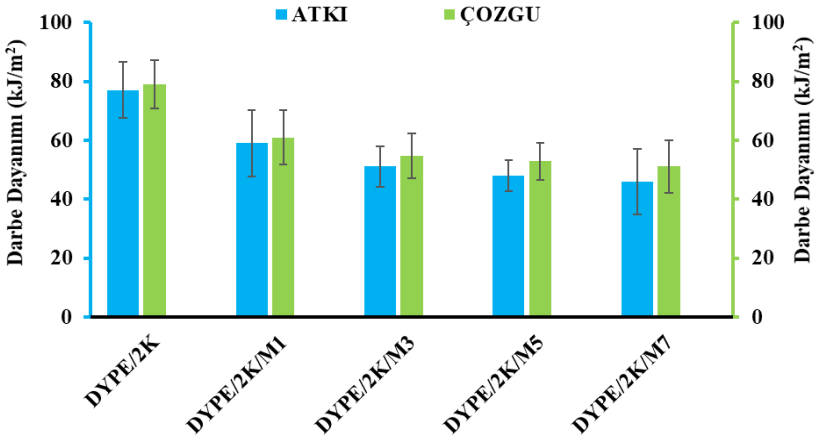


Şekil 3.49. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

Çekme dayanımı değerlerine benzer şekilde, en yüksek eğilme modülü değeri %5 maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/M5 kompozit yapılarda atkı yönü 1033.85 MPa, çözgü yönü 1116.30 MPa olarak tespit edilmiştir.

3.1.3.2.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.50'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.50. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Polimer içerisine bağlayıcı ajan olarak ilave edilen farklı oranlarda maleikanhidrit katkısı ile yapıların çekme dayanımında ve elastikiyet modülünde, eğilme dayanımı, eğilme modülünde artış, darbe dayanımında ise düşüş görüşülmüştür. Takviye lifleri kompozit yapı içerisinde polimer matris malzemeden daha fazla daha baskın özellik göstermiştir. Kompozit yapı içerisinde dayanımı düşük jüt liflerine uygulanan yüzey işlemlerinin meydana getirdiği etki nedeni ile darbe dayanımları azalmıştır.

Polimer içerisine katkı malzemesi konularak veya işlem görmemiş lif takviyesi ile elde edilmiş kompozit yapıların mekanik özellikleri incelenmiştir. Yüzey işlemi görmüş jüt lifi ile değişen oranlarda maleikanhidrit katkılı içeriğe sahip kompozit yapıların mekanik özellikler üzerindeki etkisinin daha iyi irdelenebilmesi için her bir katkı oranı içerisine farklı yüzey işlemi görmüş jüt lifi takviyeli kompozit yapıları ayrı ayrı incelenmiştir.

Kompozit yapı üzerine; yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	49,260	98,962	,000	,000
Çekme Uzaması	7,540	11,914	,001	,000
Elastikiyet Modülü	6,486	5,762	,002	,003
Eğilme Dayanımı	75,953	141,068	,000	,000
Yer Değiştirme	,617	1,498	,656	,240
Eğilme Modülü	20,813	45,061	,000	,000
Darbe Dayanımı	10,450	8,867	,000	,000

Tablo 3.6'da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı çekme dayanımı, çekme uzaması, elastikiyet modülü ,eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapı yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Yüzey işlemi uygulanmamış kompozit yapılarda maleikanhidrit ilavesi fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir.

Tukey sonuçları çekme dayanımı, eğilme dayanımı DYPE/2K/M3, DYPE/2K/M5 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; çekme uzaması ve elastikiyet modülü açısından DYPE/2K yapısının farklı olduğu, diğer yapıların arasında fark olmadığı; eğilme modülü açısından DYPE/2K, DYPE/2K/M1, yapılar arasında fark olmadığı, diğer yapıların farklı olduğu; darbe dayanımı açısından DYPE/2K/M1, DYPE/2K/M3, DYPE/2K/M5, DYPE/2K/M7, yapılar arasında fark olmadığı, diğer DYPE/2K yapısının farklı olduğu; yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

3.1.3.3. Yüzey İşlemi Uygulanmış Takviye Malzemesinin Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Maleikanhidrit ile modifiye edilmiş düşük yoğunluklu polietilen içerisine silan ve alkalin işlemi görmüş selülozik esaslı jüt lifi takviyeli kompozit yapıların özellikleri bu bölümde incelenmiştir.

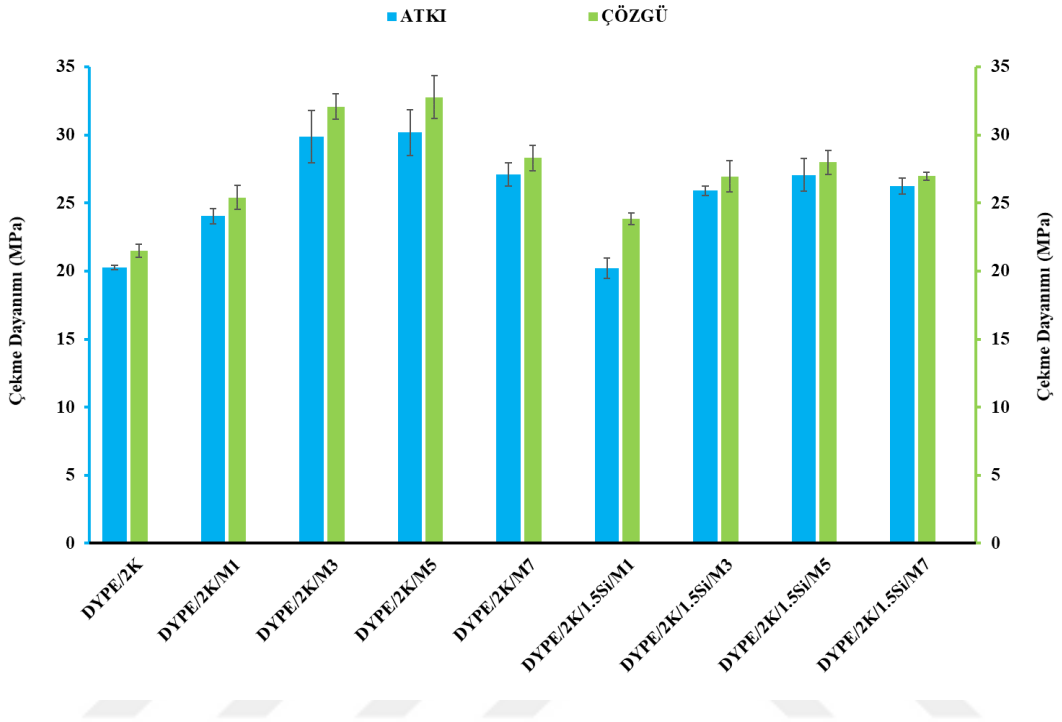
3.1.3.3.1. Yüzey İşleminde Silan Kullanımı

Düşük yoğunluklu polietilen içerisine %1, %3, %5, %7 oranlarında maleikanhidrit ilave edilmiş polimer içerisine, %1.5 oranında silan ile 3 saat muamele edilmiş %25 oranında jüt lifi takviye edilerek elde edilen kompozit yapıların çekme, eğilme, darbe dayanımı değerleri belirlenmiştir.

3.1.3.3.1.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.51'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı değerleri verilmiştir. Farklı oranlarda maleikanhidrit katkılı, silan uygulanmış jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı değerleri, silan işlemi uygulanmamış maleikanhidrit katkılı kompozit yapı değerlerine kıyasla olumlu katkı meydana getirmediği tespit edilmiştir.

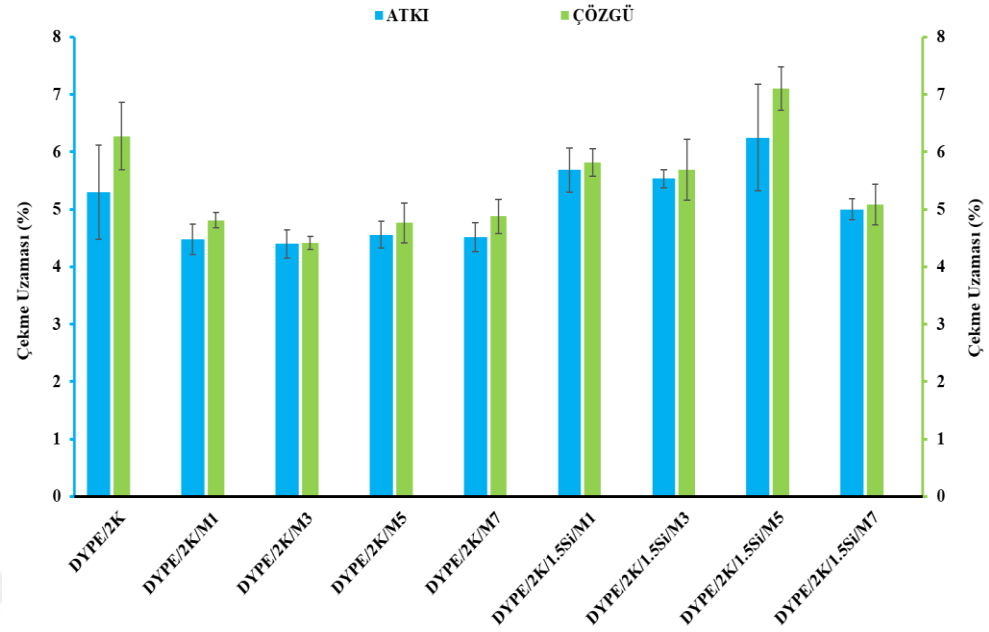
DYPE/2K/M5 kompozit yapının çekme dayanımı değerleri atkı yönü 30.17 MPa, çözgü yönü 32.78 MPa iken, DYPE/2K/1.5Si/M5 atkı yönü 27.06 MPa, çözgü yönü ise 27.98 MPa değerlerinde kalmıştır.



Şekil 3.51. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

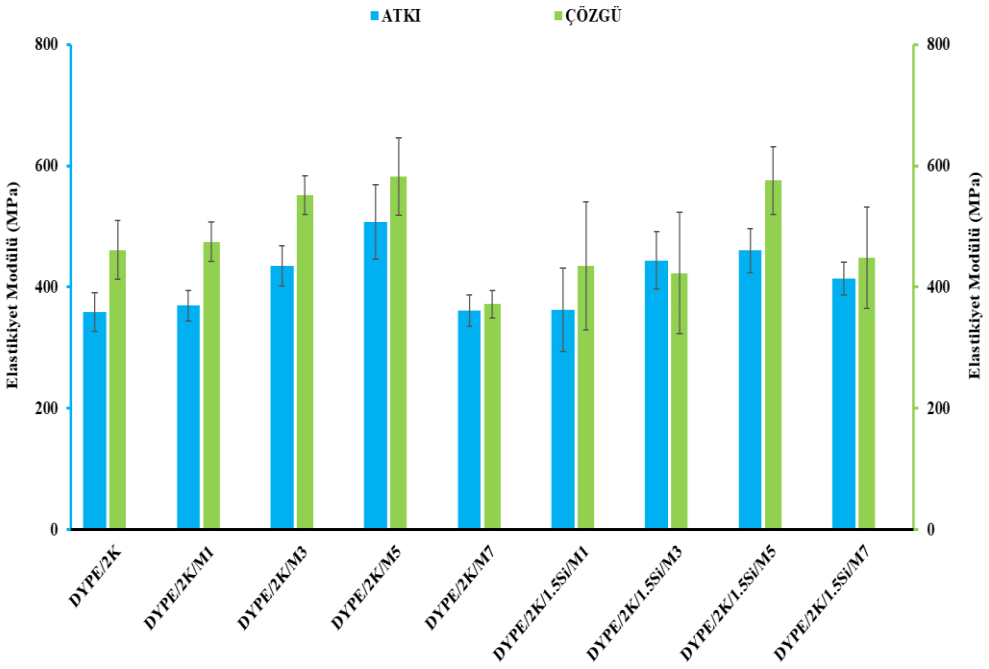
Şekil 3.52'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme uzaması değerleri verilmiştir. En yüksek çekme uzaması değeri DYPE/2K/1.5Si/M5 kompozit yapılarında tespit edilmiştir.

Yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların çekme uzaması değerleri, takviye lifinin rijit olması nedeniyle uzama değerlerini azaltmıştır. Yüzey işlemi uygulanmış jüt lifi takviyeli maleikanhidrit katkılı kompozit yapılarda lifin baskın özelliği azalarak çekme uzaması değerleri optimum değere kadar artmıştır.



Şekil 3.52. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.53'te verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların elastikiyet modülü değerleri verilmiştir.



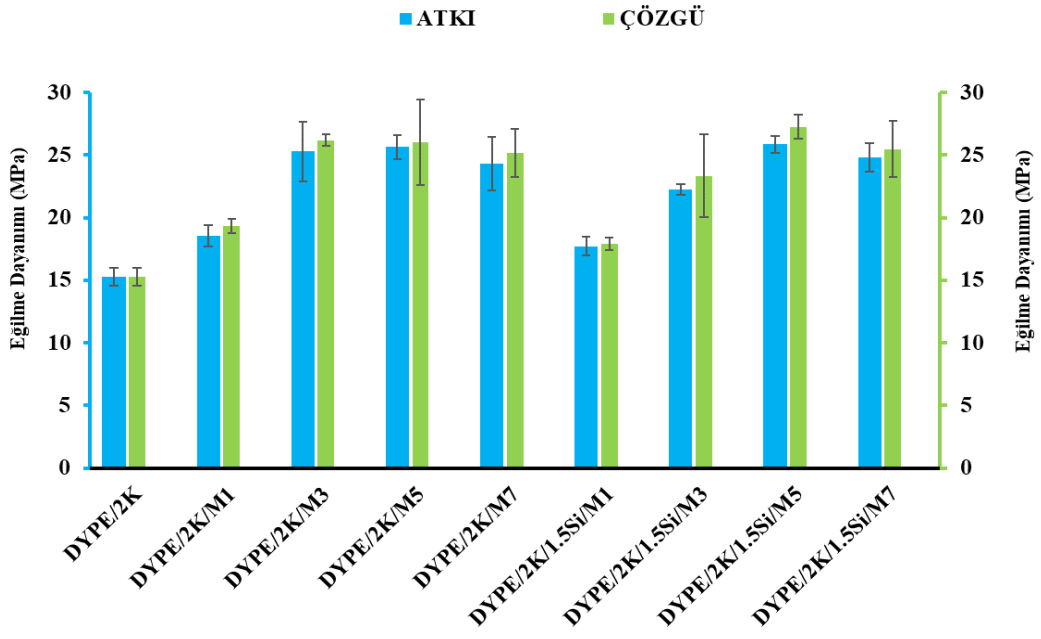
Şekil 3.53. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

DYPE/2K kompozit yapının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 359.03 MPa, çözgü yönü 461.21 MPa, DYPE/2K/M5 kompozit yapının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 507.60 MPa, çözgü yönü 582.60 MPa, DYPE/2K/1.5Si/M5 kompozit yapının elastikiyet modülü değeri atkı yönü 460.31 MPa, çözgü yönü 575.86 MPa olarak belirlenmiştir.%5 oranında maleikanhidrit katkılı kompozit yapılar atkı ve çözgü yönü elastikiyet modülü değerleri açısından diğer oranlara sahip kompozit yapılara göre daha iyi sonuç vermiştir. Polimere eklenen katkı ve life uygulanan yüzey işleminin birlikte uygulanması ile beklenen olumlu etki, optimum maleikanhidrit katkı oranının geçilmesi sonrasında azalmıştır.

3.1.3.3.1.2. Eğilme Dayanımı

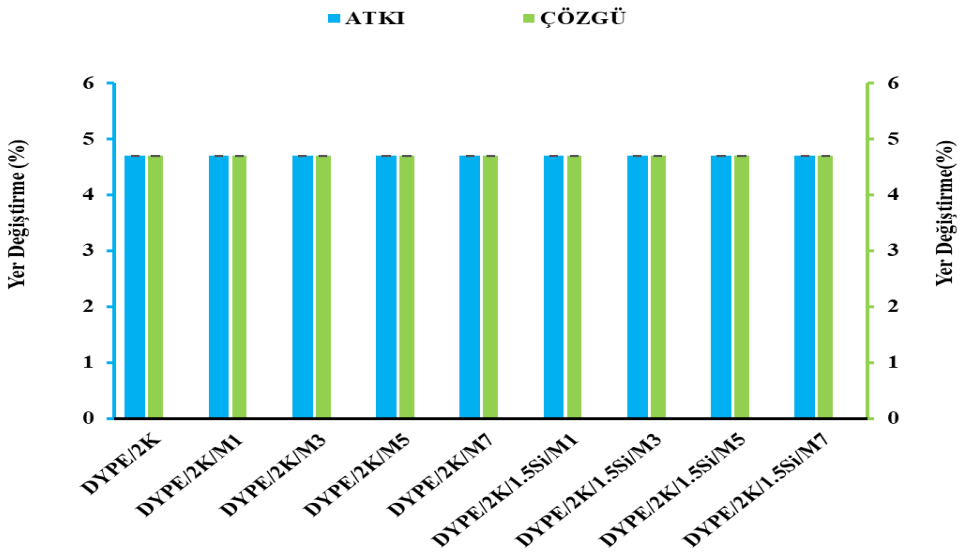
Şekil 3.54'te verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri verilmiştir.

DYPE/2K/M5 kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri atkı yönü 25.65 MPa, çözgü yönü 26.03 MPa iken, DYPE/2K/1.5Si/M5 atkı yönü 25.84 MPa, çözgü yönü ise 27.24 MPa değerinde kalmıştır.



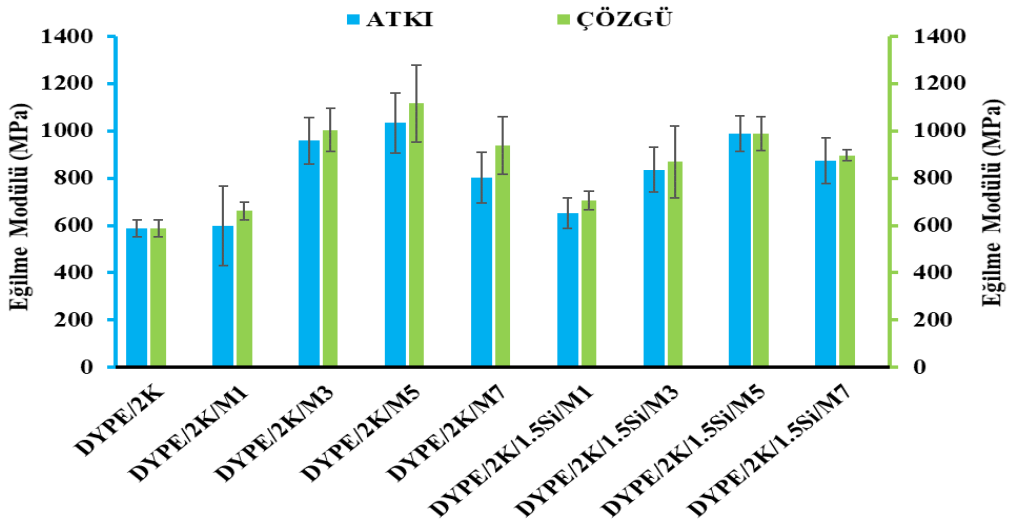
Şekil 3.54. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.55'te verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme değerlerine göre söz konusu oranlarda değişiklik meydana gelmemiştir.



Şekil 3.55. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları

Şekil 3.56'da maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü değerleri verilmiştir.

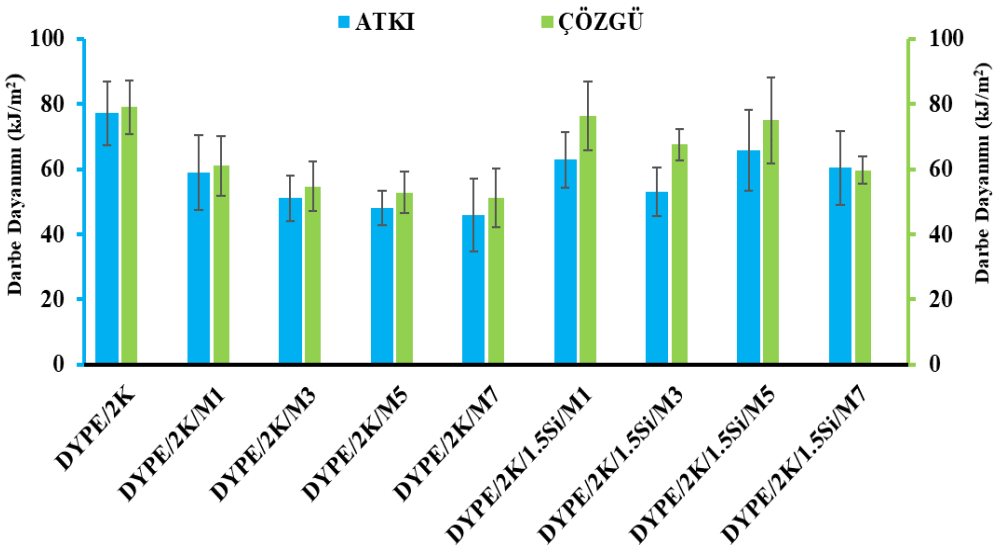


Şekil 3.56. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

%5 oranında maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların elastikiyet modülü değerleri farklı oranlara sahip kompozit yapılara göre daha iyi sonuç vermiştir. Polimere eklenen katkı ve life uygulanan yüzey işleminin birlikte uygulanması ile beklenen olumlu etki, optimum maleikanhidrit katkı oranının geçilmesi sonrasında azalmıştır.

3.1.3.3.1.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.57'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.57. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Çekme ve eğilme dayanımı değerleri ile karşılaştırıldığında darbe dayanımı değerleri artmıştır. En yüksek darbe dayanımı değeri DYPE/2K/1.5Si/M5 kompozit yapısında atkı yönü 65.74 MPa, çözgü yönü 75.00 MPa olarak tespit edilmiştir. Polimer matris içerisine yüzey işlemi uygulanarak esnekliği artırılan jüt lifi takviyeli maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri artmıştır.

Kompozit yapı üzerine; silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	26,549	76,024	,000	,000
Çekme Uzaması	12,667	16,513	,000	,000
Elastikiyet Modülü	4,560	5,890	,001	,000
Eğilme Dayanımı	80,274	123,698	,000	,000
Yer Değiştirme	1,358	1,233	,248	,309
Eğilme Modülü	18,166	24,940	,000	,000
Darbe Dayanımı	6,333	7,373	,000	,000

Tablo 3.7'de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı; çekme dayanımı, çekme uzaması, elastikiyet modülü, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapı yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir. Silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesi kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı açısından DYPE/2K/M1, DYPE/2K/M7, DYPE/2K/1.5Si/M3, DYPE/2K/1.5Si/M7 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; çekme uzaması açısından DYPE/2K/M1, DYPE/2K/M3, DYPE/2K/M5, DYPE/2K/M7 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; elastikiyet modülü açısından DYPE/2K, DYPE/2K/M1, DYPE/2K/M7, DYPE/2K/1.5Si/M1 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; eğilme dayanımı açısından DYPE/2K/M3, DYPE/2K/M5, DYPE/2K/M7, DYPE/2K/1.5Si/M5, DYPE/2K/1.5Si/M7 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; eğilme modülü açısından DYPE/2K, DYPE/2K/M1, DYPE/2K/1.5Si/M1 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; darbe dayanımı açısından DYPE/2K/M3 DYPE/2K/M5, DYPE/2K/M7, DYPE/2K/1.5Si/M3 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

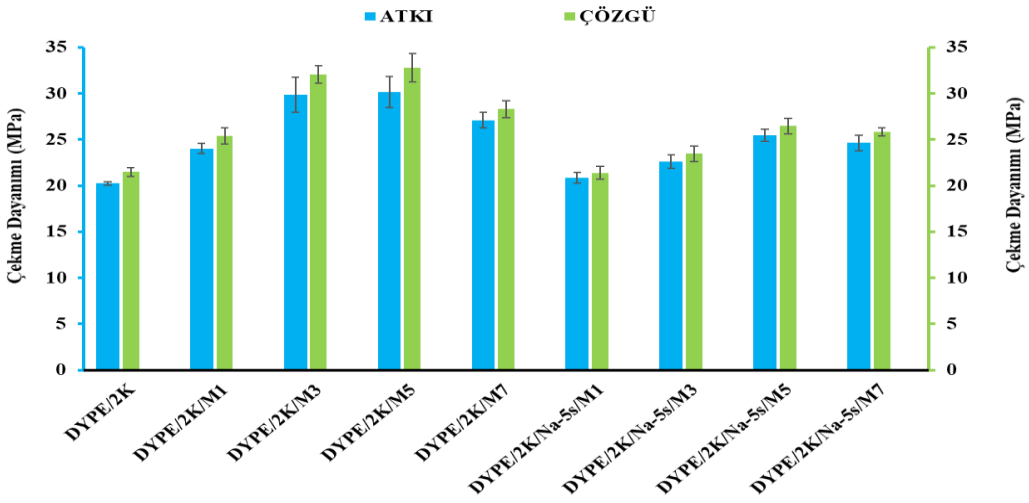
3.1.3.3.2. Yüzey İşleminde Alkali Kullanımı

Düşük yoğunluklu polietilen içerisine %1, %3, %5, %7 oranlarında maleikanhidrit ilave edilmiş polimer içerisine, 1M derişik çözeltide 5 saat alkalin ile muamele edilmiş %25 oranında jüt lifi takviye edilerek elde edilen kompozit yapıların çekme, eğilme, darbe dayanımı değerleri belirlenmiştir.

3.1.3.3.2.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.58'de maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı, Şekil 3.59'da çekme uzaması, Şekil 3.60'da elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.

Çekme dayanımı değerleri katkı oranına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Kompozit yapı içerisine takviye edilen jüt liflerine alkalin işleminin uygulanması negatif bir etki meydana getirmiştir. Maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/M5 kompozit yapıların çekme dayanımı değerleri atkı yönü 30.17 MPa, çözgü yönü 28.30 MPa olarak tespit edilmiştir. Ancak alkalin ilaveli DYPE/2K/Na-3s/M5 kompozit yapıların atkı yönü 25.47 MPa, çözgü yönü ise 26.45 MPa değerinde kalmıştır.

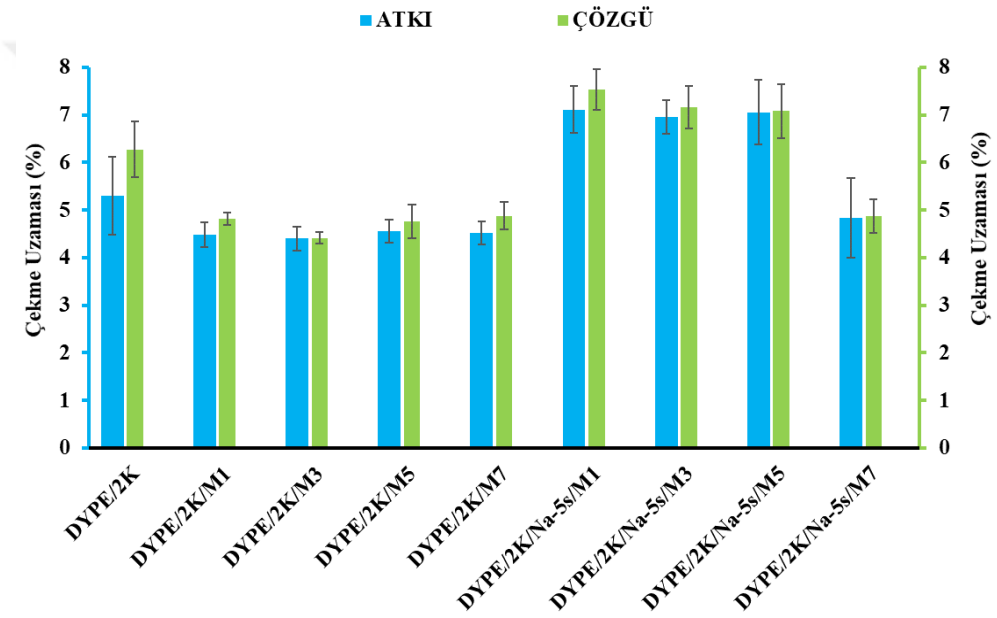


Şekil 3.58. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı değerleri incelendiğinde alkalin işleminin olumsuz etki meydana getirdiği tespit edilmiştir.

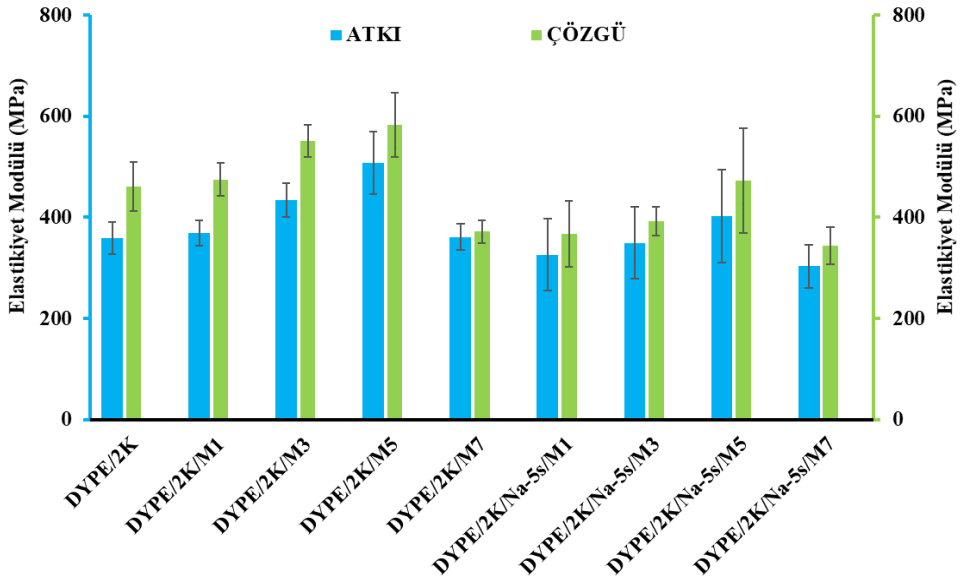
Bu negatif etki sodyum hidroksit, alkali metaller, kalsiyum hidroksit vb. etkili baziklerin sıcaklık değerlerinin artması ile katalize olmasından kaynaklanmaktadır. Alkalin işleminin jüt lifi üzerinde meydan getirdiği etkiye bağlı olarak çekme uzaması değerleri artmıştır.

Şekil 3.59'da verilen grafikte görüleceği üzere maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme uzaması değerlerine göre alkalin kullanımı ile uzama değerleri artış göstermiştir. Alkalin yüzey iyileştirme işlemi sonucunda takviye liflerinin esnekliğinin iyileşmesi çekme uzaması değerlerinin artmıştır.



Şekil 3.59. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

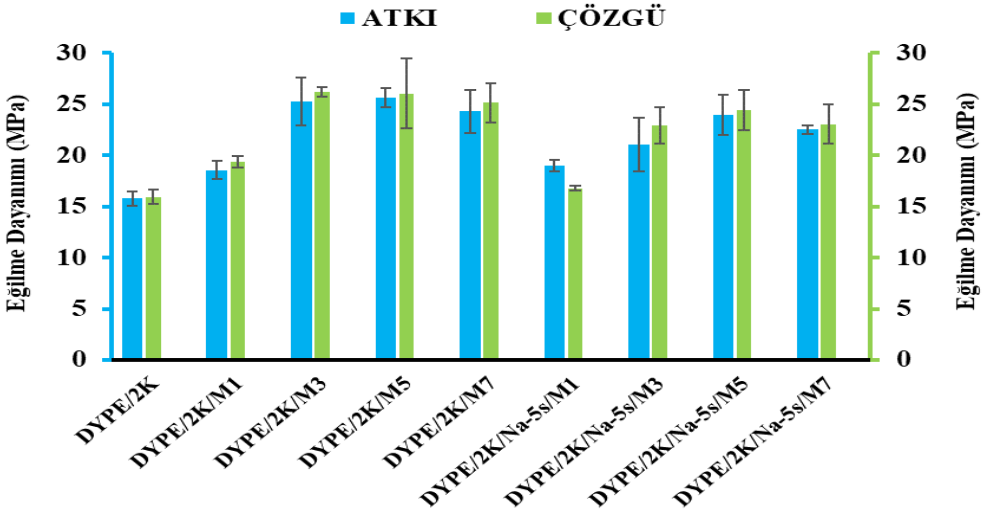
Şekil 3.60'da verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların elastikiyet modülü değerleri katkı oranına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Çekme dayanımı değerlerine benzer şekilde alkalin ile yüzey işlemi kompozit yapı üzerinde olumsuzluk meydana getirerek elastikiyet modulü değerlerini azaltmıştır.



Şekil 3.60. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

3.1.3.3.2.2. Eğilme Dayanımı

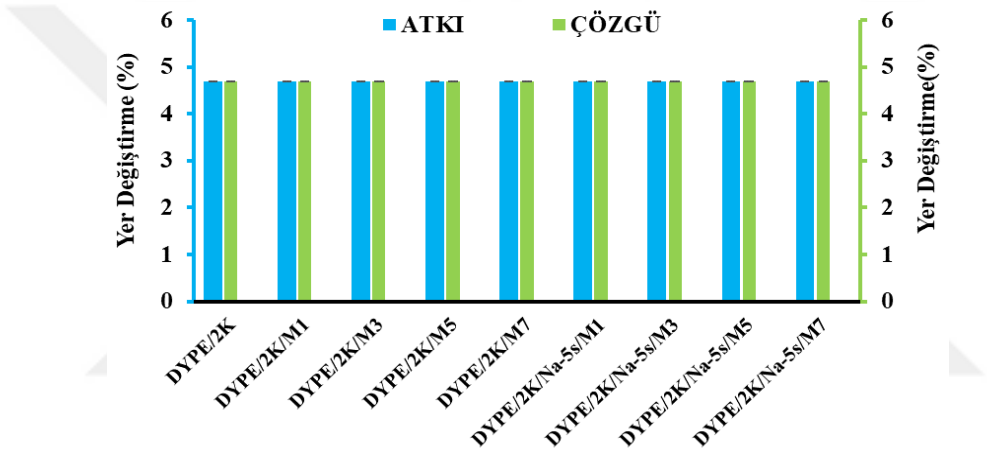
Şekil 3.61'de maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.62'de yer değiştirme, Şekil 3.63'te eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.



Şekil 3.61. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde alkalin işleminin olumsuz etki meydana getirdiği tespit edilmiştir. Şekil 3.59'da verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri çekme dayanımı değerlerine benzerlik göstermiştir. Maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/Na-5s/M5 kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri atkı yönü 23.96MPa, çözgü yönü 24.41MPa olarak tespit edilmiştir.

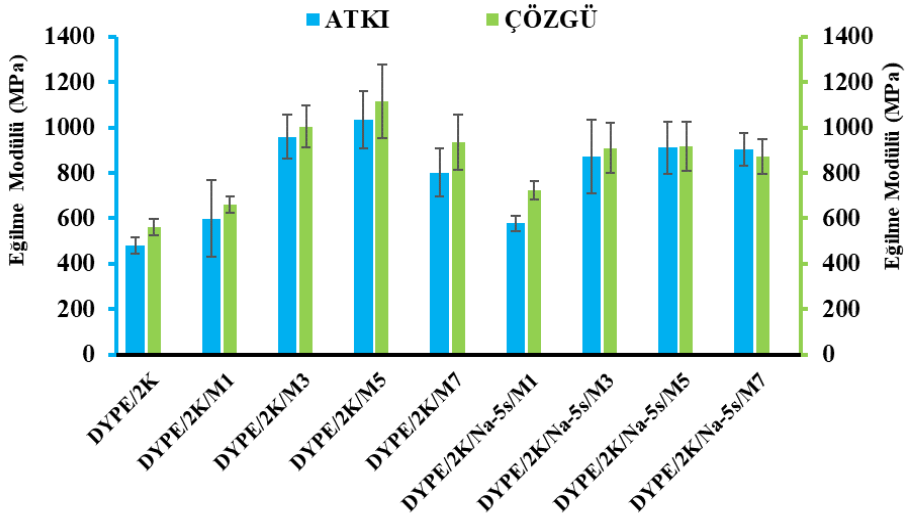
Şekil 3.62'de verilen grafikten görüldüğü üzere maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme oranlarında değişiklik meydana gelmediği belirlenmiştir.



Şekil 3.62. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları

Şekil 3.63'te verilen grafikten maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü değerlerinde artış meydana gelmediği gözlemlenmiştir.

Maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/Na-5s/M5 kompozit yapıların eğilme dayanımı atkı yönü 910.91 MPa, çözgü yönü 914.99 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme modülü değerleri alkalin yüzey işleminin meydana getirdiği olumsuz etki nedeni ile azalma meydan gelmiştir.

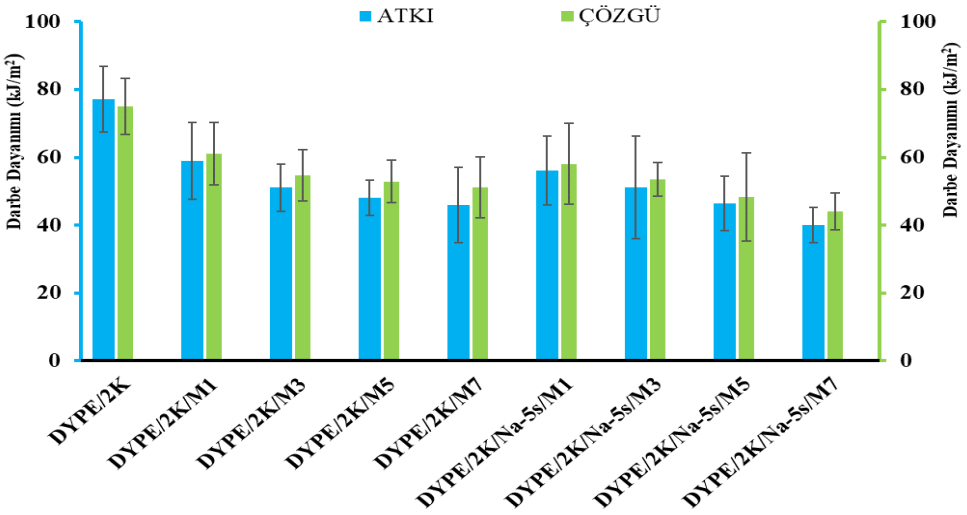


Şekil 3.63. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

3.1.3.3.2.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.64'te verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–alkalin/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir. DYPE/2K/Na-5s/M5 kompozit yapısında atkı yönü 46.47 MPa, çözgü yönü 48.32 MPa olarak tespit edilmiştir.

Kompozit yapı içerisinde, alkalin yüzey işlemi uygulamış takviye lifi yükün dağılması ve katkı oranıyla beraber desteklenmesi sonucunda darbe dayanımı değerlerini azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.64. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

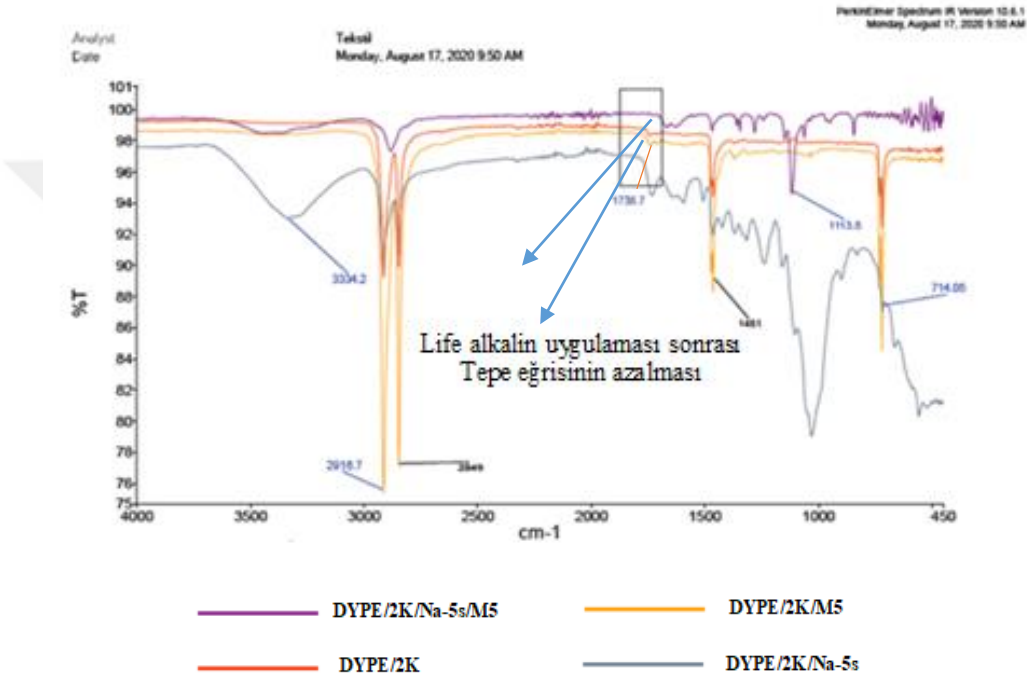
Kompozit yapı üzerine; alkali yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	53,239	98,314	,000	,000
Çekme Uzaması	20,066	19,801	,000	,000
Elastikiyet Modülü	5,262	6,638	,000	,000
Eğilme Dayanımı	79,459	61,312	,000	,000
Yer Değiştirme	,994	1,932	,457	,085
Eğilme Modülü	19,398	26,512	,000	,000
Darbe Dayanımı	11,110	9,484	,000	,000

Tablo 3.8'de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile alkali yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı; çekme dayanımı, çekme uzaması, elastikiyet modülü, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapı ve yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir. Alkalin yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı ve eğilme dayanımı DYPE/2K, DYPE/2K/Na-5s/M1 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; çekme uzaması açısından DYPE/2K/Na-5s/M3, DYPE/2K/Na-5s/M5, DYPE/2K/Na-5s/M7 yapılarının farklı olmadığı, diğer yapıların arasında fark olduğu; elastikiyet modülü açısından DYPE/2K/Na-5s/M1, DYPE/2K/Na-5s/M7 yapılarının farklı olmadığı, diğer yapıların arasında fark olduğu; eğilme modülü açısından DYPE/2K, DYPE/2K/M1, DYPE/2K/Na-5s/M1 yapılarının farklı olmadığı, diğer yapıların arasında fark olduğu; darbe dayanımı açısından DYPE/2K/M7, DYPE/2K/Na-5s/M5yapılarının farklı olmadığı, diğer yapıların arasında fark olduğu; yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

Jüt kumaşların alkalin çözeltisinde bekletildikten sonra üzerinde kalan alkalin kalıntıları ile ekstrüderde reaksiyona girmesi ile düşüş meydana gelmiştir. Şekil 3.65'te meydana gelen azalmayı irdelemek amacıyla yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi, alkalin yüzey işlemi uygulanmış jüt lifi takviyeli maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların FTIR sonuçları verilmiştir.



Şekil 3.65. Kompozit Yapılarda FTIR Sonuçları

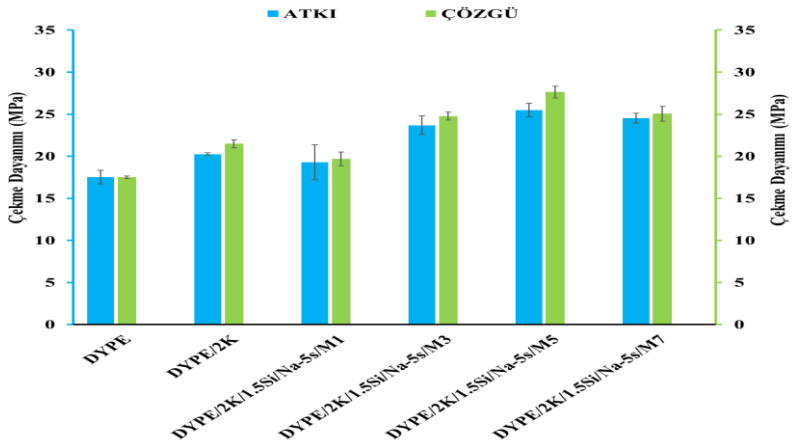
FTIR spektrumu sonuçlarına göre kompozit yapılara uygulanan alkalin ve silan yüzey işlemleri jüt lifi yapısında bulunan lignin ve hemiselüloz grupların azalması ve OH gruplarının artmasına neden olarak 3334 cm^{-1} de tepeler oluşturmuştur. Maleikanhidrit katkılı kompozit yapılar 1738 cm^{-1} tepe noktasında görülmektedir. Polimer ile selülozik yapı arasındaki bağı bu tepe noktasından anlayabilmekteyiz. Alkalin yüzey işlemi uygulaması ile bu tepe noktası kaybolmakta ya da azalması ile lif-polimer tutumunu olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların üretimi öncesinde yüzey işlemi uygulaması yapıların mekanik değerlerini olumsuz etkilemiştir.

3.1.3.3.3. Yüzey İşleminde Alkali ve Silan Kullanımı

Düşük yoğunluklu polietilen içerisine %1, %3, %5, %7 oranlarında maleikanhidrit ilave edilmiş polimer içerisine, 1M derişik çözeltide 5 saat alkalin ile muamele edildikten sonra %1.5 oranında silan ile 3 saat muamele edilmiş, %25 oranında jüt lifi takviye edilerek elde edilen kompozit yapıların çekme, eğilme, darbe dayanımı değerleri belirlenmiştir.

3.1.3.3.3.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.66'da maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı, Şekil 3.67'de çekme uzaması, Şekil 3.68'de elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Şekil 3.66'da maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı değerleri katkı oranına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. DYPE/2K/M5 kompozit yapı çekme dayanımı değerleri atkı yönü 30.17 MPa, çözgü yönü 32.78 MPa olarak tespit edilmiştir. DYPE/2K kompozit yapı değerleri ise atkı yönü 20.23 MPa, çözgü yönü 21.48 MPa olarak tespit edilmiştir. Maleikanhidrit katkılı DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M5 kompozit yapı çekme dayanımı değerleri atkı yönü 25.49 MPa, çözgü yönü 27.63 MPa olarak tespit edilmiştir.

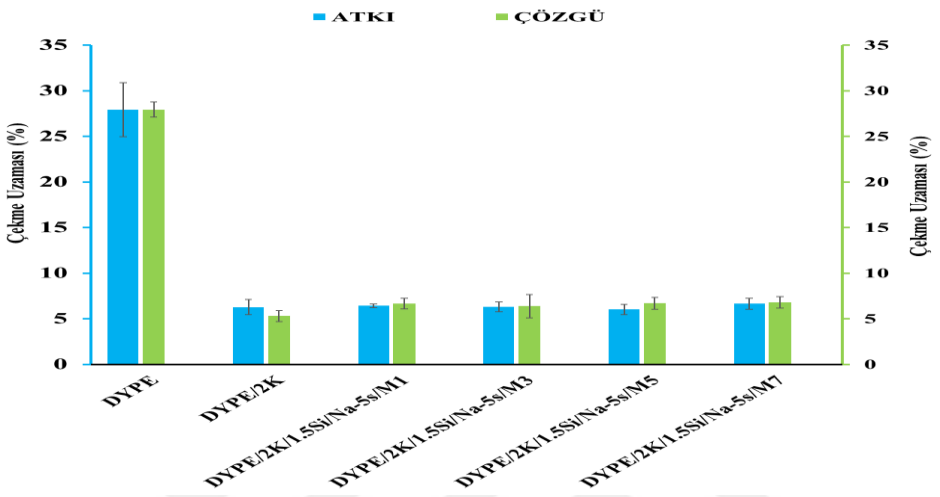


Şekil 3.66. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

DYPE/2K kompozit yapısı ile karşılaştırıldığında, polimere ilave edilen maleikanhidrit katkısı ile takviye lifine alkalin ve silan yüzey işlemlerinin uygulanması ile üretilmiş kompozit yapıların çekme dayanımı ve çekme uzaması değerleri artmıştır.

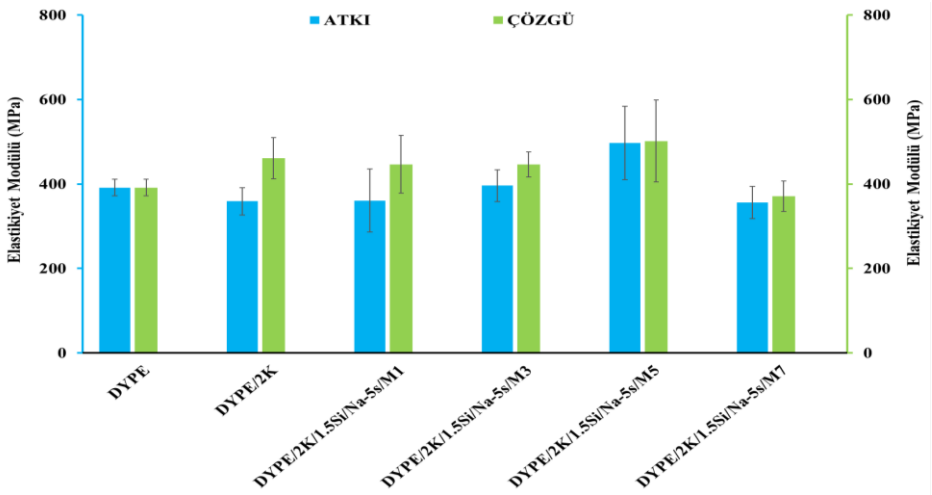
Yüzey işlemleri ve polimer modifikasyonu ile lif-matris yüzey uyumunun artması mekanik özellikleri geliştirmiştir.

Şekil 3.67'de verilen grafikte görüldüğü üzere maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme uzaması değerleri verilmiştir.



Şekil 3.67. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.68'de maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafik verilmiştir.

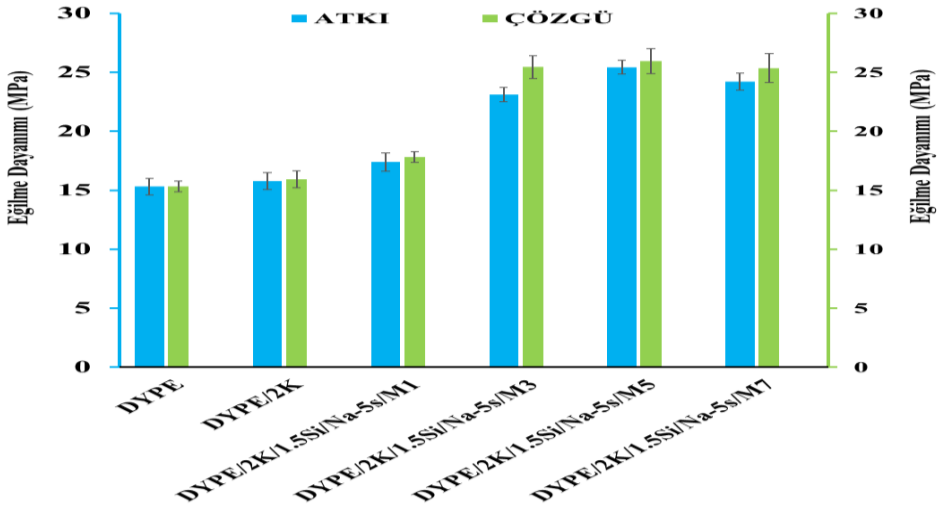


Şekil 3.68. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

Alkalin/silan uygulanmış jüt lifi içeren farklı oranlarda maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü elastikiyet modülü değerlerinin işlem uygulanmamış kompozit yapılara göre oranı %10-16 arttığı görülmüştür. Ancak % 5 oranında maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü elastikiyet modülü değerleri diğer katkı oranlarına sahip yapılara göre daha iyi sonuç vermiştir. Söz konusu optimum değer olan % 5 oranı geçildikten sonra değerlerde azalma meydana gelmiştir. DYPE/2K kompozit yapıların elastikiyet modülü 359.03 MPa, çözgü yönü 461.21 MPa, DYPE/2K/1.5Si/Na-3s/M5 kompozit yapılarının elastikiyet modülü atkı yönü 496.88 MPa, çözgü yönü 501.48 MPa olarak tespit edilmiştir. Maleikanhidrit katkılı polimer içerisine silan ve alkalin yüzey işlemi görmüş takviye lifi ile malzemelerin dayanım değerleri beklendiği şekilde artmıştır. Silan/alkalin işlemi görmüş takviye lifleri ile üretilmiş kompozit yapıların çekme sonuçları beklendiği gibi artış göstermemiştir. Maleikanhidrit katkılı polimer ile yüzey işlemi görmüş malzemelerden sıcak pres yöntemi ile kompozit yapı üretimi esnasında yüksek sıcaklıklarda bozunma meydana gelmiştir. Uygulanan işlemler çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerini düşürmüştür.

3.1.3.3.3.2. Eğilme Dayanımı

Şekil 3.69'da maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.70'de yer değiştirme, Şekil 3.71'da eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.

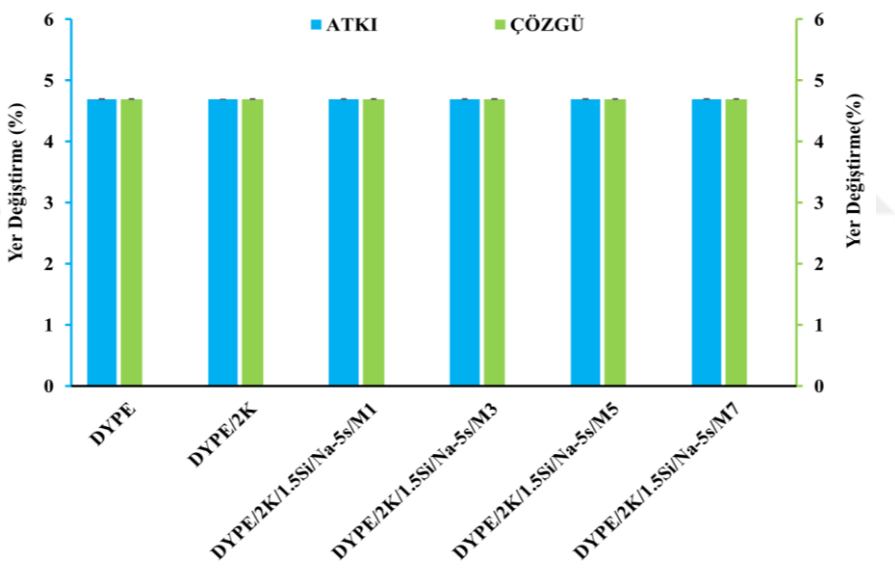


Şekil 3.69. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

%5 oranında maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü eğilme dayanımı değerleri diğer oranlardan daha iyi sonuç vermiştir. Bu ideal oran geçildikten sonra tekrar azalma meydana gelmiştir.

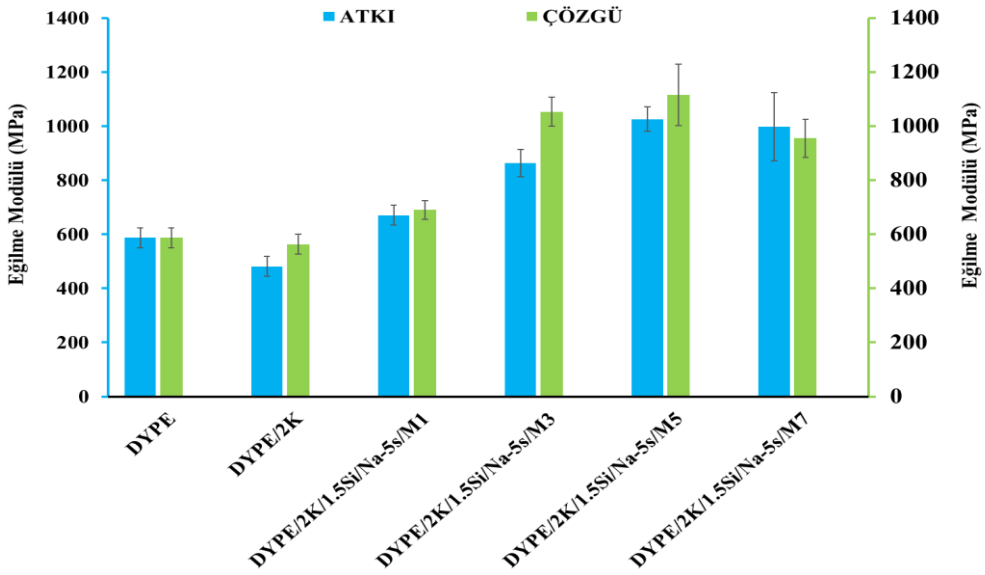
Şekil 3.69'da verilen grafikten DYPE/2K kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri, atkı yönü 15.31 MPa, çözgü yönü 15.92 MPa, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M5 kompozit yapıların değerleri ise atkı yönü 25.43 MPa, çözgü yönü 25.95MPa olarak tespit edilmiştir.

Şekil 3.70'de verilen grafikte görüldüğü üzere maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme oranlarında değişiklik olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.70. Maleikanhidrit/DYPE –Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.71'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü değerleri alkalin/silan uygulanmış jüt lifi takviyeli ve farklı oranlarda maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların eğilme modülü değerleri işlem uygulanmamış kompozit yapı değerlerine göre %11 ile %17 oranında artış göstermiştir.



Şekil 3.71. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

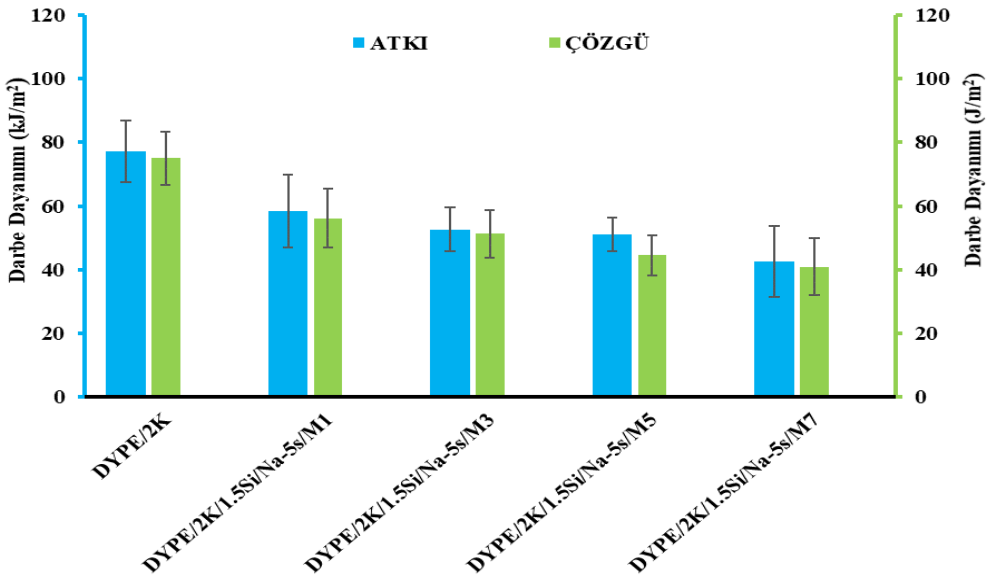
%5 oranında maleikanhidrit katkılı eğilme modülü değerleri diğer katkı oranlarından daha iyi sonuç vermiştir. Söz konusu oran geçildikten sonra azalma meydana gelmiştir. Genel olarak çekme dayanımı değerlerine benzer sonuçlar eğilme dayanımı ve eğilme modülü değerlerinde de görülmüştür. Eğilme dayanımı değerlerine göre dayanım özellikleri azalmıştır. Silan, alkalin, silan/alkalin uygulanmış kompozit yapıların gruplarında maleikanhidrit miktarı arttıkça iyileşme meydana gelmiştir. Optimum oran olan %5 maleikanhidrit miktarı aşıldığında her grupta atkı ve çözgü yönü eğilme dayanımı ve modülünde azalma meydana gelmiştir.

Genel olarak yüzey işlemi uygulanmamış kompozit yapılarla, silan, alkalin, silan/alkalin yüzey işlemi uygulanmış kompozit yapıların değerlerinde;

- Çekme ve eğilme dayanımı ile elastikiyet ve eğilme modüllerinde lif yüzeyinde meydana gelen bozunmadan dolayı azalma meydana gelmiştir.
- Polimere ilave edilen %5 oranında maleikanhidrit katkısının ise dayanım değerlerinde meydana gelen olumsuzluğu azalttığı görülmüştür.

3.1.3.3.3.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.72'de verilen grafikte maleikanhidrit/DYPE–alkalin/silan/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.72. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Alkali/silan uygulanmış jüt lifi, takviyeli farklı oranlarda maleikanhidrit katkılı kompozit yapıların darbe dayanımı değerlerinin işlem uygulanmamış kompozit yapılara göre yaklaşık %8 ile 10 oranın düştüğü belirlenmiştir.

Genel olarak maleikanhidrit katkılı polimer malzeme içerisine yüzey işlemi görmüş jüt lifi takviyesi ile elde edilmiş kompozit yapıların malzemelerin mekanik özelliklerini incelendiğinde yüzey işlemleri uygulanması ile lif/matris yüzey uyumunun istenilen etkiyi vermediği çekme, eğilme ve darbe testi sonuçlarında görülmüştür. Ancak optimum oranlarda maleikanhidrit katkısı kullanımının çekme, eğilme ve darbe dayanımı değerlerinde iyileştirme meydana getirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kompozit yapı üzerine; alkalin/silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	36,166	114,642	,000	,000
Çekme Uzaması	409,096	268,647	,000	,000
Elastikiyet Modülü	3,773	2,530	,012	,056
Eğilme Dayanımı	1182,084	341,910	,000	,000
Yer Değiştirme	1,077	,371	,398	,863
Eğilme Modülü	74,723	114,274	,000	,000
Darbe Dayanımı	10,021	9,592	,000	,000

Tablo 3.9'da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile alkalin/silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı; çekme dayanımı, çekme uzaması, elastikiyet modülü, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise yüzey işlemli jüt lifi takviyeli polimer içerisine maleikanhidrit ilavesinin kompozit yapı ve yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Alkalin/silan yüzey işlemi sonrası kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı ve eğilme dayanımı DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M3, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M7 yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; çekme uzaması ve atkı yönü elastikiyet modülü açısından DYPE yapısının farklı olduğu, diğer yapıların arasında fark olmadığı; eğilme modülü açısından DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M3,DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M5, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M7 yapılarının farklı olmadığı, diğer yapıların arasında fark olduğu; darbe dayanımı açısından DYPE, DYPE/2K/1.5Si/Na-5s/M1 yapılarının farklı olmadığı, diğer yapıların arasında fark olduğu; yer değiştirme ve çözgü yönü elastikiyet modülü açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

Maleikanhidrit katkılı düşük yoğunluklu polietilen içerisine silan ve alkalin işlemi uygulanmış jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme, eğilme ve darbe dayanımlarının artması için yapılan işlemler; alkalin yüzey işlemi sonucunda jüt lifi üzerinde kalan kalıntıların ekstrüderde reaksiyona girmesi sonucu oluşturduğu olumsuz etki sonucunda beklenen etkiyi gösterememiştir.

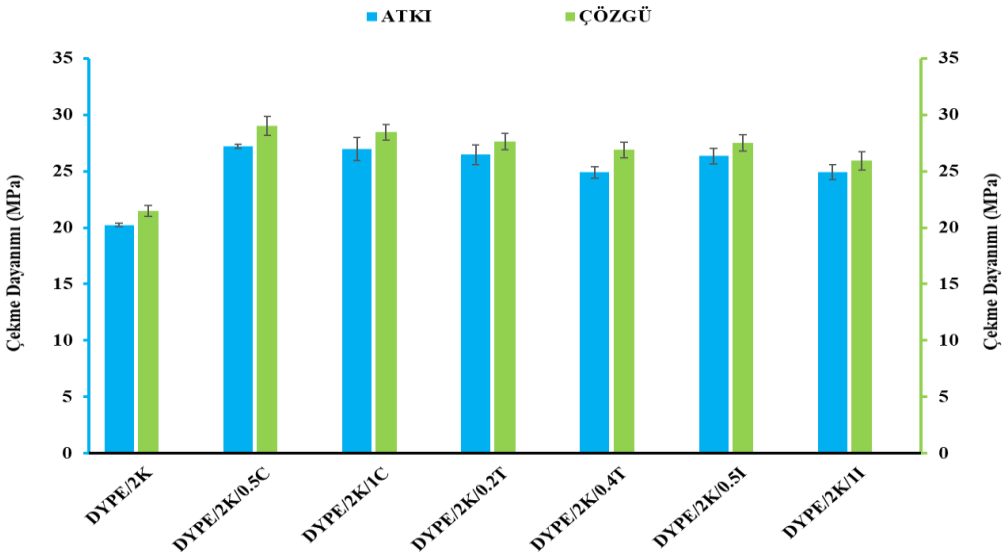
3.1.4. Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin Üzerine Matris Malzemeye Katkı Yapılan UV Koruyucu Malzemelerin Etkileri

Düşük yoğunluklu polietilen içerisine ışık düzenleyici (Light Stabilizers - HALS) Chimasorb 944 maddesi % 0.5 ile 1 oranlarında (0.5C, 1C), Antioksidant Tinuvin 326 maddesi % 0.5 ile 1 oranlarında (Tinu0.5, Tinu1) , UV Absorblayıcı Irganox 1010 maddesi % 0.2 ile 0.4 (Irga0.2, ırga0.4) oranlarında ilave edilerek kompozit yapılar üretilmiştir.

3.1.4.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.73'te UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı, Şekil 3.74'te çekme uzaması, Şekil 3.75'te elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.

Polimer matris içerisine Irganox 1010, Chimasorb 944, Tinuvin 326 malzemeleri ilave edilerek üretilen kompozit yapıların çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir.



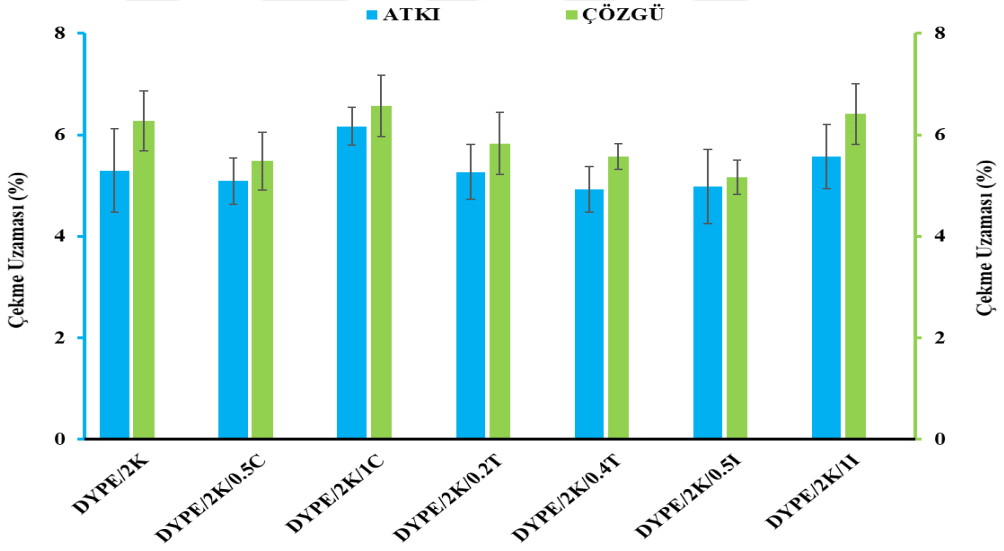
Şekil 3.73. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı

UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerine göre; Irganox 1010 katkısının % 0.5 oranında polimere katılması ile çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerinde yaklaşık %25 oranında artış gözlenmiştir.

%1 oranında katkı miktarının artması ile çekme dayanımı değerleri azalmıştır. Bu değişim literatürde yer alan çalışmalarla sonuçlar benzerlik göstermiştir [121].

Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapı içerisine Irganox 1010 katkısının belirli oranlarda (% 0.5) ilavesinin ile lif ile polimer matris arasındaki uyumu artırarak mekanik özellikleri olumlu etkilediği belirlenmiştir [122].

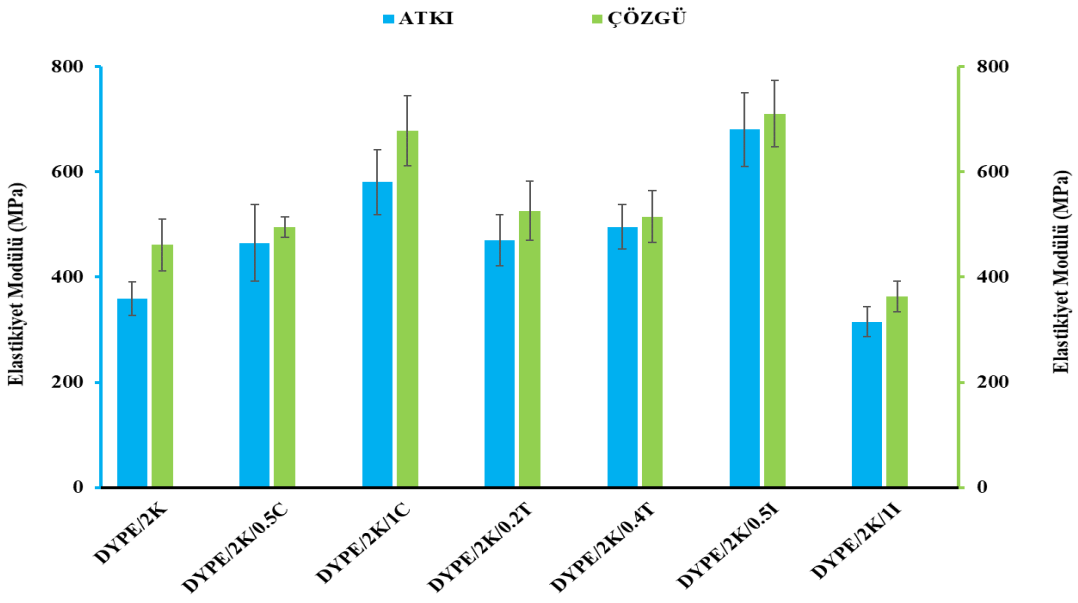
Şekil 3.74'te verilen grafikte UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme uzaması oranlarının ultraviyole katkı miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. DYPE/2K/1C ve DYPE/2K/1I kompozit yapılarının uzama değerlerinde artış gözlemlenmiştir. En yüksek çekme uzaması değeri %1 Chimasorb 944 katkılı DYPE/2K/1C kompozit yapı da elde edilmiştir.



Şekil 3.74. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması

Şekil 3.75'te verilen grafikte UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapı elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde; katkı malzemesi kullanılmamış DYPE/2K kompozit yapı ile kıyaslandığında elastikiyet modülü değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde Chimasorb 944 katkı maddesinin %0.5 oranında ilave edilmesi ile çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerinde yaklaşık %25 oranında artış meydana gelmiştir.

Antioksidant olarak Tinuvin 326 ilavesi ile kompozit yapı çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir. %0.2 oranında Tinuvin ilave edilen kompozit yapı dayanım değerleri, %0.4 oranında Tinuvin ilave edilen kompozit yapıdan elde edilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Kompozit yapı içerisinde mekanik özelliklere olumlu katkı sağlayan Tinuvin oranının %0.2 olduğu belirlenmiştir.



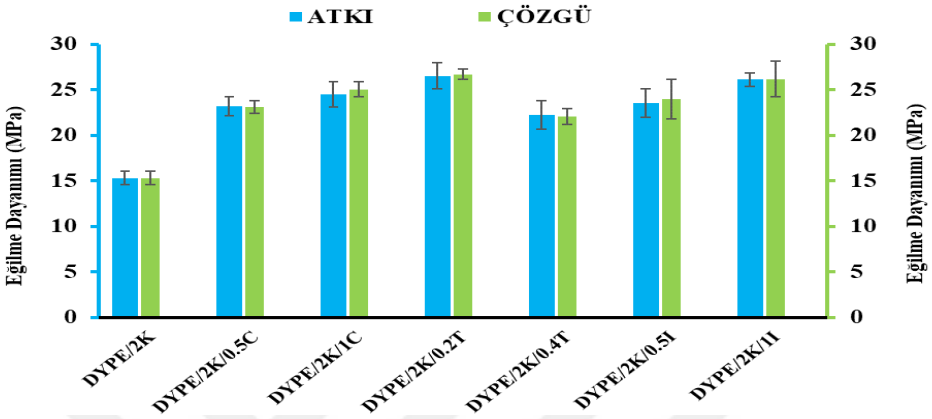
Şekil 3.75. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit yapıların Elastikiyet Modülü

UV koruyucu katkı maddeleri ilave edilerek üretilen kompozit yapılarda;

- UV koruyucunun polimer matrise optimum oranlarda katılması ile çekme dayanımı ve elastikiyet modülü değerleri %20-%30 oranlarında mekanik özelliklerin iyileştiği gözlenmiştir.
- UV katkı oranının optimum miktarın üzerinde artırılması ile kompozit yapıların çekme dayanımı ve elastikiyet modülünde azalmalar meydana gelmiştir.
- Belirli bir oranda artış göstermelerinin sebebinin düşük molekül ağırlığı M_{WDYPE} :28000 g/mol, Mw Irganox 1010 :1178 g/mol, Mw Chimasorb 944 :2000-3100 g/mol, Mw Tinuvin 326 :316 g/mol olduğu tespit edilmiştir [122].
- Lif-matris yüzey uyumsuzluğunun yüksek oranlarda dayanım değerlerine ulaşılamamasında önemli etkenlerden biri olduğu belirlenmiştir.

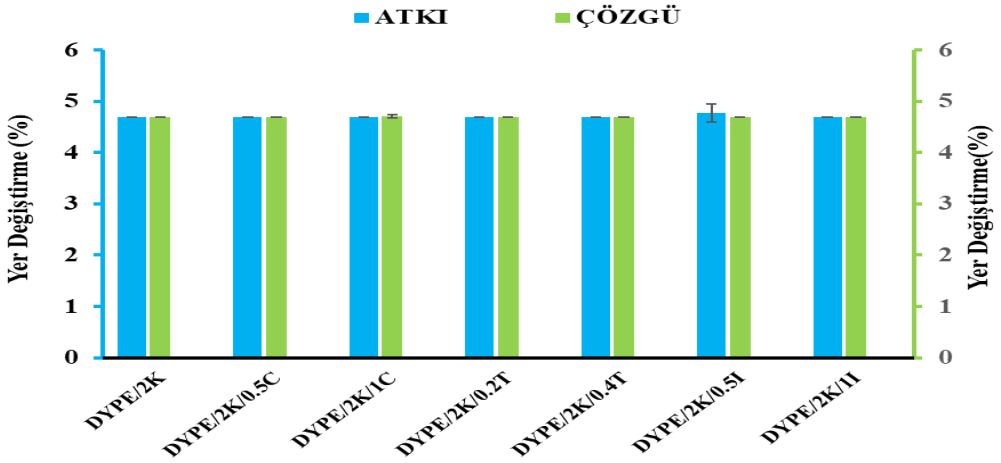
3.1.4.2. Eğilme Dayanımı

Şekil 3.76'da UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.77'de yer değiştirme, Şekil 3.78'de eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.



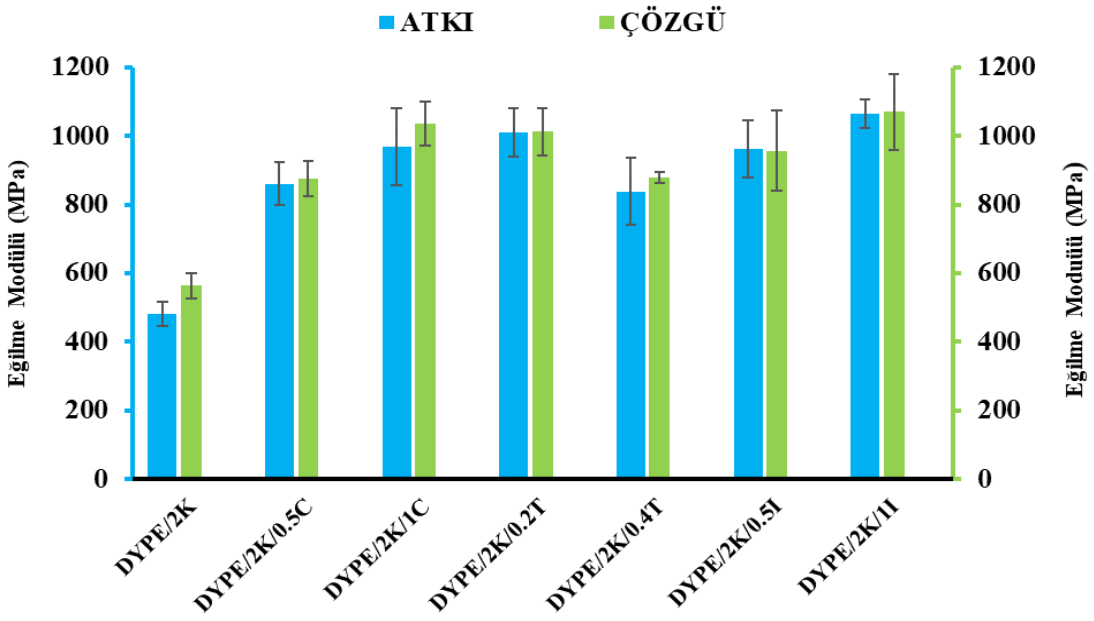
Şekil 3.76. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı

Şekil 3.76'da verilen grafikten UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. DYPE/2K kompozit yapıların eğilme dayanımı değeri atkı yönü 15.31 MPa, çözgü yönü 15.92 MPa değerlerinden, DYPE/2K/0.2T kompozit yapı eğilme dayanımı atkı yönü 26.52 MPa, çözgü yönü 26.71 MPa değerlerine çıktığı tespit edilmiştir. Şekil 3.77'de verilen grafikten ise UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme oranının etkilenmediği belirlenmiştir.



Şekil 3.1. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme

Şekil 3.78'de verilen grafikte UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme modülü değerleri verilmiştir.

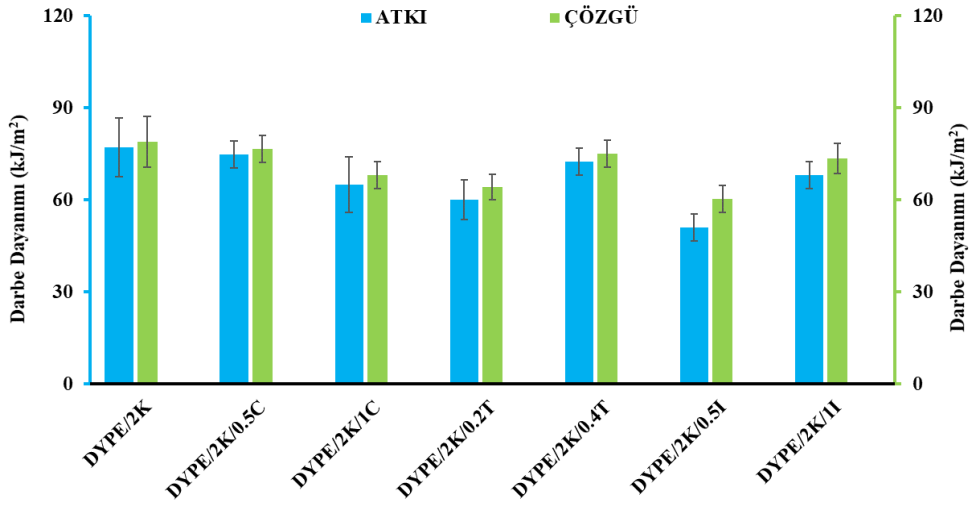


Şekil 3.78. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

Katkı malzemelerinin ilavesi ile çekme dayanımına benzer şekilde kompozit yapı eğilme dayanımı ve eğilme modülü değerleri artış göstermiştir. Koruyucu katkı malzemesi içermeyen DYPE/2K kompozit yapı eğilme modülü atkı yönü 481.44 MPa, çözgü yönü 563.50 MPa, DYPE/2K/0.2T kompozit yapı eğilme modülü atkı yönü 1010.96 MPa, çözgü yönü 1011.61 MPa olarak tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında çekme dayanımı değerlerindeki olumlu artış, eğilme dayanımı değerlerinde de elde edilmiştir.

3.1.4.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.79'da görülen grafikte UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı değerleri verilmiştir. DYPE/2K kompozit yapıların darbe dayanımı değeri atkı yönü 77.11 kJ/m^2, çözgü yönü 79.02 kJ/m^2'dir. UV koruyucu katkılı en yüksek darbe dayanımı değeri DYPE/2K/0.4T kompozit yapıda atkı yönü 72.49 kJ/m^2, çözgü yönü 75.04 kJ/m^2 olarak belirlenmiştir



Şekil 3.79. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

Kompozit yapı üzerine; yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	**F**		**Sig.**	
	Atkı Yönü	**Çözgü Yönü**	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
Çekme Dayanımı	18,587	22,047	,000	,000
Çekme Uzaması	2,529	3,018	,044	,021
Elastikiyet Modülü	30,444	17,640	,000	,000
Eğilme Dayanımı	53,464	43,462	,000	,000
Yer Değiştirme	1,064	,633	,407	,703
Eğilme Modülü	30,957	26,831	,000	,000
Darbe Dayanımı	5,340	2,900	,001	,025

Tablo 3.10'da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı; çekme dayanımı, çekme uzaması, elastikiyet modülü, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve darbe dayanımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesinin kompozit yapı ve yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesi sonrası kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı ve eğilme dayanımı açısından DYPE/2K yapılar arasında fark olmadığını, diğer yapıların farklı olduğunu; elastikiyet modülü açısından DYPE/2K, DYPE/2K/1C yapıların aynı, diğer yapıların farklı olduğu; eğilme modülü açısından DYPE/2K yapısının faklı olduğu, diğer yapıların fakı olmadığı; darbe dayanımı açısından DYPE/2K/0.2T, DYPE/2K/1I, DYPE/2K/1C yapıların aynı, yapıların farklı olduğunu; elastikiyet modülü ve çekme uzaması, yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

3.2. Çevresel Etkilere Maruz Bırakılan Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Bu bölümde UV ışınlarının kompozit yapılar üzerindeki olumsuz etkilerini belirlemek üzere hızlandırılmış yaşlandırma işlemleri yapılarak UV katkılarının sağladığı fayda ortaya koyulmaya çalışılmıştır. UV katkısının kompozit yapıların mekanik özellikleri üzerine olumlu katkı sağladığı tespit edilmiştir.

UV koruyucu katkılı kompozitlere yapılan hızlandırılmış yaşlandırma işleminin etkilerini görmek üzere yapıların mekanik dayanımları, ısıl değişimleri ve renk değişimleri test edilmiştir. Selülozik esaslı lif takviyeli kompozit yapılarda olumsuz çevresel şartlarına karşı meydana gelen etki iki kısımda incelenmiştir.

Birinci kısımda; DYPE/2K içerisine %1.5 oranında silan uygulanmış jüt lifi, 1M çözeltide 5 saat alkalin (NaOH) muamelesi görmüş jüt lifi, alkalin/silan işlemi görmüş jüt lifi ve %5 maleikanhidrit katkılı yüzey işlemi görmemiş jüt lifi takviyeli kompozit yapılar üzerine hızlandırılmış yaşlandırma işleminin etkisi incelenmiştir. %25 oranında jüt lifi takviyeli kompozit yapılar 500 ve 1000 saat süreyle UV ışınlarına maruz bırakılarak mekanik özelliklere etkisi belirlenmiştir.

İkinci Kısımda; UV koruyucu katkı maddeleri ile modifiye edilen DYPE içerisine %25 oranında jüt lifi takviye edilerek üretilen kompozit yapıların mekanik özellikleri incelenmiştir. Kompozit yapılar 120 ve 240 saat süre ile $50C^0$ kabin içi sıcaklıkta UV ışınlarına maruz bırakılarak hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmıştır.

Daha sonra UV ışınları ile uzun süreli temasın kompozit yapıların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

3.2.1. Koruyucu Madde İçermeyen Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Çevrenin Etkileri

Alkalin ve silan yüzey işlemi uygulamış jüt lifi takviyeli kompozit yapılara (DYPE/2K/1.5 Si vb.) uygulanan test sonuçlarına göre ideal katkı oranları daha önceki bölümlerde belirlenmiştir. Polimer ve takviye lifine ideal oranlarda iyileştirme uygulanarak üretilmiş kompozit yapılara hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanarak mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

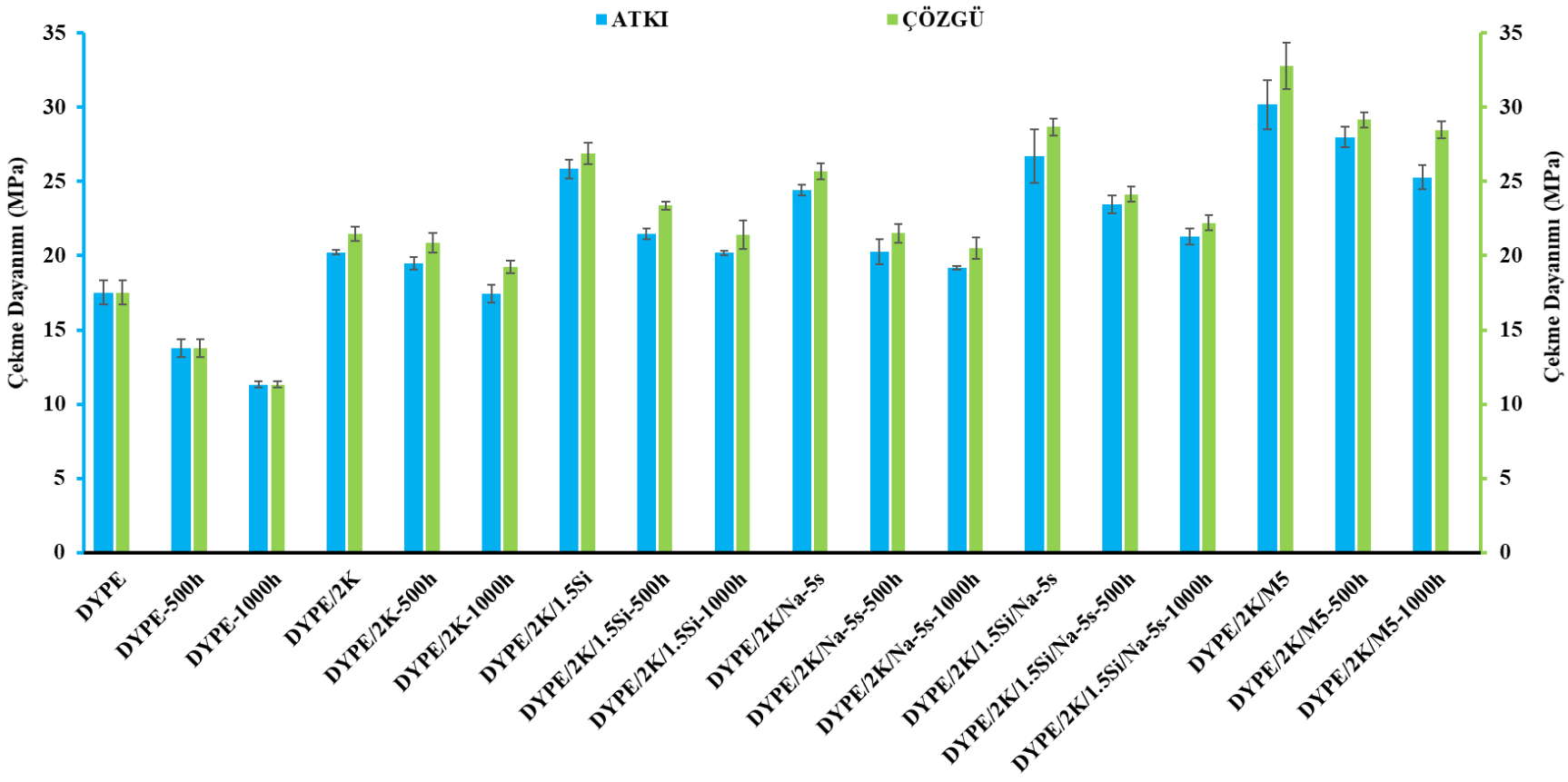
3.2.1.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.80'de 500 ve 1000 saat süreli yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme dayanımı, Şekil 3.81'da çekme uzaması, Şekil 3.82'de elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir.

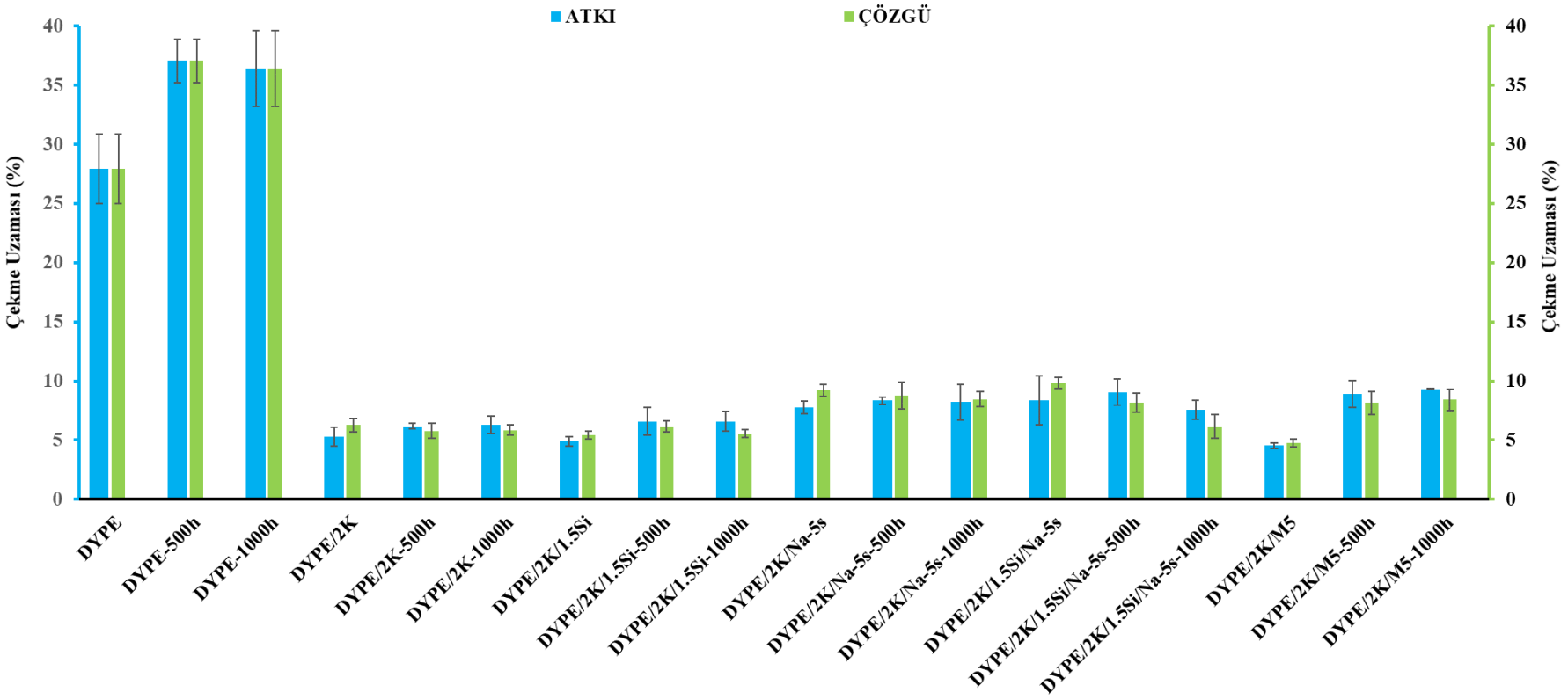
Şekil 3.80'de verilen grafikten izlenen sonuçlara göre UV ışınları ile hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanan kompozit yapıların çekme dayanımı değerleri azalmıştır. Azalma miktarları UV katkılı kompozit yapılara uygulanan işlemler açısından farklılık göstermektedir. Jüt lifi takviyesiz DYPE kompozit yapıların 1000 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanması ile çekme dayanımı değeri 17.5 MPa dan, 11.33MPa değerine gerilemiştir. DYPE/2K kompozit yapılarda yaşlandırma öncesi atkı yönü 20.23 MPa, çözgü yönü 21.48MPa olan değerler 1000 saat süreli yaşlandırma sonrası atkı yönü 17.43, çözgü yönü 19.27 MPa değerlerine gerilemiştir. Lif takviyeli kompozit yapı çekme dayanımı değeri, lif takviye edilmeden üretilen kompozit yapılarda meydana gelen zincir kırılmaları ve bozulmalarından dolayı daha az etkilenmiştir. Dolayısı ile kompozit yapı içerisinde polimer oranının azalması ile dayanım özelliklerinin daha az olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Yüzey işlemi uygulanmış kompozit yapıların yaşlandırma işlemi neticesinde ara yüzeylerin bozunması ile dayanım değerlerinin azaldığı ve yüksek tutunma özelliklerinin bozulduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yüzey uygulaması işlemi yapılmış kompozit yapıların genel olarak çekme dayanımlarında yaklaşık %14 ile 20 arasında düşüş gözlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır [51].

Yaşlandırma süresinin artması ile yapıların atkı ve çözgü yönü çekme dayanımlarında azalma meydana gelmiştir. Takviye jüt lifi kullanılmadan üretilen DYPE/2K kompozit yapı çekme dayanımı değerinin %27 oranında azalması ile dayanımı en fazla düşen kompozit yapı olmuştur. Selülozik esaslı jüt liflerine uygulanan yüzey işlemlerinin sonuç olarak lif- matris yüzey uyumunu artırması ile ultraviyolenin olumsuz etkisinin kırılarak dayanım değerlerinin arttığı da belirlenmiştir.

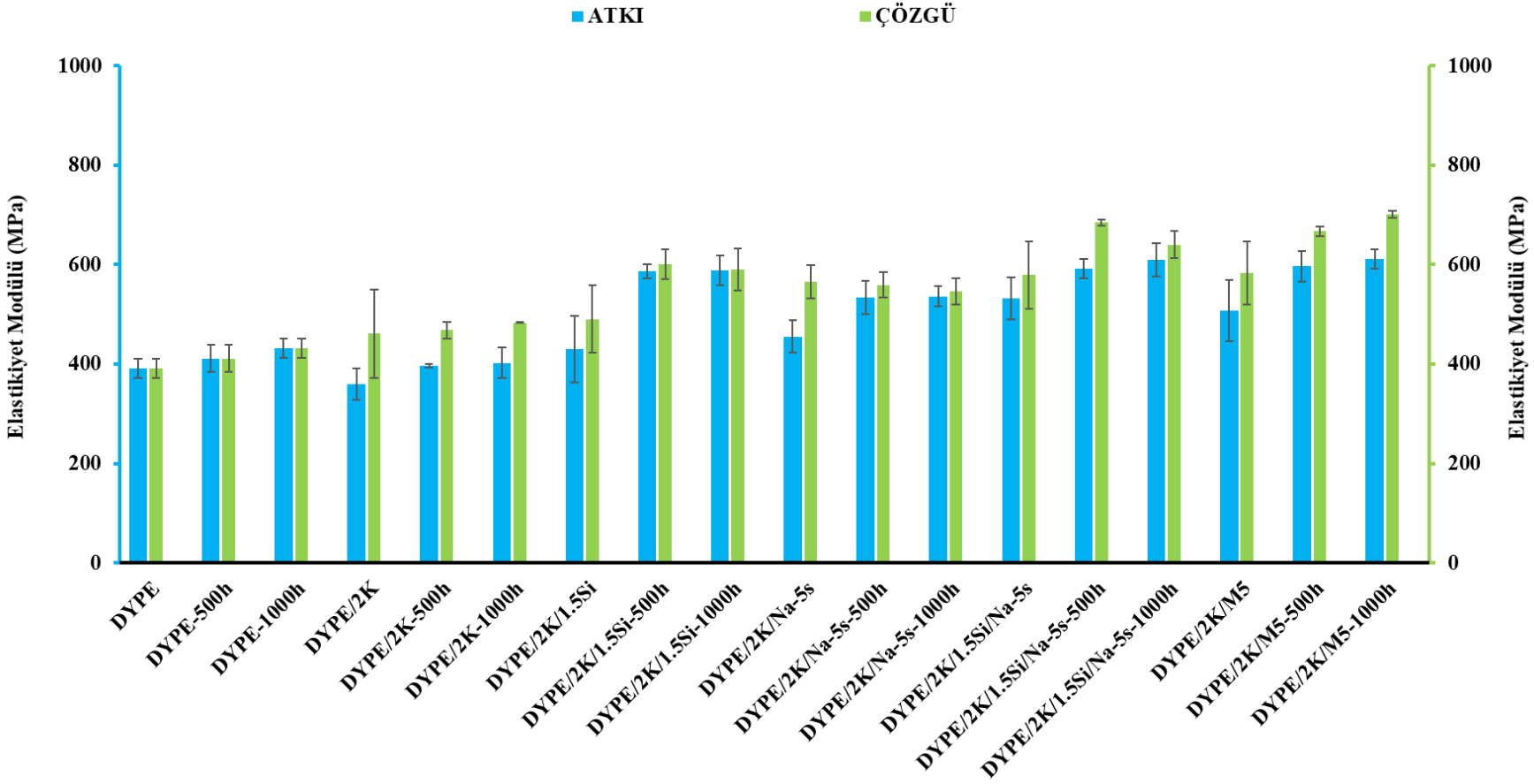
Şekil 3.81'de verilen grafiğe göre 500sa-1000sa yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapıların çekme uzaması değerleri jüt lifi takviyesi ile azalmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemleri ile polimer yapısında bozunmalar ve neticede jüt lifi takviyeli kompozit yapıların uzama oranlarında azalma meydana gelmiştir. Şekil 3.82'de görülen grafikten izlendiği üzere 500 ve 1000 saat süreli yaşlandırma işlemi uygulanmış UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir. DYPE kompozit yapıların yaşlandırma işlem süresinin artması ile elastikiyet modülü değerlerinde 0 saat UV yaşlandırma işlemi yapılmış kompozit yapı değerlerine göre, 500 ve 1000 saat süreli yaşlandırma sonucunda yaklaşık %30 oranında artış görülmüştür. Jüt lifi takviyesiz DYPE kompozit yapıların 1000 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ile elastikiyet modülü değeri 391.51 MPa dan, 431.78 MPa değerine ulaşmıştır. Elastikiyet modülü değerleri DYPE/2K kompozit yapılarda atkı yönü 359.03 MPa, çözgü yönü 461.21 MPa değerinden, 1000 saatlik yaşlandırma süresi sonrası atkı yönü 402.07 MPa, çözgü yönü 483.42 MPa değerine artmıştır. Görüldüğü gibi yüzey işlemi uygulanmamış ham jüt lifi takviyeli DYPE/2K kompozit yapı yaşlandırma işlem süresinin 500 saatten, 1000 saate çıkmasının etkisi çok az olmuştur. Elastikiyet modülü açısından hızlandırılmış yaşlandırma işleminden en az etkilenen yapı, yüzey işlemli jüt lifi takviyeli kompozit yapı olarak tespit edilmiştir. Ultraviyole ışınları ile yaşlandırma işlemi sonucunda kompozit yapıların elastikiyet modülü değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Artışlar yüzey uygulamaları türüne göre farklılık göstermiştir. 1000 saat süreli işlem süresi sonucunda yaklaşık %14-18 oralarında elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir. Elastikiyet modülü değerlerindeki bu artışın polimer matris yapıların UV ışınlarına maruziyet sonucunda çapraz bağlanmaların oluşması ve neticede sertliğin artmasından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. [124, 125, 126 ,127].



Şekil 3.80. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı



Şekil 3.81. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması



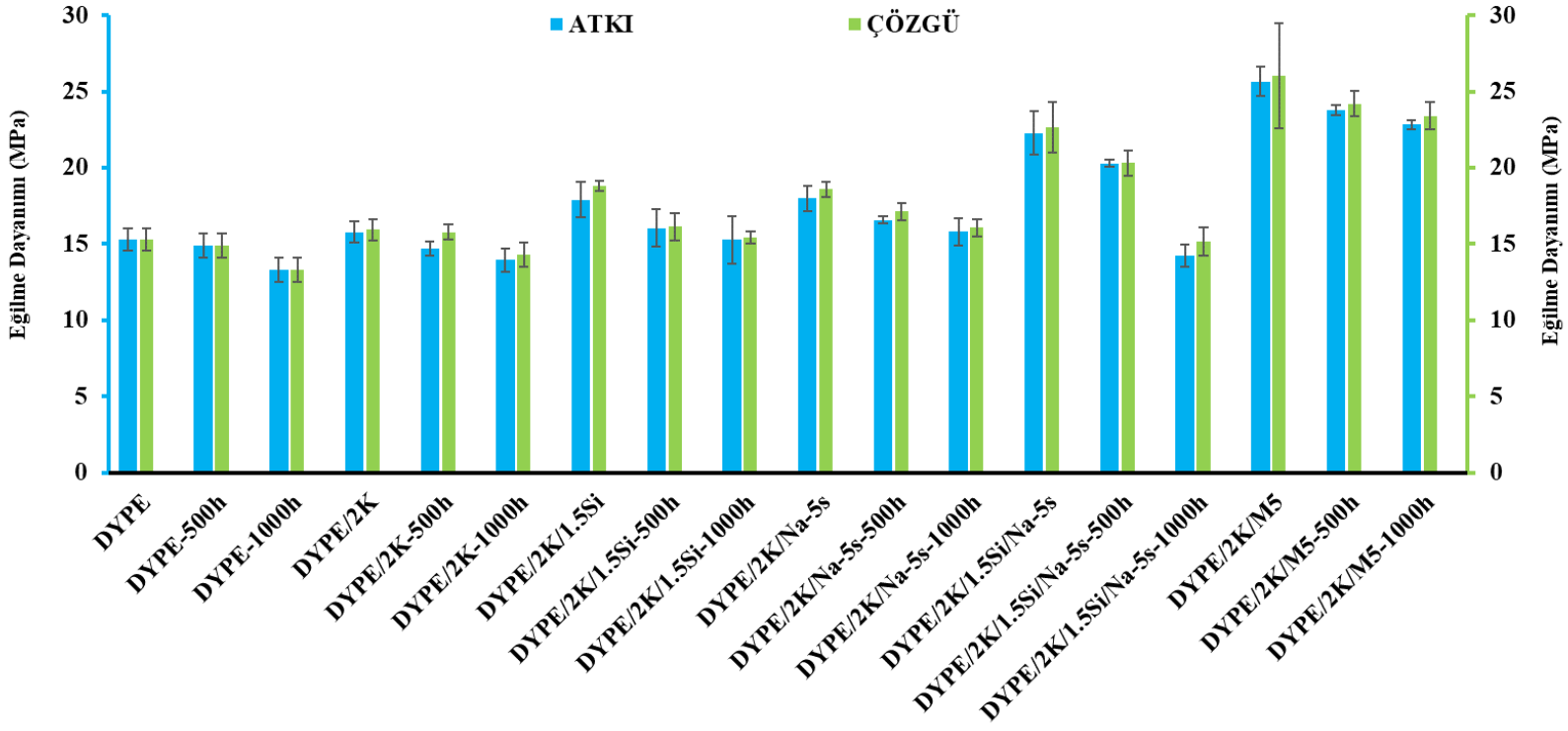
Şekil 3.82. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

3.2.1.2. Eğilme Dayanımı

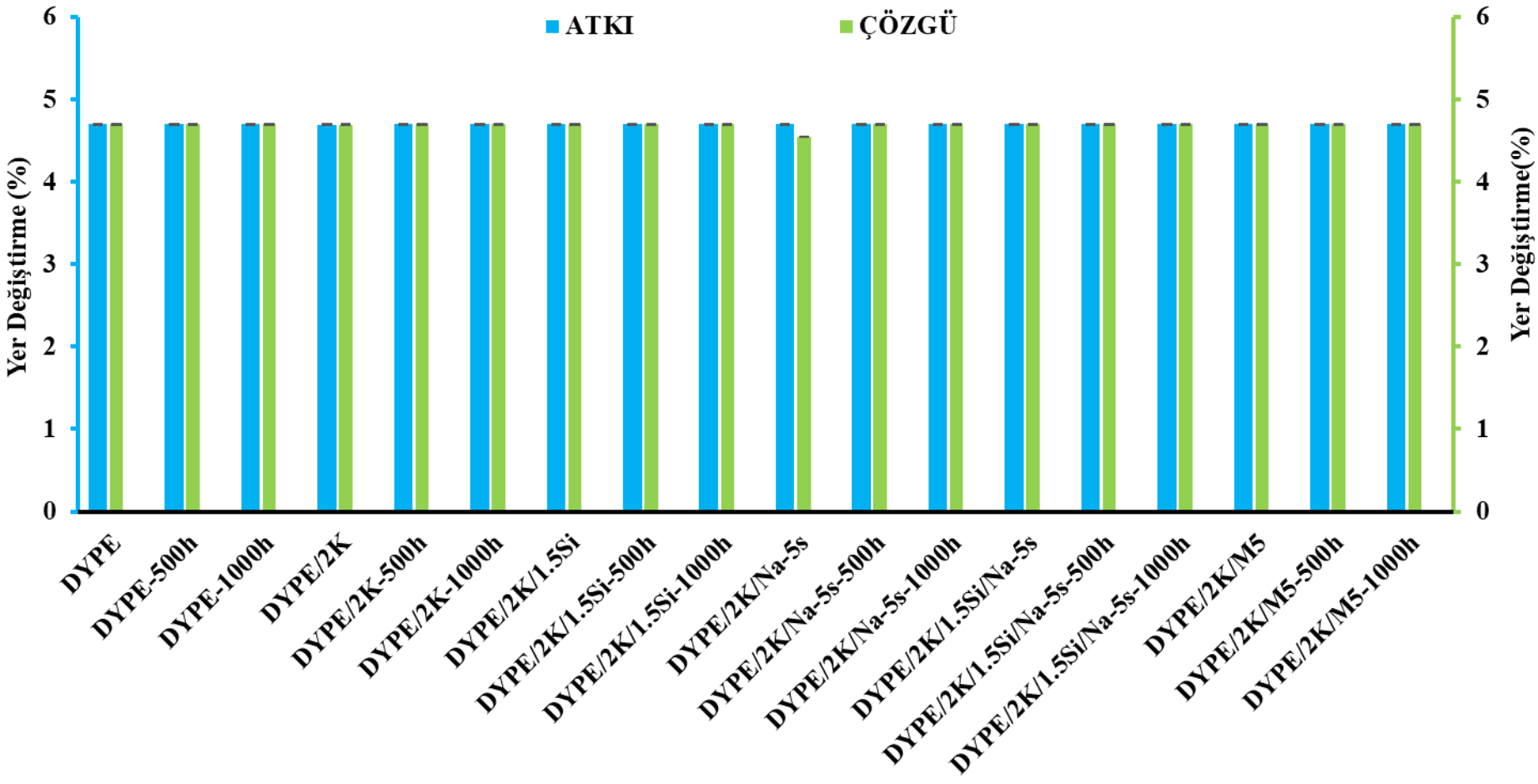
Şekil 3.83'te 500 ve 1000 saat süreli yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.84'te yer değiştirme, Şekil 3.85'te ise eğilme modülü değerleri ile oluşturulan grafikler verilmiştir. Şekil 3.83'te verilen grafiğe göre UV hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanan kompozit yapılarda eğilme dayanım değerleri, çekme dayanımı değerlerine benzer şekilde azalmıştır. Azalma miktarları takviye lifine ve matrise uygulanan işlemler açısından farklılık göstermektedir. Jüt lifi takviyesiz DYPE kompozit yapıya 1000 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanması ile eğilme dayanımı değeri 15.31 MPa'dan, 13.28 MPa değerine gerilemiştir. DYPE/2K kompozit yapıların atkı yönü 15.77 MPa, çözgü yönü 15.92 MPa olan eğilme dayanımı değerleri 1000 saat süreli yaşlandırma sonrası atkı yönü 13.95 MPa, çözgü yönü 14.28 MPa değerine gerilemiştir.

Şekil 3.84'te verilen grafiğe göre 500 ve 1000 saat yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir. Böylece yüzey işlemi uygulanmamış ham jüt lifi takviyeli DYPE/2K kompozit yapılarda yaşlandırma işlem süresinin 500 saatten,1000 saate çıkarılmasının elastikiyet modülü değeri üzerinde çok az etkili olduğu belirlenmiştir.

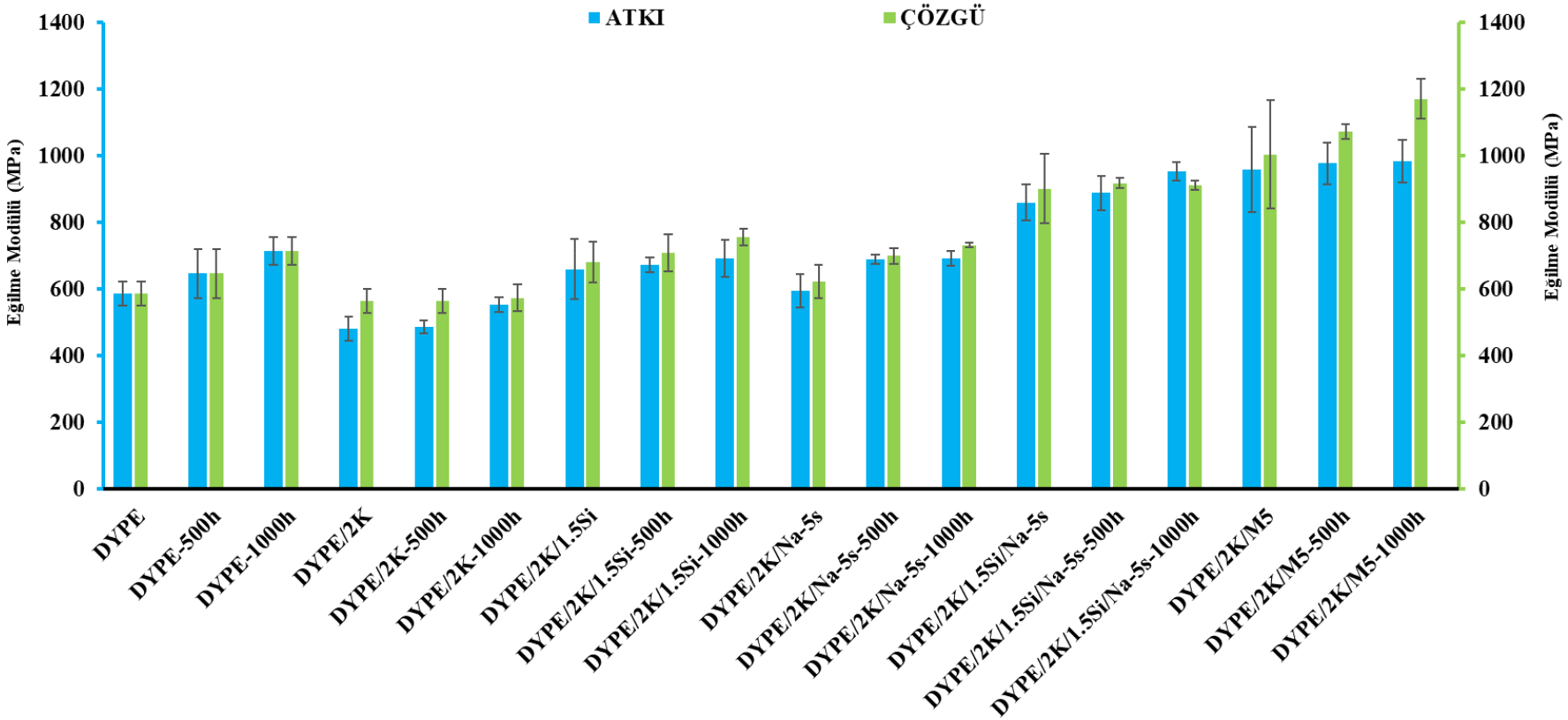
Şekil 3.85'te verilen grafikte görüleceği üzere 500 ve 1000saat süreli yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/jüt lifi takviyeli kompozit yapıların yer değiştirme sonuçlarında değişim meydana gelmemiştir. DYPE/2K kompozit yapı eğilme modülü değeri atkı yönü 481.44 MPa, çözgü yönü 563.50 MPa, DYPE/2K-1000h kompozit yapı eğilme modülü atkı yönü 554.12 MPa, çözgü yönü 574.16 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. 83. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı



Şekil 3.842. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme Oranları



Şekil 3.85. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

3.2.1.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.86'da verilen grafikte 500 ve 1000 saat süreli yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapıların darbe dayanımı test sonucu verilmiştir. Kompozit yapı bileşenlerinden polimerin foto bozunması nedeniyle gevrekliği artmıştır. Ayrıca polimer üzerinde meydana gelen çatlamalar nedeniyle darbe dayanım değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir.

Yaşlandırma işlemleri sonucunda kompozit yapıların yüzeylerinde meydana gelen mikro çatlaklar ile matris malzemesin foto bozunması sonucunda bu etki meydana gelmiştir. 500 ve 1000 saat süreli yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozitlerin atkı ve çözgü yönü darbe dayanım değerleri yaklaşık %19 ile en fazla azalma DYPE kompozit yapı darbe dayanımı değerlerinde tespit edilmiştir. DYPE/2K kompozit yapısı darbe dayanımı değerlerine göre yüzey işlemi görmüş kompozitlerin darbe dayanımlarında meydana gelen azalma daha düşük olmuştur.

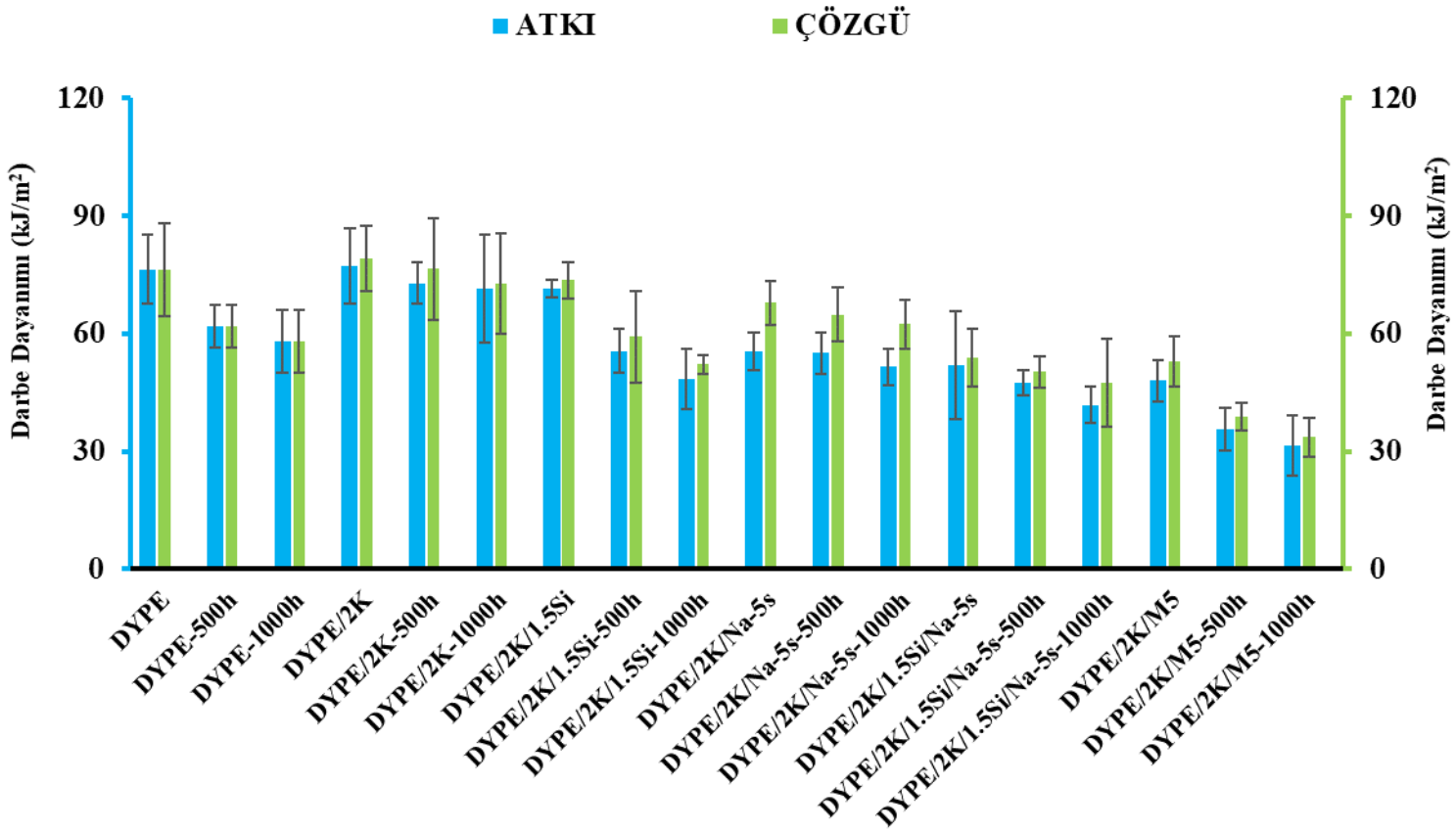
UV ışınlarına maruziyet sonrasında; alkalin, silan, alkalin/silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli kompozit yapı üzerine, istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	10,104	7,727	,000	,001
Çekme Uzaması	,492	,388	,613	,680
Elastikiyet Modülü	7,248	2,602	,001	,080
Eğilme Dayanımı	6,735	4,871	,002	,010
Yer Değiştirme	,629	,971	,536	,383
Eğilme Modülü	2,196	1,334	,118	,270
Darbe Dayanımı	14,090	7,751	,000	,001

Tablo 3.11'de verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri Alkalin, silan, alkalin/silan yüzey işlemli jüt lif takviyeli kompozit yapı; hem atkı hem de çözgü yönü çekme dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı ve atkı yönü elastikiyet modülü üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri ise alkalin, silan, alkalin/silan yüzey işlemli jüt lif takviyeli kompozit yapı çözgü yönü elastikiyet modülü, hem atkı hem de çözgü yönü eğilme modülü, çekme uzaması ve yer değiştirme performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

UV ışınlarına maruziyet sonrasında; alkalin, silan, alkalin/silan yüzey işlemli jüt lifi takviyeli kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı, darbe dayanımı, atkı yönü elastikiyet modülü açısından 500 ve 1000 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapılar arasında fark olmadığı, UV uygulanmamış kompozit yapıların farklı olduğu; eğilme dayanımı açısından UV uygulanmamış ve 500 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapılar arasında fark olmadığı, 1000 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapıların farklı olduğu; çekme uzaması, çözgü yönü elastikiyet modülü, eğilme modülü yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.



Şekil 3.86. 500 ve 1000 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

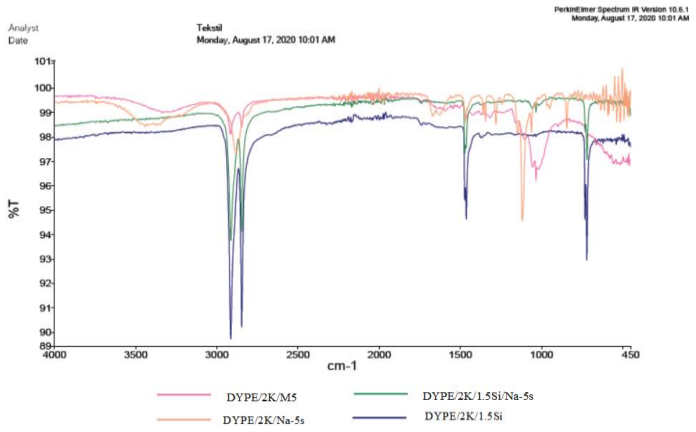
3.2.1.4. UV Koruyucu Katkılı Kompozitlerin Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

UV ışınları ışık altında hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulamasının kimyasal etkilerini belirlemek amacıyla kompozit yapılara FTIR testi uygulanmıştır. Polimer (DYPE) içeresinde yer alan karbonil grupları kompozit yapıların UV maruziyet sonucunda bozunmasına neden olan grupların içerisinde yer almaktadır. Kompozit yapı üzerinde meydana gelen etkiyi belirlemek amacıyla karbonil(CO) ve hidroperoksit (OOH) sıklıklarına bakılarak etkileri incelenmiştir. Tablo 3.13'te ftır dalga boyları verilmiştir.

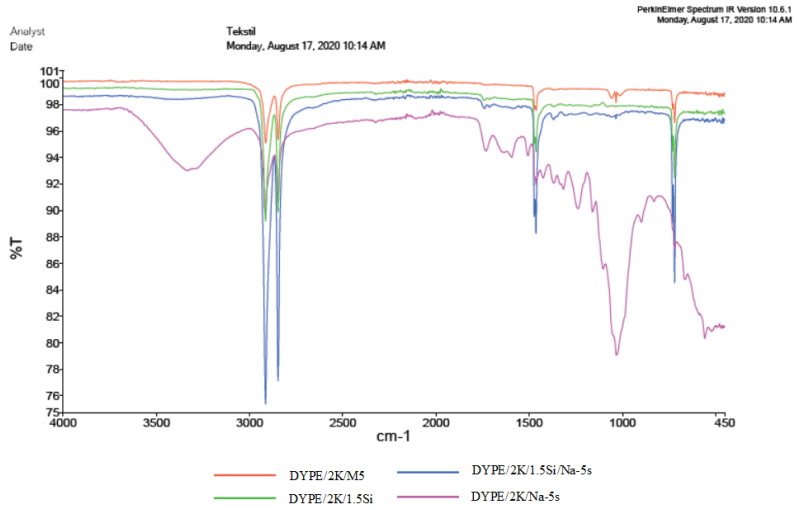
Tablo 3.12. FTIR Dalga Boyları [128–131]

Dalga Boyu Açıklaması	Dalga Boyu(cm^{-1})
C-H salınım, amorf	720
C-H salınım, kristalin	730
C-O esneme	1170
C-H eğilme, kristalin	1462
C-H eğilme, amorf	1472
C=O esneme	1712
C-H esneme (metil ve metilen gruplarda	2915
O-H esneme (hidrojen bağı)	3244

Şekil 87'de Alkalin/silan yüzey işlemi uygulanmış jüt lifi takviyeli kompozit yapıların hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmamış FTIR spektrumu (0 saat), Şekil 88'de 1000 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış FTIR spektrumu grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.87. Kompozit FTIR Spektrumu (0 saat)



Şekil 3.88. Kompozit FTIR Spektrumu (1000 saat)

1000 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda 1500-2000 cm^{-1} arasında tepelerde karbonil gruplar zincir kırılması yâda oksitlenmesi ile oluşmaktadır. Spektrumda meydana gelen bu tepeler DYPE polimerinin bozunması ile mekanik özellikler üzerindeki etkisi olarak açıklanabilir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozitlerden elde edilen FTIR spektrumuna göre karboksil, keton, hidroksil vb. oksijen içeren fonksiyonel gruplarda artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre polimer yapıda oksitlenme neticesinde bozunma meydan geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Spektrumda 1000-1500 cm^{-1}, 1500-2000 cm^{-1}, 3000-3500 cm^{-1} aralığında meydana gelen tepeler ile –OH, karbonil gruplarının absorpsiyon band yoğunlukları UV ışığa maruziyet ile artış gösterdiği saptanmıştır. 1000- cm^{-1} gözlenen tepeler absorbe olan ester, karboksilik asit vb. fonksiyonel grupların C-O esneme salınımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Spektrumdan elde edilen bilgilerin daha önce yapılan çalışmalar ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir[132–135].

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde polimer yapıda meydan gelen foto bozunma miktarı 1000 saattik süre ile yaşlandırma işlemi ile artış göstermektedir. Kompozit yapılarda meydana gelen mekanik değişim spektrum sonuçları ile benzeşmektedir. UV ışık altında hızlandırılmış yaşlandırma işlemine maruz kalan kompozit yapıların kimyasal kararlılıkları olumsuz etkilendiği ifade edilebilir.

Kimyasal kararlılığı etkileyen en temel neden polimer katkısı ve takviye lifine uygulanan yüzey işlemlerinin oksitlenmeye karşı hassas olmasından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.13. UV Koruyucu Katkılı Kompozitlerin Karbonil Değerleri

Kompozit	UV Işık Maruziyet Süresi(saat)		
	0	**500**	**1000**
DYPE	0	0.02432	0.497
DYPE/2K	0.0068	0.3643	04159
DYPE/2K/1.5Si	0.0078	0.3122	0.4452
DYPE/2K/Na-5s	0.0028	0.3774	0.4237
DYPE/2K/1.5Si/Na-5s	0.0068	0.3494	0.4608
DYPE/2K/M5	0.0040	0.3370	0.4043

Tablo 3.13'de alkalin, silan, maleikanhidrit oksitlenmeye karşı hassas katkılı gruplar olması nedeniyle 500 ve 1000 saat süreli UV maruziyet sonunda karbonil değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Yaşlandırma işlemi sonucunda en yüksek karbonil değeri DYPE kompozit yapısından elde edilmiştir.

3.2.1.5 UV Koruyucu Katkılı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozitlerin mekanik, kimyasal özellikleri belirlenmiştir. UV işleminin kompozit yapıların fiziksel özellikleri üzerinde meydana getirdiği etkiyi gözlemlemek amacıyla ASTM D2244 standartlarına uygun renk ölçümü testi uygulanmıştır. Datacolor SF600 * PLUS Spectralflash fotos pektrometre cihazında kompozit yapıların dış yüzeyinde meydana gelen değişimler tespit edilmiştir.

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış polimer yüzeyin rengi solmalar L, a ve b değerleri belirlenerek ölçülmektedir. Kompozit yapılara uygulanan hızlandırılmış değerlerine göre sarı ve kırmızı renkleri temsil eden a ve b değerleri değişkenlik göstermektedir. L değerinin ise bekleme süresi ile doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir.

Genel olarak Tabloda verilen verilere göre delL ve delE değerleri 500 saat süreli kadar renk değişim değerleri artış meydana gelmiştir. 500 ile 1000 saat süreli UV uygulaması sonrasında meydana gelen değişim azalmıştır.500 saat süreli yaşlandırma işlemi ile hızla değişen renk verilerinin hızı daha sonra düşüşe geçmiştir.

En yüksek solma değeri delL DYPE/2K/1.5Si kompozit yapısında tespit edilmiştir. En az solma DYPE kompozit yapısından sonra, DYPE/2K/M5 kompozit yapısında tespit edilmiştir. Takviye lif ilavesiz DYPE kompozit yapının 1000 saat süreli süre yaşlandırma sonucunda renk değişiminin kısıtlı kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle yapı içerisine takviye edilen lifler renk değişim oranlarını doğrudan etkilemektedir. Tablo 3.14'te UV işleminin solma ve renk değişimi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.14. UV İşleminin Solma ve Renk Değişimi Değerleri

	delL* **0-500 s**	**delE*** **0-500 s**	**delL*** **0-1000 s**	**delE*** **0-1000 s**
DYPE	0.685	0.536	0.927	0.681
DYPE/2K/M5	1.285	1.425	1.394	1.591
DYPE/2K/Na-5s	1.562	1.304	1.711	1.589
DYPE/2K/1.5Si/Na-5s	2.042	3.333	2.333	3.542
DYPE/2K	3.016	4. 304	3.659	4.466
DYPE/2K/1.5Si	7.585	9. 704	7.929	9.951

Kompozit yapılara uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ile malzemelerin yüzeyinde çatlaklar oluşmuştur.1000 saat süreli UV ışınına maruz kalan yüzeylerde meydana gelen çatlaklar kompozitlerin mekanik özelliklerinin azalmasındaki diğer etkeni oluşturmaktadır.

3.2.2. Kompozit Yapıların Mekanik Özellikleri Üzerine Çevre Etkilerine Karşı Koruyucu Malzeme İçermenin Etkileri

UV ışınları koruyucu katkılı kompozit yapılara uygulanan 120 ve 240 saat sürelerinde hızlandırılmış yaşlandırma işleminin mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir.

3.2.2.1. Çekme Dayanımı

Şekil 3.89'da 120 ve 240 saat süreli yaşlandırma uygulanmış UV/DYPE/Jüt lifi takviyeli kompozit yapı çekme dayanımı, Şekil 3.90'da çekme uzaması, Şekil 3.91'de elastikiyet modülü değerleri ile oluşturulmuş grafikler verilmiştir.

Şekil 3.89, Şekil 3.90, Şekil 3.91'de hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmayan UV katkılı polimerden üretilmiş kompozit yapılar ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmış kompozit yapılara uygulanan değerleri karşılaştırılmıştır. UV ışınları koruyucu katkılı kompozit malzemelere uygulanan 120 ve 240 saat sürelerinde hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda mekanik özelliklerinde genel olarak azalma meydana gelmiştir.

UV koruyucu katkı malzemesi kullanılmadan üretilmiş DYPE/2K kompozit yapısında atkı ve çözgü yönü 120 ve 240 saat sürelerinde hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ile çekme dayanım özellikleri en fazla düşen kompozit yapı olmuştur. 120 saat süreli uygulama ile azalan dayanım değeri, 240 saat süreli yaşlandırma ile DYPE kompozit yapısında atkı yönü 20.23 MPa'dan 16.26 MPa'la, çözgü yönü 21.48 MPa'dan 17.02 MPa azalarak kayıp %20 oranına yaklaşmıştır.

UV koruyucu katkılı kompozit yapılarda 120 saat süreli uygulamada çekme dayanımı özelliklerinde azalma meydana gelmiştir. 240 saat süreli uygulama ile çekme dayanımı değerlerinde meydana gelen değişim azalma hızı yavaşlamıştır. 120 saat süreli yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozit yapılarda %5-9 arasında azalma meydana gelmiştir. 240 saat süreli yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozit yapılarda %8-20 arasında azalma meydana gelmiştir.

Koruyucu katkı malzemesi kullanılmış kompozit yapılar kendi içerisinde kıyaslandığında yaşlandırma işlemi uygulanmamış kompozit yapılara göre 120 ve 240 saat sürelerinde uygulamalarda kayda değer bir azalma görülmemiştir. DYPE/2K/0.5C kompozit yapısı atkı ve çözgü yönü çekme dayanımı değerleri 240 saat süreli saatlik uygulama sonucundaki değişim oranı % 0.5 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.15'te UV koruyucu katkı kullanılan ve katkısız kompozit yapıların yaşlandırma sürelerine göre çekme dayanımı değerlerinde meydana gelen değişimler oransal olarak verilmiştir. Ultraviyole koruyucu katkı malzemeleri uygulama süreleri (120 ve 240 saat sürelerinde) esas alındığında kompozit yapılar üzerinde meydan getirdiği etkiler belirlenmektedir.

Koruyucu katkı türlerine bakıldığında; Chimasorb 944 DYPE/2K/0.5C ve DYPE/2K/1C), Irganox 1010 (DYPE/2K/0.5I ve DYPE/2K/1I), Tinuvin 326 (DYPE/2K/0.2T ve DYPE/2K/0.4T) kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü çekme dayanımı değerlerinin daha olduğu sonucuna ulaşılmıştır. En yüksek çekme dayanımı değerleri DYPE/2K/0.5I kompozit yapısında tespit edilmiştir.

Tablo 3.15. UV İşlem Süresine Göre Çekme Dayanımı Değişim Oranları

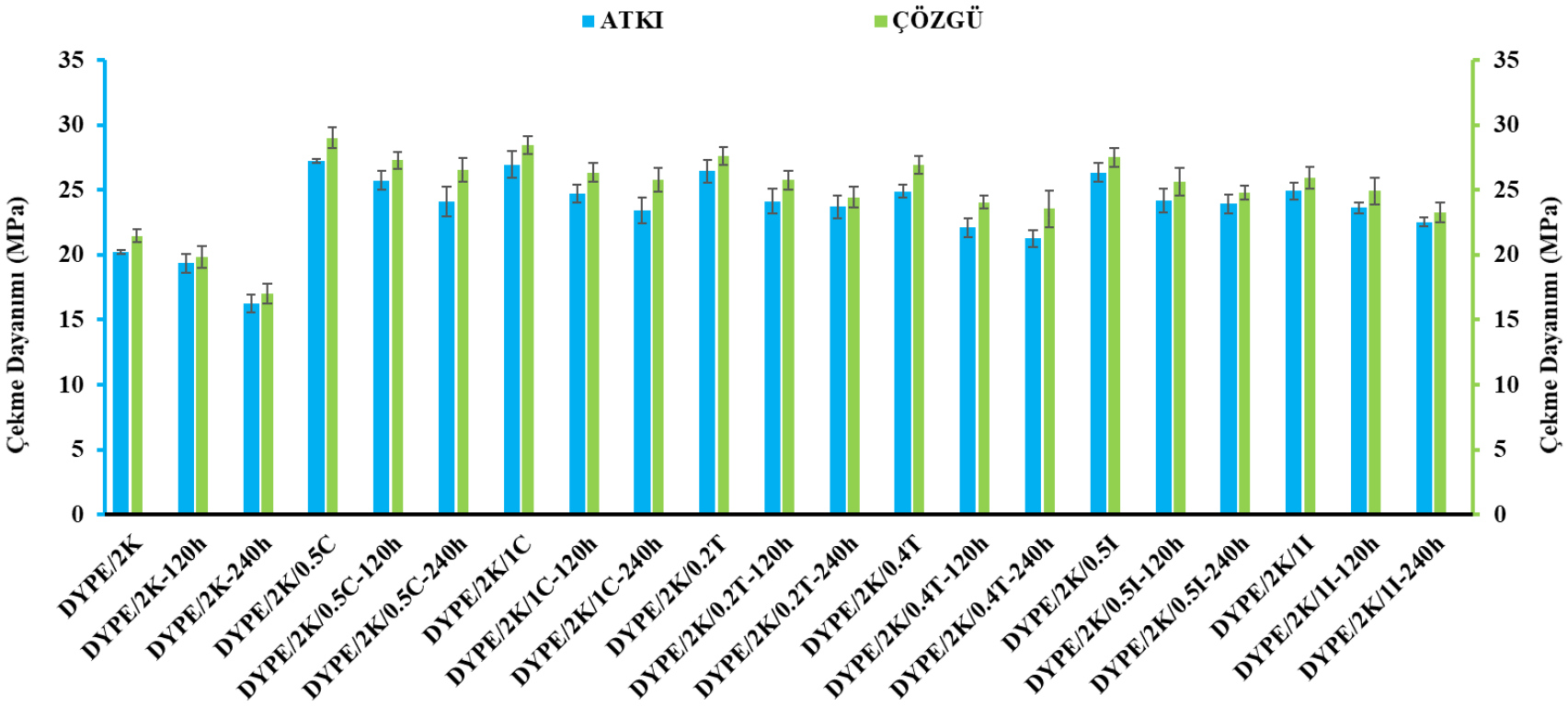
	0-120s(%)		**0-240(%)**		**120-240(%)**	
	Atkı	**Çözgü**	**Atkı**	**Çözgü**	**Atkı**	**Çözgü**
DYPE/2K	-5	-5	-20	-20	-15	-13
DYPE/2K/0.5C	-6	-6	-10	-9	-6	-3
DYPE/2K/1C	-7	-6	-9	-8	-7	-4
DYPE/2K/0.2T	-9	-7	-11	-12	-3	-3
DYPE/2K/0.4T	-11	-11	-11	-12	-4	-3
DYPE/2K/0.5I	-8	-7	-8	-10	-2	-3
DYPE/2K/1I	-5	-4	-9	-10	-4	-7

120 ve 240 saat sürelerinde saatlik uygulamalar ile karşılaştırıldığında DYPE/2K/0.5C kompozit yapı atkı ve çözgü yönü olarak büyük oranlarda değişim meydana gelmediği belirlenmiştir. Bu şekilde Chimasorb 944 UV ışınları koruyu katkı malzemesi kullanımı kompozit yapıların bozunmaya karşı korunmasına ciddi katkı sağlamıştır.

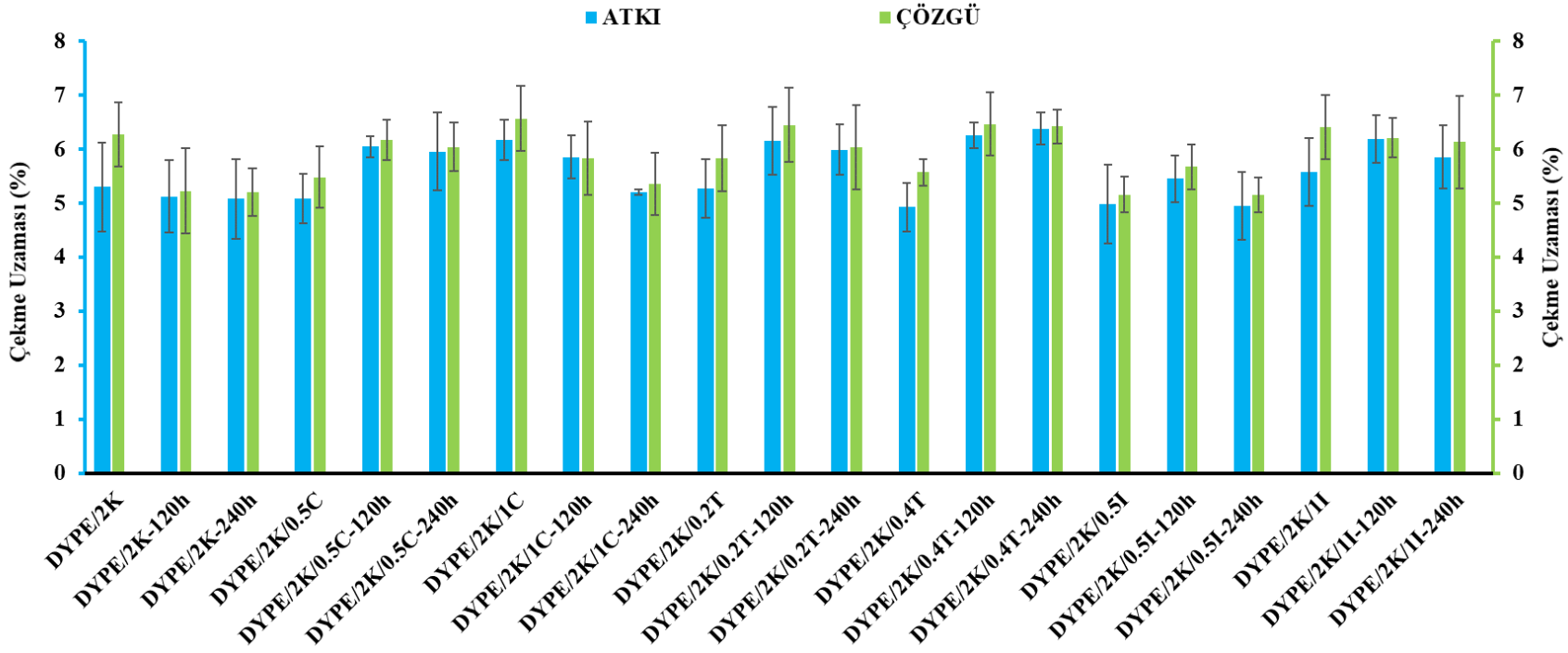
UV koruyucu katkı ilavesiz kompozit yapıya, koruyucu katkı ilave edilmesi ile polimer matris yapıda meydana gelen foto bozunma çapraz bağ yapıları oluşması sonucunda elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana getirmiştir.

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmamış DYPE/2K kompozit yapısının elastikiyet modülü atkı yönü 459.02 MPa, çözgü yönü 461.21 MPa dır. 120 ve 240 saat sürelerinde saat uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma neticesinde en yüksek elastikiyet modülü değeri atkı yönü 705 MPa, çözgü yönü 725 MPa değerine ulaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Koruyucu malzemelerin ilavesi ile artış meydana gelmekle birlikte bazı kompozit yapılarda azalma meydana gelmiştir.

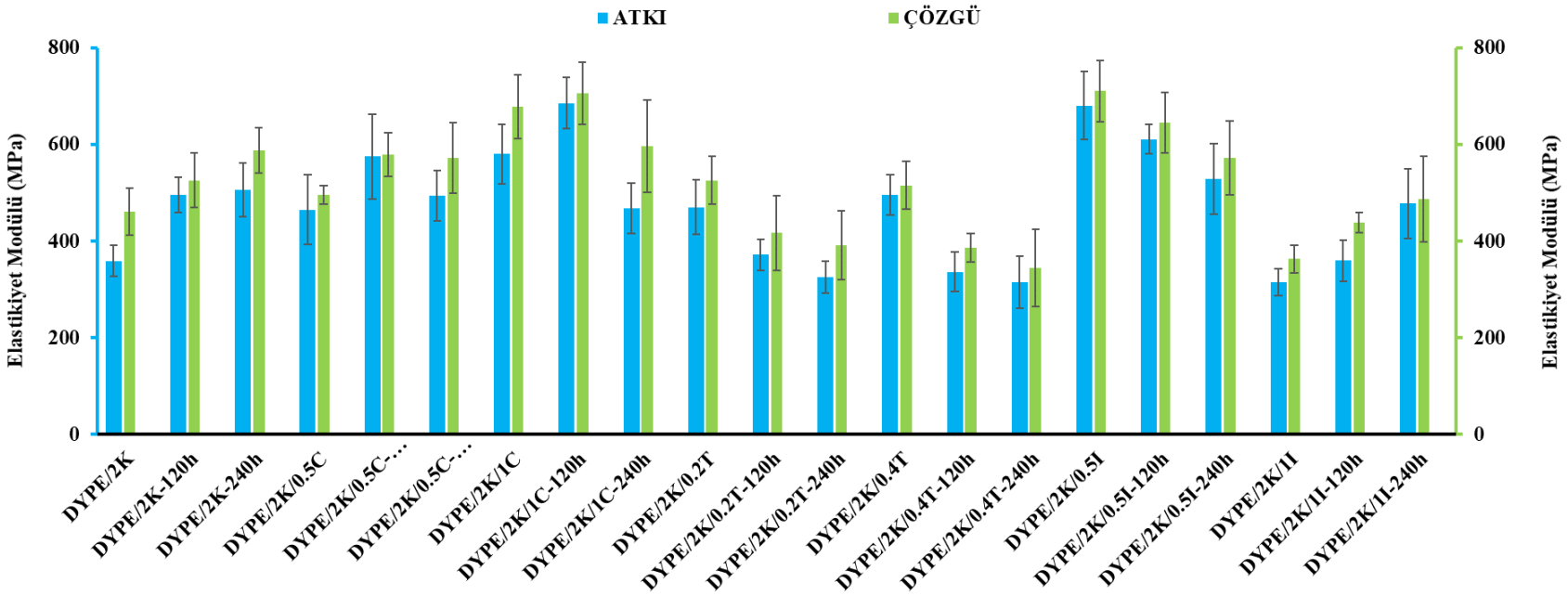
Kompozit yapılarda meydana gelen foto bozunma meydana gelmesi ile çekme uzaması değerleri azalmıştır. UV koruyucu katkısız DYPE/2K kompozit yapı çekme uzaması atkı yönü % 5.27 iken, 120 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanması ile DYPE/2K kompozit yapının çekme uzaması %5.12 ye, 240 saat süreli hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanması ile % 5.07 oranına düşmüştür. Çözgü yönü DYPE/2K kompozit yapı çekme uzaması % 5.29 iken, 120s hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanması ile % 5.22'ye, 240s hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanması ile %5.19 oranına düşmüştür. UV koruyucu katkı ilavesi ile üretilen kompozit yapıların, katkı içermeyen kompozit yapılara göre: Çekme dayanımı, elastikiyet modülü ve çekme uzaması değerlerini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.89. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımı



Şekil 3.90. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Çekme Uzaması



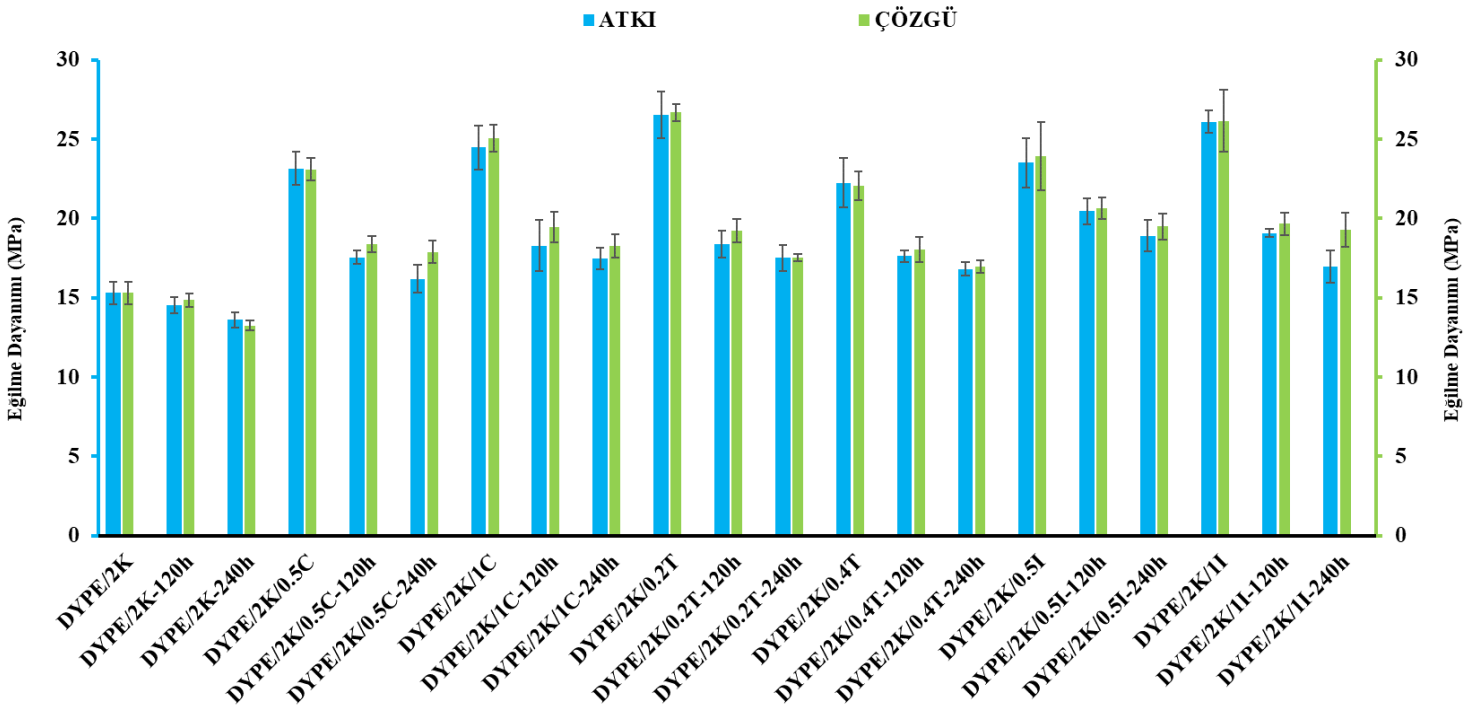
Şekil3.91. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Elastikiyet Modülü

3.2.2.2. Eğilme Dayanımı

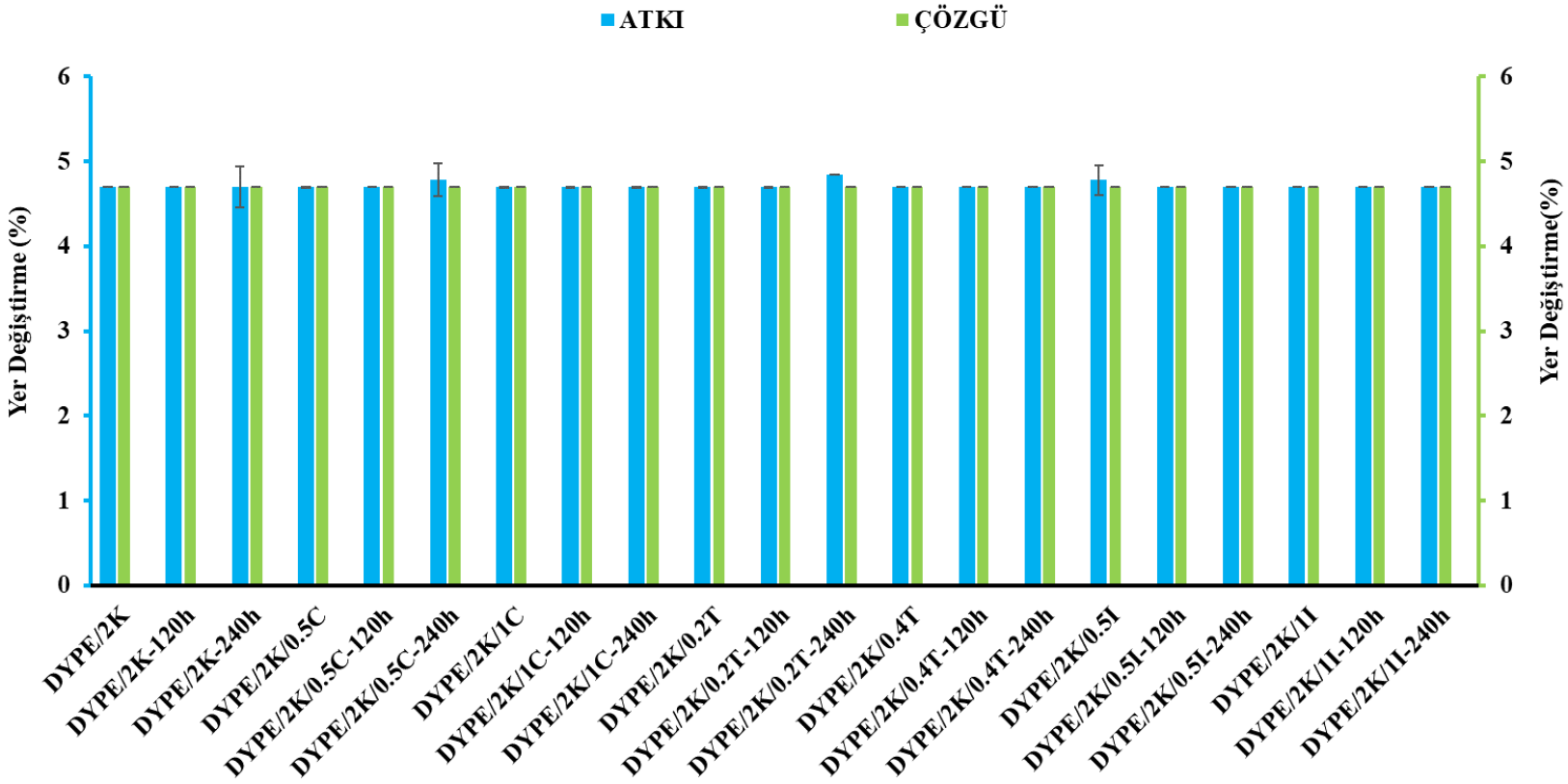
Şekil 3.92'de 120 ve 240 saat sürelerinde saat hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozit yapıların eğilme dayanımı, Şekil 3.93'te yer değiştirme, Şekil 3.94'te eğilme modülü değerleri ile oluşturulmuş grafikler verilmiştir. UV ışınları koruyucu katkılı kompozit yapılara uygulanan 120 ve 240 saat sürelerinde saatlik hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda mekanik özelliklerinde genel olarak azalma meydana gelmiştir. UV ışınları koruyucu katkı malzemesi kullanılmadan üretilmiş DYPE/2K kompozit yapı 120 ve 240 saat süreli uygulamalarda eğilme dayanımı değerleri en fazla düşen kompozit yapı olmuştur. 240 saat süreli yaşlandırma işlemi ile atkı yönü DYPE/2K 15.73 MPa değerinden 13.59 MPa'la, çözgü yönü 15.91 MPa değerinden, 13.25 MPa'la azalarak kayıp oranı %15'e yaklaşmıştır.

UV koruyucu katkılı kompozit yapılarda 120 saat süreli yaşlandırma işlemi uygulaması sonucunda yaklaşık % 8 azalma, 240 saat süreli saatlik yaşlandırma işlemi sonucunda %10-30 azalma meydana gelmiştir. Koruyucu katkı türlerine bakıldığında; Chimasorb 944 (DYPE/2K/0.5C ve D YPE/2K/1C) Irganox 1010 (DYPE/2K/0.5I ve DYPE/2K/1I), Tinuvin 326 (DYPE/2K/0.2T ve DYPE/2K/0.4T) kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri azalmıştır. En yüksek eğilme dayanımı değerleri DYPE/2K/0.5I kompozit yapısında tespit edilmiştir.

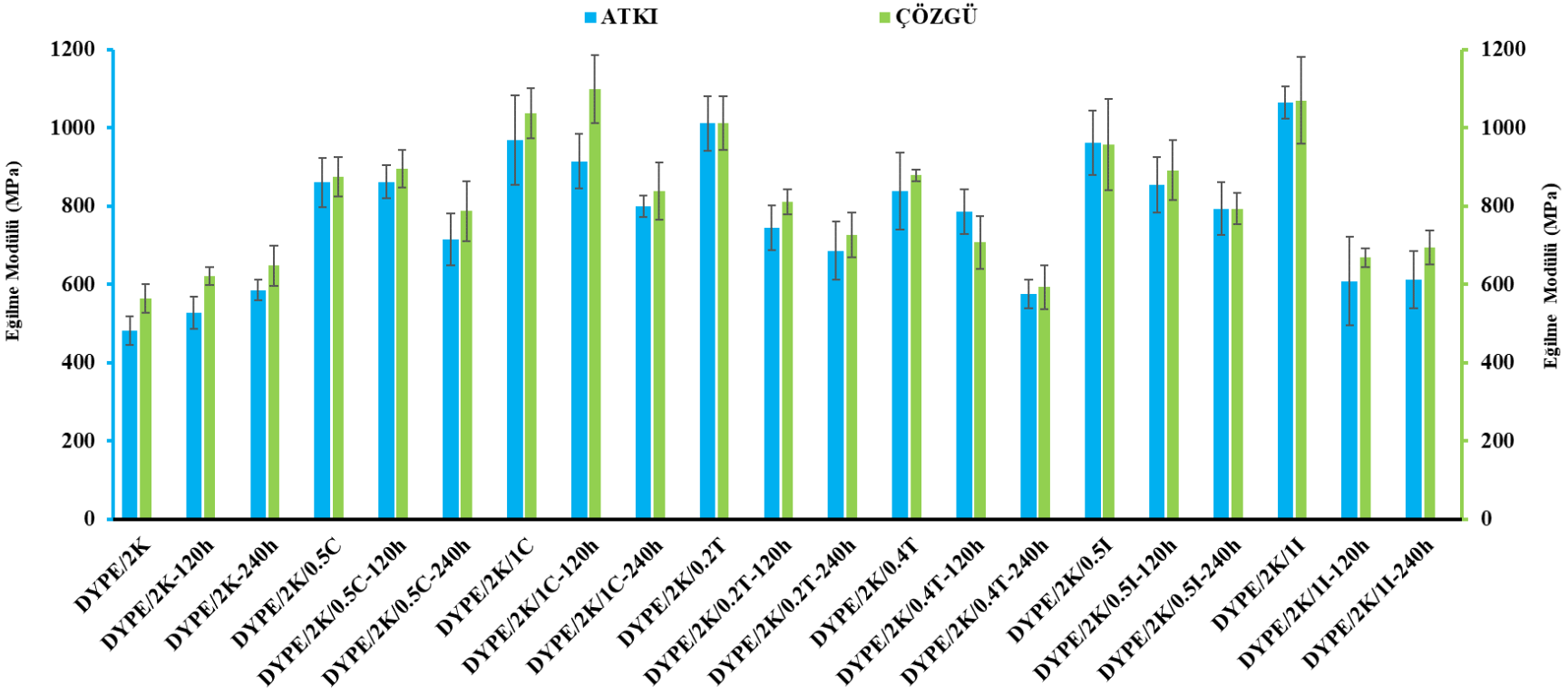
120 ve 240 saat sürelerinde saatlik uygulamalar kıyaslandığında DYPE/2K/0.5C kompozit yapısında ciddi bir değişim meydana gelmemiştir. Chimasorb 944 UV ışınları koruyu katkı malzemesi kullanımı kompozit yapıların bozunmaya karşı korunmasına olumlu katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. UV koruyucu katkı malzemesi ilavesiz kompozit yapıların DYPE/2K göre koruyucu katkı malzemesi ilave edilmiş kompozit yapıların elastikiyet modülü atkı ve çözgü yönü artmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma işlem süresinin artması ile polimer matris yapıda meydana gelen foto bozunma çapraz bağ yapıları etkisi ile dayanımın artması neticesinde eğilme dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir. UV ışınları koruyucu katkı içermeyen atkı yönü DYPE/2K kompozit yapı eğilme modülü değerleri atkı yönü 481.44 MPa, çözgü yönü 563.50 MPa olarak ölçülmüştür. 240 saat süreli UV ile DYPE/2K/0.5I-240h en yüksek eğilme modülü değeri atkı yönü 793.43 MPa la, çözgü yönü 803.14 MPa değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 3.92. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Dayanımı



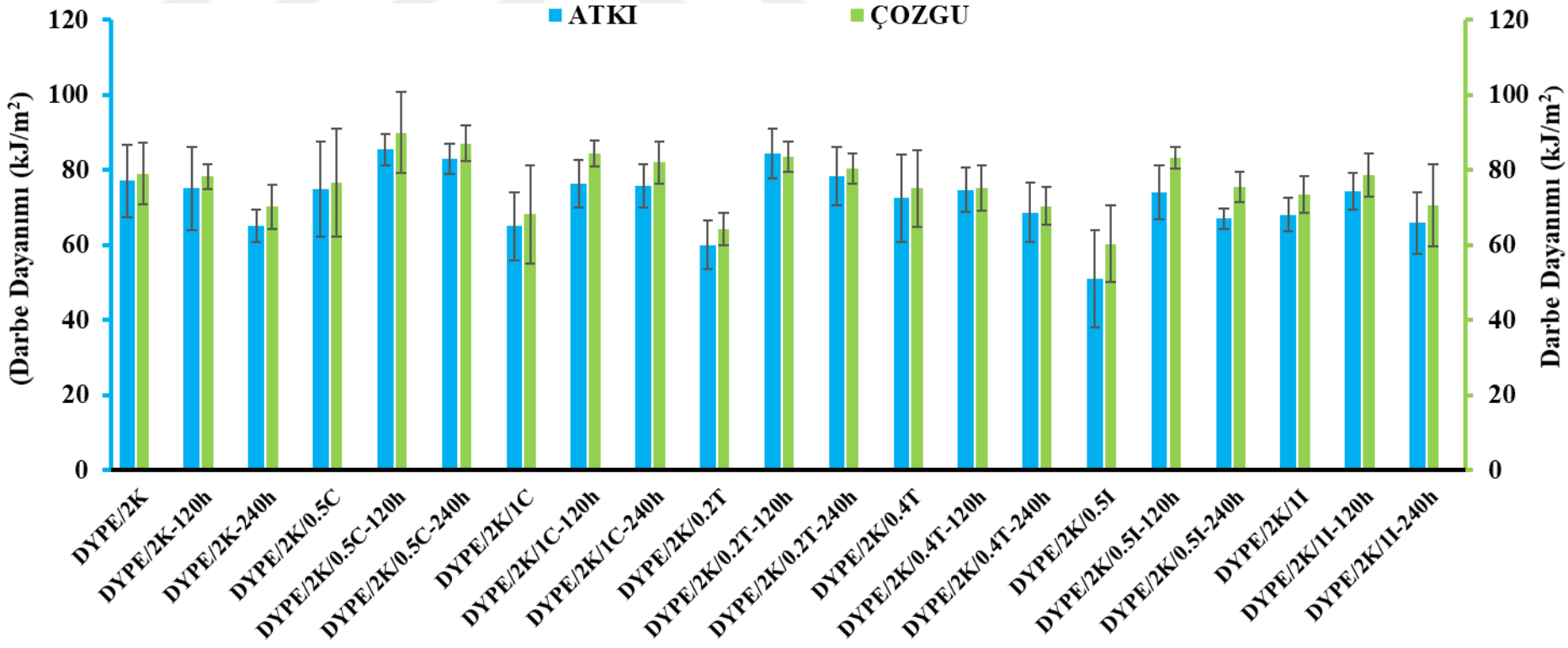
Şekil 3.93. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Yer Değiştirme



Şekil 3.94. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Eğilme Modülü

3.2.2.3. Darbe Dayanımı

Şekil 3.95'te 120 ve 240 saat sürelerinde saat hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanan kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü darbe dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 3.95. 120 ve 240 Saat Süreli Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılarda Darbe Dayanımı

DYPE/2K kompozit yapı atkı yönü 77 kJ/m^2 çözgü yönü 79 kJ/m^2, 120 DYPE/2K kompozit yapı atkı yönü 75 kJ/m^2 çözgü yönü 78 kJ/m^2, 240 DYPE/2K kompozit yapı atkı yönü 65KJ/m^2, çözgü yönü 70 olarak tespit edilmiştir. 240 saat süreli saatlik uygulama ile kompozit yapıların atkı ve çözgü yönü yaklaşık %11 oranında bir düşüş meydana gelmiştir. Darbe dayanımı değerlerindeki bu azalmanın sebebi; yüzeyde meydana gelen mikro düzeydeki çatlaklar ve foto bozunma olayıdır. UV ışınları koruyucu malzemeler ilavesi ile değer kabının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Chimasorb 944 korucu malzemesinin % 0.5 oranında kullanılması ile kompozit yapının atkı ve çözgü yönü yaşlandırma işlemi uygulanmamış kompozit yapısına göre darbe dayanımı artmıştır. Yaşlandırma işlemleri sonucunda darbe dayanımı değerleri azalmıştır.

Tinuvin 326 katkı malzemesini %0.4 DYPE/2K/0.4T oranındaki kullanımının darbe dayanımı değerlerine atkı ve çözgü yönü kayda değer bir katkı sağlamadığı görülmüştür. Irganox 1010 katkı ile atkı ve çözgü yönü yönününse yaşlandırma işlemlerinin olumsuz etkilerini yavaşlattığı sonucuna ulaşılmıştır.

UV ışınları koruyucu malzemelerin ilavesinin yaşlandırma işlemleri ile darbe dayanım ı değerlerine etkisi; Chimasorb 944, Irganox 1010 ilavesi ile olumlu iken Tinuvin 326 ilavesinin etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Kompozit yapı üzerine; yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesinin istatistiksel olarak etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA test sonuçları Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16. 120-240s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Değişkenler	F		Sig.	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
Çekme Dayanımı	14,169	11,479	,000	,000
Çekme Uzaması	6,133	1,058	,003	,351
Elastikiyet Modülü	1,416	,493	,247	,612
Eğilme Dayanımı	21,817	13,947	,000	,000
Yer Değiştirme	,519	1,011	,596	,367
Eğilme Modülü	15,916	14,070	,000	,000
Darbe Dayanımı	12,053	12,945	,000	,000

Tablo 3.16'da verilen ANOVA sonuçları, .000 anlamlılık değeri ile yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesinin hem atkı hem de çözgü yönü kompozit yapı; çekme dayanımı, eğilme modülü, darbe dayanımı, eğilme dayanımı, atkı yönü çekme uzaması üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu, ancak 0.05 üzerinde gelen anlamlılık değerleri yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesinin kompozit yapı atkı ve çözgü yönü yer değiştirme, elastikiyet modülü ve çözgü yönü çekme uzaması performansı üzerine anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir.

Yüzey işlemi uygulanmamış jüt lifi takviyeli polimer içerisine UV koruyucu ilavesi sonrası kompozit yapılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Karşılaştırmalar (Multiple Comparisons)-Tukey Test sonuçları değerlendirilmiştir. Tukey sonuçları çekme dayanımı, eğime dayanımı atkı yönü eğilme modülü açısından 120 ve 240 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapılar arasında fark olmadığı, UV uygulanmamış kompozit yapıların farklı olduğu; çözgü yönü eğilme modülü açısından UV işlemi uygulanmamış, 120 ve 240 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapıların farklı olduğu; darbe dayanımı açısından UV işlemi uygulanmamış ve 240 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapılar arasında fark olmadığı, 120 saat süreli UV ışınlarına maruz kalmış kompozit yapıların farklı olduğu; çekme uzaması, elastikiyet modülü, yer değiştirme açısından ise kompozit yapılar arasında fark olmadığı görülmüştür.

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi etkisinin ısıl özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikleri belirlemek amacıyla DSC testi uygulanmıştır. Tablo 3.17'de UV katkılı kompozitlerin ısıl özelliklerinde meydana gelen etki incelenmiştir.

UV katkılı ilavesiz DYPE/2K kompozit yapısına 0,120,240 saat UV maruziyeti boyunca meydana gelen ısıl değerleri ile UV katkılı kompozit yapılar karşılaştırılarak meydana gelen etki belirlenmeye çalışılmıştır. Tablo 3.5'te UV katkı oranları ve hızlandırılmış yaşlandırma sürelerine göre erime sıcaklıkları ve % kristallik değerleri tespit edilmiştir

Kompozit yapılara uygulanan ısıl (DSC) analize göre DYPE/2K kompozit yapısının 120saat süreli UV ışınlarında bekleme süresi sonucunda % kristallik oranı artmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemlerinde % kristallik değeri kompozit yapı içerisindeki polietilenin bozunması sonucunda zincir kırılmaları meydan geldiğini göstermektedir. Norrish I ve Norrish II isimli 2 foto bozunma mekanizması, zincir kırılması ve çapraz bağlanmanın oluşması ile polimerde yer alan amorf bölgelerdeki yoğunluğu düşürüp, kristalliği artırarak daha yüksek %kristal oranlar elde edilmiştir [136] .

240 s hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda polietilen ana zincir yapısını birbirine bağlayan moleküllerin zarar görmesi ile % kristallik oranı azalmıştır. Bağlayıcı moleküller, zincir kırılmaları meydana geldikçe oksitlenme neticesinde zarar görmesi neticesinde, bağlayıcı molekül parçalanmaları % kristallin değerlerinin azalmasına sebep olmaktadır [137]. Kompozit yapılara uygulanan DSC test işlemi sonucunda ölçülen değerler literatürde yer alan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. UV katkısız DYPE/2K kompozit yapı %kristallik değeri başlangıç aşamasında artış göstermesine karşılık ilerleyen aşamalarda azaldığı tespit edilmiştir [138].

DYPE/2K kompozit yapı % kristallik değeri 120 saat bekleme süresi sonrasında %10 artarak 37.65'ten 40,3'e yükselmiş, 240 saat bekleme süresi sonrasında ise 29.58 'e düşerek %29 oranında azalmıştır.

Tablo 3.17. UV Katkılı Kompozitlerin Isıl Özelliklerine Etkisi

Kompozit	0 saat		120 saat		240 saat	
	Tm(°C)	Xc (%)	Tm(°C)	Xc (%)	Tm(°C)	Xc (%)
DYPE/2K	122.5	37.65	122.5	40.3	122.5	29.58
DYPE/2K/0.5C	124.3	35.67	124.6	29.44	126.3	29.43
DYPE/2K/1C	125	29.41	124.4	29.35	125.3	29.39
DYPE/2K/0.2T	126.2	29.38	125.6	29.42	126.6	29.45
DYPE/2K/0.4T	122.7	29.41	125.3	29.44	125.7	29.90
DYPE/2K/0.5I	124.4	29.41	128.1	29.32	124.7	29.44
DYPE/2K/1I	125.2	27.61	123.1	29.26	123.5	29.45

UV koruyucu katkılı kompozit yapı % kristallik değerlerinde 120 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ile DYPE/2K/1I kompozit yapısında kısmı bir artış meydana gelmiştir. 240 saat hızlandırılmış yaşlandırma işlemi süresi sonrasında sabit olarak kaldığı gözlenmiştir. UV katkılı kompozitlere uygulanan DSC değerlerine göre katkı malzemelerinin farklı oranlarda kullanımı zincir kırılmalarını gösteren bir etken olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.2.4. UV Koruyucu Katkıların Renk Değişimleri Üzerine Etkileri

UV koruyucu katkılar mekanik özellikleri etkilediği gibi fiziksel özellikleri de etkilemektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemlerinin kompozit yapılar üzerinde meydana getirdiği etkiyi belirlemek amacıyla renk ölçüm testi uygulanmıştır. Tablo3.18'de verilen akma ve solma değerleri verilmiştir.

Tablo 3.18. UV Koruyucu Katkılı Kompozit Yapılarda Renk Ölçümü

Kompozit	delL* 0-120 s	delE* 0-120 s	delL* 0-240 s	delE* 0-240 s
DYPE/2K	0.685	0.536	0.927	0.981
DYPE/2K/0.5C	0.458	0.678	0.840	0.944
DYPE/2K/1C	0.161	0.756	0.738	1.283
DYPE/2K/0.2T	0.848	1.356	1.170	1.401
DYPE/2K/0.4T	1.966	2.355	2.670	2.677
DYPE/2K/0.5I	0.930	1.273	1.262	1.273
DYPE/2K/1I	3.456	6.130	5.087	7.749

DYPE/2K kompozit yapı delL*ve delE* değerleri hızlandırılmış yaşlandırma süreleri ile artmıştır. UV koruyucu katkı malzemesi ilave edilmeden üretilen DYPE/2K kompozit yapı, UV korucu katkı ilaveli kompozit yapılara göre daha fazla etkilenmiştir. En fazla değişim DYPE/2K kompozit yapısında %25 oranıyla tespit edilmiştir.

Tablo 3.18'de verilen değerler incelendiğinde UV koruyucu katkı ve oranları kompozit yapıların üzerinde önemli bir etki oluşturmuştur. DYPE/2K/0.2T, DYPE/2K/0.4T, DYPE/2K/0.5I, DYPE/2K/1I kompozit yapıları, 240 saat süreli saatlik hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmış DYPE/2K/0.5C, DYPE/2K/1C kompozit yapılara göre daha az renk değişimi göstererek literatürde yer alan çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmiştir [108].

DYPE/2K/0.2T, DYPE/2K/0.4T, DYPE/2K/0.5I koruyucu katkı içeren kompozit yapılarda renk değişim miktarları daha etkili olmuştur. DYPE/2K/0.4T kompozit yapısı 120 saatlik UV işleminden sonra renk değişimi 1.966 iken 240 saat süreli işlem sonucunda meydan gelen renk değişimi 2.262 olarak tespit edilmiştir. DYPE/2K/0.5I, DYPE/2K/1I kompozitlerinden renk değerlerinde değişim diğerler kompozitlere kıyasla daha az gerçekleşmiştir. Plastikler, yapay lifler, elastomerler, yapışkanlar ve yağlar gibi organik malzemelerin özellikle renk değişimi üzerine koruyucu etkilerinin olmasına ek olarak polietilen, polipropilen, polibütan vb. polimer yapılarda da etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır [139].

Tabloda verilen değerlere göre akma ve solma değerlerine göre UV katkılı kompozit yapıların oluşturduğu etki en çoktan, en aza DYPE/2K/0.2T, DYPE/2K/0.4T, DYPE/2K/0.5I, DYPE/2K/1I, DYPE/2K/0.5I, DYPE/2K/1I şeklinde sıralanmıştır.

3.3. Selülozik Esaslı Lif Takviyeli Otomotiv Parçası Analiz Çalışması

3.3.1. Lif Takviyeli Termoplastik Yapıların Otomotiv Sektöründe Mevcut Durumu ve Kullanımı

Selülozik esaslı lif takviyeli biyo kompozit yapıların otomotiv sektörünü yönlendirecek malzemelerden birisi plastikler olacaktır. Araç içinde kullanılan plastiklerin ise belli oranlara yenilenebilir ve sürdürülebilir olması gerektiği için biyo kompozit yapıların oranlarının artırılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde üretilen araçlarda ortalama 105-120 kg plastik malzeme kullanılmakta ve bu miktar da araç içi toplam ağırlığın yaklaşık %8-13'ünü oluşturmaktadır. Yakıt ekonomisi (CAFE) tahminlerine göre araç ağırlığının %10 azaltılması ile yakıt tüketiminin de %8-10 oranında azalması beklenmektedir.

Tez çalışması kapsamında kullanılan polietilenin yoğunluğu 0,940-0,970 g/cm^3, takviye jüt lifinin yoğunluğu 1,3-1,45 g/cm^3 olup söz konusu malzemeler araç içinde kullanılan diğer malzemelere göre çok daha hafif malzemelerdir ve bu da araç ağırlığının azaltılmasında büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Yüzey uygulamaları ve modifikasyon yöntemleri ile mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri geliştirilmiş DYPE/jüt biyo kompozit yapılar, araç içinde kullanılan diğer lif ve dolgu takviyeli malzemelerden farklı bir alternatif oluşturmaktadır. Aynı zamanda çevresel koşulların kompozit yapılar üzerinde meydana getirebileceği olumsuz etkilerin engellenmesi amacıyla yapı içerisine UV ışınlarından koruyucu katkı maddelerinin ilavesi DYPE/jüt biyo kompozitlerin kullanım alanlarının genişlemesinde önemli avantajlar sağlamaktadır.

Otomotiv endüstrisinde Plastics Europe ve American Chemistry Council verilerine göre maliyet avantajı, yakıt verimliliği ve CO_2 emisyonun azaltılması, motor küçültme, turbo şarj, araç stilinin iyileştirilmesi gibi hafif ağırlık sağlayan parametrelerin yarattığı etkenlere bağlı olarak plastik kullanımı artış göstermektedir. Plastiklerin otomotivde kontrol panelleri, iç süslemeler, döşemeler, ışıklandırmalar tampon sistemleri, yakıt depolama ve temin sistemler, kanallar, çamurluklar, dış karoser panelleri, motor bölmesi veya kaputun altındaki diğer parçalarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Termoplastik yapıya sahip plastiklerin yoğun şekilde geliştirilmesi ile otomotiv sanayi tarafından kullanılan boya fırınlarının yüksek ısılara dayanabilmeleri amacıyla tek enjeksiyon kalıplama tekniği ile, karoser panelleri gibi parçaların üretimi gerçekleştirilebilmektedir[140].

Araç üretiminde 2010 yılında plastik oranı %9.9 iken 2017 yılında bu oran %12.7'ye ulaşmıştır. Tablo 3.19'da otomotiv sektöründe plastik kullanım miktarları ve oranları verilmiştir.

Tablo 3.19. Araç Üretiminde Plastik Kullanımı[140]

Plastik	Kullanım Oranı (%)	Kullanım Miktarı (1000 Ton)
İç Giydirme	19.0	96
Koltuk	12.4	62
Tampon	9.5	48
Kaput Altı	8.6	43
Diğerleri	50.5	254

Ülke genelinde kullanılan plastik oranı ile kıyaslandığında otomotiv sektöründe araç üretiminde kullanılan plastik oranı 2017 yılında %6.8 oranına ulaşmıştır. Plastik parça üretiminin artışı ile birlikte kullanılan ham madde oranları da artış göstermektedir. Tablo 3.20'de araç üretiminde en çok kullanılan ham maddeler verilmiştir.

Tablo 3.20. Araç Üretiminde Kullanılan Plastik Hammadde Miktarları

Hammadde	Kullanım Miktar (1000 Ton)
Polipropilen	112
Poliüretan	78
Naylon	63
Polivinil Klorid	41
Polietilen	25
Polivinil Bütiral	10

Yapılan araştırmalar sonucunda 2020 yılında Türkiye otomotiv sektörünün en az 587 bin ton plastik hammadde tüketeceği, 2017 yılına kıyasla %16.7 oranında artacağı ve 2017 yılında otomotiv plastiklerinin toplam plastik tüketimi içinde % 6.8 civarında olan payının 2020 yılında %7.5 düzeyine çıkacağı beklenmektedir. Ayrıca polietilen tüketim miktarının 25000 tondan 29000 tona ulaşacağı da tahmin edilmektedir [140].

3.3.2. Tekstil Yüzeyi Takviyeli Kompozit Parça Maliyet Analizi

Tez çalışmasında üretilen selülozik lif takviyeli kompozit yapıların kullanılabilmesi amacıyla maliyet-araştırması yapılmıştır. Bu amaçla belirli ölçülere sahip bir kompozit yapının üretimi maliyeti analizleri gerçekleştirilmiştir. 50 cm boyunda, 50 cm eninde ve 0,4 cm kalınlığında bir kompozit parça üretimi için maliyet analizi çıkarılmıştır.



Şekil 4.1. Kompozit Yapı Şekli

Kompozit yapıların hacmi 1000 cm^3, ağırlığı 600 gr olarak belirlenmiştir. Sıcak pres ile üretim esnasında 120 gr polimer taşması eklenerek kullanılacak miktar belirlenmiştir. Analizler bu değerler üzerinden yapılmıştır. Maliyet hesaplarına jüt kumaşa uygulanan alkalin ve silan işlem maliyetleri ile polimer modifiyesinde kullanılan maleikanhidrit maliyeti de eklenmiştir.

Alkalin yüzey uygulama işlemi, yüzeyin 1M çözeltide 5 saat bekletilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çözeltiden çıkan kumaşlara pH değeri ayarlanıncaya kadar saf su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Daha sonrasında jüt kumaş %1.5' konsantrasyona sahip silan çözeltisinde 3 saat bekletilmiştir. Silan işlemi uygulanmış kumaşlar çıkarıldıktan sonra pH miktarını dengelemek amacıyla asetik asit ile muamele edilmiştir.

Tablo 3.21 Örnek Kompozit Yapı Maliyet Analiz

Kod	Kullanılan Malzemeler	Piyasa Fiyatı	Tahmini Fiyat
Merc	Sodyum hidroksit	286 TL/kg	0.95 TL
3MERCAPTOPROPYL) TRIMETHOXYSILANE	Silan	1.576 TL/kg	1,764 TL
FusaBond E226 kodlu	Maleikanhidrit	5.28 dolar/kg	0,085 TL
Jüt	Jüt Kumaş	10 TL/m^2	0,0014TL
Dowlex 2631.EU	DYPE	600-900 dolar /ton	4,87Tl
Toplam			7,6704TL

Laboratuvar ölçekli yapılan analiz çalışmasında elektrik, personel, yatırım maliyeti gibi kalemler eklenmeden bir kompozit parça üretimi için gerçekleşen harcama kalemleri belirlenmiştir.

Kompozit üretiminden önce dowlex 2631.EU kodlu düşük yoğunluklu polietilen FusaBond E226 kodlu %5 maleikanhidrit ile GÜLMARK marka çift vidalı ekstrüder makinesinde karıştırılarak granül formuna getirilmiştir. Granül formunda bulalan polimer içerisine yüzey işlemi uygulmış jüt lifi takviyeli 1 adet kompozit yapının yaklaşık maliyeti11,7764TL olarak hesaplanmıştır.

Yapılan analiz çalışmasından elde edilen sonuçlar;

- Kompozit yapı ana malzemesi düşük yoğunluklu polietilen ve takviye jüt lifleri kullanımı maliyet açısından rasyoneldir.
- Alkalin ve silan işlemlerinin aynı yüzeye uygulanması maliyeti artırmaktadır.
- Yapı üretiminde kullanılan ara işlemler (ekstrüder, kimyasal yüzey işlemleri) maliyet kalemini ciddi oranda artırmaktadır. Maliyete eklenen yük nedeniyle jüt lifi takviye otomotiv parçası üretimi planlanmasında ara yüzey işlemlerden biri tercih edilerek üretimin tasarlanması gerekmektedir.

BÖLÜM 4: SONUÇLAR VE ÖNERİLER

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

Çalışmada öncelikle polimer matris malzemeler beklenilen özellikleri sağlayacak şekilde ekstrüder işleminden geçirilmiş ve sıcak pres makinasında matris malzemeye son şekli verilmiştir. Bu işlemin sonrasında takviye jüt liflerine yüzey iyileştirme yöntemleri uygulanarak lif-matris arasındaki yüzey uyumu artırılmış ve sıcak pres makinasında kompozit yapı üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kompozit yapıların mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimleri tespit etmek için çeşitli testler uygulanmıştır.

Kompozit yapılara takviye lifi ve katkı maddelerinin etkilerinin dışında çevresel şartların etkisinin belirlenmesi amacıyla ultraviyole kabininde hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Uygulama sonunda yaşlandırma işlemi uygulanmış kompozit yapılarda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla mekanik testler ve ısıl analizeler yapılarak yaşlandırma işlemi uygulanmayan yapılar ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

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

- Polimer modifikasyonunda kullanılan katkı maddelerinin takviye malzemesi ile bileşimi sonucunda kompozitlerin yapısal özellikleri olumlu yönde gelişmiştir.
- Lif-matris ara yüzey uyumunu artırmak için selülozik esaslı jüt lifine uygulanan yüzey işlemleri kompozit yapıların mekanik özelliklerini kapsayan dayanım değerlerini dikkate değer şekilde artırmıştır.
- Alkalin, silan, alkalin-silan yüzey uygulamaları arasından alkalin-silan işlemi sonrasında daha verimli sonuçlar elde edilmiştir.
- UV koruyucu katkı maddeleri olan; UV ışın düzenleyici Chimasorb 944, antioksidant özellikli Tinuvin 326 ve UV absorblayıcı Irganox 1010 ile azaldığı tespit edilmiştir.

- Tez çalışması kapsamında oluşturulan kompozit yapıların kullanım alanları açısından oldukça öneme sahip mekanik, kimyasal, ısıl özellikleri ve çevre ile uyumu gibi özelliklerinin belirlenmesini sağlayacak ideal lif-matris katkı oranları ile modifiye oranlarının ortaya konulması tezin en önemli çıktısını oluşturmuştur.
- Birden fazla teknik kullanılarak (ektrüder, sıcak pres) farklı özelliklere sahip yapıların bir araya getirilmesi ile doğal lif katkılı malzemelerin ileride birden çok endüstriyel alanda kullanımına olanak sağlanmıştır.
- Tez kapsamında; UV katkılı olmayan polimeri ve takviye lifi modifiye edilerek üretilen kompozit yapılar yüksek mekanik değerler gerektirmeyen gösterge paneli, gösterge paneli taşıyıcıları, sütun giydirme, kapı cepleri, kapı panelleri, konsollar ve koltuklar gibi iç mekan bileşenlerinde kullanımı öngörülmüştür.
- Yüzey işlemi uygulanmamış UV koruyucu katkılı kompozit yapıların güneş ışığına karşı dirençli, hafif ağırlıkları, sıcaklık ve kimyasal dirençlerinden dolayı araç içi ön konsol, iç ayna veya hava giriş manifoldları, motor kapakları, radyatör uç depoları, valf kapakları ve yağ karteri modülleri gibi kaporta altı bileşenler kullanımına uygundur.

Kaynaklar

[1] G. T, B. A, D. M, G. Z, ve Ü. A, "İzoftalik Poliester Matrisli Sürekli E-Camı ve Bazalt Fiber Takviyeli kompozitlerin mekanik Özellikleri Üzerine Deneysel Bir Çalışma", sy 5, s. ss.104-115, 2013.

[2] Y. Şahin, *Kompozit Malzemelere Giriş*. Ankara: Gazi Kitap Evi, 2000.

[3] S. KARAGÖZ, "T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksek Okulu Değişimin Geleceği AYMYO Yayınları Desr Notu NO: 00 MALZEME BİLGİSİ - PDF", 2008. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://docplayer.biz.tr/1842145-T-c-adnan-menderes-universitesi-aydin-meslek-yuksekokulu-degisimin-gelecegi-aymyo-yayinlari-ders-notu-no-00-malzeme-bilgisi.html. [Erişim: 20-Kas-2019].

[4] K. Friedrich ve A. A. Almajid, "Manufacturing Aspects of Advanced Polymer Composites for Automotive Applications", *Appl. Compos. Mater.*, c. 20, sy 2, ss. 107-128, Nis. 2013, doi: 10.1007/s10443-012-9258-7.

[5] A. C. Wibowo, A. K. Mohanty, M. Misra, ve L. T. Drzal, "Chopped Industrial Hemp Fiber Reinforced Cellulosic Plastic Biocomposites: Thermomechanical and MorpHological Properties", *Ind. Eng. Chem. Res.*, c. 43, sy 16, ss. 4883-4888, Ağu. 2004, doi: 10.1021/ie030873c.

[6] T.-T.-L. Doan, S.-L. Gao, ve E. Mäder, "Jute/polypropylene composites I. Effect of matrix modification", *Compos. Sci. Technol.*, c. 66, sy 7-8, ss. 952-963, Haz. 2006, doi: 10.1016/j.compscitech.2005.08.009.

[7] X. Li, L. Tabil, S. Panigrahi, ve W. Crerar, "The Influence of Fiber Content on Properties of Injection Molded Flax Fiber-HDPE Biocomposites", Eki. 2006, doi: 10.13031/2013.22101.

[8] D. N. Saheb ve J. P. Jog, "Natural fiber polymer composites: A review", *Adv. Polym. Technol.*, c. 18, sy 4, ss. 351-363, 1999, doi: 10.1002/(SICI)1098-2329(199924)18:4<351::AID-ADV6>3.0.CO;2-X.

[9] P. Wambua, J. Ivens, ve I. Verpoest, "Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?", *Compos. Sci. Technol.*, c. 63, sy 9, ss. 1259-1264, Tem. 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00096-4.

[10] R. Malkapuram, V. Kumar, ve Y. S. Negi, "Recent Development in Natural Fiber Reinforced Polypropylene Composites", *J. Reinf. Plast. Compos.*, c. 28, ss. 1169-1189, May. 2009, doi: 10.1177/0731684407087759.

[11] T.-T.-L. Doan, H. Brodowsky, ve E. Mäder, "Jute fibre/polypropylene composites II. Thermal, hydrothermal and dynamic mechanical behaviour", *Compos. Sci. Technol.*, c. 67, sy 13, ss. 2707-2714, Eki. 2007, doi: 10.1016/j.compscitech.2007.02.011.

[12] A. K. Mohanty, M. Misra, ve G. Hinrichsen, "Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview", *Macromol. Mater. Eng.*, c. 276-277, sy 1, ss. 1-24,2000,doi:10.1002/(SICI)1439-2054(20000301)276:1<1::AID-AME1>3.0.CO;2-W.

[13] L. U. Devi, S. S. Bhagawan, ve S. Thomas, "Mechanical properties of pineapple leaf fiber-reinforced poliester composites", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 64, sy 9, ss. 1739-1748, 1997, doi: 10.1002/(SICI)1097-4628(19970531)64:9<1739::AID-APP10>3.0.CO;2-T.

[14] C. K. Hong, I. Hwang, N. Kim, D. H. Park, B. S. Hwang, ve C. Nah, "Mechanical properties of silanized jute–polypropylene composites", *J. Ind. Eng. Chem.*, c. 14, sy 1, ss. 71-76, Oca. 2008, doi: 10.1016/j.jiec.2007.07.002.

[15] I. Aranberri-Askargorta, T. Lampke, ve A. Bismarck, "Wetting behavior of flax fibers as reinforcement for polypropylene", *J. Colloid Interface Sci.*, c. 263, sy 2, ss. 580-589, Tem. 2003, doi: 10.1016/S0021-9797(03)00294-7.

[16] M. García, I. Garmendia, ve J. García, "Influence of natural fiber type in eco-composites", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 107, sy 5, ss. 2994-3004, 2008, doi: 10.1002/app.27519.

[17] Y. Xu, Q. Wu, Y. Lei, F. Yao, ve Q. Zhang, "Natural Fiber Reinforced Poly(vinyl chloride) Composites: Effect of Fiber Type and IMPact Modifier", *J. Polym. Environ.*, c. 16, sy 4, ss. 250-257, Eki. 2008, doi: 10.1007/s10924-008-0113-8.

[18] D. Puglia, J. Biagiotti, ve J. M. Kenny, "A Review on Natural Fibre-Based Composites—Part II", *J. Nat. Fibers*, c. 1, sy 3, ss. 23-65, Nis. 2005, doi: 10.1300/J395v01n03_03.

[19] M. J. A. van den Oever, H. L. Bos, ve M. J. J. M. van Kemenade, "Influence of the PHysical Structure of Flax Fibres on the Mechanical Properties of Flax Fibre Reinforced Polypropylene Composites", *Appl. Compos. Mater.*, c. 7, sy 5, ss. 387-402, Kas. 2000, doi: 10.1023/A:1026594324947.

[20] G. Cantero, A. Arbelaiz, R. Llano-Ponte, ve I. Mondragon, "Effects of fibre treatment on wettability and mechanical behaviour of flax/polypropylene composites", *Compos. Sci. Technol.*, c. 63, sy 9, ss. 1247-1254, Tem. 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00094-0.

[21] I. Van de Weyenberg, J. Ivens, A. De Coster, B. Kino, E. Baetens, ve I. Verpoest, "Influence of processing and chemical treatment of flax fibres on their composites", *Compos. Sci. Technol.*, c. 63, sy 9, ss. 1241-1246, Tem. 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00093-9.

[22] H. N. Dhakal, Z. Y. Zhang, ve M. O. W. Richardson, "Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated poliester composites", *Compos. Sci. Technol.*, c. 67, sy 7, ss. 1674-1683, Haz. 2007, doi: 10.1016/j.compscitech.2006.06.019.

[23] J. Gassan ve A. K. Bledzki, "Possibilities for improving the mechanical properties of jute/epoxy composites by alkali treatment of fibres", *Compos. Sci. Technol.*, c. 59, sy 9, ss. 1303-1309, Tem. 1999, doi: 10.1016/S0266-3538(98)00169-9.

[24] X. Y. Liu ve G. Dai, "Surface modification and micromechanical properties of jute fiber mat reinforced polypropylene composites", *EXPRES Polym. Lett.*, c. 1, sy 5, ss. 299-307, 2007, doi: 10.3144/exprespolymlett.2007.43.

[25] J. Rout, S. S. Tripathy, M. Misra, A. K. Mohanty, ve S. K. Nayak, "The influence of fiber surface modification on the mechanical properties of coir-poliester composites", *Polym. Compos.*, c. 22, sy 4, ss. 468-476, 2001, doi: 10.1002/pc.10552.

[26] C. a. S. Hill ve H. P. S. A. Khalil, "Effect of fiber treatments on mechanical properties of coir or oil palm fiber reinforced poliester composites", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 78, sy 9, ss. 1685-1697, 2000, doi: 10.1002/1097-4628(20001128)78:9<1685::AID-APP150>3.0.CO;2-U.

[27] "null", *European Commission - European Commission*. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/commission/prescorner/detail/en/IP_08_1119. [Erişim: 20-Kas-2019].

[28] G. Kopp, E. Beeh, M. Goede, L. Rafflenbeul, ve M. Stehlin, "Super Light Car—lightweight construction thanks to a multi-material design and function integration", *Eur. Transp. Res. Rev.*, c. 1, Mar. 2009, doi: 10.1007/s12544-008-0001-2.

[29] R. J. Konz, “The End-of-Life Vehicle (ELV) Directive: The Road to Responsible Disposal”, *Minn. J. Int. Law*, c. 18, s. 431, 2009.

[30] A. S. Herrmann, J. Nickel, ve U. Riedel, “Construction materials based upon biologically renewable resources—from components to finished parts”, *Polym. Degrad. Stab.*, c. 59, sy 1, ss. 251-261, Oca. 1998, doi: 10.1016/S0141-3910(97)00169-9.

[31] C. Alves *vd.*, “Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites”, *J. Clean. Prod.*, c. 18, sy 4, ss. 313-327, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.jclepro.2009.10.022.

[32] K. Jayaraman, “Manufacturing sisal–polypropylene composites with minimum fibre degradation”, *Compos. Sci. Technol.*, c. 63, sy 3, ss. 367-374, Şub. 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(02)00217-8.

[33] G. Koronis, A. Silva, ve M. Fontul, “Green composites: A review of adequate materials for automotive applications”, *Compos. Part B Eng.*, c. 44, sy 1, ss. 120-127, Oca. 2013, doi: 10.1016/j.compositesb.2012.07.004.

[34] B. C. Suddell ve W. J. Evans, “Natural fiber composites in automotive applications”, içinde *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*, 2005, ss. 231-259.

[35] A. K. Mohanty, M. Misra, ve L. T. Drzal, *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Boca Raton: Crc Pres-Taylor & Francis Group, 2005.

[36] S. Fatima ve A. R. Mohanty, “Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials”, *Appl. Acoust.*, c. 72, sy 2, ss. 108-114, Şub. 2011, doi: 10.1016/j.apacoust.2010.10.005.

[37] M. P. M. Dicker, P. F. Duckworth, A. B. Baker, G. Francois, M. K. Hazzard, ve P. M. Weaver, “Green composites: A review of material attributes and complementary applications”, *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 56, ss. 280-289, Oca. 2014, doi: 10.1016/j.compositesa.2013.10.014.

[38] M. Lewin, *Handbook of Fiber Chemistry*. New York: Taylor & Francis Group, 2006.

[39] S. Taj ve M. A. Munawar, “NATURAL FIBER-REINFORCED POLYMER COMPOSITES”, *Proc Pak. Acad Sci*, c. 44, sy 2, ss. 129-144, 2007.

[40] İ. BAŞER, *ELYAF BİLGİSİ*, 2. bs. İstanbul: Marmara Üniversitesi, 2002.

[41] X. Li, L. G. Tabil, ve S. Panigrahi, "Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review", *J. Polym. Environ.*, c. 15, sy 1, ss. 25-33, Oca. 2007, doi: 10.1007/s10924-006-0042-3.

[42] A. K. Mohanty, A. Wibowo, M. Misra, ve L. T. Drzal, "Effect of process engineering on the performance of natural fiber reinforced cellulose acetate biocomposites", *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 35, sy 3, ss. 363-370, Mar. 2004, doi: 10.1016/j.compositesa.2003.09.015.

[43] K. Oksman, M. Skrifvars, ve J.-F. Selin, "Natural fibres as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites", *Compos. Sci. Technol.*, c. 63, sy 9, ss. 1317-1324, Tem. 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00103-9.

[44] J. C. Salamone, *Polymeric Materials Encyclopedia, Twelve Volume Set*. CRC Pres, 1996.

[45] J. A. Khan ve M. A. Khan, "1 - The use of jute fibers as reinforcements in composites", içinde *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, O. Faruk ve M. Sain, Ed. Woodhead Publishing, 2015, ss. 3-34.

[46] A. K. Mohanty, M. Misra, ve L. T. Drzal, "Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World", *J. Polym. Environ.*, c. 10, sy 1, ss. 19-26, Nis. 2002, doi: 10.1023/A:1021013921916.

[47] D. Gon, K. Das, P. Paul, ve S. Maity, "Jute Composites as Wood Substitute", *Int. J. Text. Sci.*, c. 1, sy 6, ss. 84-93, 2012.

[48] R. M. Rowell, J. S. Han, ve J. S. Rowell, "Characterization and Factors Effecting Fiber Properties", içinde *Natural Polymers and Agrofibers Composites*, Copyright® 2000 Embrapa Instrumentação Agropecuária., Brazil, 2000, s. 21.

[49] C. Heitner, "Light-Induced Yellowing of Wood-Containing Papers", içinde *PHotochemistry of Lignocellulosic Materials*, c. 531, 0 c., American Chemical Society, 1993, ss. 2-25.

[50] A. K. Bledzki ve J. Gassan, "Composites reinforced with cellulose based fibres", *Prog. Polym. Sci.*, c. 24, sy 2, ss. 221-274, May. 1999, doi: 10.1016/S0079-6700(98)00018-5.

[51] P. V. JosepH, M. S. Rabello, L. H. C. Mattoso, K. JosepH, ve S. Thomas, "Environmental effects on the degradation behaviour of sisal fibre reinforced

polypropylene composites", *Compos. Sci. Technol.*, c. 62, sy 10, ss. 1357-1372, Ağu. 2002, doi: 10.1016/S0266-3538(02)00080-5.

[52] N. M. Stark ve L. M. Matuana, "UV ışınlarıt weathering of pHotostabilized wood-flour-filled high-density polyethylene composites", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 90, sy 10, ss. 2609-2617, 2003, doi: 10.1002/app.12886.

[53] L. M. Matuana, D. P. Kamdem, ve J. Zhang, "PHotoaging and stabilization of rigid PVC/wood-fiber composites", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 80, sy 11, ss. 1943-1950, 2001, doi: 10.1002/app.1292.

[54] M. A. Khan, S. Shehrzade, ve M. M. Hassan, "Effect of alkali and UV ışınlarıt (UV) radiation pretreatment on pHysical and mechanical properties of 1,6-hexanediol diacrylate–grafted jute yarn by UV radiation", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 92, sy 1, ss. 18-24, 2004, doi: 10.1002/app.13593.

[55] R. G. Raj, B. V. Kokta, F. Dembele, ve B. Sanschagrain, "Compounding of cellulose fibers with polypropylene: Effect of fiber treatment on dispersion in the polymer matirx", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 38, sy 11, ss. 1987-1996, 1989, doi: 10.1002/app.1989.070381103.

[56] Y. BULUT ve Ü. H. ERDOĞAN, "Selüloz Esaslı Doğal Liflerin Kompozit Üretiminde Takviye Materyali Olarak Kullanımı", *Tekst. Ve Mühendis*, c. 18, sy 82, 2011.

[57] Y. Seki, "Innovative multifunctional siloxane treatment of jute fiber surface and its effect on the mechanical properties of jute/thermoset composites", *Mater. Sci. Eng. A*, c. 508, sy 1, ss. 247-252, May. 2009, doi: 10.1016/j.msea.2009.01.043.

[58] S. Mishra *vd.*, "Studies on mechanical performance of biofibre/glass reinforced poliester hybrid composites", *Compos. Sci. Technol.*, c. 63, sy 10, ss. 1377-1385, Ağu. 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00084-8.

[59] J. George, M. S. Sreekala, ve S. Thomas, "A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites", *Polym. Eng. Sci.*, c. 41, sy 9, ss. 1471-1485, 2001, doi: 10.1002/pen.10846.

[60] R. Agrawal, N. S. Saxena, K. B. Sharma, S. Thomas, ve M. S. Sreekala, "Activation energy and crystallization kinetics of untreated and treated oil palm fibre reinforced pHenol formaldehyde composites", *Mater. Sci. Eng. A*, c. 277, sy 1, ss. 77-82, Oca. 2000, doi: 10.1016/S0921-5093(99)00556-0.

[61] J.-M. Park, P.-G. Kim, J.-H. Jang, Z. Wang, B.-S. Hwang, ve K. L. DeVries, "Interfacial evaluation and durability of modified Jute fibers/polypropylene (PP) composites using micromechanical test and acoustic emission", *Compos. Part B Eng.*, c. 39, sy 6, ss. 1042-1061, Eyl. 2008, doi: 10.1016/j.compositesb.2007.11.004.

[62] K. Sever, M. Sarikanat, Y. Seki, G. Erkan, ve Ü. H. Erdoğan, "The Mechanical Properties of γ-Methacryloxypropyltrimethoxy silane-treated Jute/Poliester Composites", *J. Compos. Mater.*, c. 44, sy 15, ss. 1913-1924, Tem. 2010, doi: 10.1177/0021998309360939.

[63] J. Summerscales, N. Dissanayake, A. Virk, ve W. Hall, "A review of bast fibres and their composites. Part 2-Composites", *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 41, ss. 1336-1344, Eki. 2010, doi: 10.1016/j.compositesa.2010.05.020.

[64] U. K. Dwivedi, S. a. R. Hashmi, A. Naik, R. Joshi, ve N. Chand, "Development and pHysico-mechanical behavior of LDPE–sisal prepreg-based composites", *Polym. Compos.*, c. 34, sy 5, ss. 650-655, 2013, doi: 10.1002/pc.22457.

[65] A. Ashori, "Wood–plastic composites as promising green-composites for automotive industries!", *Bioresour. Technol.*, c. 99, sy 11, ss. 4661-4667, Tem. 2008, doi: 10.1016/j.biortech.2007.09.043.

[66] S. Panthapulakkal ve M. Sain, "Injection-molded short hemp fiber/glass fiber-reinforced polypropylene hybrid composites—Mechanical, water absorption and thermal properties", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 103, sy 4, ss. 2432-2441, 2007, doi: 10.1002/app.25486.

[67] K. Wötzel, R. Wirth, ve M. Flake, "Life cycle studies on hemp fibre reinforced components and ABS for automotive parts", *Angew. Makromol. Chem.*, c. 272, sy 1, ss. 121-127, 1999, doi: 10.1002/(SICI)1522-9505(19991201)272:1<121::AID-APMC121>3.0.CO;2-T.

[68] O. Akampumuza, P. Wambua, A. Ahmed, li Wei, ve X.-H. Qin, "A review of the applications of bio composites in the automotive industry", *Polym. Compos.*, Kas. 2015, doi: 10.1002/pc.23847.

[69] I. Ahmad, A. Baharum, ve I. Abdullah, "Effect of Extrusion Rate and Fiber Loading on Mechanical Properties of Twaron Fiber-thermoplastic Natural Rubber (TPNR) Composites", *J. Reinf. Plast. Compos.*, c. 25, sy 9, ss. 957-965, Haz. 2006, doi: 10.1177/0731684406065082.

[70] J. Holbery ve D. Houston, "Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications", *JOM*, c. 58, sy 11, ss. 80-86, Kas. 2006, doi: 10.1007/s11837-006-0234-2.

[71] O. Akampumuza, P. M. Wambua, A. Ahmed, W. Li, ve X.-H. Qin, "Review of the applications of biocomposites in the automotive industry", *Polym. Compos.*, c. 38, sy 11, ss. 2553-2569, 2017, doi: 10.1002/pc.23847.

[72] Z. S. Petrović, A. Guo, I. Javni, ve W. Zhang, "Plastics and Composites from Soybean Oil", içinde *Natural Fibers, Plastics and Composites*, F. T. Wallenberger ve N. E. Weston, Ed. Boston, MA: Springer US, 2004, ss. 167-192.

[73] Ü. Tayfun, M. Doğan, ve E. Bayramlı, "Polyurethane elastomer as a matrix material for short carbon fiber reinforced thermoplastic composites", *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknol. Derg. - Uygulamalı Bilim. Ve Mühendis.*, c. 18, sy 3, ss. 682-694, Eyl. 2017, doi: 10.18038/aubtda.271011.

[74] U. Magarajan, S. D. kumar, D. Arvind, N. Kannan, ve P. Hemanandan, "A CoMParative Study on the Static Mechanical Properties of Glass Fibre Vs Glass-Jute Fibre Polymer Composite", *Mater. Today Proc.*, c. 5, sy 2, Part 2, ss. 6711-6716, Oca. 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.328.

[75] Z. Zhai, C. Gröschel, ve D. Drummer, "Tensile behavior of quasi-unidirectional glass fiber/polypropylene composites at room and elevated temperatures", *Polym. Test.*, c. 54, ss. 126-133, Eyl. 2016, doi: 10.1016/j.polymertesting.2016.07.003.

[76] M. R. Sanjay, G. R. Arpitha, ve B. Yogesha, "Study on Mechanical Properties of Natural - Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review", *Mater. Today Proc.*, c. 2, sy 4, ss. 2959-2967, Oca. 2015, doi: 10.1016/j.matpr.2015.07.264.

[77] L. Liu, J. Yu, L. Cheng, ve W. Qu, "Mechanical properties of poly(butylene succinate) (PBS) biocomposites reinforced with surface modified jute fibre", *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 40, sy 5, ss. 669-674, May. 2009, doi: 10.1016/j.compositesa.2009.03.002.

[78] O. A. Khondker, U. S. Ishiaku, A. Nakai, ve H. Hamada, "Fabrication Mechanical Properties of Unidirectional Jute/PP Composites Using Jute Yarns by Film Stacking Method", *J. Polym. Environ.*, c. 13, sy 2, ss. 115-126, Nis. 2005, doi: 10.1007/s10924-005-2943-y.

[79] B.-H. Lee, H.-J. Kim, ve W.-R. Yu, “Fabrication of long and discontinuous natural fiber reinforced polypropylene biocomposites and their mechanical properties”, *Fibers Polym.*, c. 10, sy 1, ss. 83-90, Şub. 2009, doi: 10.1007/s12221-009-0083-z.

[80] S. Fatima ve A. R. Mohanty, “Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials”, *Appl. Acoust.*, c. 72, sy 2, ss. 108-114, Şub. 2011, doi: 10.1016/j.apacoust.2010.10.005.

[81] S. Dixit ve P. Verma, “The Effect of Hybridization on Mechanical Behaviour of Coir/Sisal/Jute Fibres Reinforced Poliester Composite Material”, *Res. J. Chem. Sci.*, c. 2, sy 6, ss. 91-93, 2012.

[82] Sangamesh, K. S. Ravishankar, ve S. M. Kulkarni, “Ballistic IMPact Study on Jute-Epoxy and Natural Rubber Sandwich Composites”, *Mater. Today Proc.*, c. 5, sy 2, Part 2, ss. 6916-6923, Oca. 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.353.

[83] A. C. Pereira, S. N. Monteiro, F. S. de Assis, F. M. Margem, F. S. da Luz, ve F. de O. Braga, “Charpy iMPact tenacity of epoxy matrix composites reinforced with aligned jute fibers”, *J. Mater. Res. Technol.*, c. 6, sy 4, ss. 312-316, Eki. 2017, doi: 10.1016/j.jmrt.2017.08.004.

[84] S. Bansal, M. Ramachandran, ve P. Raichurkar, “CoMParative Analysis of Bamboo using Jute and Coir Fiber Reinforced Polymeric Composites”, *Mater. Today Proc.*, c. 4, sy 2, ss. 3182-3187, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.02.203.

[85] J. Militký ve A. Jabbar, “CoMParative evaluation of fiber treatments on the creep behavior of jute/green epoxy composites”, *Compos. Part B Eng.*, c. 80, ss. 361-368, Eki. 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.06.014.

[86] K. M. Sadiq, D. K. H. Bzeni, ve F. U. A. Shaikh, “Deflection hardening behaviour of jute strands reinforced lightweight cementitious composite”, *Constr. Build. Mater.*, c. 96, ss. 102-111, Eki. 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.08.004.

[87] N. Johri, R. Mishra, ve H. Thakur, “Design parameter optimization of Jute-chicken fiber reinforced polymeric hybrid composites”, *Mater. Today Proc.*, c. 5, sy 9, Part 3, ss. 19862-19873, Oca. 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.06.351.

[88] S. Mohanty, S. K. Verma, ve S. K. Nayak, “Dynamic mechanical and thermal properties of MAPE treated jute/HDPE composites”, *Compos. Sci. Technol.*, c. 66, sy 3, ss. 538-547, Mar. 2006, doi: 10.1016/j.compscitech.2005.06.014.

[89] R. Basak, P. L. Choudhury, ve K. M. Pandey, "Effect of Temperature Variation on Surface Treatment of Short Jute Fiber-Reinforced Epoxy Composites", *Mater. Today Proc.*, c. 5, sy 1, Part 1, ss. 1271-1277, Oca. 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.211.

[90] K. Deepak, S. V. P. Vattikuti, ve B. Venkatesh, "Experimental Investigation of Jute FiberReinforcedNano Clay Composite", *Procedia Mater. Sci.*, c. 10, ss. 238-242, Oca. 2015, doi: 10.1016/j.mspro.2015.06.046.

[91] R. Krishna Adhikari ve B. S. Keerthi Gowda, "Exploration of mechanical properties of banana/jute hybrid poliester composite", *Mater. Today Proc.*, c. 4, sy 8, ss. 7171-7176, Oca. 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.043.

[92] K. Roy, S. Chandra Debnath, A. Das, G. Heinrich, ve P. Potiyaraj, "Exploring the synergistic effect of short jute fiber and nanoclay on the mechanical, dynamic mechanical and thermal properties of natural rubber composites", *Polym. Test.*, c. 67, ss. 487-493, May. 2018, doi: 10.1016/j.polymertesting.2018.03.032.

[93] H. U. Zaman *vd.*, "Preparation and mechanical characterization of jute reinforced polypropylene/natural rubber composite", *J. Reinf. Plast. Compos.*, c. 29, sy 20, ss. 3064-3065, Eki. 2010, doi: 10.1177/0731684410364680.

[94] P. Pantamanatsopa, W. Ariyawiriyanan, T. Meekeaw, R. Suthamyong, K. Arrub, ve H. Hamada, "Effect of Modified Jute Fiber on Mechanical Properties of Green Rubber Composite", *Energy Procedia*, c. 56, ss. 641-647, Oca. 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.07.203.

[95] A. Gopinath, M. S. Kumar, ve A. Elayaperumal, "Experimental Investigations on Mechanical Properties Of Jute Fiber Reinforced Composites with Poliester and Epoxy Resin Matrices", *Procedia Eng.*, c. 97, ss. 2052-2063, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.448.

[96] A. K. Behera, S. Avancha, R. K. Basak, R. Sen, ve B. Adhikari, "Fabrication and characterizations of biodegradable jute reinforced soy based green composites", *Carbohydr. Polym.*, c. 88, sy 1, ss. 329-335, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.carbpol.2011.12.023.

[97] X. Huang ve A. Netravali, "Characterization of flax fiber reinforced soy protein resin based green composites modified with nano-clay particles", *Compos. Sci. Technol.*, c. 67, sy 10, ss. 2005-2014, Ağu. 2007, doi: 10.1016/j.compscitech.2007.01.007.

[98] A. Jabbar, J. Militký, J. Wiener, B. M. Kale, U. Ali, ve S. Rwawiire, "Nanocellulose coated woven jute/green epoxy composites: Characterization of mechanical and dynamic mechanical behavior", *Compos. Struct.*, c. 161, ss. 340-349, Şub. 2017, doi: 10.1016/j.compstruct.2016.11.062.

[99] G. M. A. Khan, M. Terano, M. A. Gafur, ve M. S. Alam, "Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly(l-lactic acid) composites", *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, c. 28, sy 1, ss. 69-74, Oca. 2016, doi: 10.1016/j.jksues.2013.12.002.

[100] G. Ma, L. Yan, W. Shen, D. Zhu, L. Huang, ve B. Kasal, "Effects of water, alkali solution and temperature ageing on water absorption, morpHology and mechanical properties of natural FRP composites: Plant-based jute vs. mineral-based basalt", *Compos. Part B Eng.*, c. 153, ss. 398-412, Kas. 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2018.09.015.

[101] L. C. Hollaway, "A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties", *Constr. Build. Mater.*, c. 24, sy 12, ss. 2419-2445, Ara. 2010, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.04.062.

[102] D. B. Dittenber ve H. V. S. GangaRao, "Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure", *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 43, sy 8, ss. 1419-1429, Ağu. 2012, doi: 10.1016/j.compositesa.2011.11.019.

[103] L. M. Matuana, S. Jin, ve N. M. Stark, "UV ışınlarıt weathering of HDPE/wood-flour composites coextruded with a clear HDPE cap layer", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 96, sy 1, ss. 97-106, Oca. 2011, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2010.10.003.

[104] M. D. H. Beg ve K. L. Pickering, "Accelerated weathering of unbleached and bleached Kraft wood fibre reinforced polypropylene composites", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 93, sy 10, ss. 1939-1946, Eki. 2008, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2008.06.012.

[105] W. Wang, M. Sain, ve P. A. Cooper, "Hygrothermal weathering of rice hull/HDPE composites under extreme climatic conditions", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 90, sy 3, ss. 540-545, Ara. 2005, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2005.03.014.

[106] A. Campos *vd.*, "Properties of thermoplastic starch and TPS/polycaprolactone blend reinforced with sisal whiskers using extrusion processing", *Polym. Eng. Sci.*, c. 53, sy 4, ss. 800-808, 2013, doi: 10.1002/pen.23324.

[107] M. R. Y. Hamid, M. H. Ab Ghani, ve S. Ahmad, "Effect of antioxidants and fire retardants as mineral fillers on the pHysical and mechanical properties of high loading hybrid biocomposites reinforced with rice husks and sawdust", *Ind. Crops Prod.*, c. 40, ss. 96-102, Kas. 2012, doi: 10.1016/j.indcrop.2012.02.019.

[108] M. Muasher ve M. Sain, "The efficacy of pHotostabilizers on the color change of wood filled plastic composites", *Polym. Degrad. Stab. - POLYM DEGRAD STABIL*, c. 91, ss. 1156-1165, May. 2006, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2005.06.024.

[109] F. Hemati ve H. Garmabi, "fiber/polypropylene composite for outdoor applications A study on fire retardancy and durability performance of bagasse", *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, c. 26, ss. 1041-1056, Şub. 2012, doi: 10.1177/0892705711433350.

[110] M. Abdelmouleh, S. Boufi, M. N. Belgacem, ve A. Dufresne, "Short natural-fibre reinforced polyethylene and natural rubber composites: Effect of silane coupling agents and fibres loading", *Compos. Sci. Technol.*, c. 67, sy 7, ss. 1627-1639, Haz. 2007, doi: 10.1016/j.compscitech.2006.07.003.

[111] S. Naviroj, S. R. Culler, J. L. Koenig, ve H. Ishida, "Structure and adsorption characteristics of silane coupling agents on silica and E-glass fiber; dependence on pH", *J. Colloid Interface Sci.*, c. 97, sy 2, ss. 308-317, Şub. 1984, doi: 10.1016/0021-9797(84)90301-1.

[112] G. Tesoro ve Y. Wu, "Silane coupling agents: the role of the organofunctional group", *J. Adhes. Sci. Technol.*, c. 5, sy 10, ss. 771-784, Oca. 1991, doi: 10.1163/156856191X00206.

[113] B. Riegel, S. Blittersdorf, W. Kiefer, S. Hofacker, M. Müller, ve G. Schottner, "Kinetic investigations of hydrolysis and condensation of the glycidoxypropyltrimethoxysilane/aminopropyltriethoxy-silane system by means of FT-Raman spectroscopy I", *J. Non-Cryst. Solids*, c. 226, sy 1, ss. 76-84, May. 1998, doi: 10.1016/S0022-3093(97)00487-0.

[114] L. M. Matuana, J. J. Balatinecz, C. B. Park, ve R. N. S. Sodhi, "X-ray pHotoelectron spectroscopy study of silane-treated newsprint-fibers", *Wood Sci. Technol.*, c. 33, sy 4, ss. 259-270, Eyl. 1999, doi: 10.1007/s002260050114.

[115] Y. Xie, C. A. S. Hill, Z. Xiao, H. Militz, ve C. Mai, "Silane coupling agents used for natural fiber/polymer composites: A review", *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 41, sy 7, ss. 806-819, Tem. 2010, doi: 10.1016/j.compositesa.2010.03.005.

[116] A. Valadez-Gonzalez, J. M. Cervantes-Uc, R. Olayo, ve P. J. Herrera-Franco, "Chemical modification of henequén fibers with an organosilane coupling agent", *Compos. Part B Eng.*, c. 30, sy 3, ss. 321-331, Nis. 1999, doi: 10.1016/S1359-8368(98)00055-9.

[117] C. Vallo, J. M. Kenny, A. Vazquez, ve V. P. Cyras, "Effect of Chemical Treatment on the Mechanical Properties of Starch-Based Blends Reinforced with Sisal Fibre", *J. Compos. Mater.*, c. 38, sy 16, ss. 1387-1399, Ağu. 2004, doi: 10.1177/0021998304042738.

[118] S. Ouajai ve R. A. Shanks, "Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 89, sy 2, ss. 327-335, Ağu. 2005, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2005.01.016.

[119] L. Mwaikambo ve M. Ansell, "Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 84, ss. 2222-2234, Haz. 2002, doi: 10.1002/app.10460.

[120] T. Keener, R. K. Stuart, ve T. K. Brown, "Maleated coupling agents for natural fibre composites", 2004, doi: 10.1016/j.compositesa.2003.09.014.

[121] W. Qiu, F. Zhang, T. Endo, ve T. Hirotsu, "Preparation and characteristics of composites of high-crystalline cellulose with polypropylene: Effects of maleated polypropylene and cellulose content", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 87, sy 2, ss. 337-345, 2003, doi: 10.1002/app.11446.

[122] M. H. Ab Ghani *vd.*, "The Effects of Antioxidants Content on Mechanical Properties and Water Absorption Behaviour of Biocomposites Prepared by Single Screw Extrusion Process", *Journal of Polymers*, 2014. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.hindawi.com/journals/jpol/2014/243078/. [Erişim: 23-Ara-2019].

[123] A. A. Klyosov, *Wood-Plastic Composites*. John Wiley & Sons, 2007.

[124] R. N. Darie, M. Bercea, M. Kozlowski, ve I. Spiridon, "EVALUATION OF PROPERTIES OF LDPE/OAK WOOD COMPOSITES EXPOSED TO ARTIFICIAL AGEING", 2011.

[125] D. Briassoulis, A. Aristopoulou, M. Bonora, ve I. Verlodt, "Degradation Characterisation of Agricultural Low-density Polyethylene Films", *Biosyst. Eng.*, c. 88, sy 2, ss. 131-143, Haz. 2004, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2004.02.010.

[126] J. V. Gulmine, P. R. Janissek, H. M. Heise, ve L. Akcelrud, "Degradation profile of polyethylene after artificial accelerated weathering", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 79, sy 3, ss. 385-397, Mar. 2003, doi: 10.1016/S0141-3910(02)00338-5.

[127] W. Jin, M. Kader, W. Ko, ve C. Nah, "Effects of UV irradiation on pHysico-mechanical properties of EPDM/buckminsterfullerene composite", *Polym. Adv. Technol.*, c. 15, sy 11, ss. 662-668, Kas. 2004, doi: 10.1002/pat.523.

[128] S. Butylina, M. Hyvärinen, ve T. Kärki, "Accelerated weathering of wood–polypropylene composites containing minerals", *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, c. 43, sy 11, ss. 2087-2094, Kas. 2012, doi: 10.1016/j.compositesa.2012.07.003.

[129] S. Butylina, M. Hyvärinen, ve T. Kärki, "A study of surface changes of wood-polypropylene composites as the result of exterior weathering", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 97, sy 3, ss. 337-345, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2011.12.014.

[130] F. Carrasco, P. Pagès, S. Pascual, ve X. Colom, "Artificial aging of high-density polyethylene by UV ışınlarıt irradiation", *Eur. Polym. J.*, c. 37, sy 7, ss. 1457-1464, Tem. 2001, doi: 10.1016/S0014-3057(00)00251-2.

[131] N. M. Stark ve L. M. Matuana, "Surface chemistry changes of weathered HDPE/wood-flour composites studied by XPS and FTIR spectroscopy", *Polym. Degrad. Stab. Vol 86 2004 Pages 1-9*, 2004.

[132] K.-C. Hung, Y.-L. Chen, ve J.-H. Wu, "Natural weathering properties of acetylated bamboo plastic composites", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 97, sy 9, ss. 1680-1685, Eyl. 2012, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.06.016.

[133] B. F. Abu-Sharkh ve H. Hamid, "Degradation study of date palm fibre/polypropylene composites in natural and artificial weathering: mechanical and thermal analysis", *Polym. Degrad. Stab.*, c. 85, sy 3, ss. 967-973, Eyl. 2004, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2003.10.022.

[134] J. S. Fabiyi, A. G. McDonald, M. P. Wolcott, ve P. R. Griffiths, "Wood plastic composites weathering: Visual appearance and chemical changes", *Polym. Degrad.*

Stab., c. 93, sy 8, ss. 1405-1414, Ağu. 2008, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2008.05.024.

[135] M. Z. Ahmad Thirmizir, Z. A. Mohd Ishak, R. Mat Taib, S. Rahim, ve S. Mohamad Jani, "Natural Weathering of Kenaf Bast Fibre-Filled Poly(Butylene Succinate) Composites: Effect of Fibre Loading and CoMPatibiliser Addition", *J. Polym. Environ.*, c. 19, sy 1, ss. 263-273, Mar. 2011, doi: 10.1007/s10924-010-0272-2.

[136] S. A. Jabarin ve E. A. Lofgren, "PHotooxidative effects on properties and structure of high-density polyethylene", *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 53, sy 4, ss. 411-423, 1994, doi: 10.1002/app.1994.070530404.

[137] P. Zou, H. Xiong, ve S. Tang, "Natural weathering of rape straw flour (RSF)/HDPE and nano-SiO2/RSF/HDPE composites", *Carbohydr. Polym.*, c. 73, sy 3, ss. 378-383, Ağu. 2008, doi: 10.1016/j.carbpol.2007.12.002.

[138] M. Kaci, T. Sadoun, ve S. Cimmino, "Crystallinity Measurements of Unstabilized and HALS-stabilized LDPE Films Exposed to Natural Weathering by FT-IR, DSC and WAXS Analyses", *Int. J. Polym. Anal. Charact.*, c. 6, sy 5, ss. 455-464, Mar. 2001, doi: 10.1080/10236660108033961.

[139] A. T. Michel, "Characterization of poly-hydroxybutyrate films and hemp fiber reinforced composites exposed to accelerated weathering", *Polym. Degrad. Stab.*, c. v. 97, sy 6, ss. 870-878, Haz. 2012, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.03.040.

[140] "Türkiye Otomotiv Plastikleri Sektör İzleme Raporu 2017.pdf". [Çevrimiçi]. Erişimadresi:https://www.pagev.org/upload/files/Hammadde%20Yeni%20Tebli%C4%9F%20Bilg.%203/T%C3%BCrkiye%20Otomotiv%20Plastikleri%20Sekt%C3%B6r%20%C4%B0zleme%20Raporu%202017.pdf. [Erişim: 23-Oca-2020].

EKLER

Tablo 5.1. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	75,745	3	25,248	38,960	,000
	Within Groups	10,369	16	,648		
	Total	86,114	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	1835,938	3	611,979	497,334	,000
	Within Groups	19,688	16	1,231		
	Total	1855,626	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	6016,764	3	2005,588	,792	,516
	Within Groups	40510,393	16	2531,900		
	Total	46527,158	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	4,334	3	1,445	12,005	,000
	Within Groups	1,925	16	,120		
	Total	6,259	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	3	,000	1,270	,318
	Within Groups	,000	16	,000		
	Total	,000	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	172290,494	3	57430,165	19,018	,000
	Within Groups	48316,456	16	3019,778		
	Total	220606,950	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	7155,809	3	2385,270	18,031	,000
	Within Groups	2116,618	16	132,289		
	Total	9272,427	19			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	75,652	3	25,217	30,469	,000
	Within Groups	13,242	16	,828		
	Total	88,895	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	1701,611	3	567,204	349,982	,000
	Within Groups	25,931	16	1,621		
	Total	1727,542	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	14342,639	3	4780,880	1,149	,360
	Within Groups	66598,016	16	4162,376		
	Total	80940,655	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	15,820	3	5,273	21,721	,000
	Within Groups	3,884	16	,243		
	Total	19,704	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	3	,000	,359	,784
	Within Groups	,000	16	,000		
	Total	,000	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	88675,575	3	29558,525	23,577	,000
	Within Groups	20059,255	16	1253,703		
	Total	108734,831	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	6328,999	3	2109,666	17,456	,000
	Within Groups	1933,697	16	120,856		
	Total	8262,696	19			

Tablo 5.2. Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	17,5116		
12,50	5	18,6255		
25,00	5		20,2360	
50,00	5			22,6892
Sig.		,169	1,000	1,000

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	17,5116		
12,50	5		19,8191	
25,00	5			21,4840
50,00	5			22,6972
Sig.		1,000	1,000	,192

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	3,9322		
1,00	5	5,3079		
3,00	5		10,1512	
5,00	5			27,9377
Sig.		,068	1,000	1,000

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	4,6684		
1,00	5	6,2682		
3,00	5		11,1464	
5,00	5			27,9377
Sig.		,234	1,000	1,000

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Takviye Oranı	N	1
,00	5	347,2664
1,00	5	359,0222
3,00	5	380,2125
5,00	5	391,5109
Sig.		,523

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Takviye Oranı	N	1
,00	5	391,5109
1,00	5	419,3220
3,00	5	447,2922
5,00	5	461,2120
Sig.		,352

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Takviye Oranı	N	1	2
,00	5	15,3061	
12,50	5	15,7119	
25,00	5	15,7703	
50,00	5		16,5887
Sig.		,190	1,000

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Takviye Oranı	N	1	2
,00	5	15,3061	
12,50	5	15,9262	
25,00	5	16,0769	
50,00	5		17,7123
Sig.		,103	1,000

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Takviye Oranı	N	1
,00	5	4,6942
1,00	5	4,6944
3,00	5	4,6955
5,00	5	4,6969
Sig.		,345

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Takviye Oranı	N	1
,00	5	4,6941
1,00	5	4,6945
3,00	5	4,6955
5,00	5	4,6961
Sig.		,787

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	332,0533		
1,00	5		481,4409	
3,00	5		512,6803	512,6803
5,00	5			587,2870
Sig.		1,000	,806	,181

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Takviye Oranı	N	1	2
,00	5	423,1327	
12,50	5		563,5057
25,00	5		576,2323
50,00	5		587,2870
Sig.		1,000	,717

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	65,3060		
1,00	5	77,1100	77,1100	
3,00	5		88,3580	
5,00	5			116,3440
Sig.		,394	,435	1,000

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Takviye Oranı	N	1	2	3
,00	5	68,8000		
1,00	5	79,0140	79,0140	
3,00	5		92,2220	
5,00	5			116,3440
Sig.		,478	,267	1,000

Tablo 5.3. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçlar

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	107,327	3	35,776	60,388	,000
	Within Groups	9,479	16	,592		
	Total	116,806	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	2,027	3	,676	2,438	,102
	Within Groups	4,433	16	,277		
	Total	6,460	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	17452,421	3	5817,474	1,556	,239
	Within Groups	59830,592	16	3739,412		
	Total	77283,013	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	13,507	3	4,502	5,884	,007
	Within Groups	12,243	16	,765		
	Total	25,750	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	3	,000	2,259	,121
	Within Groups	,000	16	,000		
	Total	,000	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	126998,319	3	42332,773	9,133	,001
	Within Groups	74164,816	16	4635,301		
	Total	201163,135	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	2115,207	3	705,069	7,275	,003
	Within Groups	1550,760	16	96,923		
	Total	3665,967	19			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	96,017	3	32,006	50,004	,000
	Within Groups	10,241	16	,640		
	Total	106,258	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	2,184	3	,728	2,480	,098
	Within Groups	4,698	16	,294		
	Total	6,882	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	34887,175	3	11629,058	1,524	,247
	Within Groups	122076,025	16	7629,752		
	Total	156963,200	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	25,577	3	8,526	16,666	,000
	Within Groups	8,185	16	,512		
	Total	33,762	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,001	3	,000	1,265	,320
	Within Groups	,003	16	,000		
	Total	,004	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	48691,595	3	16230,532	8,641	,001
	Within Groups	30054,401	16	1878,400		
	Total	78745,996	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	2103,917	3	701,306	10,847	,000
	Within Groups	1034,482	16	64,655		
	Total	3138,399	19			

Tablo 5.4. Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,00	5	20,2360	
,75	5	20,6267	
3,00	5	20,6789	
1,50	5		25,8491
Sig.		,800	1,000

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,00	5	21,4840	
,75	5	21,6795	
3,00	5	22,6169	
1,50	5		26,8893
Sig.		,155	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Silan Oranı	N	1
,00	5	4,8883
,75	5	5,3079
3,00	5	5,4980
1,50	5	5,7615
Sig.		,078

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Silan Oranı	N	1
1,50	5	5,4146
3,00	5	5,5134
,75	5	5,7634
,00	5	6,2682
Sig.		,100

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Silan Oranı	N	1
,00	5	357,5970
1,00	5	359,0222
3,00	5	369,4720
5,00	5	429,4238
Sig.		,284

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Silan Oranı	N	1
3,00	5	379,7156
,00	5	461,2120
,75	5	466,6643
1,50	5	490,4365
Sig.		,227

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,00	5	15,7703	
3,00	5	16,1520	
,75	5	17,0663	17,0663
1,50	5		17,8848
Sig.		,130	,472

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,00	5	15,9262	
3,00	5	16,1483	
,75	5	17,1743	
1,50	5		18,7908
Sig.		,061	1,000

Yer Değiştirme (Atkı Yönü		
		Subset for alpha = 0.05
Silan Oranı	N	1
,00	5	4,6944
,75	5	4,6973
1,50	5	4,6976
3,00	5	4,6976
Sig.		,171

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Silan Oranı	N	1
,75	5	4,6941
,00	5	4,6945
1,50	5	4,6974
3,00	5	4,7086
Sig.		,355

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,00	5	481,4409	
3,00	5		640,6994
1,50	5		660,2604
,75	5		684,7529
Sig.		1,000	,739

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,00	5	563,5057	
3,00	5	637,8222	637,8222
1,50	5		681,8061
,75	5		686,4479
Sig.		,066	,321

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,75	5	49,8920	
3,00	5		69,8780
1,50	5		71,4600
,00	5		77,1100
Sig.		1,000	,658

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Silan Oranı	N	1	2
,75	5	52,2840	
3,00	5		73,6140
1,50	5		73,6260
,00	5		79,0140
Sig.		1,000	,717

Tablo 5.5. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	55,489	3	18,496	33,843	,000
	Within Groups	8,745	16	,547		
	Total	64,233	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	15,375	3	5,125	29,155	,000
	Within Groups	2,813	16	,176		
	Total	18,187	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	31035,507	3	10345,169	2,478	,099
	Within Groups	66805,659	16	4175,354		
	Total	97841,167	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	16,285	3	5,428	11,612	,000
	Within Groups	7,480	16	,467		
	Total	23,765	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	3	,000	,052	,984
	Within Groups	,000	16	,000		
	Total	,000	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	47507,533	3	15835,844	6,468	,004
	Within Groups	39172,155	16	2448,260		
	Total	86679,688	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	1470,492	3	490,164	5,671	,008
	Within Groups	1382,851	16	86,428		
	Total	2853,343	19			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	62,842	3	20,947	27,193	,000
	Within Groups	12,325	16	,770		
	Total	75,167	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	23,448	3	7,816	14,814	,000
	Within Groups	8,442	16	,528		
	Total	31,890	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	33903,878	3	11301,293	2,698	,081
	Within Groups	67025,988	16	4189,124		
	Total	100929,866	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	24,113	3	8,038	16,730	,000
	Within Groups	7,687	16	,480		
	Total	31,800	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,053	3	,018	1,009	,414
	Within Groups	,280	16	,018		
	Total	,333	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	8758,782	3	2919,594	,984	,425
	Within Groups	47468,845	16	2966,803		
	Total	56227,627	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	418,700	3	139,567	2,666	,083
	Within Groups	837,512	16	52,345		
	Total	1256,212	19			

Tablo 5.6. Alkalin-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi	N	1	2
,00	5	20,2360	
1,00	5	20,4938	
3,00	5	21,3884	
5,00	5		24,4238
Sig.		,104	1,000

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi	N	1	2
1,00	5	21,3036	
,00	5	21,4840	
3,00	5	22,1098	
5,00	5		25,6674
Sig.		,487	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi	N	1	2	3
,00	5	5,3079		
1,00	5		6,5783	
3,00	5		6,7768	
5,00	5			7,7721
Sig.		1,000	,876	1,000

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi	N	1	2	3
,00	5	6,2682		
1,00	5		7,8127	
3,00	5		8,4601	8,4601
5,00	5			9,2081
Sig.		1,000	,512	,392

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi	N	1
,00	5	359,0222
1,00	5	359,1858
3,00	5	396,9015
5,00	5	455,4063
Sig.		,126

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi	N	1
,00	5	461,2120
1,00	5	468,4199
3,00	5	495,8252
5,00	5	565,4389
Sig.		,090

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi	N	1	2
,00	5	15,7703	
1,00	5	15,8521	
3,00	5	16,1616	
5,00	5		17,9845
Sig.		,802	1,000

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi	N	1	2
,00	5	15,9262	
1,00	5	15,9871	
3,00	5	16,2808	
5,00	5		18,5815
Sig.		,849	1,000

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi	N	1
5,00	5	4,6940
,00	5	4,6944
3,00	5	4,6947
1,00	5	4,6949
Sig.		,983

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi	N	1
5,00	5	4,5765
,00	5	4,6945
3,00	5	4,6954
1,00	5	4,6963
Sig.		,499

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi	N	1	2	3
,00	5	481,4409		
1,00	5	496,7504	496,7504	
3,00	5		585,4665	585,4665
5,00	5			586,4650
Sig.		,960	,053	1,000

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi	N	1
,00	5	563,5057
1,00	5	584,4896
3,00	5	593,8416
5,00	5	621,7474
Sig.		,360

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi	N	1	2
5,00	5	55,4420	
3,00	5	68,2760	68,2760
1,00	5		75,6360
,00	5		77,1100
Sig.		,170	,459

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi	N	1
5,00	5	67,8280
3,00	5	71,4120
1,00	5	77,7160
,00	5	79,0140
Sig.		,108

Tablo 5.7. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	123,730	3	41,243	93,968	,000
	Within Groups	7,022	16	,439		
	Total	130,752	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	45,672	3	15,224	96,407	,000
	Within Groups	2,527	16	,158		
	Total	48,199	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	76610,810	3	25536,937	8,759	,001
	Within Groups	46645,770	16	2915,361		
	Total	123256,580	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	115,427	3	38,476	56,294	,000
	Within Groups	10,936	16	,683		
	Total	126,362	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,054	3	,018	1,022	,409
	Within Groups	,280	16	,018		
	Total	,334	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	67797,963	3	22599,321	8,711	,001
	Within Groups	41510,011	16	2594,376		
	Total	109307,974	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	2224,776	3	741,592	8,339	,001
	Within Groups	1422,940	16	88,934		
	Total	3647,715	19			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	140,433	3	46,811	84,044	,000
	Within Groups	8,912	16	,557		
	Total	149,345	19			
Çekme Uzaması	Between Groups	70,656	3	23,552	53,986	,000
	Within Groups	6,980	16	,436		
	Total	77,636	19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	49090,639	3	16363,546	2,071	,144
	Within Groups	126405,037	16	7900,315		
	Total	175495,677	19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	111,907	3	37,302	34,620	,000
	Within Groups	17,239	16	1,077		
	Total	129,146	19			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	3	,000	4,362	,060
	Within Groups	,000	16	,000		
	Total	,000	19			
Eğilme Modülü	Between Groups	140136,496	3	46712,165	11,298	,000
	Within Groups	66151,792	16	4134,487		
	Total	206288,288	19			
Darbe Dayanımı	Between Groups	1771,744	3	590,581	12,860	,000
	Within Groups	734,796	16	45,925		
	Total	2506,539	19			

Tablo 5.8. Alkali/Silan-Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2	3
,00	5	20,2360		
2,00	5		24,4238	
1,00	5			25,8491
3,00	5			26,7114
Sig.		1,000	1,000	,209

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2	3
,00	5	21,4840		
2,00	5		25,6674	
1,00	5		26,8893	
3,00	5			28,6829
Sig.		1,000	,083	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2
1,00	5	4,8883	
,00	5	5,3079	
2,00	5		7,7721
3,00	5		8,3782
Sig.		,371	,115

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2
1,00	5	5,4146	
,00	5	6,2682	
2,00	5		9,2081
3,00	5		9,8413
Sig.		,214	,452

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2
,00	5	359,0222	
1,00	5	429,4238	
2,00	5	455,4063	455,4063
3,00	5		532,0816
Sig.		,054	,153

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1
,00	5	461,2120
1,00	5	490,4365
2,00	5	565,4389
3,00	5	579,0645
Sig.		,196

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2	3
,00	5	15,9262		
2	5		18,5815	
1	5		18,7908	
3	5			22,6632
Sig.		1,000	,978	1,000

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2	3
,00	5	15,7703		
2	5		17,8848	
1	5		17,9845	
3	5			22,2799
Sig.		1,000	,999	1,000

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1
2	5	4,5765
,00	5	4,6945
3	5	4,6966
1	5	4,6974
Sig.		,492

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2
2	5	4,6940	
,00	5	4,6944	4,6944
1	5	4,6976	4,6976
3	5		4,6988
Sig.		,157	,061

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2	3
2	5	563,5057		
,00	5	621,7474	621,7474	
3	5		681,8061	681,8061
1	5			715,8878
Sig.		,306	,281	,719

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2
,00	5	481,4409	
2	5	586,4650	586,4650
1	5		660,2604
3	5		701,8943
Sig.		,084	,052

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2	3
3	5	51,9920		
2	5	55,4420	55,4420	
1	5		71,4600	71,4600
,00	5			77,1100
Sig.		,937	,070	,780

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Alkalin Süresi/ Silan Oranı	N	1	2
3	5	53,7660	
2	5		67,8280
1	5		73,6260
,00	5		79,0140
Sig.		1,000	,080

Tablo 5.9. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

		Sum of Squares		df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	,630		3	,210	,547	,657
	Within Groups	6,149		16	,384		
	Total	6,779		19			
Çekme Uzaması	Between Groups	134,056		3	44,685	1,252	,324
	Within Groups	571,070		16	35,692		
	Total	705,126		19			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	19465,521		3	6488,507	1,249	,325
	Within Groups	83111,606		16	5194,475		
	Total	102577,127		19			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	6,192	4	1,54	5,544	,004	6,192
	Within Groups	5,585	20	,279			5,585
	Total	11,776	24				11,776
Yer Değiştirme	Between Groups	,369	4	,092	,757	,565	,369
	Within Groups	2,439	20	,122			2,439
	Total	2,809	24				2,809
Eğilme Modülü	Between Groups	7313,191	4	1828	,749	,570	7313,19
	Within Groups	48816,021	20	2440			48816,0
	Total	56129,212	24				56129,2
Darbe Dayanımı	Between Groups	3767,937	4	941	11,562	,000	3767,93
	Within Groups	1629,472	20	81,4			1629,47
	Total	5397,409	24				5397,40

Tablo 5.10. Maleikanhidrit/DYPE Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1
7,00	5	16,4284
5,00	5	16,4705
3,00	5	16,6366
1,00	5	16,8803
Sig.		,664

Çekme Uzaması		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1
7,00	5	16,4284
5,00	5	16,4705
3,00	5	16,6366
1,00	5	16,8803
Sig.		,664

Elastikiyet Modülü		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1
7,00	5	206,4361
3,00	5	210,7217
5,00	5	238,6674
1,00	5	284,7434
Sig.		,347

Eğilme Dayanımı			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1	2
7,00	5	13,9588	
5,00	5	14,0992	
3,00	5	14,3783	14,3783
1,00	5	14,8491	14,8491
,00	5		15,3061

Yer Değiştirme		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1
1,00	5	4,5169
7,00	5	4,5246
3,00	5	4,6946
,00	5	4,6955
5,00	5	4,8411

Eğilme Modülü		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1
7,00	5	555,6892
1,00	5	572,9605
5,00	5	579,5831
,00	5	587,2870
3,00	5	607,7661

Darbe Dayanımı			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit Oranı/DYPE	N	1	2
1,00	5	78,8560	
3,00	5	88,9440	
5,00	5	93,6360	
7,00	5	94,1120	
,00	5		116,3440

Tablo 5.11. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	351,838	4	87,960	49,260	,000
	Within Groups	35,712	20	1,786		
	Total	387,551	24			
Çekme Uzaması	Between Groups	2,763	4	,691	7,540	,001
	Within Groups	1,832	20	,092		
	Total	4,596	24			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	83621,874	4	20905,468	6,486	,002
	Within Groups	64458,412	20	3222,921		
	Total	148080,286	24			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	400,607	4	100,152	75,953	,000
	Within Groups	26,372	20	1,319		
	Total	426,979	24			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	4	,000	,617	,656
	Within Groups	,000	20	,000		
	Total	,000	24			
Eğilme Modülü	Between Groups	1094762,011	4	273690,503	20,813	,000
	Within Groups	262998,224	20	13149,911		
	Total	1357760,235	24			
Darbe Dayanımı	Between Groups	3206,159	4	801,540	10,450	,000
	Within Groups	1534,072	20	76,704		
	Total	4740,230	24			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	443,262	4	110,815	98,962	,000
	Within Groups	22,396	20	1,120		
	Total	465,657	24			
Çekme Uzaması	Between Groups	10,285	4	2,571	11,914	,000
	Within Groups	4,317	20	,216		
	Total	14,602	24			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	136803,388	4	34200,847	5,762	,003
	Within Groups	118716,800	20	5935,840		
	Total	255520,187	24			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	432,117	4	108,029	141,068	,000
	Within Groups	15,316	20	,766		
	Total	447,432	24			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	4	,000	1,498	,240
	Within Groups	,000	20	,000		
	Total	,000	24			
Eğilme Modülü	Between Groups	1098257,116	4	274564,279	45,061	,000
	Within Groups	121862,689	20	6093,134		
	Total	1220119,805	24			
Darbe Dayanımı	Between Groups	2603,119	4	650,780	8,867	,000
	Within Groups	1467,903	20	73,395		
	Total	4071,022	24			

Tablo 5.12. Maleikanhidrit/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2	3
,00	5	20,2360		
1,00	5		24,0268	
7,00	5			27,0925
3,00	5			
5,00	5			
Sig.		1,000	1,000	1,000

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2	3
,00	5	21,4840		
1,00	5		25,4076	
7,00	5			28,3033
3,00	5			
5,00	5			
Sig.		1,000	1,000	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2
3,00	5	4,3988	
1,00	5	4,4775	
7,00	5	4,5156	
5,00	5	4,5556	
,00	5		5,3079
Sig.		,922	1,000

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2
3,00	5	4,4131	
5,00	5	4,7632	
1,00	5	4,8101	
7,00	5	4,8755	
,00	5		6,2682
Sig.		,530	1,000

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2
,00	5	359,0222	
7,00	5	360,9645	
1,00	5	369,3573	
3,00	5	434,7112	434,7112
5,00	5		507,6012
Sig.		,255	,288

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2
7,00	5	371,7688	
,00	5	461,2120	461,2120
1,00	5	474,7123	474,7123
3,00	5		551,3084
5,00	5		582,6012
Sig.		,253	,133

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2	3
,00	5	15,7703		
1,00	5		18,5604	
7,00	5			24,3151
3,00	5			25,2802
5,00	5			25,6600
Sig.		1,000	1,000	,374

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2	3
,00	5	15,9262		
1,00	5		19,3407	
7,00	5			25,1568
5,00	5			26,0338
3,00	5			26,1995
Sig.		1,000	1,000	,357

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1
3,00	5	4,6932
,00	5	4,6944
5,00	5	4,6957
7,00	5	4,6960
1,00	5	4,6961
Sig.		,696

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1
3,00	5	4,6945
,00	5	4,6945
5,00	5	4,6970
7,00	5	4,6976
1,00	5	4,6977
Sig.		,460

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2	3	4
,00	5	481,4409			
1,00	5	598,4620	598,4620		
7,00	5		802,2771	802,2771	
3,00	5			959,0096	959,0096
5,00	5				1033,8556

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2	3
,00	5	563,5057		
1,00	5	661,4881		
7,00	5		937,1536	
3,00	5		1004,0465	1004,0465
5,00	5			1116,3099
Sig.		,309	,662	,194

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2
7,00	5	46,0080	
5,00	5	48,0540	
3,00	5	51,1000	
1,00	5	58,9880	
,00	5		77,1100
Sig.		,173	1,000

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit /DYPE/Jüt	N	1	2
7,00	5	51,1100	
5,00	5	52,8540	
3,00	5	54,6840	
1,00	5	61,0360	
,00	5		79,0140
Sig.		,384	1,000

Tablo 5.13. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	521,185	8	65,148	26,549	,000
	Within Groups	88,340	36	2,454		
	Total	609,526	44			
Çekme Uzaması	Between Groups	17,063	8	2,133	12,667	,000
	Within Groups	6,062	36	,168		
	Total	23,125	44			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	109089,303	8	13636,163	4,560	,001
	Within Groups	107652,093	36	2990,336		
	Total	216741,396	44			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	603,711	8	75,464	80,274	,000
	Within Groups	33,843	36	,940		
	Total	637,553	44			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	8	,000	1,358	,248
	Within Groups	,000	36	,000		
	Total	,001	44			
Eğilme Modülü	Between Groups	1426059,444	8	178257,431	18,166	,000
	Within Groups	353255,618	36	9812,656		
	Total	1779315,063	44			
Darbe Dayanımı	Between Groups	3840,877	8	480,110	6,333	,000
	Within Groups	2729,401	36	75,817		
	Total	6570,279	44			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	529,025	8	66,128	76,024	,000
	Within Groups	31,314	36	,870		
	Total	560,339	44			
Çekme Uzaması	Between Groups	34,429	8	4,304	16,513	,000
	Within Groups	9,382	36	,261		
	Total	43,811	44			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	206278,386	8	25784,798	5,890	,000
	Within Groups	157609,852	36	4378,051		
	Total	363888,238	44			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	687,345	8	85,918	123,698	,000
	Within Groups	25,005	36	,695		
	Total	712,350	44			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	8	,000	1,233	,309
	Within Groups	,000	36	,000		
	Total	,000	44			
Eğilme Modülü	Between Groups	1307832,059	8	163479,007	24,940	,000
	Within Groups	235977,652	36	6554,935		
	Total	1543809,711	44			
Darbe Dayanımı	Between Groups	4530,991	8	566,374	7,373	,000
	Within Groups	2765,253	36	76,813		
	Total	7296,244	44			

Tablo 5.14. Maleikanhidrit/DYPE–Silan/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3
11,00	5	20,2186		
,00	5	20,2360		
1,00	5		24,0268	
33,00	5		25,8946	
77,00	5		26,2313	
55,00	5		27,0569	27,0569
7,00	5		27,0925	27,0925
3,00	5			29,8775
5,00	5			30,1734
Sig.		1,000	,080	,071

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)							
		Subset for alpha = 0.05					
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4	5	6
,00	5	21,4840					
11,00	5		23,8682				
1,00	5		25,4076	25,4076			
33,00	5			26,9579	26,9579		
55,00	5				27,9831	27,9831	
7,00	5				28,3033	28,3033	
77,00	5					28,9682	
3,00	5						32,0661
5,00	5						32,7800
Sig.		1,000	,218	,211	,379	,760	,949

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4
3,00	5	4,3988			
1,00	5	4,4775	4,4775		
7,00	5	4,5156	4,5156		
5,00	5	4,5556	4,5556		
77,00	5	4,9973	4,9973	4,9973	
,00	5		5,3079	5,3079	
33,00	5			5,5321	5,5321
11,00	5			5,6830	5,6830
55,00	5				6,2485
Sig.		,365	,063	,205	,163

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4
77,00	5	4,4042			
3,00	5	4,4131			
5,00	5	4,7632	4,7632		
1,00	5	4,8101	4,8101		
7,00	5	4,8755	4,8755		
33,00	5		5,6903	5,6903	
11,00	5		5,8178	5,8178	
,00	5			6,2682	6,2682
55,00	5				7,1035
Sig.		,866	,054	,688	,227

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2
,00	5	359,0222	
7,00	5	360,9645	
11,00	5	361,9693	
1,00	5	369,3573	
77,00	5	414,0339	414,0339
33,00	5	423,0966	423,0966
3,00	5	434,7112	434,7112
55,00	5	460,3147	460,3147
5,00	5		507,6012
Sig.		,115	,182

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4
7,00	5	371,7688			
11,00	5	434,3053	434,3053		
33,00	5	443,7754	443,7754	443,7754	
77,00	5	448,0290	448,0290	448,0290	448,0290
,00	5	461,2120	461,2120	461,2120	461,2120
1,00	5	474,7123	474,7123	474,7123	474,7123
3,00	5		551,3084	551,3084	551,3084
55,00	5			575,8550	575,8550
5,00	5				582,6012
Sig.		,285	,152	,070	,061

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4
,00	5	15,7703			
11,00	5	17,7133	17,7133		
1,00	5		18,5604		
33,00	5			22,2462	
7,00	5				24,3151
77,00	5				24,8194
3,00	5				25,2802
5,00	5				25,6600
55,00	5				25,8394
Sig.		,068	,898	1,000	,272

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4	5
,00	5	15,9262				
11,00	5		17,9333			
1,00	5		19,3407			
33,00	5			23,3303		
7,00	5				25,1568	
77,00	5				25,4777	
5,00	5				26,0338	26,0338
3,00	5				26,1995	26,1995
55,00	5					27,2476
Sig.		1,000	,195	1,000	,567	,367

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1
3,00	5	4,6932
77,00	5	4,6932
,00	5	4,6944
33,00	5	4,6950
5,00	5	4,6957
55,00	5	4,6957
7,00	5	4,6960
1,00	5	4,6961
11,00	5	4,6989
Sig.		,177

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1
,00	5	4,6945
5,00	5	4,6945
33,00	5	4,6947
11,00	5	4,6959
55,00	5	4,6964
7,00	5	4,6970
77,00	5	4,6976
3,00	5	4,6976
1,00	5	4,6977
Sig.		,659

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4	5
,00	5	481,4409				
1,00	5	598,4620	598,4620			
11,00	5	652,9409	652,9409	652,9409		
7,00	5		802,2771	802,2771	802,2771	
33,00	5			834,8106	834,8106	834,8106
77,00	5				872,9070	872,9070
3,00	5				959,0096	959,0096
55,00	5				987,1935	987,1935
5,00	5					1033,8556
Sig.		,171	,055	,122	,110	,066

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3	4
,00	5	563,5057			
1,00	5	661,4881			
11,00	5	705,7761	705,7761		
33,00	5		868,4905	868,4905	
77,00	5			897,0702	
7,00	5			937,1536	
55,00	5			988,9314	988,9314
3,00	5			1004,0465	1004,0465
5,00	5				1116,3099
Sig.		,157	,066	,203	,271

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3
7,00	5	46,0080		
5,00	5	48,0540	48,0540	
3,00	5	51,1000	51,1000	
33,00	5	52,9580	52,9580	
1,00	5	58,9880	58,9880	58,9880
77,00	5	59,6880	59,6880	59,6880
11,00	5	62,8460	62,8460	62,8460
55,00	5		65,7420	65,7420
,00	5			77,1100
Sig.		,087	,061	,051

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Silan	N	1	2	3
7,00	5	51,1100		
5,00	5	52,8540		
3,00	5	54,6840		
77,00	5	60,3580	60,3580	
1,00	5	61,0360	61,0360	61,0360
33,00	5	67,5000	67,5000	67,5000
55,00	5		75,0000	75,0000
11,00	5		76,1920	76,1920
,00	5			79,0140
Sig.		,109	,134	,057

Tablo 5.15. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	508,410	8	63,551	53,239	,000
	Within Groups	42,973	36	1,194		
	Total	551,383	44			
Çekme Uzaması	Between Groups	58,499	8	7,312	20,066	,000
	Within Groups	13,119	36	,364		
	Total	71,618	44			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	152453,142	8	19056,643	5,262	,000
	Within Groups	130364,804	36	3621,245		
	Total	282817,946	44			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	552,280	8	69,035	79,459	,000
	Within Groups	31,277	36	,869		
	Total	583,557	44			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	8	,000	,994	,457
	Within Groups	,000	36	,000		
	Total	,001	44			
Eğilme Modülü	Between Groups	1465145,655	8	183143,207	19,398	,000
	Within Groups	339890,508	36	9441,403		
	Total	1805036,163	44			
Darbe Dayanımı	Between Groups	4580,051	8	572,506	11,110	,000
	Within Groups	1855,038	36	51,529		
	Total	6435,089	44			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	678,393	8	84,799	98,314	,000
	Within Groups	31,051	36	,863		
	Total	709,444	44			
Çekme Uzaması	Between Groups	62,215	8	7,777	19,801	,000
	Within Groups	14,139	36	,393		
	Total	76,354	44			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	283564,759	8	35445,595	6,638	,000
	Within Groups	192237,493	36	5339,930		
	Total	475802,252	44			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	513,524	8	64,191	61,312	,000
	Within Groups	37,690	36	1,047		
	Total	551,214	44			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	8	,000	1,932	,085
	Within Groups	,000	36	,000		
	Total	,000	44			
Eğilme Modülü	Between Groups	1230513,722	8	153814,215	26,512	,000
	Within Groups	208859,778	36	5801,660		
	Total	1439373,500	44			
Darbe Dayanımı	Between Groups	4010,139	8	501,267	9,484	,000
	Within Groups	1902,784	36	52,855		
	Total	5912,923	44			

Tablo 5.16. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)							
		Subset for alpha = 0.05					
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3	4	5	6
,00	5	20,2360					
11,00	5	20,8739	20,8739				
33,00	5		22,6095	22,6095			
1,00	5			24,0268	24,0268		
77,00	5			24,6211	24,6211		
55,00	5				25,4737	25,4737	
7,00	5					27,0925	
3,00	5						29,8775
5,00	5						30,1734
Sig.		,990	,260	,120	,493	,345	1,000

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3	4	5
,00	5	21,3790				
,00	5	21,4840				
33,00	5		23,4721			
1,00	5		25,4076	25,4076		
77,00	5			25,8277		
55,00	5			26,4587	26,4587	
7,00	5				28,3033	
3,00	5					32,0661
5,00	5					32,7800
Sig.		1,000	,050	,688	,072	,948

Çekme Uzaması (Atkı Yönü			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2
3,00	5	4,3988	
1,00	5	4,4775	
7,00	5	4,5156	
5,00	5	4,5556	
77,00	5	4,8341	
,00	5	5,3079	
33,00	5		6,9480
55,00	5		7,0561
11,00	5		7,1099
Sig.		,324	1,000

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2
3,00	5	4,4131	
5,00	5	4,7632	
1,00	5	4,8101	
77,00	5	4,8685	
7,00	5	4,8755	
,00	5		6,2682
55,00	5		7,0773
33,00	5		7,1680
11,00	5		7,5433
Sig.		,958	,060

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3
77,00	5	302,9811		
11,00	5	326,0350	326,0350	
33,00	5	349,5811	349,5811	
,00	5	359,0222	359,0222	
7,00	5	360,9645	360,9645	
1,00	5	369,3573	369,3573	
55,00	5	403,1301	403,1301	403,1301
3,00	5		434,7112	434,7112
5,00	5			507,6012
Sig.		,209	,134	,168

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2
77,00	5	343,2545	
11,00	5	366,9315	
7,00	5	371,7688	
33,00	5	392,4959	
,00	5	461,2120	461,2120
55,00	5	472,9657	472,9657
1,00	5	474,7123	474,7123
3,00	5		551,3084
5,00	5		582,6012
Sig.		,138	,211

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3	4	5
,00	5	15,77				
11,00	5	16,78	16,7872			
1,00	5		18,5604			
33,00	5			21,0861		
77,00	5			22,5265	22,5265	
55,00	5				23,9599	23,9599
7,00	5				24,3151	24,3151
3,00	5					25,2802
5,00	5					25,6600
Sig.		,728	,097	,293	,092	,127

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3	4	5
,00	5	15,92				
11,00	5		19,0186			
1,00	5		19,3407			
33,00	5			22,9219		
77,00	5			23,0751	23,0751	
55,00	5			24,4148	24,4148	24,4148
7,00	5				25,1568	25,1568
5,00	5					26,0338
3,00	5					26,1995
Sig.		1,000	1,000	,365	,060	,164

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1
3,00	5	4,6932
77,00	5	4,6934
55,00	5	4,6941
,00	5	4,6944
5,00	5	4,6957
7,00	5	4,6960
1,00	5	4,6961
33,00	5	4,6972
11,00	5	4,6973
Sig.		,627

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1
55,00	5	4,6926
,00	5	4,6945
5,00	5	4,6945
33,00	5	4,6969
7,00	5	4,6970
11,00	5	4,6975
3,00	5	4,6976
1,00	5	4,6977
77,00	5	4,6980
Sig.		,149

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3
,00	5	481,4409		
11,00	5	578,0817		
1,00	5	598,4620		
7,00	5		802,2771	
33,00	5		871,8103	871,8103
77,00	5		872,0482	872,0482
55,00	5		910,9106	910,9106
3,00	5		959,0096	959,0096
5,00	5			1033,8556
Sig.		,615	,243	,207

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3	4
,00	5	563,5057			
1,00	5	661,4881	661,4881		
11,00	5		722,5796		
77,00	5			904,8987	
33,00	5			909,6891	
55,00	5			914,9910	
7,00	5			937,1536	
3,00	5			1004,0465	1004,0465
5,00	5				1116,3099
Sig.		,531	,934	,516	,352

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3
77,00	5	40,0880		
7,00	5	46,0080	46,0080	
55,00	5	46,4740	46,4740	
5,00	5	48,0540	48,0540	
3,00	5	51,1000	51,1000	
33,00	5	51,1380	51,1380	
11,00	5		56,0900	
1,00	5		58,9880	
,00	5			77,1100
Sig.		,297	,133	1,000

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin	N	1	2	3
77,00	5	44,0700		
55,00	5	48,3260	48,3260	
7,00	5	51,1100	51,1100	
5,00	5	52,8540	52,8540	
33,00	5	53,5380	53,5380	
3,00	5	54,6840	54,6840	
11,00	5	58,0940	58,0940	
1,00	5		61,0360	
,00	5			79,0140
Sig.		,089	,162	1,000

Tablo 5.17. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	258,631	5	51,726	36,166	,000
	Within Groups	34,326	24	1,430		
	Total	292,956	29			
Çekme Uzaması	Between Groups	1985,603	5	397,121	409,096	,000
	Within Groups	23,297	24	,971		
	Total	2008,900	29			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	71966,307	5	14393,261	3,773	,012
	Within Groups	91552,313	24	3814,680		
	Total	163518,619	29			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	2235,359	5	447,072	1182,084	,000
	Within Groups	9,077	24	,378		
	Total	2244,436	29			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	5	,000	1,077	,398
	Within Groups	,000	24	,000		
	Total	,000	29			
Eğilme Modülü	Between Groups	1174441,019	5	234888,204	74,723	,000
	Within Groups	75442,488	24	3143,437		
	Total	1249883,507	29			
Darbe Dayanımı	Between Groups	4577,656	8	572,207	10,021	,000
	Within Groups	2055,670	36	57,102		
	Total	6633,325	44			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	358,690	5	71,738	114,642	,000
	Within Groups	15,018	24	,626		
	Total	373,708	29			
Çekme Uzaması	Between Groups	1936,626	5	387,325	268,647	,000
	Within Groups	34,602	24	1,442		
	Total	1971,228	29			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	56588,606	5	11317,721	2,530	,056
	Within Groups	107382,809	24	4474,284		
	Total	163971,415	29			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	657,921	5	131,584	341,910	,000
	Within Groups	9,236	24	,385		
	Total	667,157	29			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	5	,000	,371	,863
	Within Groups	,000	24	,000		
	Total	,000	29			
Eğilme Modülü	Between Groups	1613461,211	5	322692,242	114,274	,000
	Within Groups	67772,575	24	2823,857		
	Total	1681233,786	29			
Darbe Dayanımı	Between Groups	4077,240	8	509,655	9,592	,000
	Within Groups	1912,719	36	53,131		
	Total	5989,958	44			

Tablo 5.18. Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan/Jüt Yapılar İçin Tukey Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)				
Maleikanhidrit/ DYPE–Alkalin/Silan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
,00	5	17,5116		
1,00	5	19,2852	19,2852	
,10	5		20,2360	
3,00	5			23,6730
7,00	5			24,5321
5,00	5			25,4870
Sig.		,216	,804	,196

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)						
	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
,00	5	17,5116				
1,00	5		19,6825			
,10	5			21,4840		
3,00	5				24,7782	
7,00	5				25,0497	
5,00	5					27,6391
Sig.		1,000	1,000	1,000	,994	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)			
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
,10	5	5,3079	
5,00	5	6,0101	
3,00	5	6,3097	
1,00	5	6,4147	
7,00	5	6,6431	
,00	5		27,9377
Sig.		,300	1,000

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1	2
7,00	5	6,1773	
,10	5	6,2682	
3,00	5	6,3767	
1,00	5	6,4073	
5,00	5	6,6842	
,00	5		27,9377
Sig.		,984	1,000

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1	2
7,00	5	355,9956	
,10	5	359,0222	
1,00	5	360,3289	
,00	5	391,5109	391,5109
3,00	5	395,9002	395,9002
5,00	5		496,8839
Sig.		,906	,113

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1
7,00	5	371,1075
,00	5	391,5109
3,00	5	445,9130
1,00	5	446,3156
,10	5	461,2120
5,00	5	501,4788
Sig.		,051

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1	2	3	4	5
,10	5	,1000				
,00	5		15,306			
1,00	5			17,3963		
3,00	5				23,1136	
7,00	5				24,2135	
5,00	5					25,4345
Sig.		1,000	1,000	1,000	,087	1,000

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1	2	3
,00	5	15,3061		
,10	5	15,9262		
1,00	5		17,8111	
7,00	5			25,3439
3,00	5			25,4502
5,00	5			25,9583
Sig.		,618	1,000	,627

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1
1,00	5	4,6926
7,00	5	4,6929
,10	5	4,6944
,00	5	4,6955
5,00	5	4,6957
3,00	5	4,6965
Sig.		,474

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1
3,00	5	4,6945
5,00	5	4,6945
,10	5	4,6945
,00	5	4,6955
1,00	5	4,6958
7,00	5	4,6966
Sig.		,903

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)					
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
,10	5	481,4409			
,00	5	587,2870	587,2870		
1,00	5		670,5494		
3,00	5			863,1760	
7,00	5			955,5231	955,5231
5,00	5				1025,8608
Sig.		,063	,214	,135	,380

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)					
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
,10	5	563,5057			
,00	5	587,2870	587,2870		
1,00	5		690,6432		
7,00	5			997,2666	
3,00	5			1053,3315	1053,3315
5,00	5				1139,7332
Sig.		,979	,052	,564	,144

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
Maleikanhidrit/DYPE–Alkalin/Silan	N	1	2	3	4
,10	5	42,4780			
,00	5	51,0420	51,0420		
1,00	5	52,6460	52,6460		
7,00	5		58,5040		
3,00	5			79,0140	
5,00	5				116,3440
Sig.		,391	,703	1,000	1,000

Tablo 5.19. UV/DYPE/Jüt Lifi T
akviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	174,181	6	29,030	18,587	,000
	Within Groups	43,733	28	1,562		
	Total	217,914	34			
Çekme Uzaması	Between Groups	5,300	6	,883	2,529	,044
	Within Groups	9,780	28	,349		
	Total	15,080	34			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	463492,968	6	77248,828	30,444	,000
	Within Groups	71048,192	28	2537,435		
	Total	534541,160	34			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	388,175	6	64,696	53,464	,000
	Within Groups	33,882	28	1,210		
	Total	422,057	34			
Yer Değiştirme	Between Groups	,029	6	,005	1,064	,407
	Within Groups	,129	28	,005		
	Total	,158	34			
Eğilme Modülü	Between Groups	1132845,704	6	188807,617	30,957	,000
	Within Groups	170771,308	28	6098,975		
	Total	1303617,012	34			
Darbe Dayanımı	Between Groups	2504,323	6	417,387	5,340	,001
	Within Groups	2188,577	28	78,163		
	Total	4692,900	34			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	189,720	6	31,620	22,047	,000
	Within Groups	40,157	28	1,434		
	Total	229,877	34			
Çekme Uzaması	Between Groups	8,351	6	1,392	3,018	,021
	Within Groups	12,913	28	,461		
	Total	21,264	34			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	442362,979	6	73727,163	17,640	,000
	Within Groups	117026,811	28	4179,529		
	Total	559389,789	34			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	396,008	6	66,001	43,462	,000
	Within Groups	42,521	28	1,519		
	Total	438,529	34			
Yer Değiştirme	Between Groups	,001	6	,000	,633	,703
	Within Groups	,004	28	,000		
	Total	,005	34			
Eğilme Modülü	Between Groups	881255,921	6	146875,987	26,831	,000
	Within Groups	153275,434	28	5474,123		
	Total	1034531,355	34			
Darbe Dayanımı	Between Groups	1443,778	6	240,630	2,900	,025
	Within Groups	2323,064	28	82,967		
	Total	3766,842	34			

Tablo 5.20. UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
UV/DYPE/Jüt	N	1	2
,00	5	20,2360	
,40	5		24,9110
,10	5		24,9290
,05	5		26,3469
,20	5		26,4637
1,00	5		26,9616
,50	5		27,2214
Sig.		1,000	,086

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3
,00	5	21,4840		
,10	5		25,9427	
,40	5		26,9177	26,9177
,05	5		27,5201	27,5201
,20	5		27,6346	27,6346
1,00	5			28,4644
,50	5			29,0364

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
UV/DYPE/Jüt	N	1	2
,40	5	4,9327	
,05	5	4,9889	4,9889
,50	5	5,0887	5,0887
,20	5	5,2691	5,2691
,00	5	5,3079	5,3079
,10	5	5,5899	5,5899
1,00	5		6,1399
Sig.		,585	,061

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
UV/DYPE/Jüt	N	1	2
,05	5	5,1660	
,50	5	5,4833	5,4833
,40	5	5,5701	5,5701
,20	5	5,8298	5,8298
,00	5	6,2682	6,2682
,10	5	6,4119	6,4119
1,00	5		6,5682
Sig.		,090	,188

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3	4
,10	5	314,8837			
,00	5	359,0222			
,50	5		465,1257		
,20	5		470,2973		
,40	5		495,6261	495,6261	
1,00	5			580,3788	580,3788
,05	5				680,4217

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)				
		Subset for alpha = 0.05		
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3
,10	5	362,9235		
,00	5	461,2120	461,2120	
,50	5		495,1723	
,40	5		514,8762	
,20	5		525,9561	
1,00	5			678,2691
,05	5			710,5586

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3	4
,00	5	15,7703			
,40	5		22,0652		
,50	5		23,1120	23,1120	
5,00	5		23,5235	23,5235	
1,00	5			24,4741	24,4741
10,00	5				26,1076
,20	5				26,5247

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)						
		Subset for alpha = 0.05				
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3	4	5
,00	5	15,9262				
,40	5		22,0788			
,50	5		23,1637	23,1637		
5,00	5		23,9383	23,9383	23,9383	
1,00	5			25,0504	25,0504	25,0504
10,00	5				26,1681	26,1681
,20	5					26,7092

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
UV/DYPE/Jüt	N	1
1,00	5	4,6936
,20	5	4,6937
,00	5	4,6944
,50	5	4,6958
,40	5	4,6963
5,00	5	4,6971
10,00	5	4,7779

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
UV/DYPE/Jüt	N	1
,00	5	4,6945
,50	5	4,6956
,40	5	4,6963
5,00	5	4,6964
,20	5	4,6966
10,00	5	4,6971
1,00	5	4,7071

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3	4
,00	5	481,4409			
,40	5		837,9299		
,50	5		860,6827	860,6827	
5,00	5		962,0445	962,0445	962,0445
1,00	5		968,2713	968,2713	968,2713
,20	5			1010,9634	1010,9634
10,00	5				1064,3819

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)					
		Subset for alpha = 0.05			
UV/DYPE/Jüt	N	1	2	3	4
,00	5	563,5057			,00
,50	5		874,4162		,50
,40	5		878,1884		,40
5,00	5		956,8341	956,8341	5,00
,20	5		1011,6150	1011,6150	,20
1,00	5			1036,6627	1,00
10,00	5			1069,4148	10,00

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
UV/DYPE/Jüt	N	1	2
5,00	5	51,0720	
,20	5	60,0300	60,0300
1,00	5	64,9400	64,9400
10,00	5	68,0840	68,0840
,40	5		72,4960
,50	5		74,7960
,00	5		77,1100
Sig.		,067	,065

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
UV/DYPE/Jüt	N	1	2
5,00	5	60,2180	
,20	5	64,2040	64,2040
1,00	5	68,1100	68,1100
10,00	5	73,4800	73,4800
,40	5	75,0420	75,0420
,50	5	76,5920	76,5920
,00	5		79,0140
Sig.		,102	,173

Tablo 5.21. 500-1000s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	386,974	2	193,487	10,104	,000
	Within Groups	1665,938	87	19,149		
	Total	2052,911	89			
Çekme Uzaması	Between Groups	106,948	2	53,474	,492	,613
	Within Groups	9465,389	87	108,798		
	Total	9572,338	89			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	124275,760	2	62137,880	7,248	,001
	Within Groups	745818,825	87	8572,630		
	Total	870094,585	89			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	169,571	2	84,786	6,735	,002
	Within Groups	1032,305	82	12,589		
	Total	1201,876	84			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	2	,000	,629	,536
	Within Groups	,001	82	,000		
	Total	,001	84			
Eğilme Modülü	Between Groups	138931,406	2	69465,703	2,196	,118
	Within Groups	2594010,105	82	31634,270		
	Total	2732941,511	84			
Darbe Dayanımı	Between Groups	8743,438	2	4371,719	14,090	,000
	Within Groups	25442,987	82	310,280		
	Total	34186,425	84			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	385,796	2	192,898	7,727	,001
	Within Groups	2171,928	87	24,965		
	Total	2557,724	89			
Çekme Uzaması	Between Groups	80,951	2	40,475	,388	,680
	Within Groups	9075,090	87	104,311		
	Total	9156,041	89			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	57503,757	2	28751,879	2,602	,080
	Within Groups	961172,385	87	11047,958		
	Total	1018676,143	89			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	123,614	2	61,807	4,871	,010
	Within Groups	977,084	77	12,689		
	Total	1100,698	79			
Yer Değiştirme	Between Groups	,009	2	,004	,971	,383
	Within Groups	,338	77	,004		
	Total	,347	79			
Eğilme Modülü	Between Groups	116636,445	2	58318,222	1,334	,270
	Within Groups	3367097,608	77	43728,540		
	Total	3483734,053	79			
Darbe Dayanımı	Between Groups	4961,861	2	2480,930	7,751	,001
	Within Groups	27845,178	87	320,060		
	Total	32807,038	89			

Tablo 5.22. 500-1000s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)			
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1000,00	30	19,1120	
500,00	30	21,0785	
,00	30		24,1509
Sig.		,196	1,000

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1000,00	30	20,5340	
500,00	30	22,1378	
,00	30		25,5025
Sig.		,431	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)		
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	Subset for alpha = 0.05
		1
,00	30	9,8066
1000,00	30	11,7674
500,00	30	12,3567
Sig.		,612

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1
,00	30	10,5722
1000,00	30	12,4401
500,00	30	12,7023
Sig.		,699

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1	2
,00	30	445,8410	
500,00	30		517,9069
1000,00	30		530,0265
Sig.		1,000	,868

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1
,00	30	511,7107
500,00	30	565,0863
1000,00	30	565,5733
Sig.		,122

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1	2
1000,00	30	15,8868	
500,00	25		18,2732
,00	30		19,1476
Sig.		1,000	,627

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1	2
1000,00	30	16,2490	
500,00	25		18,6911
,00	25		18,9277
Sig.		1,000	,968

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1
500,00	25	4,6959
,00	30	4,6960
1000,00	30	4,6968
Sig.		,594

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1
,00	25	4,6717
1000,00	30	4,6937
500,00	25	4,6942
Sig.		,436

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1
,00	30	675,2005
500,00	25	742,8554
1000,00	30	768,7357
Sig.		,126

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1
,00	25	714,1312
500,00	25	792,7874
1000,00	30	799,2423
Sig.		,306

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1	2
1000,00	30	50,4327	
500,00	30	54,6843	
,00	25		74,4696
Sig.		,639	1,000

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
500-1000s Yaşlandırma Süresi	N	1	2
1000,00	30	57,7940	
500,00	30	58,5413	
,00	30		73,9053
Sig.		,986	1,000

Tablo 5. 23. 120-240s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin ANOVA Sonuçları

Atkı Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	172,897	2	86,448	14,169	,000
	Within Groups	622,310	102	6,101		
	Total	795,207	104			
Çekme Uzaması	Between Groups	5,077	2	2,539	6,133	,003
	Within Groups	42,219	102	,414		
	Total	47,296	104			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	41405,955	2	20702,977	1,416	,247
	Within Groups	1491059,003	102	14618,226		
	Total	1532464,958	104			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	364,539	2	182,269	21,817	,000
	Within Groups	852,172	102	8,355		
	Total	1216,711	104			
Yer Değiştirme	Between Groups	,003	2	,002	,519	,596
	Within Groups	,334	102	,003		
	Total	,338	104			
Eğilme Modülü	Between Groups	737306,776	2	368653,388	15,916	,000
	Within Groups	2362509,675	102	23161,860		
	Total	3099816,452	104			
Darbe Dayanımı	Between Groups	2044,909	2	1022,455	12,053	,000
	Within Groups	8652,974	102	84,833		
	Total	10697,884	104			

Çözgü Yönü						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Çekme Dayanımı	Between Groups	168,344	2	84,172	11,479	,000
	Within Groups	747,951	102	7,333		
	Total	916,294	104			
Çekme Uzaması	Between Groups	1,069	2	,534	1,058	,351
	Within Groups	51,518	102	,505		
	Total	52,587	104			
Elastikiyet Modülü	Between Groups	14980,926	2	7490,463	,493	,612
	Within Groups	1550590,046	102	15201,863		
	Total	1565570,973	104			
Eğilme Dayanımı	Between Groups	257,636	2	128,818	13,947	,000
	Within Groups	942,124	102	9,237		
	Total	1199,760	104			
Yer Değiştirme	Between Groups	,000	2	,000	1,011	,367
	Within Groups	,005	102	,000		
	Total	,005	104			
Eğilme Modülü	Between Groups	608121,354	2	304060,677	14,070	,000
	Within Groups	2204355,189	102	21611,325		
	Total	2812476,543	104			
Darbe Dayanımı	Between Groups	1920,976	2	960,488	12,945	,000
	Within Groups	7568,264	102	74,199		
	Total	9489,240	104			

Tablo 5.24. 120-240s Yaşlandırma Uygulanmış UV/DYPE/Jüt Lifi Takviyeli Kompozit Yapılar İçin TUKEY Sonuçları

Çekme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
,00	35	5,3310	
240,00	35	5,6308	5,6308
120,00	35		5,8684
Sig.		,130	,274

Çekme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
500,00	35	23,6359	
120,00	35	24,8472	
,00	35		26,7143
Sig.		,152	1,000

Çekme Uzaması (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
,00	35	5,3310	
240,00	35	5,6308	5,6308
120,00	35		5,8684
Sig.		,130	,274

Çekme Uzaması (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
120-240s Yaşlandırma	N	1
500,00	35	5,7610
,00	35	5,8997
120,00	35	6,0075
Sig.		,319

Elastikiyet Modülü (Atkı Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
120-240s Yaşlandırma	N	1
240,00	35	444,9076
,00	35	480,8222
120,00	35	491,2752
Sig.		,248

Elastikiyet Modülü (Çözgü Yönü)		
		Subset for alpha = 0.05
120-240s Yaşlandırma	N	1
500,00	35	507,3552
120,00	35	528,1779
,00	35	535,5668
Sig.		,606

Eğilme Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
240,00	35	18,7341	
120,00	35	19,7074	
,00	35		23,0825
Sig.		,340	1,000

Eğilme Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
240,00	35	19,5713	
120,00	35	20,6146	
,00	35		23,2907
Sig.		,326	1,000

Yer Değiştirme (Atkı Yönü)		
120-240s Yaşlandırma	N	Subset for alpha = 0.05
		1
120,00	35	4,6962
,00	35	4,7070
240,00	35	4,7093
Sig.		,606

Yer Değiştirme (Çözgü Yönü)		
120-240s Yaşlandırma	N	Subset for alpha = 0.05
		1
240,00	35	4,6953
120,00	35	4,6959
,00	35	4,6977
Sig.		,364

Eğilme Modülü (Atkı Yönü)			
120-240s Yaşlandırma	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
240,00	35	683,2957	
120,00	35	744,9436	
,00	35		883,6735
Sig.		,212	1,000

Eğilme Modülü (Çözgü Yönü)				
120-240s Yaşlandırma	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
240,00	35	726,6143		
120,00	35		824,4841	
,00	35			912,9481
Sig.		1,000	1,000	1,000

Darbe Dayanımı (Atkı Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
,00	35	66,9326	
240,00	35	71,3291	
120,00	35		77,6831
Sig.		,118	1,000

Darbe Dayanımı (Çözgü Yönü)			
		Subset for alpha = 0.05	
120-240s Yaşlandırma	N	1	2
,00	40	71,8575	
240,00	35	76,5300	
120,00	30		82,4420
Sig.		,067	1,000

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Sabih OVALI
Doğum Yeri ve Tarihi	:Konya/1988
Yabancı Dili	:İngilizce
E-Posta	:sovali@adiyaman.edu.tr

Öğrenim Durumu

Derece	Bölüm	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Tekstil Mühendisliği	Çukurova	2008-2012
Yüksek Lisans	Tekstil Mühendisliği	Marmara	2012-2015
Doktora	Tekstil Mühendisliği	Marmara	2015-2020

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görevi
2014-2015	Adıyaman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi (ÖYP)
2015-2018	Marmara Üniversitesi	Araştırma Görevlisi (ÖYP)
2018-	Adıyaman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi