T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİOLİFLERDEN ÜRETİLMİŞ ATIK TEKSTİL KUMAŞLARIN, KOMPOZİT MALZEMELERDE TAKVİYE ELAMANI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Zeki İLİK

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2018

T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİOLİFLERDEN ÜRETİLMİŞ ATIK TEKSTİL KUMAŞLARIN, KOMPOZİT MALZEMELERDE TAKVİYE ELAMANI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Zeki İLİK

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2018

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZEN danışmanlığında, Zeki İLİK'in hazırladığı **"Bioliflerden üretilmiş atık tekstil kumaşların, kompozit malzemelerde takviye elamanı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması"** konulu bu çalışma 23/03/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

		İmza
Danışman	: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZEN	.....
Üye	: Prof. Dr. Murat KISA	.....
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Gurbet ÖRÇEN	.....

Bu Tezin Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Halil Murat ALGIN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:17027

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Tezin Önemi ve Amacı 1
1.2. Tezin Kapsamı 3
1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler 4
1.4. Kompozitler 4
1.4.1. Kompozitin tanımı 4
1.4.2. Kompozitlerin sınıflandırılması 5
1.4.2.a. Lif takviyeli kompozitler: Uzun liflerin 5
1.4.2.b. Tabakalı kompozitler 6
1.4.2.c. Partiküllü kompozitler 6
1.4.2.d. Kombine kompozitler 7
1.4.3. Takviye malzemesi 7
1.4.3.a. Cam elyafı 7
1.4.3.b. Karbon elyafı 8
1.4.3.c. Aramid elyafı 8
1.4.3.d. Doğal elyaflar 8
1.4.4. Matris malzemesi 9
1.4.4 a. Termoset matrisler 10
1.4.4 b. Termoplastik matrisler 10
1.4.5. Kompozit üretim yöntemleri 11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 12
2.1. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi 19
3. MATERYAL ve YÖNTEM 21
3.1. Materyal 21
3.2. Yöntem 21
3.2.1. Ekolojik kompozit malzemenin üretilmesi 21
3.2.2. Testler 29
3.2.2.a. Çekme testleri 29
3.2.2.b. Basma testleri 31
3.2.2.c. Eğme testleri 32
3.2.2.d. Isı iletim katsayısı bulma 33
3.2.2.e. Yoğunluk bulma 33
3.2.3. Test Numunelerinin kesimi, hazırlanması ve testlerin uygulanması 35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 40
4.1. Deney Hesaplamaları 40
4.1.a. Çekme dayanımı ve elastisite modülü hesabı 40
4.1.b. Basma dayanımı hesabı 41
4.1.c. Eğme dayanımı hesabı 42
4.1.d. Isı iletim katsayıları 42
4.1.e. Yoğunluk değerleri 43
4.2. Deney Grafikleri 43
4.2.a. Çekme dayanımı grafiği 43
4.2.b. Elastisite modülü grafiği 44
4.2.c. Basma dayanımı grafiği 44
4.2.d. Eğme dayanımı grafiği 45
4.2.e. Isı iletim katsayıları grafiği 46
4.2.f. Yoğunlukların grafiği 46
4.3. Çekme Grafikleri 47

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 50
5.1. Sonuçlar 50
5.1. Öneriler 53
KAYNAKLAR 55
ÖZGEÇMİŞ 57

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİOLİFLERDEN ÜRETİLMİŞ ATIK TEKSTİL KUMAŞLARIN, KOMPOZİT MALZEMELERDE TAKVİYE ELAMANI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Zeki İLİK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZEN
Yıl: 2018, Sayfa: 57

Günümüzde çevre bilincinin ve hammadde maliyetlerinin artması ile çevre dostu ekolojik malzemelerin kullanımı oldukça önem kazanmıştır. Bu kapsamda doğal lif takviyeli kompozit malzemelerde özelikle pamuk, jüt, bambu ve sisal gibi takviyelerin kullanımı düşük maliyeti ve hammadde zenginliği bakımından oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla beraber, yüksek performans ve üstün mekanik özeliklere sahip olmaları, çevre dostu olmaları, rahat işlenebilme özelliğine sahip olmaları gibi nedenlerden dolayı doğal lif takviyeli kompozitlere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Son zamanlarda ekolojik kompozit üretim ve uygulamalarında takviye olarak kullanılan pamuk, jüt, bambu ve sisal gibi geleneksel ekolojik elyafların yanı sıra diğer elyaf çeşitlerinin (modal, tensel, viskon vs.) kompozitin mühendislik özelliklerini nasıl etkilediğinin araştırılması gerekliliğini doğurmuştur. Bu elyafların kompozitin mekanik ve fiziksel özelliklerini nasıl değiştirdiği araştırılması gereken bir konu olup, ekolojik elyaf takviyeli kompozitlerin kullanılabileceği alanlarda bilimsel verilerin sağlanması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında ekolojik kumaşlar üreten tekstil fabrikalarından toplanan atık kumaşların geri dönüşümünün sağlanabilirliği için ekonomik kompozitler üretilerek mekanik özellikleri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Atık kumaş, Geri kazanım, Kompozit malzeme, Epoksi reçine

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF VASTE TEXTILE FABRICS THAT MADE FROM BIOFIBER AS REINFORCING ELEMENTS IN COMPOSITE MATERIALS

Zeki ILIK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa OZEN
Year:2018, Page: 57

Nowadays, usage of environmentally friendly ecological materials has become very important with increasing of environmental awareness and raw material costs. In this context, the use of reinforcements such as cotton, jute, bamboo and sisal in natural fiber reinforced composite materials has become very popular in terms of low cost and raw material richness. In addition, there is also a growing interest in natural fiber reinforced composites due to their mechanical properties, significant operation advantages, chemical resistance, low cost / low density ratio and high performance, as well as environmental reasons. In recent years, it has become necessary to investigate how other fiber types (modal, tencel, viscose etc.) affect the engineering properties of the composites as well as traditional ecological fibers such as cotton, jute, bamboo and sisal which are used as reinforcement in ecological composite production and applications. How these fibers change the mechanical and physical properties of the composite is a matter to be investigated and it is important to provide scientific data in the areas where ecological fiber reinforced composites can be used. Within this study, economic composites will be produced and their mechanical properties were examined for the recycling of waste fabrics collected from textile factories producing ecological fabrics.

KEY WORDS: Fabric waste, Re-evaluate, Composite, Epoxy resin.

TEŞEKKÜR

Tezin konusunun seçiminde, uygulamasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZEN'e ve tez çalışmamda bana yardımcı olan Arş. Gör. Gökhan DEMİRCAN'a lisans öğrencileri Merve İŞVAR ve Atilla ÜNAL'a teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa no

Şekil 1.1. Mercedes Benz S serisi otomobilde kullanılan ekolojik parçalar 2
Şekil 1.2. Kompozit malzemenin oluşumu 4
Şekil 1.3. Liflerin matris içindeki görünümü 6
Şekil1.4. Tabakalı kompozitler 6
Şekil1.5. Partiküllü kompozitler 7
Şekil 3.1. Vakum destekli reçine infüzyon metodunun şematik gösterimi 21
Şekil 3.2. Kumaşların kesimi 22
Şekil 3.3. Kalıp ayırıcısının sabitlenmesi 23
Şekil 3.4. Kumaşların yerleştirilmesi 24
Şekil 3.5. Soyma kumaşının yerleştirilmesi 25
Şekil 3.6. Yayma kumaşının yerleştirilmesi 25
Şekil 3.7. Reçine giriş vanasının yerleştirilmesi 26
Şekil 3.8. Reçine çıkış vanası 27
Şekil 3.9. Vakum poşetinin yerleştirilmesi 27
Şekil 3.10. Reçine giriş ve çıkış bağlantılarının ve reçinenin infüzyonu 28
Şekil 3.11. Nihai ürün 29
Şekil3.12. Eksenel çekmeye maruz çubuk 30
Şekil 3.13. Uygulanan kuvvet karşısında şekil değiştirme 30
Şekil 3.14. Basma aparatının görseli 31
Şekil 3.15. Eğme deneyinin şematik gösterimi 32
Şekil 3.17. Yoğunluk bulmanın şematik gösterimi a) Yer değiştiren sıvı kadar kaldırma kuvveti oluşur b) Herhangi bir kuvvet oluşmaz 34
Şekil 3.18. Kesim aşaması 35
Şekil 3.19. Çekme Testi Numunesinin ASTM D3039 Ölçüleri 36
Şekil 3.20. a) Kulakçığın yapıştırılacağı alanın aşındırılması b) Kulakçıkların yapıştırılması c)Test numunenin son şekli 36
Şekil 3.22. Çekme deneyine ait görseller a) Numunesinin yerleştirilmesi ve çekime işlemi b)Test sonrası numunelere ait görseller 37
Şekil 3.23. a) Basma Numunesinin yerleştirilmesi b) basma işleminin uygulanışı 38
Şekil 3.24. Basma testinden sonra numunede meydana gelen basma 38
Şekil 3.26. Eğme deneyinin görselleri 39
Şekil 3.27. Isı iletim katsayılarının bulunması ile ilgili görseller 39
Şekil 4.1. Çekme dayanımı 43
Şekil 4.2. Elastisite modülü 44
Şekil 4.3. Basma dayanımı 45
Şekil 4.4. Eğme dayanımı 45
Şekil 4.5. Isı iletim katsayıları 46
Şekil 4.6. Yoğunluklar 47
Şekil 4.7. Tensel numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği 47
Şekil 4.8. Viskon numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği 48
Şekil 4.9. Modal numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği 48
Şekil 4.10. Mikro-Modal numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği 49
Şekil 4.11. Kenevir numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği 49
Şekil 5.1. Kenaf/PLA kompozitten tasarlanan arabanın iç üst tavanı 52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa no

Çizelge 1.1. Mercedes Benz S serisi otomobilde kullanılan doğal malzemeler 3
Çizelge 1.2. Tipik bazı termoset reçine özellikleri 10
Çizelge 1.3. Tipik bazı termoplastik reçine özellikleri 11
Çizelge 2.1. Doğal elyaf takviyeleri ile yapılan önemli çalışmaların özeti 19
Çizelge 3.1. Kullanılan kumaş ve epoksi bilgileri 22
Çizelge 3.2. Kullanılan diğer yardımcı elemanların boyutları 23
Çizelge 3.3. Testlerde kullanılacak numunelerin boyutları 35
Çizelge 4.1. Çekme dayanımları 40
Çizelge 4.2. Elastisite modülleri 41
Çizelge 4.3. Basma dayanımları 42
Çizelge 4.4. Eğme dayanımları 42
Çizelge 4.5. Isı iletim katsayıları 42
Çizelge 4.6. Yoğunluk değerleri 43

SİMGELER DİZİNİ

Δt	Sıcaklık Farkı
µm	Mikrometre
A	Alan
ASTM	American Society for Testing and Materials
BMC	Bulk Molding Compound
ELV	End of Life Vehicles
F_k	Kaldırma Kuvveti
g	Yer Çekim İvmesi
GPa	Giga Paskal
I	Atalet Momenti
J	Joule
k	Isı İletim Katsayısı
K	Kelvin
L_0	İlk Boy Uzunluğu
M	Moment
MPa	Mega Paskal
ÖTA	Ömrünü Tamamlamış Araçlar
P	Kuvvet
PAN	Poliakrilonitril
PEEK	Polyethere
PP	Polipropilen
PPS	Polifenilen Sulfür
Q	Isı Miktarı
RTM	Reçine Transfer Metodu
SMC	Sheet Molding Compound
V	Hacim
VDRİT	Vakum Destekli İnfüzyon Tekniği
W	Watt
δ	Boydaki Uzama Miktarı
ε	Birim Şekil Değiştirme
ρ	Yoğunluk
ρ_k	Katı Yoğunluğu
ρ_s	Sıvı Yoğunluğu
σ	Normal Gerilme
σ_b	Basma Dayanımı
$\sigma_ç$	Çekme Dayanımı
$\sigma_{eğ}$	Eğme Dayanımı

1. GİRİŞ

1.1. Tezin Önemi ve Amacı

Son zamanların en büyük eğilimi organik ürünlere olan taleptir. Yenilen elmadan, üzerinde oturulan kanepeye kadar her alanda insanlar tercihlerini organik ürünlerden yana kullanmaya başlamıştır. İnsanların hayatında beslenme, barınma, sağlık gibi vazgeçilmez olan tekstil ürünleri de bu eğilimden nasibini almıştır. Bitkisel kökenli tekstil ürünleri (özellikle pamuk, keten gibi) gelişen günümüz teknolojisi ile bazı mekanik özelliklerin iyileştirilmesi neticesinde medikal uygulamalardan inşaata, uzay teknolojilerinden spor malzemelerine, mobilyadan otomotiv sektörüne kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Mühendislik uygulamalarının temelinde, üretim yaparken hammadde maliyetini düşürmek, çevre dostu olan ve üretilen malzemenin ömrü sona erdiğinde geri dönüşümü sağlanabilir malzemeler kullanmak yatmaktadır. Bahsi geçen problemlerin çoğu kompozit malzemelerle çözülebilmektedir. Günümüzde kullanılan kompozitlerde kumaş formdaki cam, kevlar ve karbon gibi sentetik kumaş takviyeler tercih edilmektedir. Fakat bu takviyelerin doğada bozunabilirliği oldukça zordur. Bu kapsamda doğal lif takviyeli (ekolojik) kompozit malzemelerde; özelikle pamuk, jüt, bambu ve sisal gibi takviyelerin kullanımı düşük maliyeti ve hammadde zenginliği bakımından oldukça yaygınlaşmıştır.

Doğal lif takviyeli kompozitlerin en çok kullanıldığı alan otomotiv (koltuklar, koltuk yüzleri, başlıklar, kapı ve duvar panelleri, yer kaplamaları ve halılarda) sektörüdür. Bunun başlıca sebebi Avrupa Konseyinde çıkarılan ELV (End of Life Vehicles) ya da diğer adıyla ülkemizde 1 Ocak 2011 tarihinde uygulanmaya başlanan Ömrünü Tamamlamış Araçlar (ÖTA) yönetmeliğine göre hurda araçların parçalarının büyük bir bölümünün geri kazanılabilir nitelikte üretimlerinin gerekliliğidir.

ÖTA yönetmeliğine göre;

a) Ömrünü tamamlamış araçlarda yeniden kullanım ve geri kazanım oranları ortalama araç ağırlığının en az % 85'i; yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranları ise ortalama araç ağırlığının en az % 80'i olmalıdır.

b) 1/1/1980 tarihinden önce üretilmiş olan araçlarda yeniden kullanım-geri kazanım oranı ortalama araç ağırlığının % 75'inden, yeniden kullanım-geri dönüşüm oranı ise ortalama araç ağırlığının % 70'inden az olamaz.

c) 1/1/2020 tarihinden itibaren ömrünü tamamlamış araçlarda yeniden kullanım-geri kazanım oranları ortalama araç ağırlığının en az % 95'ine; yeniden kullanım-geri dönüşüm oranları ise ortalama araç ağırlığının en az % 85'ine çıkarılır.

Mercedes Benz S serisinde kullanılan malzemelerin % 90'ı geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilmiştir (Anonim, 2015). Şekil 1.1.'de doğal malzemelerden üretilmiş parçalar, Çizelge 1.1.'de ise kullanılan doğal malzemeler gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Mercedes Benz S serisi otomobilde kullanılan ekolojik parçalar (Anonim, 2015)

Çizelge 1.1. Mercedes Benz S serisi otomobilde kullanılan doğal malzemeler (Anonim, 2015)

KULLANILAN HAMMADDE	UYGULAMA
Ahşap	Temel kapı panelleri taşıyıcıları, süs parçaları ve direksiyonsimidi
Hindistan cevizi lifi, yün	Sürücü ve ön yolcu koltuk sırtlıkları için dolgu
Deri	Koltuklar ve sırtlık için kumaş kapaklar
Yün	Kaplamalar için kumaş
Pamuk, yün, selüloz	Yalıtım malzemesi
Kâğıt	İç zemin kaplamaları

Gelişmekte olan ve gelecekte Avrupa birliğine girme iddiasında olan ve gelirlerinin çoğunu tekstil ürünlerinden elde eden ülkemiz adına bu oranlara bakıldığında doğal liflerle üretilen kompozitlerin önemi anlaşılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; polimer matrisli kompozit malzeme üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan bitkisel kökenli geleneksel kumaşlara alternatif oluşturmaktır. Bu amaçla günlük hayatta kullanılan ve kolaylıkla erişilebilen kenevir, tensel, modal ve viskon gibi liflerden üretilmiş (çuval, çorap, gömlek vb.) kumaş formdaki atık tekstil ürünleri ile kompozitler üretilmiştir. Ayrıca bu kompozitlerin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Buna paralel olarak bahsi geçen tekstil atıklarının kompozit üretiminde kullanımı fikri ile geri dönüşümünün sağlanabilirliği amaçlanmıştır.

1.2. Tezin Kapsamı

Türkiye'deki sanayi kolları incelendiğinde tekstil ürünlerinin payının oldukça fazla olduğu fark edilir. Buna orantılı olarak da üretimden ve tüketimden kaynaklı tekstil atıklarının çokluğundan bahsedilebilir. Bu tekstil atıkları çoğunlukla yakıt olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ekolojik tekstil üretimi yapan fabrikalardan toplanan tensel, modal ve viskon içerikli tekstil ürünleri ve pamuk çiftçilerinden temin edilen, halk arasında "pamuk çuvalı" diye tabir edilen atıl durumdaki kenevir çuvalları ile epoksi reçine kullanılarak kompozitler üretilmiştir. Bu çalışmanın üretim aşamasında Vakum Destekli Reçine İnfüzyon (VDRİT) yöntemi kullanılmıştır. Üretilen

kompozitlerin mekanik özelliklerinin tayini için çekme, basma ve eğme testleri uygulanmıştır.

1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler

Ekolojik kompozit üretim uygulamalarında Modal, tensel ve viskon kumaşlar ile kompozit üretimine dair herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısı ile bu kumaşlarla yaptığımız kompozitlerin mekanik özelliklerinin tespiti bilime önemli ölçüde katkıda bulunacaktır.

Bu çalışma ile Türkiye sanayisinde önemli bir paya sahip olan tekstil endüstrisindeki atıklarının geri dönüşümü ile hem çevresel, hem de ekonomik açıdan birçok problem çözülecektir. Özellikle yaz aylarında pamuk toplama işlemlerinde kullanılan kenevir çuvalları işi bittikten sonra rastgele çevreye atılmaktadır. Bu çuvallar ile üretilen kompozitler sayesinde hem bu görüntü kirliliği hemde ekonomik kaygılar giderilmiş olacaktır.

1.4. Kompozitler

1.4.1. Kompozitin tanımı

Tanım olarak kompozit, iki veya daha fazla (matris ve takviye) malzemenin (belirli ölçülerde ve çoğunlukla kendi özelliklerini kaybederek) yeni bir malzeme meydana getirilmesi (Şekil 1.2) olarak ifade edilir (Rosato, 1997).



Matris Takviye kumaşı (elyaf) Kompozit

Şekil 1.2. Kompozit malzemenin oluşumu

Kompozit malzemeler iyi tasarlandıkları takdirde çoğu zaman bileşenlerinden çok daha üstün mekanik özelliklere sahip olabilirler (Jones, 1999).

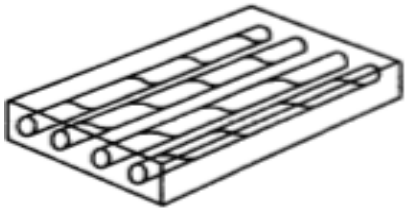
Kompozit malzemelerin iyileştirdiği bazı mühendislik problemleri aşağıdaki gibidir (Jones, 1999);

- Mukavemet
- Rijitlik
- Korozyon direnci
- Aşınma direnci
- Görsellik
- Ağırlık
- Yorulma ömrü
- Sıcaklığa bağlı problemler
- Isı yalıtımı
- Isı iletimi
- Akustik izolasyon

1.4.2. Kompozitlerin sınıflandırılması

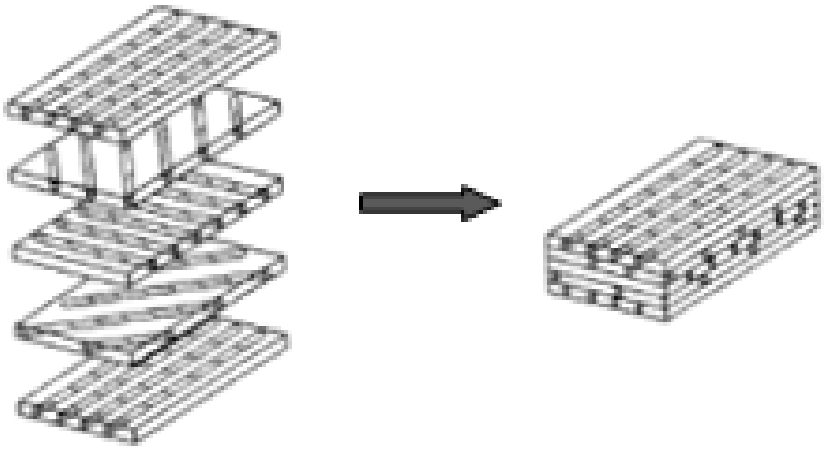
Kompozitlerin sınıflandırılmasını çok farklı şekillerde yapılmaktadır. En genel şekliyle kompozitleri dört sınıf altında gruplandırılır (Jones, 1999);

1.4.2.a. Lif takviyeli kompozitler: Uzun liflerin değişik formları ile aynı lifin hammaddesi ile üretilen ürünler kıyaslandığında, doğası gereği lifin sertlik ve dayanım anlamında daha üstün özelliklerinin olduğu görülür. Örneğin sıradan bir cam plakanın kırılma dayanımı 20 MPa iken cam lifinin dayanımı 2 800 ile 4 800 MPa arasındadır. Hatta laboratuvar ortamında bu oran 7 000 MPa'ya kadar çıkabilir. Şekil 1.3.'te görüldüğü gibi liflerin matrisin içine direk yerleştirilmesi ile kompozit içerisindeki kristalleşmeler fiberlerin ekseni boyunca gerçekleşeceği için malzemede meydana gelecek çizgisel kusurlarda önemli derecede azalmalar olacaktır (Jones, 1999).



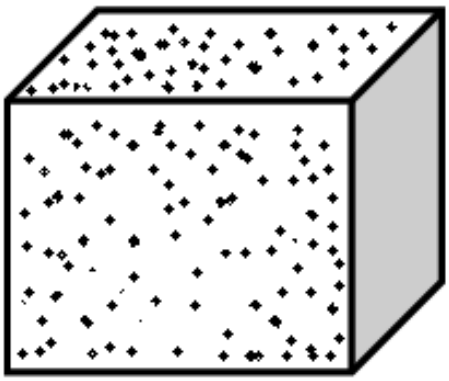
Şekil 1.3. Liflerin matris içindeki görünümü (Jones, 1999)

1.4.2.b. Tabakalı kompozitler: Tabakalı kompozit malzemeler, birbirine bağlanmış en az iki farklı malzemeden oluşan tabakalardan oluşur (Şekil 1.4). Laminasyon, daha yararlı bir malzeme elde etmek için tabakaların ve bağlayıcı malzemenin en iyi yönlerini birleştirmek olarak ifade edilir. Laminasyonla vurgulanabilecek özellikler; mukavemet, sertlik, düşük ağırlık, korozyon direnci, aşınma direnci, çekicilik, ısı yalıtımı, akustik yalıtım vb. (Jones, 1999).



Şekil1.4. Tabakalı kompozitler (Jones1999)

1.4.2.c. Partiküllü kompozitler: Şekil 1.5.'te görülüğü gibi bir malzemenin matrisinde bir veya birden çok başka malzemelerin parçacıklar halinde asılı durması (çökelti oluşmadan konumlanmış) şeklinde oluşturulan kompozitler olarak tarif edilebilinir. Bahsi geçen parçacıklar tıpkı matris malzemesi gibi metal veya ametal olabilir (Jones, 1999).



Şekil1.5. Partiküllü kompozitler

1.4.2.d. Kombine kompozitler: Çok sayıda çok fazlı kompozit materyalin, daha önce tartışılan çeşitli sınıfların, (lifli, tabakalı veya partiküllü kompozit malzemelerin) birden fazla özelliğini sergiler. Örneğin, betonarme hem parçacıktır (çünkü beton, çimento ve kumdan oluşur) ve aynı zamanda (çelik donatı nedeniyle) lifli yapıdadır (Jones, 1999).

1.4.3. Takviye malzemesi

Takviye malzemesi, diğer adıyla elyaf veya lif kompozit malzemenin en önemli parçası olup kompozite gerekli olan rijitliği ve mukavemeti sağlar (Mazumdar, 2002).

En yaygın takviye malzemeleri cam, karbon, aramid ve bor lifleridir. Tipik elyaf çapları 5 µm'den (0.0002 inç) 20 µm'ye (0.0008 inç) kadar değişir. Liflerin özellikleri, liflerin nasıl üretildiğine bağlıdır (Mazumdar, 2002).

1.4.3.a. Cam elyafı

E-cam elyaflarının yapımı için kullanılan hammaddeler; silis kumu, kireç taşı, floresan, borik asit ve kildir. Ham maddeler iyice karıştırılır ve 2 500 ile 3 000 °F'lık bir fırında eritilir. Eritilen bu karışım hızlıca soğutulur ve flamentler oluşur. Filamentler daha sonra saatte yaklaşık 50 mil hızla bir silindirin üzerine çekilir ve gerekli ölçülerde makaralara sarılır (Mazumdar, 2002).

1.4.3.b. Karbon elyafı

Karbon ve grafit elyafları, PAN esaslı veya zift tabanlı öncül maddeler kullanılarak üretilmektedir. Öncül maddeler bir dizi operasyon geçirir. İlk aşamada, öncüllerin aşırı yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak oksitlenmesi sağlanır. Daha sonra, karbonlaştırma ve grafitleştirme süreçleri gerçekleştirilir. Bu işlemler sırasında öncül malzemelerin mukavemet değerleri artar. PAN, tekstil kökenli bir polimer lifi olan poliakrilonitrili belirtir (Mazumdar, 2002).

1.4.3.c. Aramid elyafı

Aramid elyafları diğer takviyeler arasında ağırlığa göre gerilme mukavemeti açısından en yüksek değere sahiptir. Yüksek darbe dayanımı sağlarlar. Karbon fiberleri gibi, negatif bir termal genleşme katsayısı sağlarlar. Aramid elyaflarının dezavantajı, kesilmesi ve işlenmesinin zor olmasıdır (Mazumdar, 2002).

1.4.3.d. Doğal elyaflar

En çok üzerine çalışma yapılan doğal lifler, aşağıdaki gibidir;

- Rami
- Keten
- Kenevir
- Sabır ağacı lifi
- Pamuk
- Bambu
- Yün

Bu çalışmada kullanılan kumaş formdaki doğal elyaflar ise aşağıdaki gibidir;

I. Tensel: Diğer adıyla **Liyosel**, okaliptüs ağacındaki odun hamurundan üretilen, içerisinde selüloz ihtiva eden bir çeşit lif türüdür. 1972 yılından itibaren geliştirilmeye başlanmıştır. Öncelikle "Newcell" adıyla anılmış, 1980 yılında daha da

geliştirilen bu iplik türü, Tencel adını almıştır. İlk olarak Courtaulds isimli şirket tarafından ticarileştirilmiştir. 1998 yılında Hollandalı Akzo Nobel şirketi, Courtaulds şirketini satın almış ve üretim hakkını eline geçirmiştir. 2004 yılına gelindiğinde ise Tencel markası Lenzing (AG) tarafından satın alınmış ve şirket, günümüzde bu ipliğin dünya çapındaki tek üreticisi olarak yoluna devam etmektedir (Anonim, 2016).

II. Modal: Kayın ağacından üretilen modal, tamamıyla doğal, yaş ve kuru mukavemeti yüksek bir lif çeşididir. Yıpranmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Nem transfer özelliği gayet iyidir (Anonim, 2017).

III. Mikro modal: Modalın sık dokunmuş halidir

IV. Viskon: Viskonun hammaddesi kayın ağacıdır; aynı pamuk gibi selülozdan oluşur. Viskon üretimi sürecinde akışkan hale gelen selülozun yapısında, hemen hemen hiç kimyasal değişiklik olmaz. Filament olarak sertleştikten sonra yine selüloz olarak kalmaktadır. Bu özellikleriyle viskonun yapısı pamukla yüksek benzerlik gösterir (Anonim, 2017).

V. Kenevir: Kenevir, ısırgangillere yakın, cannabinaceae familyasına mensup, tek yıllık odunsu bir bitkidir. Anavatanı Asya olan bu bitki, çeşitli yollar izleyerek tüm dünyaya yayılmıştır. Bugün iki alt türü bulunmaktadır. Bunlar; cannabis sativa ve cannabis indicadır. Lif üretimi için kullanılan ve endüstriyel öneme sahip olan cinsi cannabis sativadır. Diğer türünün narkotik özellikleri nedeniyle tüm dünyada üretimi yasaklanmış bulunmaktadır (Anonim, 2017).

1.4.4. Matris malzemesi

Kompoziti tanımlarken bileşenlerinin matris ve takviye (lif) elamanlarından meydana geldiği belirtilmişti. Matris lifleri çevreleyerek dışarıdan gelecek etkilere (kimyasal etkiler gibi) karşı elyafı korur. Liflerin maksimum yükü taşıması için matrisin modülünün düşük, uzamasının ise yüksek olması gerekir (Mazumdar, 2002).

Genel olarak matris malzemesini "Termoset" ve "Termoplastik" olarak iki grup altında incelenir.

1.4.4 a. Termoset matrisler

Bir kere kürleşen termoset malzemeleri yeniden eritilemez veya yenilenemez. Termosetler, yüksek sıcaklıklarda bir dereceye kadar yumuşatılabilirler. Bu özelliği sayesinde boru şeklindeki yapılar oluşturmak için kullanılabilir. Termoset kompozitlerde kullanılan en yaygın reçine malzemeleri; epoksi, polyester, vinilester, fenolikler, siyanat esterleri, bismaleimidler ve polimidlerdir. Bu reçinelerden bazılarının özellikleri Çizelge 1.2.'de verilmiştir (Mazumdar, 2002).

Çizelge 1.2. Tipik bazı termoset reçine özellikleri (Mazumdar, 2002)

Reçine	Yoğunluk (g/cm^3)	Elastisite Modülü (GPa)	Gerilme dayanımı (MPa)
Epoksi	1.2-1.4	2.5-5.0	50-110
Fenolik	1.2-1.4	2.7-4.1	35-60
Polyester	1.1-1.4	1.6-4.1	35-95

1.4.4 b. Termoplastik matrisler

Termoplastikler termosetlerden daha sünek ve daha tok malzemeler olup, takviye elamanına ihtiyaç duymaksızın yapısal olmayan birçok uygulamada kullanılabilirler. Termoplastikler eritilebilmeleri ve soğutularak şekil alabilmeleri sayesinde tekrar tekrar kullanılabilirler. Termoplastikler genellikle termosetlere kıyasla, özellikle yüksek sıcaklıklarda zayıf sürünme (creep) direnci sergiler. Termosetlere göre solventlere karşı daha hassastırlar. Kompozitlerinde kullanılan en yaygın termoplastik malzemeleri; naylon, polipropilen (PP), polyethere (PEEK), teflon ve polifenilen sülfür (PPS) dir. Bu reçinelerden bazılarının özellikleri Çizelge 1.3.'te verilmiştir

Çizelge 1.3. Tipik bazı termoplastik reçine özellikleri (Mazumdar, 2002)

Reçine	Yoğunluk (g/cm^3)	Elastisite Modülü (GPa)	Gerilme dayanımı (MPa)
Naylon	1.1	1.3-3.5	55-90
Polyethere (PEEK)	1.3-1.35	3.5-4.4	100
Polifenilen Sülfür (PPS)	1.3-1.4	3.4	80
Polyester	1.3-1.4	2.1-2.8	55-60
Polikarbonat	1.2	2.1-3.5	55-70
Asetal	1.4	3.5	70
Polietilen	0.9-1.0	0.7-1.4	20-35
Teflon	2.1-2.3		10-35

1.4.5. Kompozit üretim yöntemleri

Kompozit üretiminde kullanılan yöntemler genel olarak aşağıdaki gibidir;

- Elle yatırma (hand lay-up)
- Püskürtme (spray-up)
- Elyaf sarma (filament winding)
- Reçine transfer kalıplama (RTM / reçine enjeksiyonu)
- Profil çekme / pultruzyon (pultrusion)
- Hazır kalıplama / conmpression molding (SMC, BMC)
- Otoklav / autoclave bonding,
- Vakum destekli reçine infüzyon tekniği (VDRİT) yöntemleridir.

Bu çalışmanın üretim aşamasında Vakum Destekli Reçine İnfüzyon (VDRİT) yöntemi kullanılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür taraması yapıldığında direk olarak biolif kaynaklı atık tekstil kumaşları ile üretilen kompozit malzemelerle ilgili sınırlı sayıda kaynak bulunmuştur. Bu nedenle bu başlık altında hem biolif takviyeli ekolojik kompozitlerin üretimi hem de lif içeriğine bakılmaksızın (suni veya doğal olduğuna) tekstil atıkları ile üretilen kompozitler üzerine yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

Garkhail ve arkadaşları (2000), keten lifleri ve propilen (PP) ile kompozit oluşturmuşlardır. Hazırlanan malzemelerden çıkartılan kompozit numunelerine sertlik, çekme ve Charpy darbe testleri uygulanmıştır. Deneyler neticesinde 35 MPa değerinde çekme dayanımı, 4.5 GPa'lık elastisite modülü ve 13 kj/m^2'lik çarpma enerjisi elde etmişlerdir. Deneyler sonucunda elde edilen değerler incelenerek, doğal lif takviyeli kompozitlerin düşük maliyetli mühendislik uygulamaları için cazip olduğu ve özellikle mm^2 başına yüksek sertliğin istendiği durumlarda doğal liflerin cam lifi ile yarışabileceği sonucuna varmışlardır.

Williams ve arkadaşları (2000), takviye malzemesi olarak keten ve kenevir liflerini ve matris malzemesi olarak da soya yağı reçinesini elle yatırma yöntemini kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Üretilen malzemeler çekme, eğilme ve oda sıcaklığında su absorbsiyonu testlerine maruz bırakılmıştır. En yüksek çekme dayanımını 30 MPa ve elastisite modülünü 4.7 GPa olarak belirlemişlerdir. Bulunan değerler sonucunda, geri dönüştürülebilir doğal kompozitlerin düşük maliyetli üretimler için büyük bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Sadıkoğlu ve ark. (2003), atık tekstillerin kompozit malzemelerde kullanımı üzerine çalışmalar yapmışlardır. Takviye elemanı olarak atık kumaşlar (pamuklu dokuma ve pamuklu örme) ve dokuma cam elyafı kullanılarak polyester esaslı termoset kompozitler üretilmişlerdir. Kompozit üretimi elle yatırma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri (çekme, eğilme ve darbe direnci) ASTM standartlarına uygun olarak belirlemişlerdir. Üretilen pamuk takviyeli kompozit numunelerden en yüksek çekme dayanımına sahip

numunenin çekme dayanımını 61.21 MPa aynı numunenin elastisite modülü olarakta 1.3 GPa olarak bulmuşlardır.

Barone ve ark. (2005), tavuk tüylerinden elde ettikleri keratinli tüy liflerini yüksek yoğunluklu polyetilen reçine kullanarak kompozitler elde etmişlerdir. Yöntem olarak lifler ve reçine mikser yardımı ile karıştırıldıktan sonra oluşturulan karışımdan üç numune alınarak teflon kaplamalı alüminyum folyolara sarılarak 5.9 MPa ve 160 ^{o}C de preslenmişlerdir. Presleme işleminden sonra folyolar uzaklaştırılarak numuneler 0.9 MPa basınç altında, 160 ^{o}C de 3 dakika bekletildikten sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakmışlardır. Sonuçta 10 cm x 10 cm x 14 cm ölçülerinde ve 0.3 cm kalınlığında üçgen şeklinde numuneler oluşturmuşlardır. Oluşturulan bu numunelere 2.5 cm/dak. ile 12.7 cm/dak.'lık çekme hızında çekme testi uygulamışlardır. Üretilen kompozitler için malzemenin sertliğini arttırırken çekme özelliklerini düşürdüğünü belirtmişlerdir

Arnold ve ark. (2006), kullanılmış atık kumaşların geri kazanımı üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarında takviye malzemesi olarak atık kumaşların kullanıldığı polimer matrisli kompozit plakalar üretilmiştir. Takviye malzemesi olarak iki adet % 100 polyester ve bir adet % 100 pamuk hammaddeli üç adet farklı düz dokuma formundaki kumaş ve matris malzemesi olarak doymamış polyester reçine kullanılmıştır. Takviye malzemesi olarak kullanılan kumaşlar tek yönlü ve sürekli veya küçük boyutlarda ve gelişi güzel olarak yönlendirilmiştir. Kompozit malzemelerin üretiminde baskı kalıplama yöntemi kullanılmıştır. Plakalar seklinde elde edilen kompozitlerden standartlara uygun olarak çıkarılan numunelerin darbe ve çekme deneyleri yapılmış ve deney sonuçları karşılaştırılmıştır.

Carvalho ve arkadaşları (2007), çalışmalarında hibrid jüt/pamuk takviyeli kompozitlerin çekme mukavemetlerini araştırmışlardır. Bu amaçla farklı jüt ağırlık oranları ve [0], [0/90], [0/90/0], [90/0/90] ve [0/90/0/90] şeklinde farklı oryantasyon açıları kullanılmıştır. Tek yönlü takviyeye sahip [0] oryantasyonlu kompozitlerde takviye malzemesi olan jütün ağırlık oranının değiştirilmesinin malzemenin çekme

mukavemetinde önemli bir değişikliğe yol açmadığı ancak diğer tüm konfigürasyonlarda çekme mukavemetlerinin düştüğü belirtmişlerdir.

Khanam ve arkadaşları (2007), sisal ve artık ipek lifleri kullanarak hibrid kompozit üretmişlerdir. 2 cm uzunluğunda kesilen sisal ve ipek liflerini polyester reçine içerisine katarak kompozit haline getirilmiş ve elde edilen malzemelere ait çekme ve eğilme mukavemetlerini incelenmişlerdir.

Aydemir ve ark. (2008), tekstil döküntülerinin geri dönüşümünün sağlanması için kompozit malzemeler üreterek bunlar üzerine deneyler yapmışlardır.

Müssig ve ark. (2008), pamuk ve rami liflerini kullanarak 800 g/m^3'lük yoğunlukta kumaşlar üretmişlerdir. Daha sonra üretilen kumaşlara iki farklı matris olan epoksi ve PTP (biyolojik bazlı termoset) reçine emdirilerek iki tip kompozit üretilmiştir. Çalışmada kullanılan liflerin kopma mukavemetleri ve üretilen kompozitlerin darbe dayanımları incelenmiştir.

Pothan ve ark. (2008), çalışmalarında NaOH ile modifiye edilen sisal liflerinden ürettikleri kumaşları kullanarak Reçine transfer kalıplama yöntemi ile kompozit malzemeler üretmişlerdir. Reçine transfer kalıplama işlemi proseslerinin üretilen kompozitlerin mukavemeti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, kullanılan reçinenin viskozitesi ve kumaşın yapısının kompozit malzemenin mekanik özelikleri üzerinde etkisini olduğu ancak yöntemde kullanılan basıncın mekanik özelikler üzerinde pek etkisi olmadığını tespit etmişlerdir.

Bledzki ve ark. (2009), takviye olarak abaka ve jüt bitkilerinin lifini ve matris olarak ta polilaktik asit(PLA) ile kompozitler üretmişlerdir. Üretime başlanmadan önce lifler fırında 16 saat 80 ^oC sıcaklıkta nem giderme işlemine tabi tutulmuşlardır. Lifler ve matris 30/70 oranında kullanılmıştır. Çalışma neticesinde gerçekleştirilen testlerde abaka lifli kompozitlerin mekanik özelliklerinin jüt ile yapılan kompozitlerden daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

Pamuk (2009), tez çalışmasında polyester, keten ve pamuk ipliklerden tek askılı ve çift askılı olacak şekilde dokuma kumaş haline getirterek epoksi vinilester ve üretilen kompozitin doğada tamamen çözünebilmesi için polilaktik asit reçinelerini, elle serme yöntemini kullanarak 120 °C sıcaklıkta, 3 saat süreyle 250 kPa preslemiş ve sonuçta dört tabakalı kompozitler oluşturmuştur. Daha sonra bu kompozitlere çekme, basma ve darbe testleri uygulamıştır. PLA reçine ve tek kat örgülü pamuk kumaşla üretilen kompozit ile vinilester ve dört kat kumaşlı pamukla üretilen kompozitin çekme mukavemetleri arasında belirgin bir farklılık olmadığı belirtilmiştir. Sonuç olarak çok yüksek mekaniksel özelliklerin istenmediği ve çevresel faktörlerin önemli olduğu alanlarda, doğada tamamen çözünebilen pamuk/polilaktik asit kompozitin uygun olabileceği belirtilmiştir.

Ghali ve ark. (2011), kabak lifi ve polyester reçine ile kompozit numuneler üreterek mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Yöntem olarak lifleri ve polyester reçineyi karıştırarak bir kalıba yerleştirip daha sonra presleyerek kompozitler üretmişlerdir. Daha sonra bu kompozitlerden 80 mm × 15 mm × 4 mm ölçülerde numuneler keserek 10mm/dk.'lık hızda eğme dayanımını test etmişlerdir. Maksimum dayanımın hacimce % 10 lif içeren kompozitlerde olduğu belirtilmiştir.

Kim ve ark. (2011), % 50 kenaf (1.24 gr/cm^3 yoğunlukta ve 52 mm uzunluğunda) lifi ve % 50 PLA ile arabaların iç tavanını üretmişlerdir. Bu üretimi 0.7 MPa basınç altında 200 °C sıcaklıkta 5 dakika süreyle sıcak presleyerek başarılı bir şekilde üretmişlerdir.

Prakash ve ark. (2012), evlerde kullanılan kahverengi süpürge otundan üretilen süpürge olarak kullanılan malzeme ve epoksi reçine kullanarak kalınlığı 2.5 mm ve çapı 1.2 mm olan disk şeklinde numuneler üretmişlerdir. Ürettikleri bu numunelerin sertlik değerleri, elektrik iletkenlikleri, yoğunlukları ve eğilme dayanımları üzerine testler gerçekleştirmişlerdir. Bu polimer kompozitinin dielektik davranışından, bu malzemenin yüksek değerlikte yalıtım malzemesi olarak pazarlanabilir bir verimliliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Bhoopathi ve ark. (2014), muz-cam elyaf, kenevir cam elyaf ve muz-kenevir cam elyaf takviyeli kompozitleri el ile yatırma metodu kullanarak üretmişlerdir. Üretimi yaparken beş tabakadan oluşan bu hibrit kompozitlerin alt, orta ve en üst tabakalarına cam elyaf, diğer tabakalara da doğal elyafları yerleştirmişlerdir. Reçine olarak ta epoksi kullanmışlardır. Daha sonra oluşturdukları bu hibrit kompozitlere çekme, eğme ve darbe testleri uygulamışlardır. Testler neticesinde sırasıyla muz-cam elyaf için 39.5 MPa, kenevir cam elyaf için 37.5 MPa ve kenevir cam elyaf ve muz-kenevir cam elyaf için ise 28 MPa'lık çekme dayanımı bulmuşlardır. Sonuç olarak muz-kenevir cam elyaf takviyesinin sentetik takviyelere alternatif oluşturabileceğini önermişlerdir.

Mahendran ve ark. (2014), tek yönlü lif eksenine sahip keten kumaşlar ile hopsak denilen ketenin daha kaba örülmüş olan çift yönlü lif eksenine sahip keten kumaşlarına epoksi reçine emdirilerek el ile yatırma metodu ile hazırlayıp, vakum torbasında 24 saat vakumlanarak 1.8-2.3 mm kalınlıklarda kompozit numuneler üretilmiş bu numuneler fırında 15 saat süreyle 80 °C sıcaklıkta kürlendirilmiştir. Lif yönünün ve örgü tipinin kompozitin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Dokuma kumaşın darbe mukavemet değerlerinin, tek yönlü ve çift eksenli yönlendirilmiş liflerden daha düşük olduğu bulunmuştur. 0° lif yerleşim yönünde tek yönlü kıvrımsız kumaş için maksimum eğilme mukavemeti 196 MPa ve elastisite modülü 13.5 GPa olduğunu belirtmişlerdir.

Yükseloğlu ve Çalışkan (2015), atık yün kumaşları artıklarını polyester reçine içerisine % 0.15 kobalt % 1 sertleştirici ve 2 damla geciktirici kullanarak elle yatırma metodu ile 5 adet kompozit numune üretmişlerdir. Daha sonra numuneleri 195 mm x 115 mm x 5 mm boyutlarında köpek kemiği şeklinde hazırlayarak mekanik özelliklerini (izod darbe, çekme mukavemeti) ve termal özelliklerini elde etmek için test etmişlerdir. Çalışma neticesinde, 11.338 MPa'lık çekme dayanımı, 2.56 mm'lik % uzama, 4.76 kj/m^2 'lik çarpma enerjisi ve 0.336 W/mK'lik ısı iletim katsayısı elde etmişlerdir.

Zonatti ve ark. (2015), % 100 pamuktan oluşan bir pantolondan 5x5 cm boyutlarında numuneler keserek ve üç farklı termoset reçine (epoksi, ortoftalik polyester ve poliüretan) kullanarak kompozitler üretilmişlerdir. Ayrıca kullanılan bu üç recineden plakalar üretmiş ve saf reçine ile üretilen kompozitlerin mukavemet değerleri karşılaştırılmıştır. Takviye edilen bu pamuktan oluşan atıkların saf epoksi reçineye göre mukavemetini ve elastisite modülünü yaklaşık 2 kat arttırdığı belirtilmiştir. Ortoftalik polyester reçinesinden yapılmış kompozitler için, saf reçine mukavemetine göre 2 kat, elastisite modülüne göre 3 kat artış gözlendiğini belirtmişlerdir. Poliüretan'ın mukavemeti (16 MPa) ve elastisite modülü yüksek olduğu için poliüretan reçine ile oluşturulan kompozitlerde önemli bir değişiklik gözlenmediğini belirtmişlerdir.

Raju ve ark. (2015), 0.3 mm ile 1 mm çap aralığında öğütülmüş yerfıstığı kabuğu ve vinilester reçine kullanarak kompozitler üretmişler ve bu kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine araştırmalar yapmışlardır. Araştırma sonucunda 19 MPa lık maksimum dayanıma 0.3 mm çapındaki partiküllerin sahip olduğunu, partikül boyutunun artması ile mukavemet değerlerinde düşüşün gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Ramesh ve ark. (2016), takviye malzemesi olarak muz elyafını ve karbon elyafını, muz-karbon oranları; 0-100, 20-80, 40-60, 60-40, 80-20, 100-0 olacak şekilde matris malzemesi olarak da epoksi reçineyi elle yatırma methodunu kullanarak altı farklı kompozit numune üretmişlerdir. Çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti ve darbe mukavemeti gibi mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Muz-karbon takviyeli hibrit kompozitleri saf karbonun mukavemet değerleri ile karşılaştırmak için karbon elyaf takviyeli kompozitler üreterek karşılaştırma yapmışlardır. Saf karbon elyaf takviyeli kompozitlerin maksimum gerilme mukavemeti 288.03 MPa, eğilme mukavemeti 3.12 MPa ve darbe mukavemeti 4.58 J olarak bulmuşlardır. Saf muz lifi için maksimum gerilme mukavemeti 252 MPa, eğilme mukavemeti 1.96 MPa ve darbe mukavemeti 3.28 J olarak bulmuşlardır. Karbon ve muz lifleri ile oluşturdukları kompozitlerin, 277.06 MPa maksimum

gerilme mukavemetine, 3.07 MPa eğilme mukavemetine, 4.36 J darbe mukavemetine 80-20 oranında kullanılan muz karbon elyafında olduğunu saptamışlardır

Müller (2016), araç lastiklerindeki tekstil atıklarının geri dönüşümünün sağlanması ile ilgili yaptığı çalışmada lastiklerin termal ayrışması sonunda elde ettiği poliamidden oluşan tekstil atıklarını epoksi reçine kullanarak kompozit numuneler üretmiştir. Üretilen bu numunelere çekme, basma, kayma ve darbe testleri uygulamıştır. Yapılan testler neticesinde tekstil atıklarının miktarı arttıkça, malzemenin darbe dayanımı, kayma gerilmesi ve kompozitteki adhesiv bağları arttırdığı, ancak çekme dayanımını düşürdüğünü belirtmiştir.

Yaldızci (2016), atık pamuk içerikli tekstil kumaşlarını ve polyester ile polipol 373 reçine karışımını elle yatırma yöntemini kullanarak tekstil atıklarının kompozitlerde değerlendirilebilirliğini araştırmıştır. Ürettiği numunelere çekme, eğme ve darbe testleri uygulamış, elde ettiği sonuçları saf reçine ve atık pamuk kumaşlarla karşılaştırmıştır. Polyester reçine içerisine polipol 373 reçinesi eklenmesi ile numunelerin çekme ve elastisite modülünün düştüğünü, kumaş eklendiği zaman yükseldiği sonucunu elde etmiştir. Polyester reçine içerisine pamuklu tekstil kumaşlar eklenmesi ile eğilme direncinin düştüğü tespit etmiştir. Üretilen numunelerde çekme dayanımı, çekmedeki elastisite modülü, eğilme dayanımı, eğilmedeki elastisite modülü ve darbe direncininin en yüksek değerlerini sırası ile 36.54 MPa, 622.81 MPa ,21.28 MPa, 980.54 MPa, ve 17.45 kj/m^2 olarak bulmuştur. Sonuç olarak bu çalışma ile atık pamuklu dokuma ve atık pamuklu örme kumaşların termoset esaslı kompozit malzemelerin üretilmesinde değerlendirilebileceği belirtmiştir.

Athijayamani ve ark. (2017), ipek otu bitkisinin köklerinden elde ettikleri lifler ile Fenol Formaldehit reçinesini kullanarak hacimce % 10, % 20, % 30, % 40 ve % 50 lif oranına 3 mm, 9 mm ve 15 mm lif boyuna sahip biokompozitler üretmişlerdir. Lif miktarının arttırılması ile oluşturulan kompozitlerin mukavemet değerlerinin arttığını belirtilmişlerdir. Maksimum mekanik özellikleri elde etmek için kritik elyaf

uzunluğu ve optimum fiber miktarı sırasıyla 9 mm ve hacimce % 40 olarak tanımlanmışlardır.

2.1. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

Yapılan literatür araştırmasında, doğal elyaf takviyeli kompozit üretiminde pamuk, jüt ve keten takviyelerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu takviyelerle üretilen kompozitlerle yapılan testler neticesinde yüksek mekanik özellikler gerektirmeyen uygulamalarda cam, karbon aramid gibi takviyelerin yerine kullanılan doğal takviyelerin alternatif oluşturabileceği belirtilmiştir. Bu düşünceyle yapılan bazı önemli çalışmalara ait mekanik özellikler fikir vermesi amacı ile Çizelge 2.1.'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Doğal elyaf takviyeleri ile yapılan önemli çalışmaların özeti

Referans	Takviye	Matris	Çekme dayanımı (MPa)	Basma Dayanımı (MPa)	Eğme Dayanımı (MPa)	Elastisite modülü (GPa)
Garkhail (2000)	Keten	Propilen	35			4.5
Williams (2000)	Keten	Soya yağı	30			4.7
Sadıkoğlu (2003)	Atık Pamuk kumaş	Polyester	61.21			1.3
Bhoopathi (2014)	Muz ve Cam	Epoksi	39.5			
Mahendran (2014)	Keten	Epoksi			196	13.5
Yükseloğlu ve Çalışkan (2015)	Atık yün kumaş	Polyester	11.338			
Yaldızci (2016)	Atık pamuk kumaş	Polyester polipol 373 karışımı	36.54		21.28	0.623

Tekstil atıklarının geri kazanımı düşüncesiyle yapılan çalışmalarda çoğunlukla polyester esaslı atık kumaşlar kullanılmıştır. Sadece birkaç yerde pamuk ve ketenden üretilen tekstil ürünlerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmaların çoğunda epoksi reçine tercih edilmiştir. Tamamen doğada çözünebilen kompozit uygulamalarında ise matris olarak polilaktik asit kullanılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında üzerinde çalışılan, atık tekstil ürünlerinden tensel, viskon modal ve mikro modal ile yapılan kompozit malzemeye rastlanılmamıştır. Bu takviyelerle üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin tespitinin bilime önemli katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

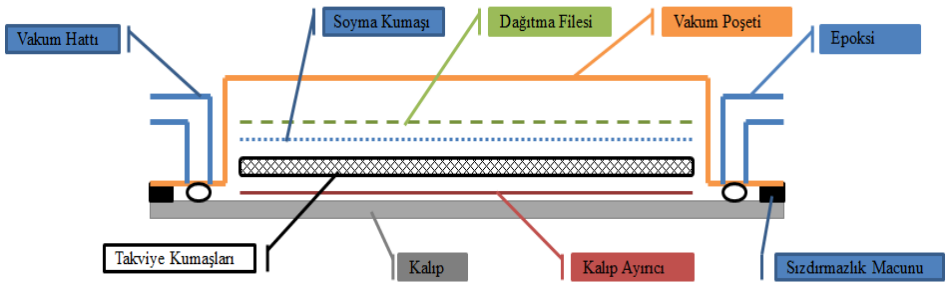
Bu çalışmada üretilen kompozitler için takviye malzemesi olarak % 100 kenevir, % 100 tensel, % 100 modal , % 100 viskon ve % 100 mikro modal hammaddeli beş kumaş, matris malzemesi olarak ise epoksi reçine kullanılmıştır.

Takviye malzemesi olarak kullanılan kumaşlar; tekstil üretimi yapan bir firmadan alınmıştır ve ticari değeri düşük olan tekstil sanayi atıklarıdır. Matris malzemesi olarak bir termoset polimer olan çift bileşenli Araldite LY 564 epoksi ile Aradur 3487 BD sertleştirici kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ekolojik kompozit malzemenin üretilmesi

Bu çalışmada kompozit plakaların üretimi için vakum destekli reçine infüzyon metodu kullanılmıştır. Kompozit plaka üretimi için kullanılan yöntemin şematik görünüşü Şekil 3.1.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1. Vakum destekli reçine infüzyon metodunun şematik gösterimi

Plakalar seklinde elde edilen kompozitlerden ASTM standartlarına uygun ölçülerde kesilen numunelere; çekme, basma ve eğilme deneyleri yapılmış ve deney sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Üretilen kompozitin üretim adımları aşağıdaki gibidir;

1. Aşama: Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi kumaşlar 50 cm x 50 cm boyutlarında kesilerek, üretilecek kompozit plakalar için hazır hale getirilmiştir. Kumaşların çok ince oldukları için kesim yerlerinden kıvrılmaları ve kesim hatalarını önemek amacı ile kesim alanlarına kağıt bant yapıştırılarak kesim yapılmıştır. Kenevir çuval malzemesi çok kalın olduğu için bu numuneden on adet, diğer kumaşlardan ise on beş adet olacak şekilde kesim yapılmıştır. Çizelge 3.1.'de tüm kumaşlara ait bilgiler ile kullanılan epoksi miktarları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Kumaşların kesimi

Çizelge 3.1. Kullanılan kumaş ve epoksi bilgileri

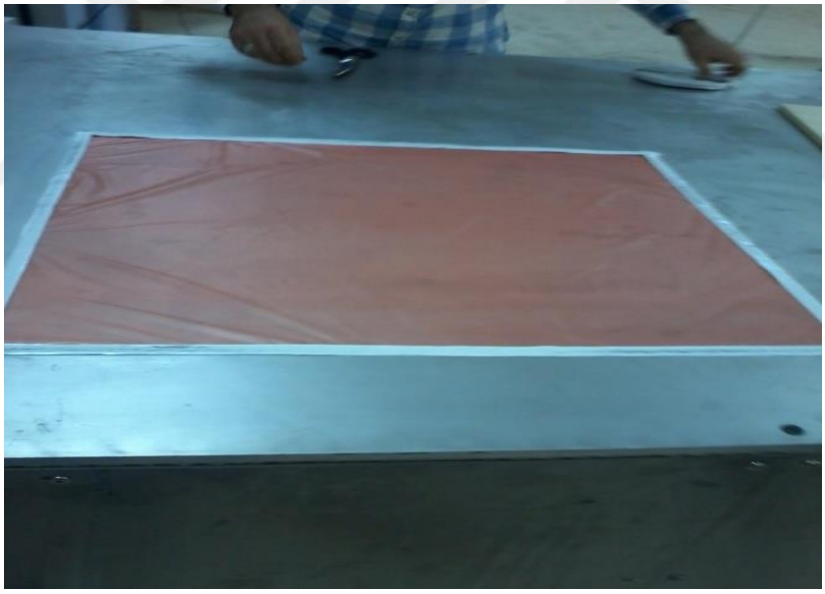
Takviye kumaş	Kumaş Kat Sayısı	Toplam Kumaş Ağırlığı (gr)	Epoksi miktarı (gr)	Sertleştirici (gr)	Kumaş boyutları (cm x cm)
Tensel	15	525	780	260	50x50
Kenevir	10	526	790	263	50x50
Modal	15	528	780	265	50x50
Mikro Modal	15	520	770	263	50x50
Viskon	15	526	790	265	50x50

Kompozit üretim aşamasında kullanılan yardımcı elemanların boyutları Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kullanılan diğer yardımcı elemanların boyutları

Malzemenin Adı	Boyutları (cm x cm)
Kalıp Ayırıcı	65 x 70
Soyma Kumaşı	60 x 60
Yayma Filesi	50 x 50
Vakum Poşeti	70 x 100
Sipiral Hortum	2 Adet x 50

2. Aşama: Şekil 3.3.'te gösterildiği gibi düz zemine kalıp ayırıcı film malzemesi çift taraflı sızdırmaz bantlar yardımıyla sabitlenmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken zeminin kesinlikle temiz olmasıdır. Eğer yüzeyde yağ, toz veya önceden yapılan üretimlere ait kalıntılar varsa temizlenmelidir. Gerek bantların zemine tutunması gerekse ayırıcı filmin zarar görmemesi açısından yapılan ön temizlik oldukça önemlidir.



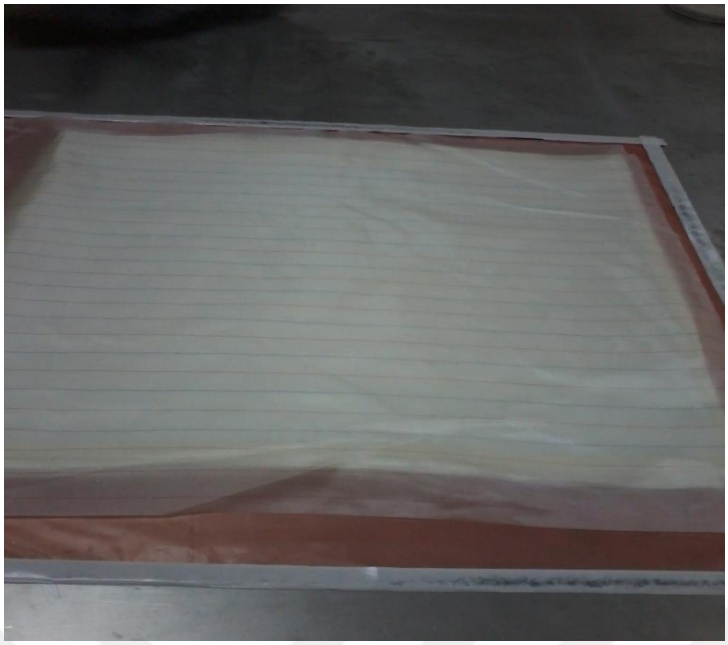
Şekil 3.3. Kalıp ayırıcısının sabitlenmesi

3. Aşama: Şekil 3.4.'te gösterildiği gibi kare şeklindeki kesilen kumaşlar üst üste yerleştirilmiştir. Kumaşların kenarlarındaki kağıt bantlar kumaşta meydana gelebilecek kıvrılmalara karşı çıkartılmamıştır. Kâğıt bantların oluşturulacak kompozite herhangi bir olumsuz etkisi olmadığından kompozitin üretim aşamasından sonra bu kısımlar kesilerek atılmıştır.



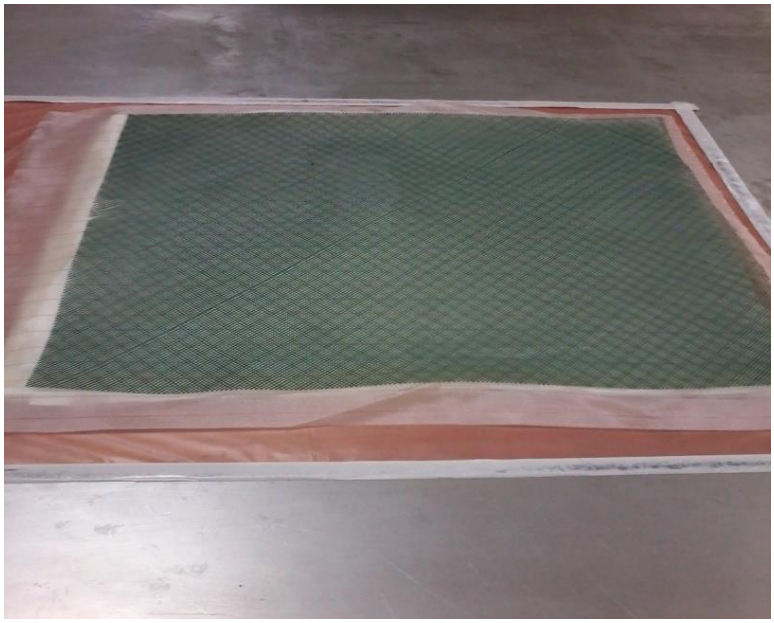
Şekil 3.4. Kumaşların yerleştirilmesi

4. Aşama: Şekil 3.5.'te gösterildiği gibi soyma kumaşı, kesilen kumaşların üzerine yerleştirilmiştir. Soyma kumaşının yerleştirilmesinin birinci amacı üretilen kompozitin yüzeyindeki herhangi bir ikincil işleme (zımparalama, kumlama vs..) gerek kalmadan yüzeyin pürüzlülüğünü arttırarak daha sonraki yapıştırma, boyama vs. işlemlerde adhesiv kuvvetlerin arttırılmasını sağlamaktır. İkinci amacı ise yayma filesi vakum torbası gibi diğer elamanların daha kolay sökülmesine yardımcı olmaktır.



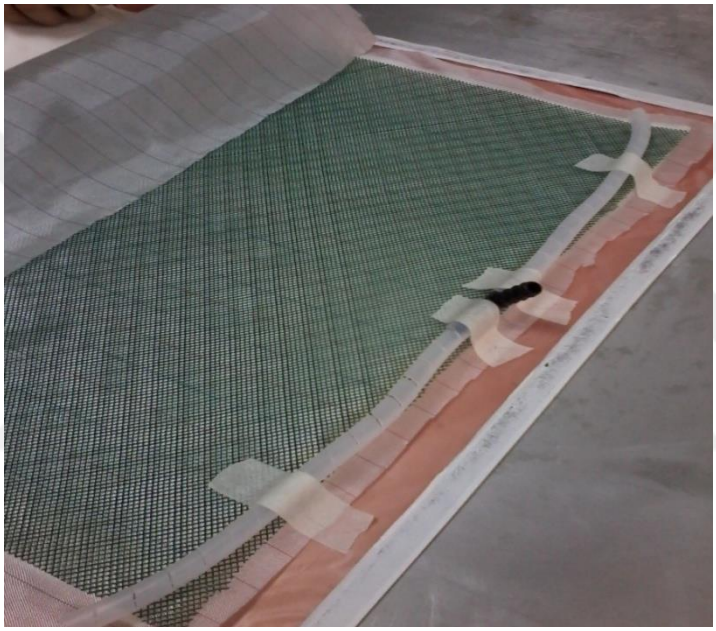
Şekil 3.5. Soyma kumaşının yerleştirilmesi

5. Aşama: Şekil 3.6.'da gösterildiği gibi yayma filesi yerleştirilmiştir. Yayma filesinin yerleştirilmesindeki amaç reçinenin transferi esnasında tüm kumaşlara nüfuz etmesini sağlamak ve fazla reçinenin kolaylıkla çıkış vanasına ulaşmasını sağlamaktır.



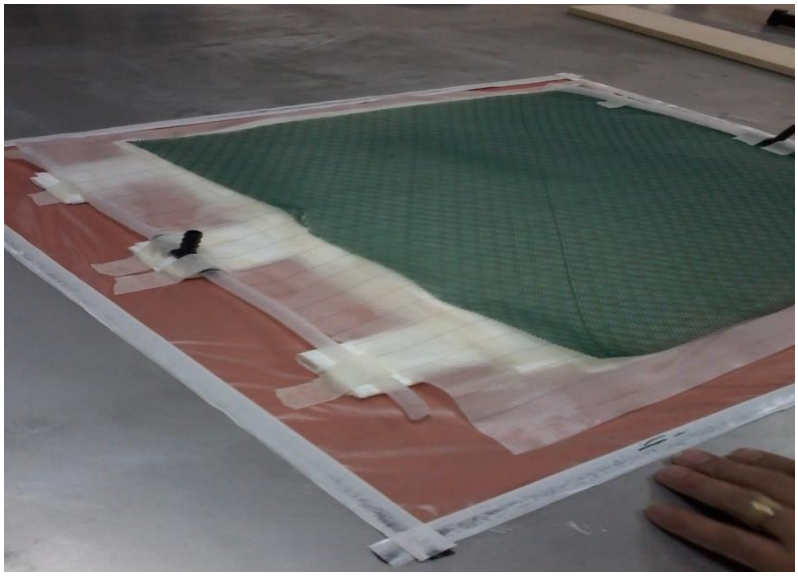
Şekil 3.6. Yayma kumaşının yerleştirilmesi

6. Aşama: Şekil 3.7.'de gösterildiği gibi reçine giriş vanası spiral hotuma sızdırmaz macun ile bağlanarak sabitlenmiştir. Giriş vanasının hava almaması çok önemlidir. Çünkü vana bağlantı noktasından hava sızıntısı olursa üretilen kompozitte hava boşlukları meydana gelebilir. Bu durum kompozitin mekanik özelliklerine olumsuz anlamda etki edebilir. Spiral hortumun kaymaması için kâğıt bant yardımı ile birkaç yerinden sabitleme yapılmıştır. Giriş vanası kumaşların kenarı üzerine sabitlenmiştir. Buradaki amaç reçinenin üretilen kompozitin istenen ölçülerde transferini sağlamaktır.



Şekil 3.7. Reçine giriş vanasının yerleştirilmesi

7. Aşama: Şekil 3.8.'de gösterildiği gibi tıpkı giriş vanasında yapılan işlemler uygulanarak reçine çıkış vanası sabitlenmiştir. Aradaki fark giriş vanası ve spiral hortumun konumudur. Giriş kısmında kumaşların kenarı üzerine sabitlenirken, çıkış kısmında ise kumaşların kenarından yaklaşık 10 cm ilerde ve spiral hortumun altına yaklaşık 2 cm kalınlıkta kağıt peçeteler yerleştirilerek sabitlenmiştir. Kâğıt peçete yerleştirilmesindeki amaç; reçinenin transferi esnasında çıkış vanasından kolayca transfer edilmesini sağlamaktır.



Şekil 3.8. Reçine çıkış vanası

8. Aşama: Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi çift taraflı bandın üst kısımları açılarak bütün hazırlanan katmanların üzerine vakum poşeti yerleştirilmiştir ve çift taraflı macun ile sabitlenerek hava almayacak şekilde dış ortamdan izole edilmiştir. Sabitleme işlemi yapılırken vakum poşetinin fazlalık kısımları kulakçık yapılarak buralardan oluşabilecek sızıntılar önlenmiştir.



Şekil 3.9. Vakum poşetinin yerleştirilmesi

9.Aşama: Şekil 3.10.'da gösterildiği gibi son aşama olarak vakum poşeti ile kapalı olan reçine giriş ve çıkış yerleri açılarak hortumlar sızdırmaz macun ile takılmıştır. Daha sonra vakum giriş hortumu sıkıca kapatılarak çıkış hortumu vakum makinesine takılmış ve vakum uygulandıktan sonra düzenekte hava kaçağı varmı diye konrol edilmiştir. Hava kaçağı tespit edilen yerler sızdırmaz bantla kapatıldı. Epoksi reçineden ortalama 780 gr, setleştiriciden ortalama 260 gram alınarak karıştırıldı. Vakum giriş hattındaki hortum reçineye daldırılarak vakumun etkisi ile reçine kumaşlara emdirilmiştir.



Şekil 3.10. Reçine giriş ve çıkış bağlantılarının ve reçinenin infüzyonu

Reçinelerin tüm takviye kumaşlarına infüzyonundan sonra vakum ortamında sistem 2 saat boyunca 100 ˚C sıcaklıkta kürleşmeye bırakılmıştır. Kürleşme işleminden bir gün sonra vakum poşeti, soyma kumaşı ve yayma filesi soyularak kompozitten uzaklaştırılmıştır. Tüm bu işlemlerin ardından nihai ürün meydana getirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Nihai ürün

3.2.2. Testler

3.2.2.a. Çekme testleri

Bir tasarım uygulanması için kompozit veya herhangi bir başka elemanın kullanılması planlanıyorsa ilk bakılması gereken özellik malzemenin çekme davranışlarıdır. Bu çalışmada çekme testi, üretilen kompozitlerin, kuvvet doğrultusundaki Elastisite modülünü, çekme mukavemetini ve şekil değiştirmesini ölçmek için kullanılmıştır.

Tek eksenli çekmeye maruz bırakılan bir materyalde kuvvetin uygulandığı eksen doğrultusunda sadece normal gerilme oluşur (Şekil 3.12).



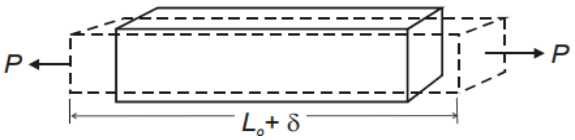
Şekil3.12. Eksenel çekmeye maruz çubuk

Kuvvet doğrultusunda meydana gelen normal gerilme denklem 3.1.'deki gibi bulunur:

$$\sigma = P/A \tag{3.1}$$

Bu denklemde "P" eksenel yükü (N), "A" kesit alanını (mm^2) ve "σ" normal gerilmeyi (MPa) temsil etmektedir. Eksenel yüklemeye maruz kalan bir materyalin boyunda meydana gelen birim şekil değişimi (Şekil 3.13) denklem 3.2 deki gibi hesaplanır.

$$\varepsilon = \delta/L_0 \tag{3.2}$$



Şekil 3.13. Uygulanan kuvvet karşısında şekil değiştirme

Bu denklemde "δ" boydaki değişimi (mm), "L_0" ilk boyu (mm) ve "ε" birim şekil değişimini temsil etmektedir.

Bu çalışmada; çekme testleri ASTM D3039'a uygun olarak 250 mm uzunluğunda, 25 mm genişliğinde ve 2.4 mm kalınlığında olacak şekilde tüm kompozit grupları için hazırlanmıştır.

3.2.2.b. Basma testleri

Basma deneyi, numunelerde burkulma gerçekleşmeyecek şekilde (sisteme yük taşıyamaz duruma gelinceye kadar) sabit bir hızla eksenel bası yükü uygulanarak yapılan bir deneydir. Üretilen kompozitler basma deneylerine maruz bırakılarak malzemelere ait basma dayanımı değerleri elde edilmiştir. Gevrek malzemelerin atomik yapıları nedeniyle çekme ve basma davranışları birbirlerinden farklıdır. Bu çalışmada üretilen kompozit malzemeler gevrek malzeme olduğundan basma dayanımlarının tespiti önemlidir.

Bu çalışmada kullanılan basma aparatı Şekil 3.14.'de verilmiştir. Kullanılan numunelerin genişliği 12.7 mm ve uzunluğu 140 mm olacak şekilde aparata montajı sağlanmıştır. Hazırlanan numunelerle yapılan deneyler sonucunda malzemeye ait basma dayanımı değerleri hesaplanmıştır.

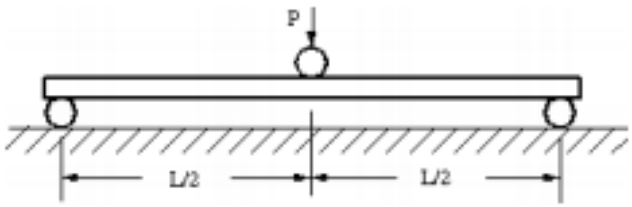


Şekil 3.14. Basma aparatının görseli

3.2.2.c. Eğme testleri

İki ucu serbest olarak desteklenen basit kiriş şeklindeki numunelerin düşey yükleme altındaki şekil değişimleri Eğilme olarak tanımlanır. Standartlarda 3 nokta ve 4-nokta şeklinde iki adet eğilme deneyi mevcuttur. Bu çalışmada 3 nokta eğme deneyi kullanılarak üretilen malzemelerin eğilme dayanımları tespit edilmiştir.

Düşey yüklemeye maruz kirişlerde kiriş ekseni boyunca eğilme momentleri meydana gelir. Ortaya çıkan bu moment kiriş kesitinde normal gerilmeye neden olur. Eğilmeye maruz kirişlerde eğilme momentinin yönüne bağlı olarak kiriş ekseni boyunca çeki ve bası gerilmeleri oluşur. Basit eğilme durumunda kirişin geometrik ağırlık merkezinde normal gerilme oluşmaz. Ağırlık merkezinden uzaklaşıldıkça normal gerilme değeri mutlak değerce lineer bir artış gösterir. Dolayısıyla mutlak değerce en büyük normal gerilmeler yüzeylerde gözlemlenir. Şekil 3.16.'da 3 nokta eğilme deneyi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Eğme deneyinin şematik gösterimi

Eğilme momentinden dolayı kiriş kesitinde meydana gelen normal gerilme denklem 3.3'deki gibi hesaplanır.

$$\sigma = My / I \qquad (3.3)$$

Bu denklemde "M" eğilme momentini (N.mm), "y" ağırlık merkezinden olan uzaklığı (mm), "I" kesitin kendi ağırlık merkezinden geçen yatay eksene göre atalet momentini (mm^4) ve "σ" normal gerilmeyi (MPa) temsil etmektedir.

Bu çalışmada eğilme testleri ASTM D7264'e uygun olarak toplam 100 mm uzunluğunda ve 13 mm genişliğinde olacak şekilde tüm kompozit grupları için

hazırlanmış ve mesnetler arasındaki mesafe standarda uygun olacak şekilde 76.8 mm olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan numunelerle yapılan deneyler sonucunda malzemelere ait eğilme dayanımı değerleri hesaplanmıştır.

3.2.2.d. Isı iletim katsayısı bulma

Farklı sıcaklık bölgelerine sahip bir cisimde, ısının yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine transferi Isı İletimi olarak tanımlanır. Bu transfer Fourier kanununa göre denklem (3.4) deki gibi ifade edilir.

$$Q=kA(\Delta_t/L) \tag{3.4}$$

Bu denklemde "Q" birim zamandaki transfer olan ısı miktarı (Watt), "A" ısı transferine dik yüzey alanı (m^2), "Δ_t" transfer bölgeleri arasındaki sıcaklık farkı birimi Kelvin (^0K), "L" transferin gerçekleştiği yöndeki mesafe (m) ve "k" ısı iletim katsayısı (W/(m.K) dir

Malzemelerin ısıl özelliklerinin bilinmesi, malzemenin kullanıldığı yerde optimum performansa ulaşması konusunda oldukça önemlidir. Mevcut tekniklerle malzemelerin ısıl özellikleri (ısıl iletkenlik katsayısı, özgül ısı, ısıl geçirgenlik) ölçülebilmektedir.

3.2.2.e. Yoğunluk bulma

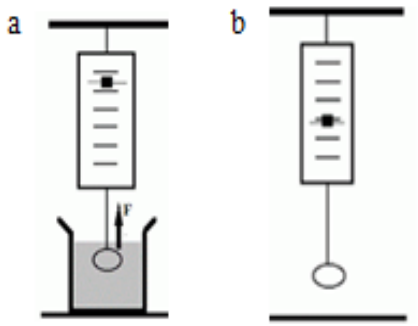
Bu çalışma kapsamında üretilen tüm kompozit malzemelerinin yoğunlukları Arşimet Prensibi ile ölçülmüştür. Arşimet prensibine göre; kaldırma kuvveti, cisim tarafından yer değiştirilen sıvının ağırlığına eşittir ve denklem (3.5) deki gibi hesaplanır.

$$F_k=V_b \times \rho_s \times g \tag{3.5}$$

Burada "F_k" kaldırma kuvvetini, "V_b" batan hacim, "ρ_s" sıvının yoğunluk ve "g" yerçekimi ivmesini belirtmektedir. Üretilen malzemelerin su içine bırakıldığında

tamamen suya battığı gözlemlenmiştir. Bunun anlamı üretilen tüm malzemelerin yoğunluğunun sudan daha fazla olduğudur. Daha sonra malzemelerin yoğunluğu Şekil 3.17.'de gösterildiği gibi iki adımda ölçülmüştür.

1. Adım: Üretilen kompozitler sıvıya bırakarak ağırlık değerleri bulundu.



Şekil 3.17. Yoğunluk bulmanın şematik gösterimi a) Yer değiştiren sıvı kadar kaldırma kuvveti oluşur b) Herhangi bir kuvvet oluşmaz

2. Adım: Malzemelerin normal ağırlık değerleri ölçülmüştür. Buradan kaldırma kuvveti (3.6)'daki gibi olur;

$$F_k = X - Y \tag{3.6}$$

Bu denklemde, "X" malzemenin normal ağırlığı, "Y" malzemenin sıvı içindeki ağırlığı ve "F_k" kaldırma kuvvetini temsil etmektedir. Denklem (3.5) ve denklem (3.6) birbirine eşitlenerek kompozitlerin hacimleri hesaplanır. Buradan denklem (3.7) kullanılarak malzemelerin yoğunlukları tespit edilir.

$$\rho_k = m_k / V_b \tag{3.7}$$

Bu denklemde "ρ_k" bulmak istenilen yoğunluğu (gr/cm^3), "m_k" yoğunluğunu bulmak istenilen malzemenin ağırlığını (gr) ve "V_b" ise denklem (3.5) ten bulunan malzemenin hacmini (cm^3) ifade eder.

3.2.3. Test Numunelerinin kesimi, hazırlanması ve testlerin uygulanması

Üretilen kompozitlerin Çizelge 3.3.'teki belirtilen ölçülerde kesimi yapılarak testler için hazırlanmıştır.

Çizelge 3.3. Testlerde kullanılacak numunelerin boyutları

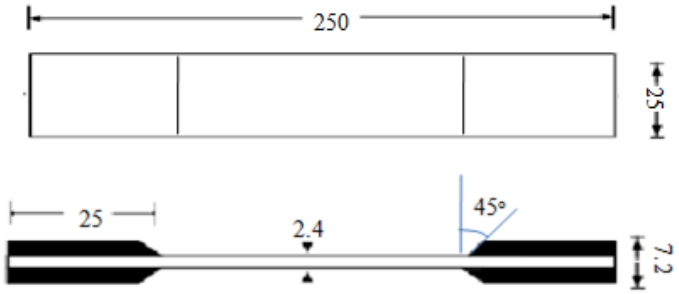
Testin Adı	Test Numunesinin Boyutları
Çekme	250 mm x25 mm kulakçıklar 25 mm x25 mm t=2.4 mm
Basma	140 mm x 12.7 mm t=2.4 mm
Eğme	100 mm x13 mm t=2.4 mm

1. Aşama: Her plakadan ayrı ayrı çekme, basma ve eğme numuneleri ASTM D3039 standartlarına uygun ölçülerde kesilmiştir. Kesim işlemlerine ait görseller Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Kesim aşaması

2. Aşama: Bu aşamada çekme testi için kesilen ve Şekil 3.19.'da gösterilen ölçülerde numunelere çekme testi yapılırken çenelerin tam şekilde tutabileceği şekilde kulakçıklar yapılmıştır. Bu aşamaya ait görseller Şekil 3.20.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Çekme Testi Numunesinin ASTM D3039 Ölçüleri



Şekil 3.20. a) Kulakçığın yapıştırılacağı alanın aşındırılması b) Kulakçıkların yapıştırılması c)Test numunenin son şekli

Basma ve eğmede kullanılacak numuneler kesim esnasında hazırlanmıştır. Bu numunelere ait görseller Şekil 3.21.'de verilmiştir.



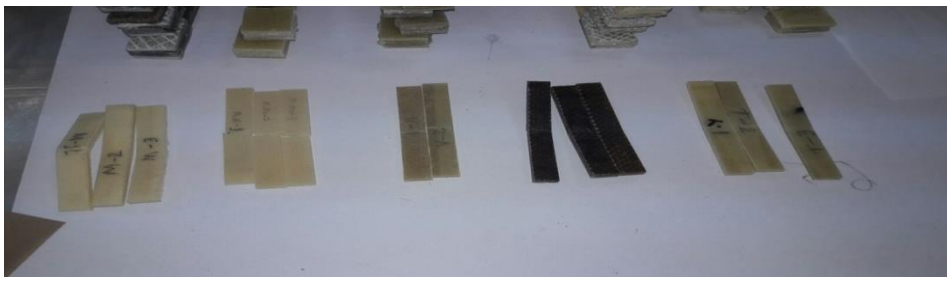
Şekil 3.21.Basma ve eğme deney numuneleri

3. Aşama: Bu aşamada çekme testi için hazırlanan numunelerin testi gerçekleştirilmiştir. Bu deneye ait görseller Şekil 3.22.'de gösterilmiştir. ASTM D3039 standardına göre kesilen kompozit numuneler tek eksenli çekme yükleri altında, 2mm/dak. çekme hızında mekanik özellikleri belirlenmiştir.

a)



b)



Şekil 3.22. Çekme deneyine ait görseller a) Numunesinin yerleştirilmesi ve çekime işlemi b)Test sonrası numunelere ait görseller

4. Aşama: Bu aşamada basma testi için hazırlanan numunelerin testi gerçekleştirilmiştir bu deneye ait görseller Şekil 3.23.'te gösterilmiştir. ASTM D 3410 standardına göre kesilen kompozit numunelerin basma yükleri altındaki mekanik özellikleri, çekme-basma cihazında 0.5 mm/dak. basma hızında belirlenmiştir.

a)

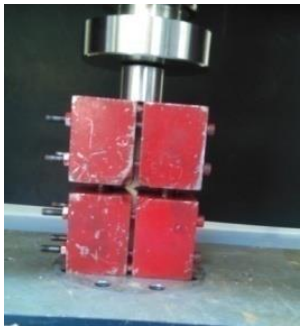


b)



Şekil 3.23. a) Basma Numunesinin yerleştirilmesi b) basma işleminin uygulanışı

Numunelerde burkulma gerçekleşmemesi için aparattaki çeneler arasındaki mesafe 12.7 mm olarak ilgili standarda uygun şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.24.'te görüldüğü gibi burkulma olmadan basmanın tabakalar üzerinde gerçekleştiği, deney şartlarının uygun olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.24. Basma testinden sonra numunede meydana gelen basma

5.Aşama: Bu aşamada eğme testi için hazırlanan numunelerin eğme yükleri altındaki mekanik özellikleri eğme cihazında 1 mm/dak. eğme hızında belirlenmiştir.

Bu deneye ait görseller Şekil 3.26.'da gösterilmiştir. Bu deneydeki amaç üretilen kompozitlerin eğilmeye karşı direncini tespit etmektir.



Şekil 3.26. Eğme deneyinin görselleri

6. Aşama: Bu aşamada numunelerin ısı iletim katsayıları bulunmuştur. Bu deneye ait cihaz ve düzenek görselleri Şekil 3.27.'de gösterilmiştir. Bu deneydeki amaç üretilen kompozitin ısıl koşullardaki davranışını tespit etmektir. ISO ve CEN standartlarına göre bir malzemenin ısı iletim katsayısı 0.065 W/(m.K) değerinden küçükse malzemeler ısı yalıtım malzemesi, ısı iletim katsayısı 0.065 W/(m.K) değerinden büyükse ise yapı malzemesi olarak sınıflandırılır.



Şekil 3.27. Isı iletim katsayılarının bulunması ile ilgili görseller

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Deney Hesaplamaları

Bu bölümde testi gerçekleştirilen malzemelere ait çekme testinde; çekme dayanımı (MPa) ile elastisite modülü (GPa), basma testinde; basma dayanımı (MPa) ve eğme testinde; eğme dayanımı (MPa) hesaplanmıştır.

4.1.a. Çekme dayanımı ve elastisite modülü hesabı

Üretilen malzemelerin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanan çekme dayanımı değeri, gerilme birim uzama diyagramındaki en yüksek gerilme değeri olup, aşağıdaki (4.1)'deki formül ile bulunur.

$$\sigma_ç = P_{max}/A_0 \quad (4.1)$$

Bu bilgiler ışığında kompozitlerden alınan üçer adet numunenin çekme dayanımlarının ortalaması ($\sigma_ç$) Çizelge 4.1.'daki gibidir.

Çizelge 4.1. Çekme dayanımları

MALZEME	$\sigma_ç$ (MPa)
EPOKSİ	61.1420
TENSEL	45.5204
VİSKON	43.1075
MODAL	55.4712
MİCRO MODAL	55.3194
KENEVİR	54.9193

Gerilme birim şekil değiştirme grafiğinin eğimi olarak tanımlanan Elastisite Modülü değeri Hooke Kanunu gereğince denklem (4.2) deki gibi hesaplanır

$$E = \sigma_e / \varepsilon \quad (4.2)$$

Birim şekil değiştirme olan ε değeri denkle (4.3)'ten hesaplanır.

$$\varepsilon = \delta / L_o \quad (4.3)$$

Burada "L_o" ilk boy olup; değeri 200 mm dir. "δ" ise boydaki ortalama değişim miktarıdır.

Tüm bu bilgiler ışığında malzemelerden alınan üçer adet numunenin elastisite modüllerinin (E) ortalaması Çizelge 4.2.'deki gibidir.

Çizelge 4.2. Elastisite modülleri

MALZEME	E (GPa)
EPOKSİ	3.224
TENSEL	160.6458
VİSKON	193.7394
MODAL	139.4619
MİCRO MODAL	268.5678
KENEVİR	391.0079

4.1.b. Basma dayanımı hesabı

Malzemelerin basma yükü altında maruz kaldıkları en yüksek kuvvetin kesit alanına oranı ile ortaya çıkan gerilme değeridir ve denklem (4.4)'deki eşitlik ile hesaplanır.

$$\sigma_b = -(P_{max}/A_0) \quad (4.4)$$

Bu bilgiler ışığında malzemelerden alınan üçer adet numunenin basma dayanımlarının (σ_b)ortalaması Çizelge 4.3.'deki gibidir.

Çizelge 4.3. Basma dayanımları

MALZEME	σ_b (MPa)
TENSEL	45.1672
VİSKON	230.108
MODAL	225.006
MİCRO MODAL	64.7837
KENEVİR	227.982

4.1.c. Eğme dayanımı hesabı

Malzemelerden alınan üçer adet numunenin, üç nokta eğme deneyi sonunda hesaplanan gerilme değerlerinin ($\sigma_{eğ}$) ortalaması Çizelge 4.4.'daki gibidir.

Çizelge 4.4. Eğme dayanımları

MALZEME	$\sigma_{eğ}$ (MPa)
TENSEL	88.4319
VİSKON	81.2921
MODAL	74.9422
MİCRO MODAL	113.383
KENEVİR	96.0816

4.1.d. Isı iletim katsayıları

Her malzemeden alınan dörder adet numune için yapılan ısı iletim ölçümleri sonucunda hesaplanan ısı iletim katsayılarının (k) ortalaması Çizelge 4.5.'daki gibidir.

Çizelge 4.5. Isı iletim katsayıları

MALZEME	k (W/mK)
EPOKSİ	0.3024
TENSEL	0.3692
VİSKON	0.3528
MODAL	0.3676
MİCRO MODAL	0.3789
KENEVİR	0.3695

4.1.e. Yoğunluk değerleri

Her malzemeden alınan üçer adet numune için hesaplanan yoğunluk (ρ) değerlerinin ortalaması Çizelge 4.6.'deki gibidir

Çizelge 4.6. Yoğunluk değerleri

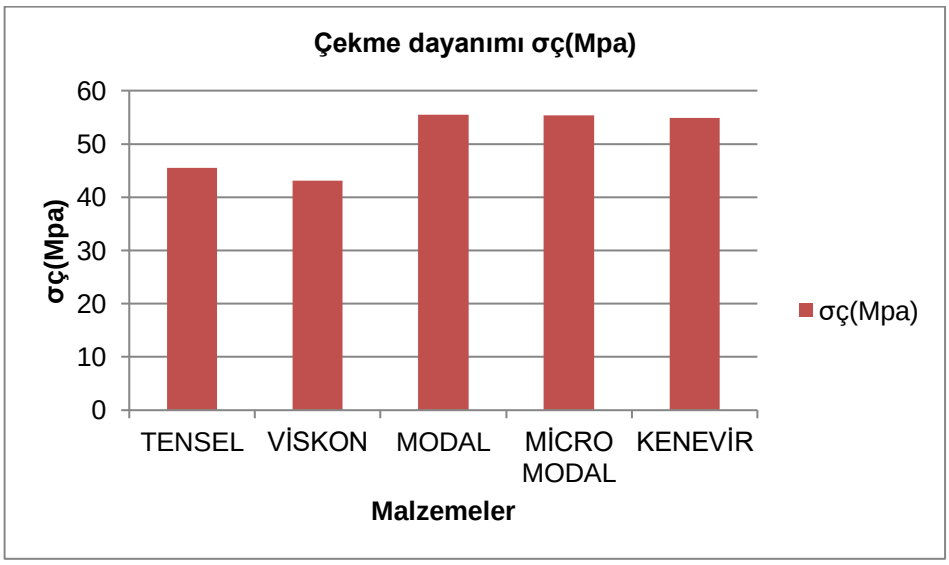
MALZEME	ρ (gr/cm$^{3)}$
EPOKSİ	1.391291
TENSEL	1.125171
VİSKON	1.189329
MODAL	1.179879
MİCRO MODAL	1.260771
KENEVİR	1.315260

4.2. Deney Grafikleri

4.2.a. Çekme dayanımı grafiği

Numunelerin çekme dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.1) en yüksek değerin modal'a (55.47 MPa) ait olduğu anlaşılmıştır. Kendi aralarında sıralama yapılacak olursa;

MODAL>MİCRO MODAL>KENEVİR>TENSEL>VİSKON şeklindedir.

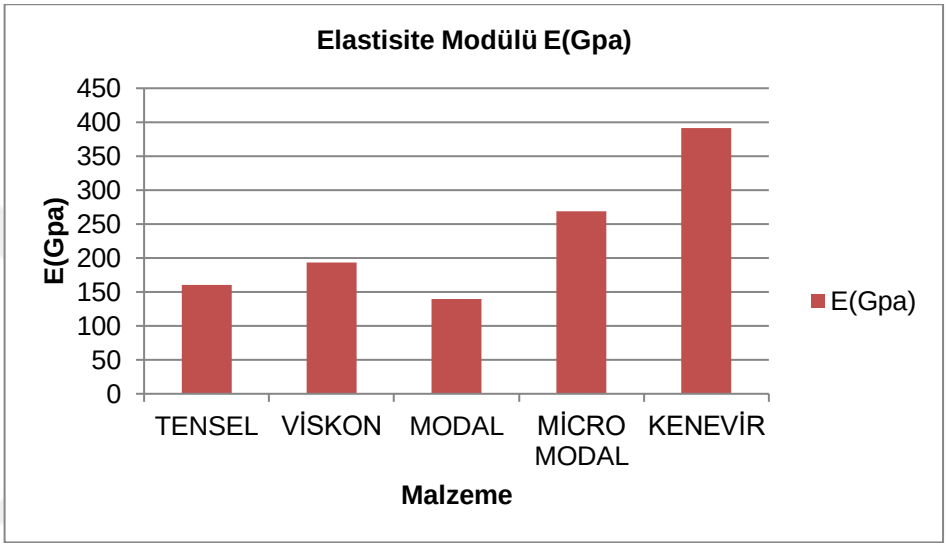


Şekil 4.1. Çekme dayanımı

4.2.b. Elastisite modülü grafiği

Numunelerin elastisite modülleri incelendiğindeen yüksek değerin kenevir (391 GPa)'de, en düşük değerin ise modal'da (139 GPa) olduğu görülmüştür (Şekil 4.2). Kendi aralarında sıralama yapılacak olursa;

KENEVİR>MİCRO MODAL>VİSKON>TENSEL>MODAL şeklindedir.

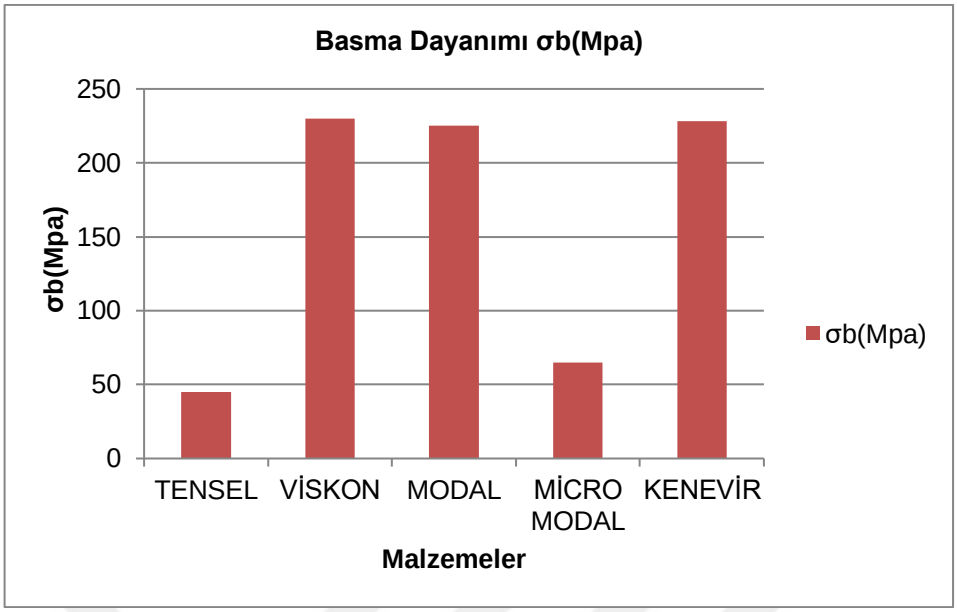


Şekil 4.2. Elastisite modülü

4.2.c. Basma dayanımı grafiği

Numunelerin basma dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.3) en yüksek değerin viskon (230 MPa) numunesinde olduğu gözlenmiştir. Kendi aralarında sıralama yapılacak olursa;

VİSKON>KENEVİR>MODAL>MİCRO MODAL>TENSEL şeklindedir.

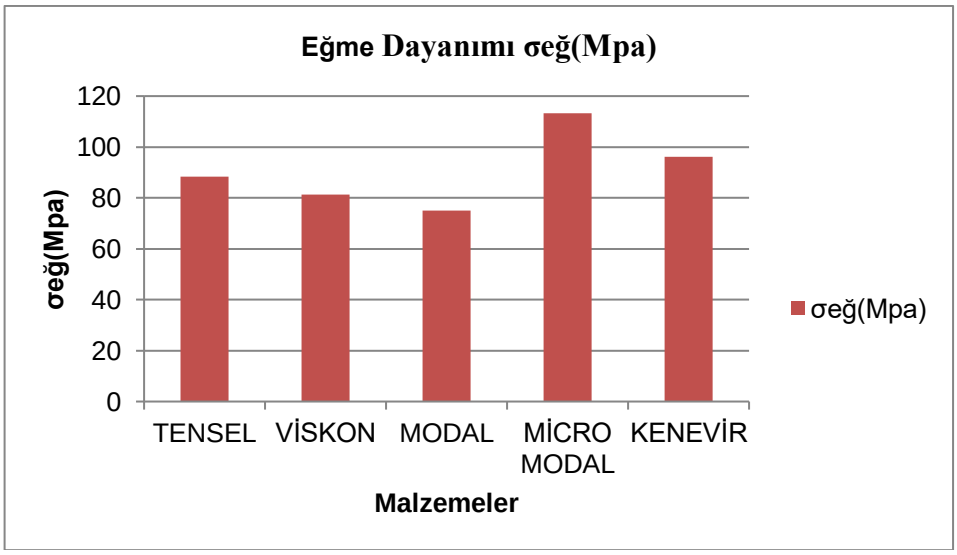


Şekil 4.3. Basma dayanımı

4.2.d. Eğme dayanımı grafiği

Numunelerin eğme dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.4) en yüksek olan mikro modal (113 MPa), en düşük olan ise modal (74 MPa) olduğu gözlenmiştir. Kendi aralarında sıralama yapılacak olursa;

MİCRO MODAL > KENEVİR > TENSEL >VİSKON>MODAL şeklindedir.

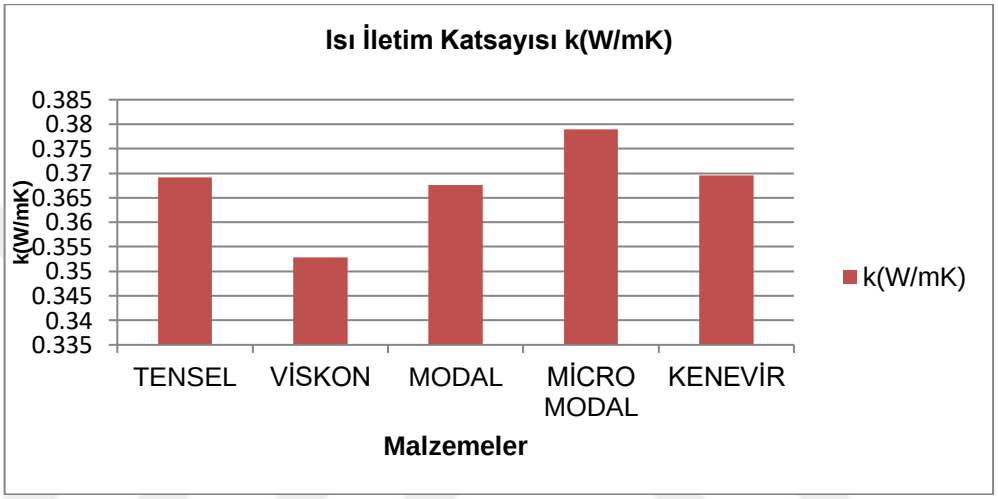


Şekil 4.4. Eğme dayanımı

4.2.e. Isı iletim katsayıları grafiği

Numunelerin ısı iletim katsayıları incelendiğinde (Şekil 4.5) en yüksek olan mikro modal (0.3789 W/mK), en düşük olan ise viskon (0.3528 W/mK) olduğu gözlenmiştir. Kendi aralarında sıralama yapılacak olursa;

MİCRO MODAL >KENEVİR >TENSEL>MODAL>VİSKON şeklindedir.

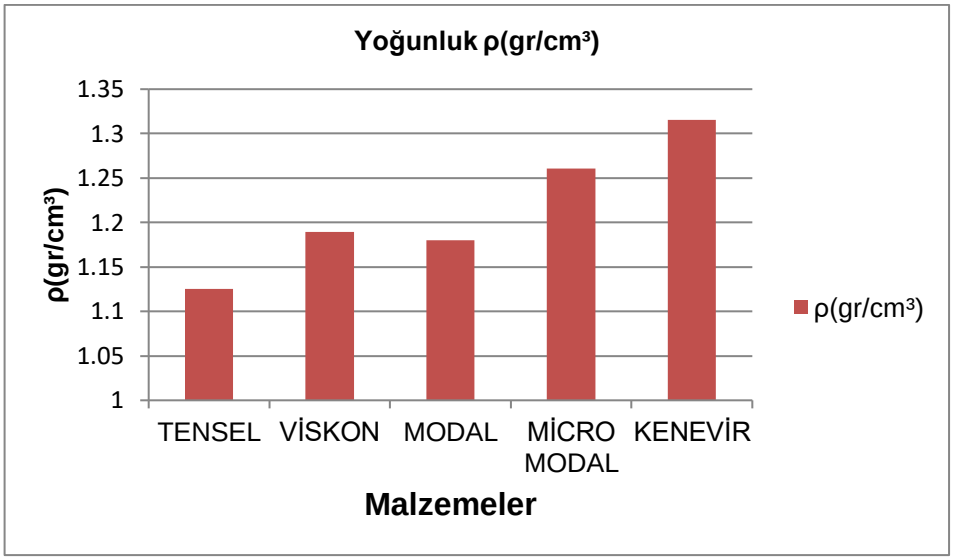


Şekil 4.5. Isı iletim katsayıları

4.2.f. Yoğunlukların grafiği

Numunelerin yoğunlukları incelendiğinde (Şekil 4.6) en fazla yoğunluğa kenevirin (1.32 gr/cm³) sahip olduğu anlaşılmıştır. Kendi aralarında sıralama yapılacak olursa;

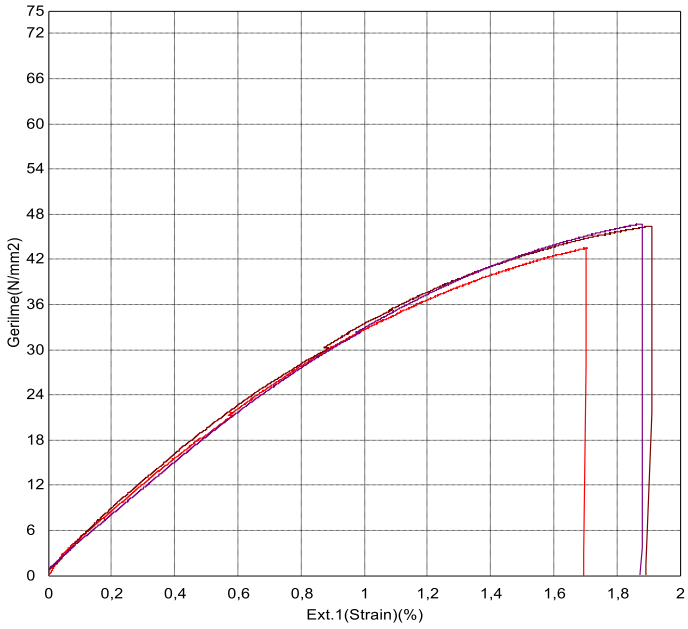
KENEVİR > MİCRO MODAL > VİSKON > MODAL > TENSEL şeklindedir.



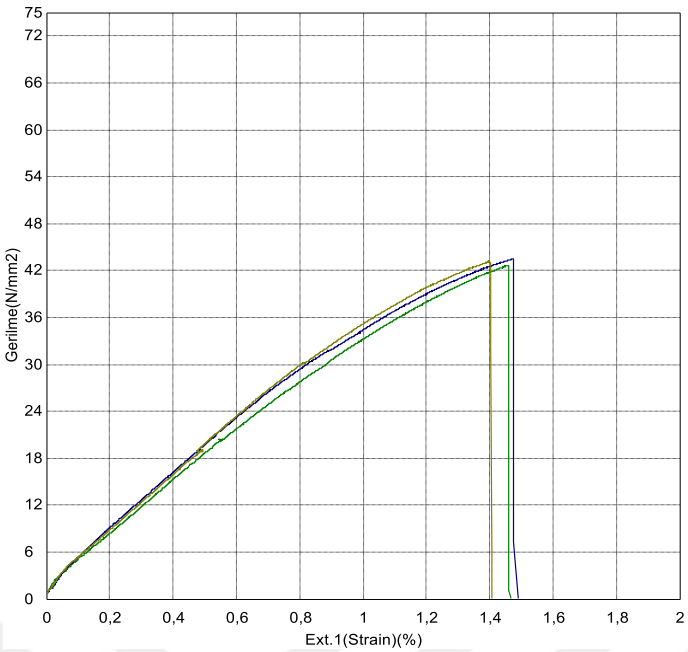
Şekil 4.6. Yoğunluklar

4.3. Çekme Grafikleri

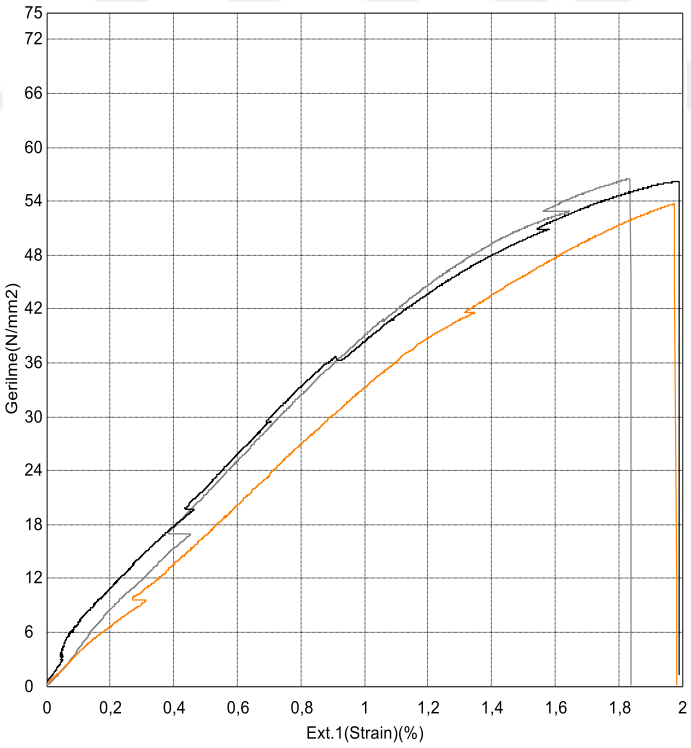
Bu kısımda Şekil 4.7.'den Şekil 4.11.'e kadar elde ettiğimiz Çekme dataları çizgisel grafik olarak gerilme-deformasyon şeklinde gösterilmiştir.



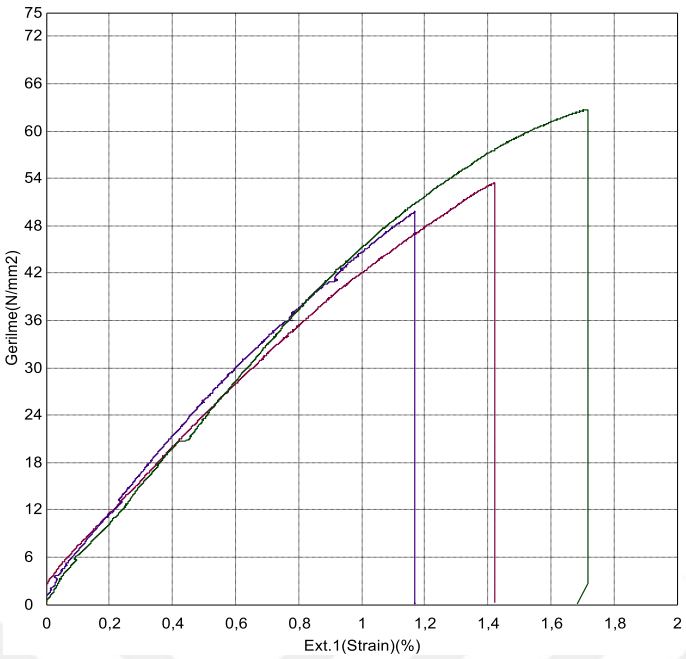
Şekil 4.7. Tensel numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği



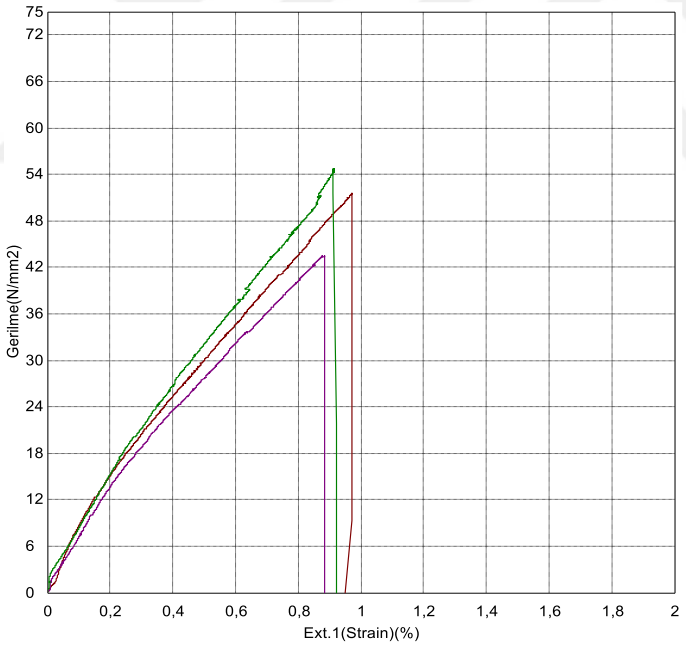
Şekil 4.8. Viskon numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği



Şekil 4.9. Modal numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği



Şekil 4.10. Mikro-Modal numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği



Şekil 4.11. Kenevir numunelerine ait gerilme-deformasyon grafiği

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bioliflerden üretilmiş atık tekstil kumaşların, kompozit malzemelerde takviye elamanı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması konulu yüksek lisans tez çalışması kapsamında tensel, viskon, modal, mikromodal ve kenevir liflerinden üretilmiş kumaş formdaki tekstil atıkları; epoksi reçine kullanılarak vakum destekli reçine infüzyon metodu ile başarılı bir şekilde kompozit numuneler üretilmiştir.

Kullanılan tensel, modal, viskon ve mikromodal kumaşlar organik kumaş üretimi yapan bir fabrikanın atıklarından; kenevir kumaşlar ise pamuk ticareti ile uğraşan bir çiftçiden (pamuklar kenevirden üretilmiş çuvallarda muhafaza ediliyor) bedelsiz olarak temin edilmiştir.

Üretilen kompozitlerin ısı iletim katsayıları ile yoğunlukları bulunmuştur. Ayrıca bu kompozitlerin mekanik özellikleri çekme, basma ve eğme deneyleri ile tayin edilmiştir. Bulunan bu özellikler şöyle özetlenebilir:

1. Çekme deneyi sonunda numunelerin çekme dayanımının oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Burada ilginç olan ise Mikro modal ve modalın çekme dayanımlarının benzer olduğu sonucudur. Aralarındaki fark dikiş sıklığıdır. Mikro modalın dikiş sıklığı modaldan daha fazladır. Buradan çıkarılacak sonuç modal numunesi için dikiş sıklığı arttıkça çekme dayanımının değişmeyeceğidir

2. Tüm numunelerin çekme dayanımı epoksinin (61 MPa) çekme dayanımından düşük çıkmıştır. Kullanılan takviyelerin çekme dayanımını düşürdüğü sonucuna ulaşılabilinir.

3. Elastisite modülü bir malzemenin esneyebilirliğinin bir ölçüdür. Tüm numunelerin elastise modülü epoksiden (3.22 GPa) fazladır Keneviri, (391 GPa) çelikle (200 GPa) kıyaslayacak olursak; yaklaşık iki katı oranında bir elastisite modülünün

olduğu görülür bunun anlamı aynı yüklemede çeliğin kenevirden iki kat daha esnek davranmasıdır.

4. Modalın elastisite modülü (139 GPa) mikro modalınkinden (268 GPa) daha düşük olduğu elde edilmiştir. Buradan varılan sonuç; modal için dokuma sıklığı arttıkça esnekliğin azalacağıdır.

5. Viskon'un elastisite modülü (193 GPa) yaklaşık olarak çeliğinkine (200 GPa) yakın olduğu anlaşılmıştır

6. Çekme grafikleri incelendiğinde tüm malzemelerin belirgin bir plastik deformasyona uğramadan gevrek kopma davranışı gösterdiği anlaşılmıştır. En yüksek rezilyansın ise modal numunesinde olduğu görülmüştür. Bunun anlamı elastik bölgede uygulanan kuvvete karşı absorbe ettiği enerji miktarı en fazla olmasıdır.

7. Çekme numunelerinin mekanik davranışlarını incelendiğinde benzer sonuçlar, benzer grafikler olduğunu görülür. Bu da malzemelerin homojen yapıda olduğunun göstergesidir.

8. Basma dayanımları incelendiğinde modal (225 MPa) numunesinin basma dayanımı mikro modal (64 MPa)'ın yaklaşık 4 katı olduğu görülmüştür. Burada enteresan olan dokuma sıklığının çekme dayanımını değiştirmemesine rağmen basma dayanımını azaltmasıdır. Bunu şöyle izah edebiliriz mikro modalda dikişlerin, numune basılırken iç yapıda boşluklar kapandıktan sonra deformasyonun gerçekleşmesi ile açıklanabilinir. Yani mikro modalda dokuma sıklığı fazla olduğu için bu boşlukların kapanması daha çabuk olacak ve deformasyon daha düşük değerlerde gerçekleşecektir. (Tıpkı beton'un çekme ve basma özellikleri gibi).

9. Modal'da dokuma sıklığının eğme dayanımını arttırdığı görülmüştür.

10. Bütün numunelerin ortalama ısı iletim katsayıları ortalama 0.36 W/mK civarında ölçülmüştür. Bu değer epoksi reçinenin (0.31 W/mK) ısı iletim katsayısına çok yakın bir değerdir. Buradan çıkarılan sonuç kullanılan tekstil ürünlerinin ısı iletim katsayısını çok fazla bir etkisinin olmadığıdır.

11. Yoğunlukları karşılaştırdığında en fazla yoğunluğa kenevirin(1.32gr/cm^3) sahip olduğu anlaşılmıştır. Epoksi reçinenin (1.39 gr/cm^3) yoğunluğu ile kıyaslandığında tüm numunelerin yoğunluğunun epoksiden düşük çıktığı görülmüştür.

Sonuç olarak cam, karbon gibi elyafların kompozit üretimindeki üstünlüğü karşısında bu çalışmada üretilen ekolojik kompozitlerin alternatif oluşturacağı söylenemez. Fakat çekme ve basma dayanımları açısından diğer ekolojik kompozitlerle karşılaştırıldığında çokta düşük olmayan sonuçlar elde edilmesi yüksek mekanik özellikler gerektirmeyen (masa sehpa süs eşyaları vb) uygulamalarda kullanılabilineceği gibi, Kim ve ark. (2011) yaptığı çalışmada ki gibi bir araç tavanı tasarlanabilinir (Şekil 5.1). Üretilen kompozitlerde takviye elamanlarına herhangi bir bedel ödenmediği için üretilen kompozitler daha uygun maliyette olacaktır.



Şekil 5.1. Kenaf/PLA kompozitten tasarlanan arabanın iç üst tavanı (Kim 2011)

5.1. Öneriler

Yapılan tez çalışması kapsamında bazı önerileri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Kullanılan kumaşlar çok ince olduğu için kesim esnasında kenarlardan kıvrılarak rulo haline geldiğinden dolayı çalışmada çeşitli zorluklar yaşanmıştır. Bu problemi aşmak için kumaşlar kesim yerlerinden bantlanmıştır. Bu işlem çok zaman kaybettirmiştir. Bu sorunun giderilmesine alternatif olarak kesimlerin terzilerde bulunan özel kesim makineleri ile kesilerek ve kesim yerlerinden overlok yapılarak giderilebilinir.

2. Kullanılan kumaşlar 0^0 veya 90^0 lif oryantasyonuna sahiptir. Farklı oryantasyonların ($30^0/45^0/60^0$ gibi) etkisi ayrıca araştırılabilir.

3. Kumaş katları azaltılarak veya arttırılarak yada kumaş katları farklı farklı yerleştirilerek (Örneğin bir kat kenevir diğer kat mikro modal vs..) mekanik özellikleri araştırılabilir.

4. Tekstil atıklarının normal üretimin yüzde kaçı olduğu ve bu atıkların kaçta kaçının biyolojik atık olduğunu, bu atıkların ne kadarının geri dönüşüm amacıyla kullanıldığını tespit etmek için tekstil fabrikaları ile anketler düzenlenebilinir. Ayrıca belediyeden geri dönüşüm kutularına tekstil atıkları için ayrı kutular oluşturması talep edilebilinir. Çiftçilerin kullandığı ve işleri bittikten sonra çöpe attıkları pamuk çuvalları için küçük çaplı bilgilendirme toplantıları yapılarak bu çuvalların toplanabileceği ayrı geri dönüşüm çöp kutuları temin edilebilinir.

5. Üretilen kompozitlerde dikiş sıklığının mekanik özelliklere etkisini inceleyebilmek için mikro viskon mikro kenevir gibi ürünler temin edilerek işlemler tekrarlanabilinir.

6. Kullanılan reçine türü değiştirilerek kompozitin özelliklerinin nasıl değiştiği araştırılabilir. Örneğin epoksi reçine yerine polilaktik asit kullanılarak % 100 geri dönüştürülebilen numuneler üretilip mekanik davranışları araştırılabilir.

7. Son zamanlarda otomobillerin iç panellerinde bitkisel kökenli elyaf takviyeli kompozitler kullanılmaktadır. Bir otomobilin iç panellerinin geometrisi tespit edilerek bu geometriye uygun parçalar, bu çalışmada kullanılan elyaflar ile kompozit formda üretilerek alternatif oluşturabilirliği araştırılabilir.

KAYNAKLAR

ANONİM, 18 Mayıs 2016. Tekstil Bilgi Portalı, Türkiye, (https://www.tekstilbilgi.net/tencel-nedir.html).

ANONİM, Ağustos 2015. Mercedes Benz S Class Enviromental Certificates Daimler Firması Ana Sayfası, (https://www.daimler.com).

ANONİM, Eylül 2017 Karsu Textil Ana Sayfası, (https://www.daimler.com)

ARNOLD,J.C., O'BRİEN,F., and MOODY,M., 2006. All Polymer Composites from Recycled Woven Polypropylene Fabrics And Polyethylene Film. Journal of Polymer Engineering Science, 46:1523–1529.

AYDEMİR,K., TUNGA,İ., KARALAR,V. and BAKAN,M., 2008 Tekstil Döküntülerinden Kompozit Malzeme Üretimi ve Fiziksel Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Lisans Tezi.

ATHİJAYAMANİ, A., SEKAR, S., SİDHARDHAN, S. and RAMANATHAN, K., 2017. Mechaical Properties of Randomly Oriented Calotropis Gigantea Fiber-Reinforced Phenol Formaldehyde Biocomposites.Journal of Advances in Chemistry, 13(11): 6043-6050.

BARONE, J. R., SCHMİDT, W. F. and LİEBNER, C. F. E., 2005. Compounding and Molding of Polyethylene Composites Reinforced with Keratin Feather Fiber. Composites Science and Technology, 65(3): 683-692.

BHOOPATHİ, R., RAMESH, M., and DEEPA, C., 2014. Fabrication and Property Evaluation of Banana-Hemp-Glass Fiber Reinforced Composites. Procedia Engineering Elsevier, India, 2032-2041.

BLEDZKİ, A. K JASZKİEWİCZ, A. and SHERZER D. 2009. Mechanical properties of PLA composites with man-made cellulose and abaca fibres, *C*omposites Part A, 40: 402-410.

CARVALHO, L.H.,SOUZA G.C. ve ALMEİDA J. R. M. 2007. Hybrid jute/cotton fabric- polyester composites: effect of fabric architecture, lamina stacking sequence and weight fraction of jute fibres on tensile strangth, Plastic, Rubber and Composites, 36 (4): 155-160.

GARKHAİL, S.K, HEİJENRATH R.W.H. ve PEİJS, 2000. Mechanical Properties of Natural-Fibre-Mat-Reinforced Thermoplastics Based On Flax Fibres and Polypropylene. Applied Composite Materials, 7: 351-370.

GHALİ, L., MSAHLİ, M., ZİDİ, M. and SAKLİ, F., 2011. Effects of Fiber Weight Ratio, Structure and Fiber Modification onto Flexural Properties of Luffa-Polyester Composites. Advances in Materials Physics and Chemistry, 1(3): 78-85.

JONES, R. M., 1999. Mechanics of Composite Materials. Taylor & Francis, ABD, 200s.

KHANAM, P.N., REDDY, M.M.,MRAGHUK, K.,JOHN, K. ve NAİDU, S. V. 2007. Tensile, flexural and compressive properties of sisal/silk hybrid composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 26 (10): 1065-1069.

KİM, H. LEE, B. CHOİ, S. 2011.Sustaınable Bio Composites For Automotive Interior Parts.18 th International Conference On Composite Materials, 23 Ağustos, Kore, 151-920s.

MAHENDRAN, A. R., WUZELLA, G., PİCHLER, S. and LAMMER,H., 2014. Study on Mechanical Properties of Flax Fibre Textile Reinforced Composites Fabricated Using Bio-Based Epoxy Resin Matrix. Journal of Composites and Biodegradable Polymers, 2(2): 57-63.

MAZUMDAR, S. K. 2002. Composites Manufacturing, Materials, Product, and Procces Engineering. CRC Press, ABD, 300s.

MUSSİNG, J., 2008. Cotton fibre reinforced thermosets versus ramie composites: a comporative study using petrochemical and agro-based resins. Journal of Polymers and Environment, 16 (2*)*:94-101.

MÜLLER, M., 2016. Mechanical properties of composite material reinforced with textile waste from the process of tyres recycling. Research in Agricultural Engineerin, 62(3): 99-105.

PAMUK, G., 2009. Düz Örme Makinelerinde Üretilebilen Örme Kumaş Takviyeli Kompozitlerin Mekaniksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma.Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 141s.

POTHAN, L.A., MAİ, Y. W, THOMAS, S. ve Lİ, R. K. Y., 2008. Tensile and flexural behavior of sisal fabric/polyester textile composites prepared by resin transfer moulding technique. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 27(16-17): 1847- 1865s.

PRAKASH, J.AND MİSHRA, S. C., 2012. Processing and Properties of Natural Fiber-Reinforced Process Engineering, ABD: CRC Press, 41-68.

RAJU, G. U., KUMARAPPA, S. and GAİTONDE, V. N., 2015. Study on Effect of Process Parameters on Tensile Properties of Groundnut Shell-Vinyl Ester Composites: Analysis Using Design of Experiments. International Journal of Materials Science and Engineering, 3(3): 193-207.

RAMESH, M., LOGESH, R., MANİKANDAN, M., KUMAR, N. S., PARATAP, D. V., 2016. Mechanical and Water Intake Properties of Banana-Carbon Hybrid Fiber ReinforcedPolymer Composites. UFSCar - Dep. de Engenharia de MateriaisRod. Washington Luiz., km 23513565-905 - São Carlos – SP, 365-376.

ROSATO, D. V. 1997. Designing with reinforced composites: Hanser Gardner Publications.

SADIKOĞLU,T., ŞIKIM,Ç., GÜLERYÜZ,C. and ERYÜREK, B. 2003. Uses of Polyester Waste Fiber in Composite Materials. Journal of Scientific and Industrial Research, 62:462-467s.

WİLLİAMS, G. I. ve WOOL, R. P., 2000. Composites from Natural Fibers and Soy Oil Resins. Applied Composite Materials, 7(5-6), 421–431.

YALDİZCİ, E.Ş., 2016.Kumaş Atıklarının Polyester Esaslı Kompozit Malzeme Üretiminde Değerlendirilmesi. Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş, 51s.

YÜKSELOĞLU, S. M. and ÇALIŞKAN M.,2015.Mechanical and Thermal Properties ofWool Waste Fabric Reinforced Composites. Journal of Textiles and Engineer, 22(97): 14-20.

ZONATTİ, W. F., GUİMARAES, B.M.G., DULEBA, W. and RAMOS, J.B., 2015. Thermoset Composites Reinforced With Recycled Cotton Textile Residues. Textiles and Clothing Sustainability, 1(1): 1-12.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Zeki İLİK

Uyruğu : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : Araban/GAZİANTEP

Telefon : 5442634080

Faks :

e-mail : zeki020@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Araban Lisesi/Araban/GAZİANTEP	**2000**
Üniversite	:Harran Üniversitesi, MühendislikFakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Merkez/Şanlıurfa	**2015**
Yüksek Lisans	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2008-2011	GES(Genel Elektrik Sistemleri Yapım ve Mühendislik A.Ş)	Mekanik Ustası

UZMANLIK ALANI

Makine Mühendisliği Mekanik,Malzeme Bilimi,Enerji.

YABANCI DİLLER: Orta Derecede İngilizce