

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞAL/SENTETİK KARMA KOMPOZİTLERİN  
ÇEKME VE EĞİLME ÖZELLİKLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Serhat CAN**

**Temmuz, 2016**

**İZMİR**

# **DOĞAL/SENTETİK KARMA KOMPOZİTLERİN ÇEKME VE EĞİLME ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon-İmalat Programı**

**Serhat CAN**

**Temmuz, 2016**

**İZMİR**

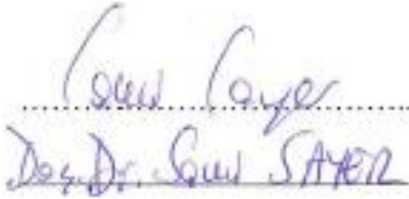
## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SERHAT CAN, tarafından DOÇ. DR. ÇİÇEK ÖZES yönetiminde hazırlanan “DOĞAL/SENTETİK KARMA KOMPOZİTLERİN ÇEKME VE EĞİLME ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Çiçek ÖZES


Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bana daima yardımcı olan, her aşamada bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Çiçek ÖZES' e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Deney çalışmalarımın dikkatli ve sağlıklı yürütülmesi konusunda yardımlarını esirgemeyen asistan Sayın Araş. Gör. Akar DOĞAN' a çok teşekkür ederim. Her zaman hoşgörülü ve yardımsever olduklarından dolayı başta Zuhal TEMİZ olmak üzere tüm Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım süresince maddi ve manevi destekleri ile her daim yanımda olan en kıymetli varlığım aileme teşekkürlerimi sunarım.

Serhat CAN

# DOĞAL/SENTETİK KARMA KOMPOZİTLERİN ÇEKME VE EĞİLME ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

## ÖZ

Polimerlerin endüstriyel uygulamalarda kullanılması günden güne artış göstermektedir. Ancak polimerlerin istenilen özellikleri tek başlarına karşılayamaması sebebiyle kompozit malzeme üretmek için farklı liflerle desteklenmektedir.

Bu çalışmada selüloz esaslı jüt lifinden dokunmuş “jüt kumaş” ve protein esaslı yün lifinden dokusuz kumaş “keçe” ve cam dokuma kumaş kullanılarak üretilen karma kompozitlerin mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla çekme ve üç nokta eğme testleri yapılmıştır. Jüt kumaş/cam dokuma kumaş takviyeli, yün keçe/cam dokuma kumaş takviyeli ve jüt kumaş/yün keçe/cam dokuma kumaş takviyeli olmak üzere Vakum İnfüzyon yöntemi ile üç farklı tipte kompozit imal edilmiştir.

Yapılan çekme deneyleri sonucunda, kompozitlerin kopma gerilmeleri ve elastisite modülleri belirlenmiştir. Üç nokta eğme deneyi ile eğilme gerilmeleri, eğilme miktarları ve eğilmedeki elastisite modülleri belirlenmiştir. Kompozitlerin fiber yönündeki çekme dayanımları beklenildiği gibi daha yüksek çıkmıştır. Aynı kompozit numune için, üç nokta eğme dayanımı her iki yüzey içinde test edilmiş ve jüt yüzün eğme dayanımının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Üç nokta eğme testi, mekanik özellikler, dokuma jüt kumaş, dokusuz yün keçe, vakum infüzyon yöntemi, doğal lifli kompozitler

# INVESTIGATION OF TENSILE AND FLEXURAL PROPERTIES OF NATURAL/SYNTHETIC HYBRID COMPOSITES

## ABSTRACT

In recent years, the use of polymers in industry has been increasing. Therefore polymers are supported by different fibres to obtain composite materials, the reason being that polymers do usually not meet required characteristics alone.

In this study the mechanical properties of jute fiber which is weaved from cellulose based jute fabric and felt fabric that is weaved from protein based wool fiber, are searched by tensile and three point bending tests. With the use of vacuum infusion method, three different types of composites are produced, mainly only jute reinforced, only felt reinforced and both jute fabric and felt reinforced.

Tensile behavior and elasticity modul of the composites are determined by tensile tests. Flexural strength, deflection and elasticity modul of the composites are determined by three point bending tests. Tensile strengths of the composites were higher along the fiber direction as expected. Three point bending strength of hybrid composite is determined at both surfaces and it was that the felt side observed had more flexural strength.

**Keywords:** Three point bending test, mechanical property, Jute fabric woven, non-woven wool felt, vacuum infusion method, natural fiber composites

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
<b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Giriş.....	1
1.2 Kompozit Malzemeler ve Kullanım Alanları.....	3
1.2.1 Kompozit Malzemeler.....	3
1.2.2 Kompozit Malzemelerin Avantaj ve Dezavantajları.....	5
1.2.2.1 Kompozit Malzemelerin Avantajları.....	6
1.2.2.2 Kompozit Malzemelerin Dezavantajları.....	6
1.2.3 Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları.....	7
1.3 Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri.....	9
1.3.1 Elle Yatırma Yöntemi.....	9
1.3.2 Püskürtme Yöntemi.....	10
1.3.3 Elyaf Sarma .....	10
1.3.4 Reçine Transfer Kalıplama Yöntemi.....	11
1.3.5 Pultrüzyon Yöntemi.....	12
1.3.6 Hazır Kalıplama Yöntemi.....	13
1.3.7 Vakum Torbalama Yöntemi.....	14
1.3.8 Vakum İnfüzyon Yöntemi.....	15

<b>BÖLÜM İKİ – KOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN DOĞAL LİFLER.....</b>	<b>16</b>
<b>BÖLÜM ÜÇ – MALZEME VE METHOD.....</b>	<b>18</b>
3.1 Kullanılan Malzemeler.....	18
3.1.1 Jüt Kumaş.....	18
3.1.2 Keçe.....	20
3.1.3 Cam Dokuma Kumaş.....	21
3.1.4 Epoksi Reçine.....	22
3.2 Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Yöntemi.....	22
3.3 Numune Hazırlama.....	25
3.3.1 Jüt Kumaş İçin Yüzey Modifikasyonu.....	25
3.3.2 Vakumlu İnfüzyon Yöntemi İle Kompozit Plakaların Üretimi.....	25
<b>BÖLÜM DÖRT – DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>31</b>
4.1 Giriş.....	31
4.2 Çekme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	31
4.3 Çekme Deneyi Sonuçları.....	33
4.4 Üç Nokta Eğme Deney Sonuçları.....	38
4.5 Üç Nokta Eğme Deneyi Sonuçlarının İncelenmesi.....	41
<b>BÖLÜM BEŞ –SONUÇLAR.....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>58</b>



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Kompozit malzemenin yapısı.....	3
Şekil 1.2 Kompozitlerin matris malzemesine göre sınıflandırılması.....	4
Şekil 1.3 Kompozitlerin takviye elemanına göre sınıflandırılması.....	5
Şekil 1.4 Kompozit malzemelerin kullanım alanları.....	7
Şekil 1.5 Elle yatırma yöntemi.....	9
Şekil 1.6 Püskürtme yöntemi.....	10
Şekil 1.7 Elyaf sarma yöntemi.....	11
Şekil 1.8 Reçine transfer kalıplama yöntemi.....	12
Şekil 1.9 Pultrüzyon yöntemi.....	13
Şekil 1.10 Hazır kalıplama yöntemi.....	14
Şekil 1.11 Vakum torbalama yöntemi.....	15
Şekil 1.12 Vakum infüzyon yöntemi.....	15
Şekil 2.1 Doğal liflerin sınıflandırılması.....	16
Şekil 2.2 Tekstil yüzeylerinin genel sınıflandırılması.....	17
Şekil 3.1 a) Dokusuz yün keçe b) Dokuma jüt kumaş c) Cam dokuma kumaş.....	18
Şekil 3.2 Jüt bitkisi ve lifleri.....	19
Şekil 3.3 Doğal keçe.....	21
Şekil 3.4 Cam dokuma kumaş.....	21
Şekil 3.5 Vakum infüzyon yöntemi.....	24
Şekil 3.6 Kompozit plakaların dizilimi.....	25
Şekil 3.7 Kumaşların hazırlanması.....	27
Şekil 3.8 Sızdırmazlık macunu ile yalıtım yapılması.....	28
Şekil 3.9 Emme ve basma hortumlarının yalıtılması.....	29
Şekil 3.10 Kurlenen kompozit plakalar.....	30
Şekil 4.1 Shimadzu AG-100 çekme deneyi cihazı.....	32
Şekil 4.2 Çekme numunesi boyutları.....	33
Şekil 4.3 Çenelere bağlanmış deney numunesi test öncesi ve sonrası.....	33
Şekil 4.4 Çekme deneyi sonrası numuneler.....	34

Şekil 4.5	Dokuma jüt kumaş takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) kuvvet-uzama grafiği.....	35
Şekil 4.6	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-uzama grafiği.....	35
Şekil 4.7	Dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-uzama grafiği.....	36
Şekil 4.8	Dokuma jüt kumaş (dokuma yönünde) /dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-uzama grafiği.....	36
Şekil 4.9	Dokuma jüt kumaş (dokuma yönüne dik yönde)/ dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-uzama grafiği.....	37
Şekil 4.10	Shimadzu AG-100 eğme deneyi cihazı.....	40
Şekil 4.11	Üç nokta eğme testi için dokusuz yün keçe numunesi ebatları.....	41
Şekil 4.12	Üç nokta eğme testi için dokuma jüt kumaş numunesi ebatları.....	41
Şekil 4.13	Üç nokta eğme testi için dokusuz yün keçe/dokuma jüt kumaş numunesi ebatları.....	41
Şekil 4.14	Eğme yükü altında numunelerin kırılma öncesi görünüşleri.....	43
Şekil 4.15	Eğme deneyi sonrası numune hasarları.....	44
Şekil 4.16	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği.....	44
Şekil 4.17	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği.....	45
Şekil 4.18	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği.....	45
Şekil 4.19	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği.....	46
Şekil 4.20	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği.....	46
Şekil 4.21	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği.....	47
Şekil 4.22	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet- sehim grafiği.....	47
Şekil 4.23	Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği.....	48

Şekil 4.24	Dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-sehim grafiği.....	48
Şekil 4.25	Dokusuz yün keçe takviyeli numune için gerilme-% uzama grafiği.....	49
Şekil 4.26	Dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-sehim grafiği.....	49
Şekil 4.27	Dokusuz yün keçe takviyeli numune için gerilme-% uzama grafiği.....	50
Şekil 4.28	Dokuma jüt kumaş/ dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği.....	50
Şekil 4.29	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği.....	51
Şekil 4.30	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği.....	51
Şekil 4.31	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği.....	52
Şekil 4.32	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği.....	52
Şekil 4.33	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği.....	53
Şekil 4.34	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği.....	53
Şekil 4.35	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği.....	54
Şekil 4.36	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği.....	54
Şekil 4.37	Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği.....	55

## TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Jüt lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri.....	20
Tablo 3.2 Jüt lifinin kimyasal özellikleri.....	20
Tablo 4.1 Numunelerin maksimum gerilme, kuvvet ve elastisite değerleri.....	37
Tablo 4.2 Numunelerin maksimum gerilme, kuvvet ve elastisite değerleri.....	55



# **BÖLÜM BİR**

## **GİRİŞ**

### **1.1 Giriş**

Mühendislik uygulamalarında ve günlük yaşamda hızla gelişen teknoloji ve artan rekabet, yüksek performansa sahip ürünlerin tasarlanmasını aynı zamanda bu malzemelerin yoğunluğunun düşük olması ve karmaşık şekilli parçaların üretiminin kolaylığı, ekonomikliği ve korozyona karşı dayanıklı olmaları da hafif ve yüksek mukavemetli malzemelerin üretimini gerekli kılmıştır.

İlk bilinen kompozitler milattan önce 1500'lü yıllarda Mısırlılar ve Mezopotamya yerlileri tarafından kullanılmıştır. Bu ilk kompozit çamur ve saman karıştırılarak üretilmiş olup çanak çömlek imalatından botlara hatta dayanıklı bina inşasına kadar çok geniş bir alanda kullanılmıştır. Kompozitlerin kullanımı, İkinci Dünya Savaşı sırasında savaş uçaklarında ve ilk yolcu uçaklarında (DC-3) kuyruk yüzeyi ve dümen gibi kontrol ünitelerinde kullanılmasıyla ilerlemiştir. Bu malzemenin kullanım teknolojisi cam ve polyester yapıştırıcılar gibi takviye elamanlarının bulunmasıyla gelişmiştir. Günümüzde kompozit malzemeler otomotiv, uzay, inşaat, savunma sanayi ve havacılık gibi birçok alanda geleneksel malzemelerin yerini almışlardır.

Polimer esaslı kompozitler son zamanlarda en çok kullanılan kompozit çeşidi olmasına rağmen polimer esaslı liflerin insan sağlığına zararlı olması onların yerine doğal liflerin almasını gerekli kılmıştır. Doğal fiberlerin cam fiberlere göre; çevreye zarar vermemesi, düşük maliyeti, düşük yoğunluğu, yüksek dayanıklılığı, iyi çekme mukavemet özellikleri, biyobozunabilir ve yenilenebilir kaynaklar olması, doğada bol miktarda bulunabilmesi çevresel ve ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır (George, Sreekala ve Thomas, 2001). Ancak doğal fiber takviyeli termoplastik polimerik malzemelerde, hidrofilik doğal fiber yüzeyleri ve hidrofobik termoplastik polimer arasındaki uyumluluk çok zayıftır, bu uyumsuzluk doğal fiber ve termoplastik polimer arasındaki ara yüzeysel yapışmanın yetersiz olmasına neden olacak ve mekanik özellikleri de zayıflatacaktır (Karnani, Krishnan ve Narayan,

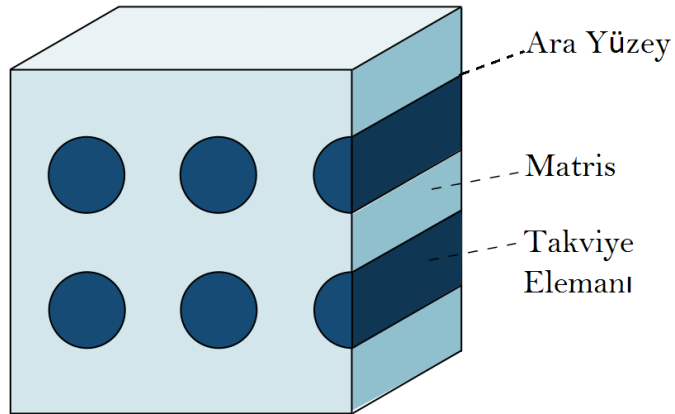
1992). Polimer kompozitlerin mekanik performansı yalnızca polimer matris tipine, fiber tipine, fiber hacimsel oranına ve fiber oryantasyonuna bağılı olmayıp, ayrıca fiber-matris ara yüzey yapışmasına da bağılıdır. Doğal fiber yüzeyleri ve polimer matris arasındaki uyumluluğu geliştirmek için fiber yüzeyine çeşitli yüzey işlemleri uygulanmaktadır. Kullanılan yüzey işlemleri genel olarak alkali işlemi, silan uyumlaştırıcı ajanı ile kimyasal yüzey işlemi, asetik anhidrid ile kimyasal modifikasyonu, polimetilen, polifenil, izosiyanat ile kimyasal modifikasyonu ve plazma modifikasyon işlemleridir. Bu yüzey işlemleriyle fiberle kimyasal ajanlar etkileştirilerek fiber yüzeyinin polimer matris ile uyumu arttırılmaktadır (Tserki, Zafeiropoulos, Simon ve Panayiotou, 2005).

Literatüre bakıldığında doğal lif takviyeli kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin araştırılması konusunda çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Sapuan ve arkadaşları (2005), dokunmuş muz lifi ile kuvvetlendirilmiş epoksi kompozitlerinin mekaniksel davranışlarını araştırmak için varyans analizi (ANOVA) uygulamıştır. Usta (2003), farklı oranlardaki pamuk atıkları ile geri dönüşümden gelen PP polimerini karıştırarak elde edilen kompozit yapının mekanik ve akış değerlerini belirlemiştir. Manikandan ve arkadaşları (1996), sisal lifi ile takviye edilmiş kompozit malzemeler de lif uzunluğu, lif oranı ve lif oryantasyonunun çekme özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Santos ve Pezzin (2003), PET lifleri ile güçlendirilmiş PP kompozit malzemesi için lif oranının çekme ve darbe dayanımına etkisini araştırmışlar ve lif oranının artmasıyla çekme ve darbe dayanım değerlerinin arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Gu ve Liyan (2008), keten lifleri ile güçlendirilmiş PP kompozitlerinde lif oranının çekme dayanımına etkisinin pozitif olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

## 1.2 Kompozit Malzemeler ve Kullanım Alanları

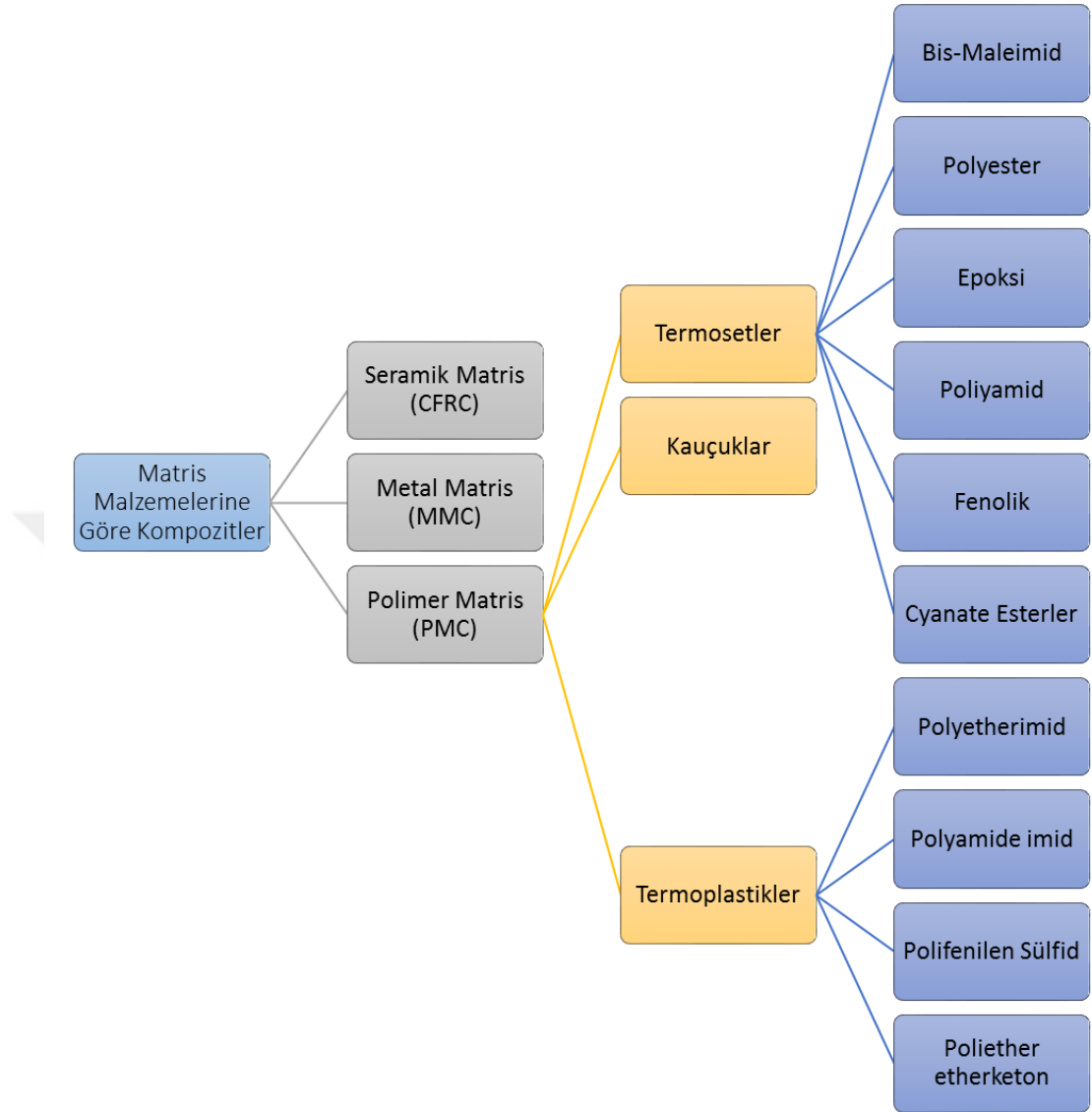
### 1.2.1 Kompozit Malzemeler

Kompozit malzeme, makroskobik olarak birbirinden ayrı iki ya da daha fazla malzemenin bir araya getirilmesi ile imal edilen malzeme türüdür. Kompozitler genel olarak polimer maddelerin görünüm, bağlanma ve fiziksel özellikleri ile liflerin, yüksek mekanik ve fiziksel performanslarını birleştiren, lif takviyeli polimerlerden oluşmuş karma materyallerdir. Kendisini oluşturan malzemelerin her birinden farklı özelliklere sahip bir bileşik malzeme olan kompozitler genellikle takviye ve matris olmak üzere en az iki materyalden oluşmaktadır. Kompozitlerde tekstil liflerinin takviye elemanı olarak tercih edilmesinin en önemli nedeni, kompozite yüksek mukavemet ve yüksek modül değerleri kazandırmaktır. Kompozit yapılarda; hafiflik, mukavemet ve modül, yorulma mukavemeti, elektrik ve ısı iletkenliği ve ekonomiklik gibi nedenler takviye materyalinin seçiminde rol oynamaktadır. Lifler arasında gerilim transferi sağlamak, lifleri korozyon, oksidasyon, ortamın etkisi ve darbelerden korumak ise matris malzemenin seçim kriterlerini oluşturmaktadır.



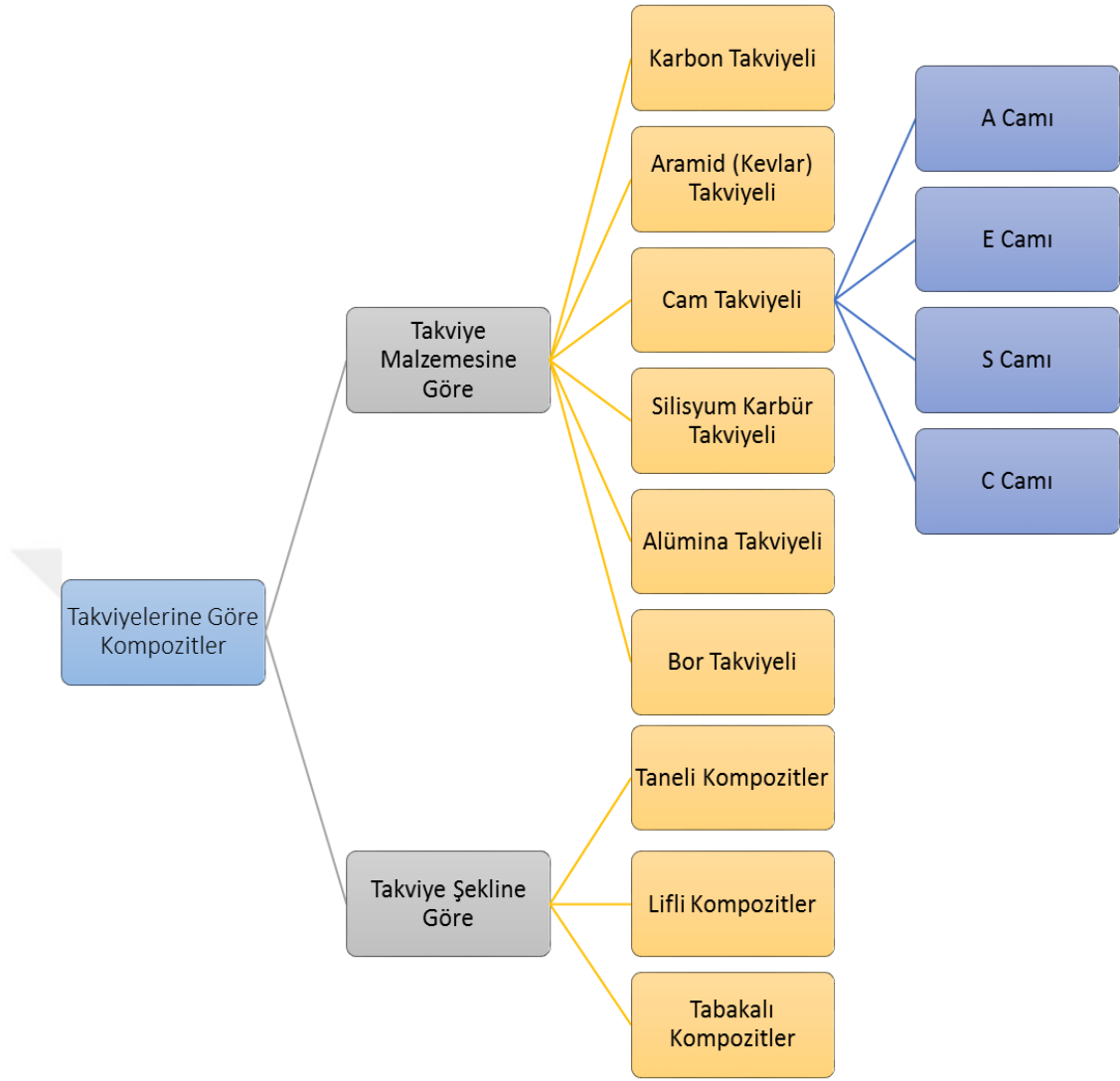
Şekil 1.1 Kompozit malzemenin yapısı (Materiale composito, 2016)

Kompozit malzemeler matris malzemelerine ve takviye elemanlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.



Şekil 1.2 Kompozitlerin matris malzemesine göre sınıflandırılması (İnançer, 2015)





Şekil 1.3 Kompozitlerin takviye elemanına göre sınıflandırılması (İnançer, 2015)

### 1.2.2 Kompozit Malzemelerin Avantaj ve Dezavantajları

Kompozit malzemelerin birçok özelliklerinin metal malzemelere göre çok farklılıklar göstermesinden dolayı, metal malzemelere göre önem kazanmışlardır (Arıcasoy, 2006).

Kompozit malzemelerin en genel avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

#### *1.2.2.1 Kompozit Malzemelerin Avantajları*

- **Yüksek mukavemet:** Kompozitlerin çekme ve eğilme mukavemeti birçok metalik malzemeye göre çok daha yüksektir. Ayrıca uygun kalıplama ile istenen yönde ve bölgede mukavemet artırılabilir. Böylece malzemeden tasarruf yapılarak, daha hafif ve ucuz ürünler elde edilir.
- **Kolay Şekillendirebilme:** Büyük ve karmaşık parçalar tek işlemle bir parça halinde kaplanabilir. Bu da malzeme ve işçilikten kazanç sağlar.
- **Elektriksel Özellikler:** Uygun malzemelerin seçilmesiyle çok üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit ürünler elde edilebilir.
- **Korozyona ve Kimyasal Etkilere Karşı Mukavemet:** Kompozitlerin korozyon ve çoğu kimyasala karşı dayanımları iyidir. Bu özellikleri nedeniyle kompozit malzemeler kimyevi madde tankları, boru ve aspiratörler, tekne ve diğer deniz araçları yapımında güvenle kullanılmaktadır.
- **Isıya ve Ateşe Dayanıklılığı:** Isı iletim katsayısı düşük malzemelerden oluşan kompozitlerin yüksek sıcaklıklarda çalışabilir. Bazı özel katkı maddeleri ile kompozitlerin ısıya dayanımı artırılabilir.
- **Kalıcı Renklendirme:** Kompozit malzemeye, kalıplama esnasında reçineye ilave edilen pigmentler sayesinde istenen renk verilebilir.
- **Titreşim Sönümleme:** Kompozit malzemelerde süneklik nedeniyle doğal bir titreşim sönümleme ve şok yutabilme özelliği ile çatlak yürümesi minimize edilmiş olmaktadır.

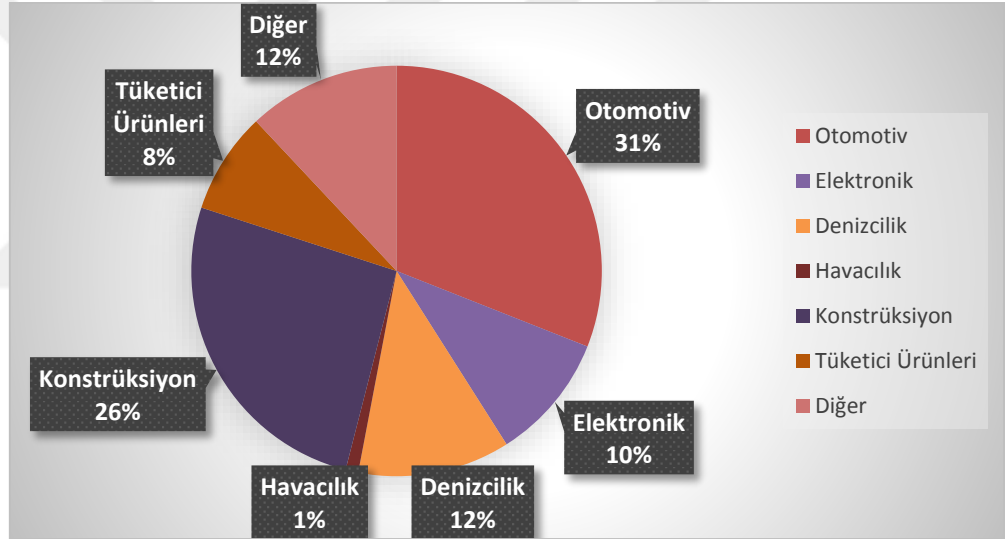
#### *1.2.2.2 Kompozit Malzemelerin Dezavantajları*

- Kompozit malzeme imalatında içeride kalan hava zerrecikleri malzemenin yorulma özelliklerini olumsuz etkilemektedir.
- Mekanik özellikleri doğrultulara göre değişim gösterir.
- Kompozit malzemelerin delik delme, kesme işlemleri hassas yapılamaz.
- Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır, standartlaşmış bir kalite yoktur.

- Kompozitler kırılgan (gevrek) malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler, onarımları yeni problemler yaratabilir.
- Malzemelerin sınırlı raf ömürleri vardır. Bazı tür kompozitlerin soğutulularak saklanmaları gerekmektedir.

### 1.2.3 Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Günümüzde teknolojinin çeşitlilik göstermesiyle beraber kompozit malzeme kullanımı, yüzyıllar öncesinden bugüne kadar kademe kademe gelişim ve artış göstermiştir (Arıcasoy, 2006).



Şekil 1.4 Kompozit malzemelerin kullanım alanları (Kaw, 2006)

**Havacılık ve Savunma Sanayinde;** hafiflik ve üstün mekanik özellikler hem iç mekan hem de yapısal parçaların kompozitten üretilmesine olanak sağlar.

- Roket gövdesi
- Uçak gövdesi
- Savaş uçaklarının egzozları
- Uzay mekiklerinin farklı bölgeleri
- Tank atış odası

### **Denizcilik Sanayi;**

- Yelkenli Gövdesi
- Yat, Tekne Arkası Platform ve basamaklar
- Yelken Direęi

**Spor Araçları Sanayinde;** düşen ağırlık ile hareket kabiliyetinin artması hafif ve dayanıklı spor araç ve ekipmanlarının yapımında kullanılmasını sağlar. Özellikle kano, sörf ve yatlar için çok önemli olan malzeme yoğunluğu ve darbe dayanımı konusunda üstün özelliklere sahiptirler.

**Otomotiv ve Ulaşım Sanayinde;** taşıtlarda hafiflik ile artan hareket kabiliyeti, daha küçük motor ve daha az yakıt sarfiyatını beraberinde getirir. Ayrıca,

- Cam sileceęi, filtre kutusu, pedallar, dikiz aynası, otomobil konsol, spoiler, otomobil yan gövde iskeleti ve kaporta
- Traktör kaporta, kabin oturma birimi
- Konteynır tabanı
- Otobüs havalandırma kanalları
- Teleferik
- Tren konstrüksiyonunun belli bölümlerinde de kompozit malzeme kullanılmaktadır.

### **İnşaat Sanayi,**

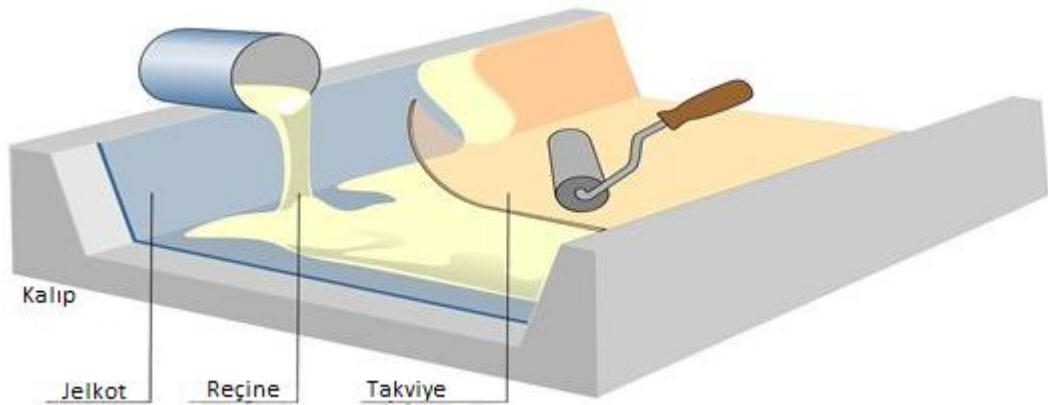
- Köprü tabanı
- Kompozit kolonlar
- Yüzme havuzları
- Soğutma kuleleri
- Kompozit asfalt

## 1.2 Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri

Seçilecek üretim yöntemi; takviye malzemesine (elyaf), matris malzemeye (reçine), parça şekline, istenen mekanik ve fiziksel özelliklere bağlı olarak değişim gösterir. Bir parçayı üretmek için genel olarak; ham madde, kalıp, ısı ve basınca ihtiyaç vardır (Mallick, 2007).

### 1.3.1 Elle Yatırma Yöntemi

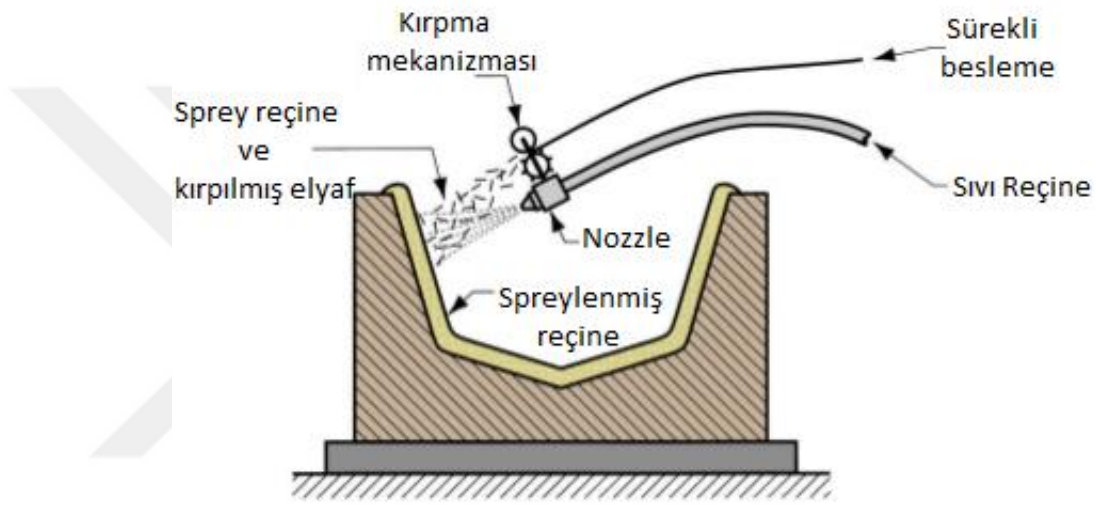
Dokuma veya kırılmış elyaflar ile hazırlanmış takviye kumaşları, kalıp üzerine elle yatırılarak üzerine sıvı reçine elyaf katmanlarına emdirilir. Elyaf yatırılmadan önce kalıp temizlenerek jelkot sürülür. Jelkot, kompozit plakanın yüzey kalitesini ve dış ortam performansını arttırmak için kullanılmaktadır. Jelkot sertleştikten sonra elyaf katları yatırılır. Reçine ise kompozit malzemenin hazır olması için en son sürülür. Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin iyi nüfuz etmesi önemlidir. El yatırma tekniğinde en çok kullanılan polyester ve epoksinin yanı sıra vinil ester ve fenolik reçineler de tercih edilmektedir. Elle yatırma tekniği yoğun işçilik gerektirmesine rağmen düşük sayıdaki üretimler için çok uygundur (Arıcasoy, 2006, s. 11).



Şekil 1.5 Elle yatırma yöntemi (Hand Lay-up, 2014)

### 1.3.2 Püskürtme Yöntemi

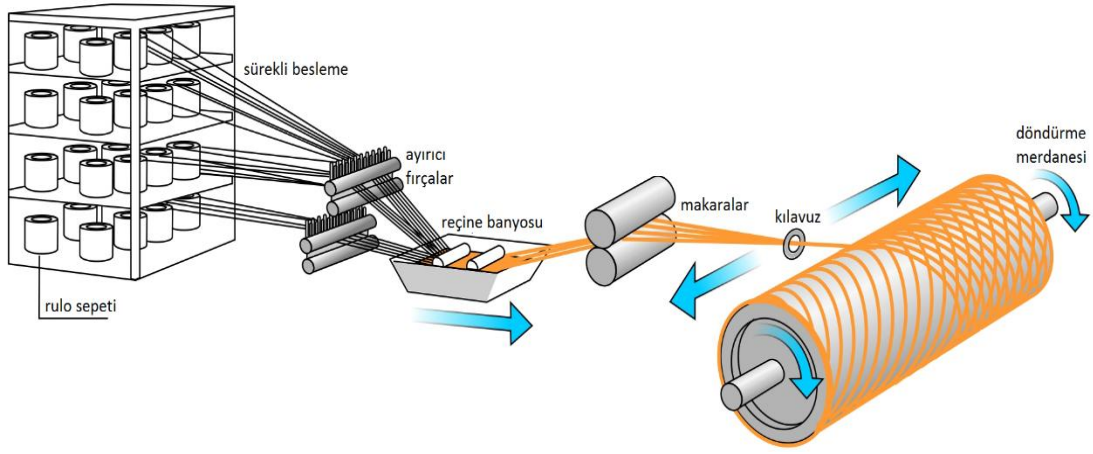
Püskürtme yönteminde kırılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Püskürtme işlemi sonrası yüzeyin bir rulo ile düzeltilmesiyle ürün hazırlanmış olur (Arıcasoy, 2006, s. 12).



Şekil 1.6 Püskürtme yöntemi (Slide Polymer Matrix, 2016)

### 1.3.3 Elyaf Sarma Yöntemi

Bu yöntem özel biçime sahip ürünlerin seri üretimine uygundur. Elyaf sarma yöntemi sürekli elyaf liflerinin reçine ile ıslatıldıktan sonra bir makaradan çekilerek dönen bir kalıp üzerine sarılmasıdır. Sürekli liflerin farklı açılarla kalıba sarılmasıyla farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Yeterli sayıda elyaf katının sarılmasından sonra ürün sertleşir. Ardından döner kalıp ayrılır. Bu yöntemle yapılan ürünler genellikle silindirik, borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri, dairesel basınç tanklarıdır (Arıcasoy, 2006, s. 12).

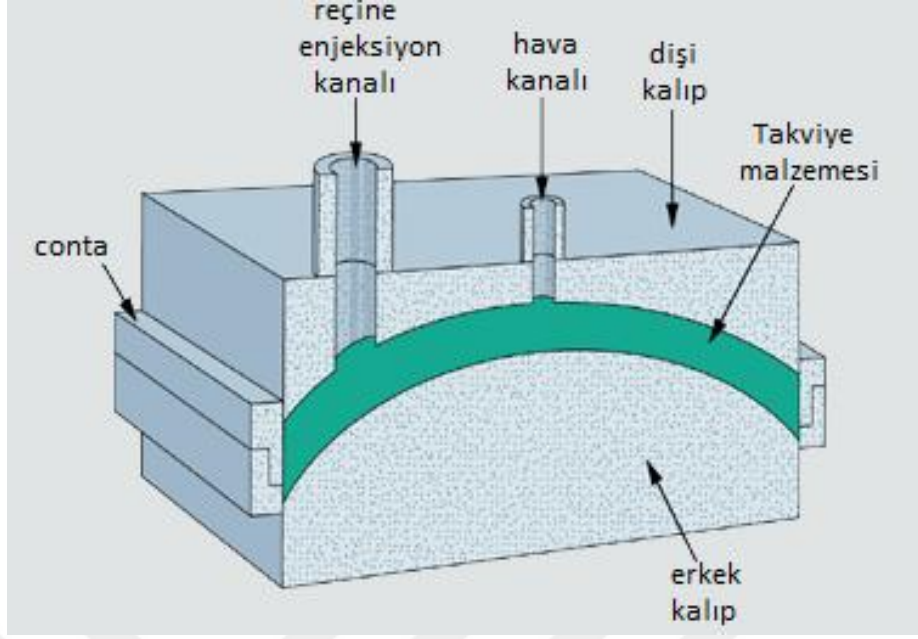


Şekil 1.7 Elyaf sarma yöntemi (Filament Winding, 2014)

#### 1.3.4 Reçine Transfer Kalıplama Yöntemi

Bu kompozit üretim yöntemi, elle yatırma sistemlerine kıyasla daha hızlı ve uzun ömürlüdür. İki parçalı kalıp kullanmak gereklidir. Kalıbın kompozit malzemeyle yapılması çelik kalıp maliyetine göre daha düşük kalmasına neden olmaktadır. RTM yöntemi çoğunluk jelkotlu veya jelkotsuz her iki yüzeyinde düzgün olması istenen parçalarda kullanılır.

Takviye malzemesi kuru olarak keçe, kumaş veya ikisinin kombinasyonu kullanılır. Takviye malzemesi önceden kalıp boşluğu doldurulacak şekilde kalıba yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Elyafın matris içinde geç çözünen reçinelerle kaplanarak kalıp içerisinde sürüklenmesi önlenir. Reçine basınç altında kalıba pompalanır. Bu süreç daha fazla zaman ister. Matris enjeksiyonu soğuk, ılık veya en çok 80 °C'ye kadar ısıtılmış kaplarda uygulanabilir. Bu yöntemde içerideki havanın dışarı çıkarılması ve reçinenin elyaf içine iyi işlemesi için vakum kullanılabilir. Elyafın kalıba yerleştirilmesini gerektirmesinden dolayı uzun sayılabilecek bir işçilik gerektirir. Kalıp kapalı olduğu için ise zararlı gazlar azalır ve gözeneksiz bir ürün elde edilebilir. Bu yöntemle karmaşık parçalar üretilir. Concorde uçaklarında, F1 arabalarında bazı parçalar bu yöntemle hazırlanmaktadır (Arıcasoy, 2006, s. 13).

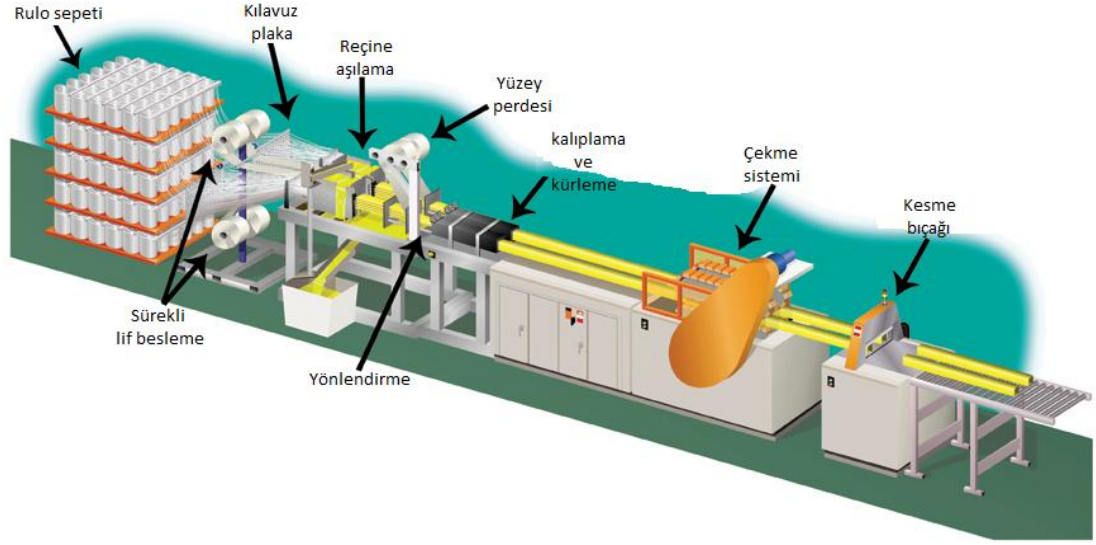


Şekil 1.8 Reçine transfer kalıplama yöntemi (Resin Transfer Moulding, 2016)

### ***1.3.5 Pultrüzyon Yöntemi***

Pultrüzyon işlemi sürekli sabit kesitli kompozit profil ürünlerin üretilebildiği düşük maliyetli seri üretim yöntemidir. Pull ve Extrusion kelimelerinden türetilmiştir. Sisteme beslenen sürekli takviye malzemesi reçine banyosundan geçirildikten sonra 120-150 °C'ye ısıtılmış şekillendirme kalıbından geçilerek sertleşmesi sağlanır. Kalıplar genellikle krom kaplanmış parlak çelikten yapılmaktadır. Sürekli elyaf kullanılmasından dolayı takviye yönünde çok yüksek mekanik mukavemet elde edilir. Enine yükleri karşılayabilmek için özel dokumalar kullanmak gerekmektedir (Arıcasoy, 2006, s. 13).

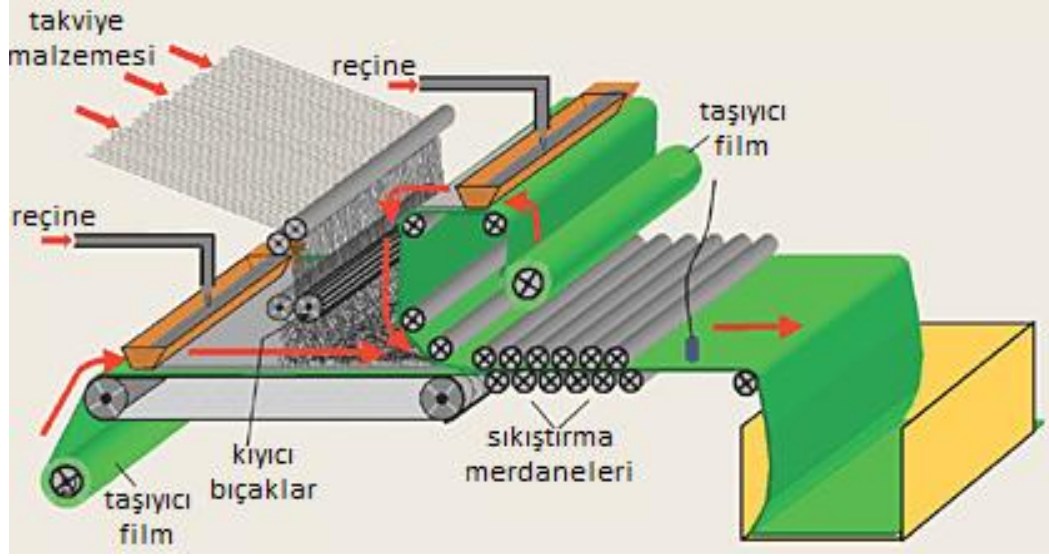




Şekil 1.9 Pultrüzyon yöntemi (Fiberglass Pultrusion Process, 2014)

### 1.3.6 Hazır Kalıplama Yöntemi

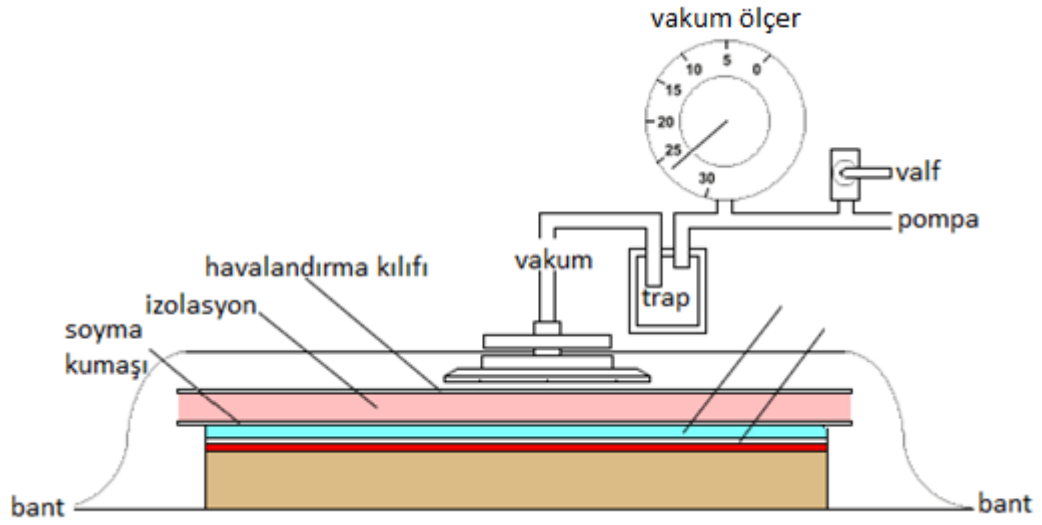
Hazır kalıplama tekniği bünyesinde cam elyafı, reçine, katkı ve dolgu malzemeleri içeren kalıplamaya hazır, hazır kalıplama bileşimleri olarak adlandırılan kompozit malzemelerin sıcak pres kalıplarla ürüne dönüştürülmesidir. Karmaşık şekillerin üretilebilmesi, metal parçaların bünye içine gömülebilmesi, farklı cidar kalınlıkları gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca ürünün iki yüzü de kalıp ile şekillenmektedir. Diğer kompozit malzeme üretim tekniklerinin olanak vermediği delik gibi karmaşık şekiller elde edilebilmektedir. Iskarta oranı düşüktür. Bu yöntemin dezavantajları kalıplama bileşimlerinin buzdolaplarında saklanması gerekliliği, kalıpların metal olmasından dolayı diğer kalıplardan daha maliyetli olması ve büyük parçaların üretimi için büyük ve pahalı preslere ihtiyaç olmasıdır (Arıcasoy, 2006, s. 14).



Şekil 1.10 Hazır kalıplama yöntemi (Composite Materials, 2016)

### 1.3.7 Vakum Torbalama Yöntemi

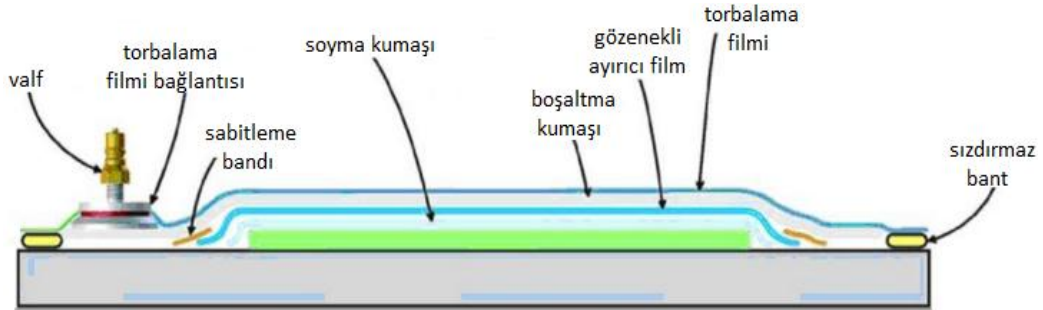
Kompozit malzeme (genellikle geniş sandviç yapılar) önce bir kalıba yerleştirilir, ardından bir vakum torbası en üst katman olarak yerleştirilir. İçerideki havanın emilmesiyle vakum torbası, yatırılan malzemenin üzerine 1 atmosferlik basınç uygulayarak aşağıya çekilir. Sonraki aşamada tüm bileşim bir fırına yerleştirilerek reçinenin kür işlemi için ısıtılır. Bu yöntem sıklıkla elyaf sarma ve yatırma teknikleri ile bağlantılı olarak uygulanır. Kompozit malzeme tamir işlemlerinde de vakum torbalama yöntemi kullanılmaktadır (Arıcasoy, 2006, s. 15).



Şekil 1.11 Vakum torbalama yöntemi (Basic Vacuum Bagging, 2002)

### 1.3.8 Vakum İnfüzyon Yöntemi

İstenilen yapıya göre düzenlenmiş elyaflar kalıba yerleştirilir ve kalıp vakuma alınır. Genellikle düşük viskoziteli reçineler kullanılır, reçine vakumdan dolayı sistemde ilerler ve elyaflar reçine ile ıslanmış olur. Çok az boşluklu, yüksek mekanik özelliklere sahip kompozitler üretilebilmektedir. Tek taraflı kalıbın kullanıldığı bu yöntem ile rüzgar türbin kanadı, yat gövdesi gibi çok büyük yapılar da üretilebilmektedir. Üretim kapalı kalıpta olduğu için kullanımı giderek artmaktadır (Vakum infüzyon nasıl yapılır, 2014).



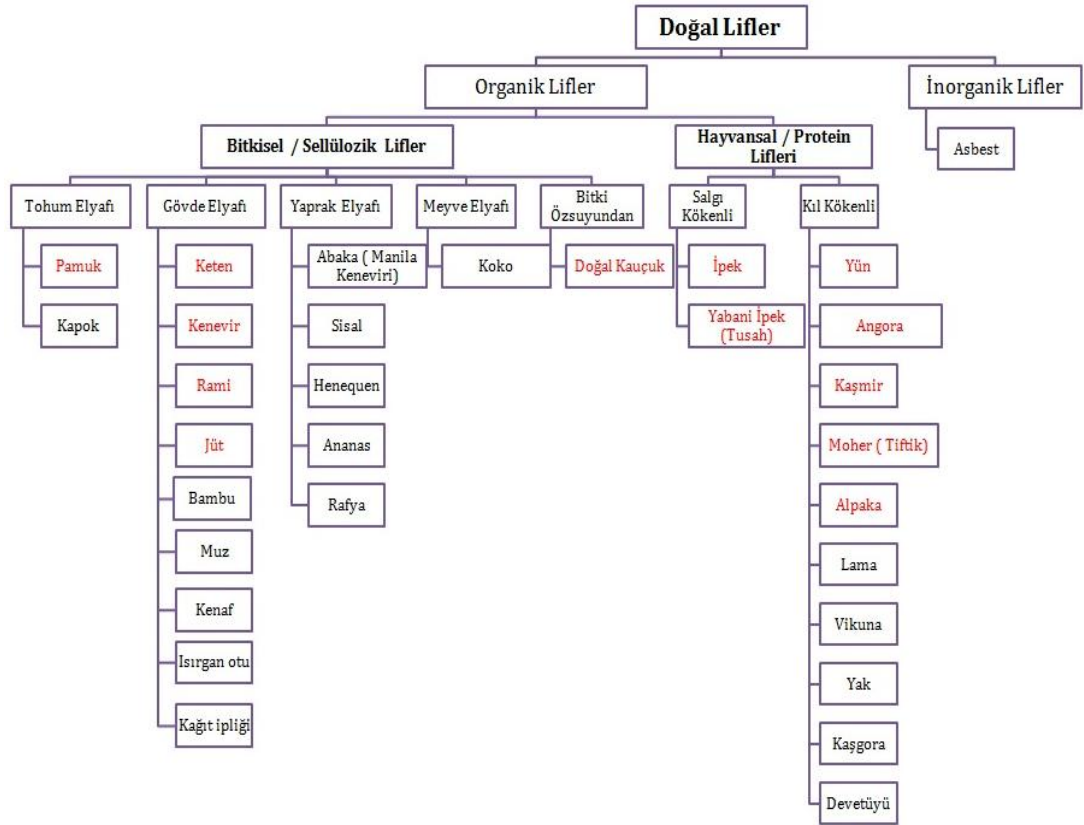
Şekil 1.12 Vakum infüzyon yöntemi (Vacuum Infusion, 2016)

## BÖLÜM İKİ

### KOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN DOĞAL LİFLER

Dünyada çeşitli amaçlar için kullanılan liflerin %61'i bitkisel, %5'i hayvansal, %34'ü kimyasal kökenlidir. Doğal liflerin insan sağlığı yönünden olumlu özelliklere sahip olması, yapay liflere oranla, bu liflere olan ihtiyacı arttırmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011).

Doğada canlılardan oluşan ve hücrelerden meydana gelen doğal lifler, hayvansal ve bitkisel lifler olmak üzere 2 grup içinde sınıflandırılmaktadır (Bulut ve Erdoğan, 2011).



Şekil 2.1 Doğal liflerin sınıflandırılması (Doğal lifler, 2012)

Bu liflerden ya da bunların ipliklerinden çeşitli tekniklerle elde edilen ürünlere “Tekstil Yüzeyleri” denir. Tekstil yüzeyleri genel olarak dokuma, örme ve dokusuz şekilde sınıflandırılır. Dokuma yüzeyler veya örgü yüzeyler ipliklerden, dokusuz yüzeyler liflerden elde edilir.



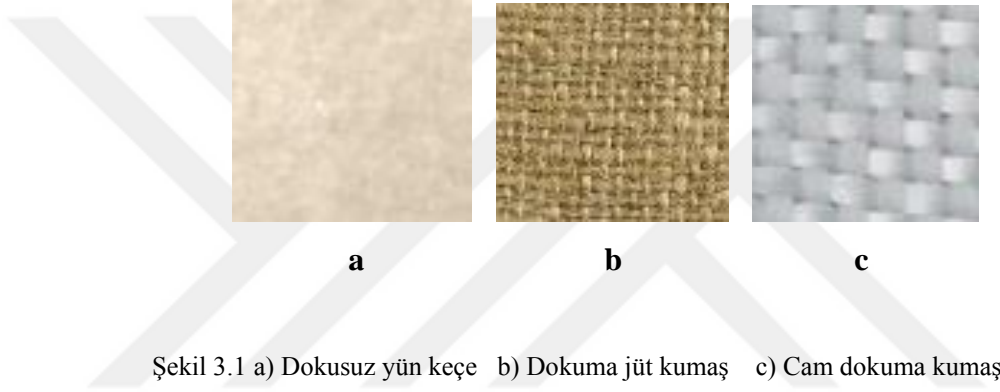
Şekil 2.2 Tekstil yüzeylerinin genel sınıflandırılması (Milli Eğitim Bakanlığı, 2007)

## BÖLÜM ÜÇ

### MALZEME VE METHOD

#### 3.1 Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada takviye malzemesi olarak; 893 gr/m<sup>2</sup> ağırlığında dokusuz yün keçe ve 312 gr/m<sup>2</sup> ağırlığında 11 atkı ve 12 çözgü sıklığında dokuma jüt kumaş, 509 gr/m<sup>2</sup> ağırlığındaki cam dokuma kumaş kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak; epoksi reçine seçilmiştir.



##### 3.1.1 Jüt Kumaş

Tropik bölgelerde yetişen, 2-4 metre yüksekliğinde tek yıllık lif bitkisi. Vatanı Doğu Hindistan'dır. Tekstil lifi elde etmek için yetiştirilir. Pamuktan sonra dünyada en fazla üretilen bitkisel lif "jüt"tür. Tropik iklimde yetişen jütün anavatanı Hindistan'dır ve dünya üretiminin % 80' i Hindistan, Pakistan ve Bengladeş tarafından karşılanır. Jütün gövdesinde lif hücreleri demetler halinde bulunur. Hücrelerin primer duvarlarında büyük ölçüde linyin vardır. Sekonder duvardaki selülöz tabakaları da bir miktar linyin içerir. Bitki gövdesinin enine kesiti incelendiğinde beşgen veya altıgen şeklinde köşeli hücreler görülür. Bitkinin hasadı yapraklar sararmaya başladığı zaman yapılır. Hasadın geç kalması liflerdeki linyin miktarının artmasına neden olur. Lif üretimi, çürütme yöntemi ile yapılır. Çürütme sonunda lif demetleri gövdeden elle veya mekanik yöntemler ile soyularak ayrılır.



Elde edilen liflerin boyu 18-25 cm'dir. Lif demetlerindeki hücrelerin kalınlığı fazla olduğu için lifleri birbirinden ayırmak zordur. Yapısında, % 60-64 selüloz, % 20 linyin ve % 5 pektin bulunur. İlk elde edildiğinde açık sarı olan lifler zaman geçtikçe açık kahverengiye döner.

Esneklik özelliği oldukça azdır. Neme maruz kaldığında, hızlı bir şekilde dayanıklılığını yitirir. Mukavemet zayıflığı sebebiyle, beyazlaştırmak için ağartma yapılamaz. Dayanıklılığı keten ve kenevirden daha düşüktür.



Şekil 3.2 Jüt bitkisi ve lifleri (What is jute, 2014)

Tablo 3.1 Jüt lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri (Bulut ve Erdoğan, 2011)

Lif	Yoğunluk [gr/cm <sup>3</sup> ]	Kopma Mukavemeti [Mpa]	Young Modülü [Gpa]	Kopma Uzaması [%]	Çap [µm]	Fibriller Açı	Polimerizasyon Derecesi	Nem İçeriği [%]
Jüt	1,3–1,45	393–773	13–26,5	1,16–1,5	15,9–20,7	8,0°	1920–4700	12,6

Tablo 3.2 Jüt lifinin kimyasal özellikleri (Bulut ve Erdoğan, 2011)

Lif	Selüloz (%)	Lignin (%)	Hemiselüloz (%)	Pektin (%)
Jüt	61–71,5	12–13	13,6–20,4	0,2

### 3.1.2 Keçe

Tekstil terimleri sözlüğüne göre “Yün ve keçi kılı gibi hayvansal doğal elyafın, dış tabakasını oluşturan üst örtü hücrelerinin (pulların) belirli ısı, nem ve basınç altında, sıcak ve kaygan bir ortamda sürtünerek birbirine kenetlenmeyle oluşan dokusuz tekstil yüzeyi” şeklinde tanımlanmaktadır (Ergür, 2002, s.136; Çeliker, 2008).

Sıcak sabunlu su yünü kaygan hale getirir ve lifin üzerinde ince ipliklerin açılmasına neden olur. Bu ince iplikler karıştırılarak lifin tekrar eski haline gelmesi engellenir. Bu haldeki lifler soğutulup, kurutulup preslenince iplikler birbirlerine geçerek keçe dediğimiz dayanıklı ve uzun ömürlü ürünü oluştururlar. Farklı ısı ve basınçlar ve liflerle beraber farklı malzemeler, kimyasallar kullanılarak farklı tip ve kullanım amaçları olan keçeler oluşturulur.

Keçe; kimyasallara ve ısıya dayanımlı, mukavemet ve esnekliğini yıllarca koruyabilen bir malzemedir.





Şekil 3.3 Doğal keçe (Wool felt, 2012 )

### **3.1.3 Cam Dokuma Kumaş**

Cam dokuma kumaş, hammaddesi cam olup yapay elyaf olan cam lifinin dokunması ile elde edilir. Maliyeti düşük, mekanik özelliği ve darbe dayanımı iyidir. Bükülmüş yapıda değildir, kolay ıslanır ve örtmesi-sermesi oldukça başarılıdır. Özel takviye kumaşlarına göre daha düşük maliyette olduğu için çok geniş kullanım alanına sahiptir.



Şekil 3.4 Cam dokuma kumaş (Cam elyaf kumaş, 2013)

Bu çalışmada cam elyaf, alt ve üst yüzeyde tek kat kullanılmıştır ve plakalar için sadece kapak malzemesi olarak 509 gr/m<sup>2</sup> yoğunlukta, santimetrede 3 atk 4 çözgü cam elyafı tek bir kat olarak kullanılmıştır.

#### **3.1.4 Epoksi Reçine**

Epoksi reçineleri isimlerini lineer polimer uçlarındaki epoksil -C-C- gruplarından alırlar. Epoksi reçinelerinin matris malzemesi olarak seçilmesini sağlayan özellikleri şunlardır:

- Düşük ve yüksek sıcaklıklarda sertleşebilmesi
- Yüksek aşınma direnci
- Çeşitli yüzeylere iyi yapışabilme
- Suya, asite ve alkaliye yüksek kimyasal direnç gösterme

Matris malzemesi olarak bu çalışmada “Araldite LY 564/Aradur 3487 BD” epoksi reçinesi ile % 36 oranında sertleştirici “Aradur 3487 B” kullanılmıştır.

#### **3.2 Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Yöntemi**

Vakumlanmış ortam içerisinde reçinenin ilerlemesi prensibiyle çalışan bu yöntemde, imalat hazırlıkları tamamlanmış ürünün el değmeden üretimi amaçlanmaktadır. Vakum infüzyon prosesi, vakum pompası, vakum tankı (reçine toplama tankı), kalıp ve reçine kovası olmak üzere 4 kısımdan oluşur (Durgun ve diğer., 2014).

Vakum infüzyon yöntemi ile malzeme üretim aşamaları;

- Kalıp yüzeyinde çizik, toz ya da yağ türü yabancı maddeler bulunmamalı ve kalıp daha önce kullanılmışsa üzerindeki kalıp ayırıcı kalıntılarından da arındırılmalıdır.

- Temizlenen kalıp yüzeyine kalıp ayırıcı uygulanır.
- Çalışma ortamına uygun seçilmiş jel kot, fırça veya püskürtme ile yüzeye uygulanır.
- Üst üste takviye malzemeleri (jüt, keçe, cam elyaf, vs) konulur, aralarına kaymamaları için yapıştırıcı püskürtülür. Takviye malzemelerin kenarları kalıba uygun olarak kesilir.
- Yüzey pürüzlülüğünü sağlayan katman (Peel Ply) tüm kalıp üzerine serilir ve yapıştırıcı ile takviye malzemelerinin üzerine yapıştırılır.
- Kalıbın çevresine göre reçine hatları ve vakum hatları ayarlanır, infüzyon macunu kalıbın etrafını çevreleyecek şekilde yapıştırılır ve vakum tankları hatlara bağlanır.
- Kumaşın üzerine delikli bir tabaka yerleştirilir.
- Vakum torbası kalıp üzerine yeterli derecede baskı yapabilmesi için kalıba göre kesilir, özellikle derin kalıplarda elyaf yüzeyine tam olarak basması gerektiğinden derinlik hesaba katılarak kesilmelidir. Kesildikten sonra infüzyon macunu ile kalıp etrafına sızdırmaz şekilde yapıştırılır.
- Vakum infüzyon düzeneğine vakum göstergesi bağlanır ve vakum pompası açılır. Vakum torbasında kaçak olup olmadığı vakum göstergesi ve kaçak dedektörü ile kontrol edilir.
- Reçine geçişini sağlayacak portlar düzenek üzerine bağlanır.
- Gerekli reçine miktarı hazırlanır, bu miktar hazırlanırken hortum içinde kalacak reçine de hesap edilmelidir. Reçineye gerekli katkı maddeleri eklenir ve karıştırılır.
- Hortumlar portlara takılarak reçine akışına başlanır. Kalıbın her noktası reçine ile ıslanana kadar işleme devam edilir. En son kalıbın köşe noktaları ıslanır. Tüm noktalar ıslandıktan sonra tüm reçine besleme hatları klemp ile kapatılır.
- Parça, vakum altında tamamen sertleşene kadar tutulur. Sızdırmaz bant ayrılarak, önce torba kalıptan sökülür ve reçine akış hatları temizlenir. Daha sonra parça kalıptan çıkarılır.



Şekil 3.5 Vakum infüzyon yöntemi

#### **Yöntemin Avantajları;**

- Standart ve kaliteli ürün eldesi
- Düşük işçilik maliyeti
- Neredeyse %50 daha hafif ve sağlam ürün eldesi
- Düşük oranda bozulma ve büzülme
- Kompleks parçaların, ikinci bir bağlama işlemlerini ortadan kaldırarak imalini sağlar.
- Uçucu organik bileşiklerden dolayı hava kirliliği olmaz.

#### **Yöntemin Dezavantajları;**

- Malzeme ve kaynak maliyetleri yüksek
- Kalıp maliyeti yüksek
- Her ürün bazı süreç geliştirme proseslerine gereksinim duyar.
- Reçine ile ıslanmamış kısımlar oluşabilir bu da ek işçilik veya atık ürün olmasına neden olabilir.

### 3.3 Numune Hazırlama

#### 3.3.1 Jüt Kumaş İçin Yüzey Modifikasyonu

Kompozit plaka üretimi için  $50 \times 50 \text{ cm}^2$  boyutlarında kesilen jüt kumaşlar NaOH ile yüzey iyileştirme işlemine tabi tutulmuştur. İşlemden önce yabancı maddelerden temizlemek amacıyla kumaşlar çeşme suyunda yıkanarak, gölgede 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Literatür araştırmalarına dayanarak jüt kumaşın NaOH ile yüzey modifikasyonunda derişim oranını %10 seçilmiştir.

2 saat %10'luk NaOH içerisinde bekletilen jüt kumaş derişimden arındırılarak açık havada kurumaya bırakılmıştır.

#### 3.3.2 Vakumlu İnfüzyon Yöntemi İle Kompozit Plakaların Üretimi

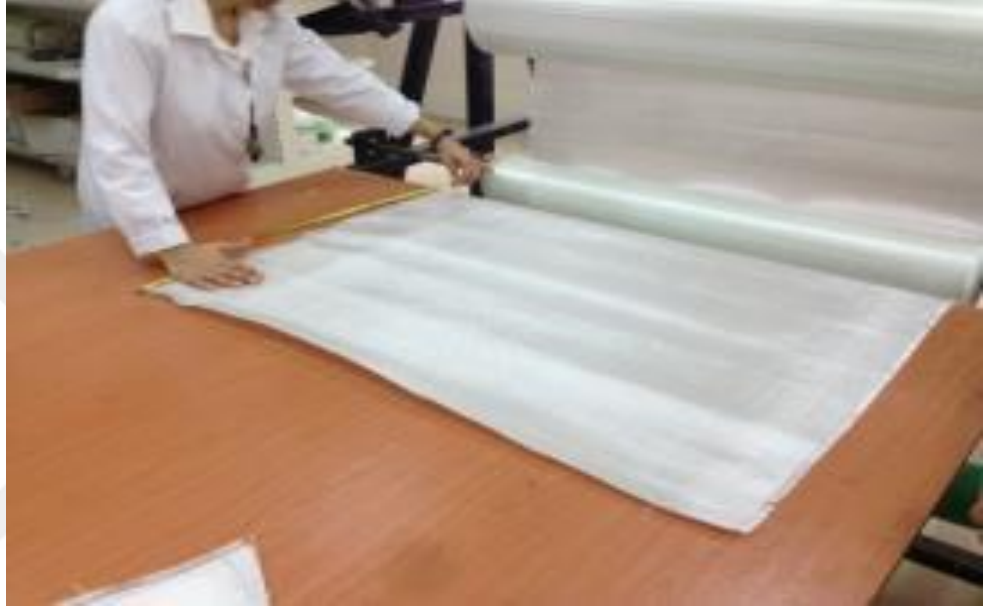
Dokuma jüt kumaş/cam dokuma kumaş, dokusuz yün keçe/cam dokuma kumaş ve dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe/cam dokuma kumaş birlikte kullanılarak üç tipte kompozit üretimi planlanmıştır. Dizilim sıraları ve tabaka sayıları şekil 3.6' da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kompozit plakaların dizilimi

Kompozit plakaların üretimi Dokuz Eylül Üniversitesi Kompozit Üretim Laboratuvarında aşağıdaki sırada yapılmıştır.

- 1- K rleme tezgahını kompozit üretimine hazırlamak için tezgah detaylı olarak temizlenmiştir.
- 2- Üretilmiş kumaş malzeme kesilerek uygun boyutlara getirilmiřtir.



şekil 3.7 Kumaşların hazırlanması





Şekil 3.7 Kumaşların hazırlanması (devamı)

**3-** Temizliğinden emin olunan tezgah üzerine ayırıcı malzeme yerleştirilerek çift taraflı yapışkan sızdırmazlık macunu ayırıcı malzemenin uç kısımları ile tezgah arasına yapıştırılmıştır.

**4-** Belirlenen takviye malzemesi dizilimine göre jüt kumaş ve yün keçe üst üste sıralanmıştır.

**5-** Malzemenin üzerine soyma kumaşı (peelply) ve reçine dağıtıcı kumaş yerleştirilmiş ve en son olarak üzerine epoksi basma ve emme hortumları sabitlenmiştir.

**6-** Vakum filmi en üst yüzeye serilerek, çift taraflı yapışkan sızdırmazlık macunu ile dış ortamdan çepeçevre bu film ile yalıtım yapılmıştır.



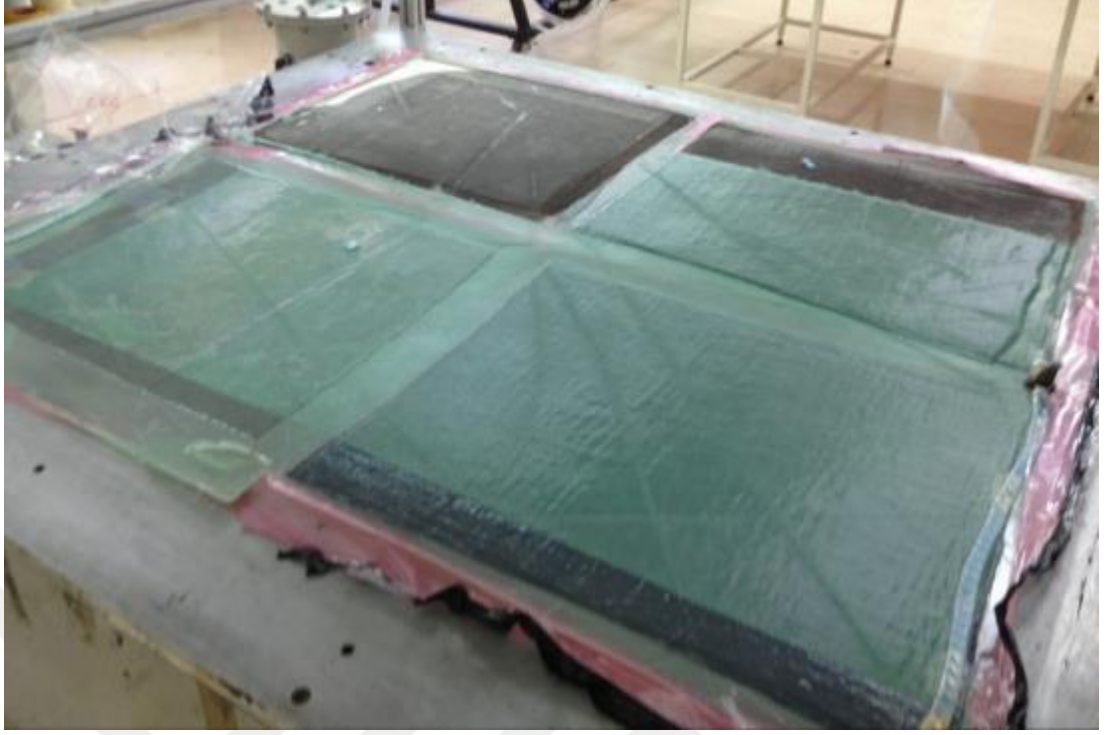
Şekil 3.8 Sızdırmazlık macunu ile yalıtım yapılması





Şekil 3.9 Emme ve basma hortumlarının yalıtılması

**7-** Vakum pompası çalıştırılır ve tamamen vakum yapması sağlanmış ve tezgah beklemeye alınmıştır. Bir gün sonra epoksi verilerek 8 saat boyunca 80 °C altında plakalar kütleme işlemine tabi tutulmuş ve sonra 18 saat boyunca parça tezgah üzerinde soğumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.10 K rlenen kompozit plakalar

Hazırlanan plakalar tezgahdan soyma kumaşları sayesinde tek tek sökülür. Plakaların u  kısımları homojen olmadığı için kesilerek homojen kısımlar elde edilir.

## BÖLÜM DÖRT

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 4.1 Giriş

Üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile çekme ve üç nokta eğme testleri yapılmıştır. Kompozit plakalar ASTM D3039 ve ASTM 6856 standartlarına uygun olarak kesilerek çekme ve üç nokta eğme test numuneleri hazırlanmıştır.

#### 4.2 Çekme Özelliklerinin Belirlenmesi

Çekme testi deneyi Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarında yer alan 100 kN kapasiteli Shimadzu AG-100 Çekme testi cihazında (Şekil 4.1) gerçekleştirilmiştir. Üzeri işaretlenen numuneler çenelere bağlanarak 1 mm/dakika hız ile çekilmiştir. Bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzamalar ( $\Delta L$ ) cihaz ve video ekstensometre ile ölçülmüştür. Deney sonucu elde edilen yük ( F ) ve uzama ( $\Delta L$ ) değerlerinden yararlanarak (F –  $\Delta L$ ) diyagramları elde edilmiştir.

Çekme gerilmesi

$$\sigma_{\phi} = F_{max}/A_0 \quad (4.1)$$

eşitliğinden,

Çekme uzaması ise numunedeki toplam uzama farkının ilk boya oranı

$$\varepsilon = \Delta L/L_0 \quad (4.2)$$

eşitliği ile hesaplanabilir (Işık, 2005).

Elastisite modülü (E) malzemenin dayanımının (mukavemetinin) ölçüsüdür. Birim uzama başına gerilme olarak tanımlanabilir (Işık, 2005).

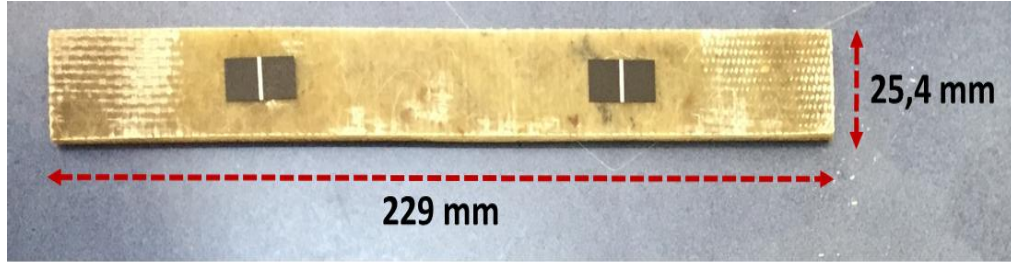
$$E = \sigma/\varepsilon \quad (4.3)$$

eşitliği hesaplanabilir.



Şekil 4.1 Shimadzu AG-100 çekme deneyi cihazı

Çekme numuneleri için standart boyutları şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Çekme numunesi boyutları

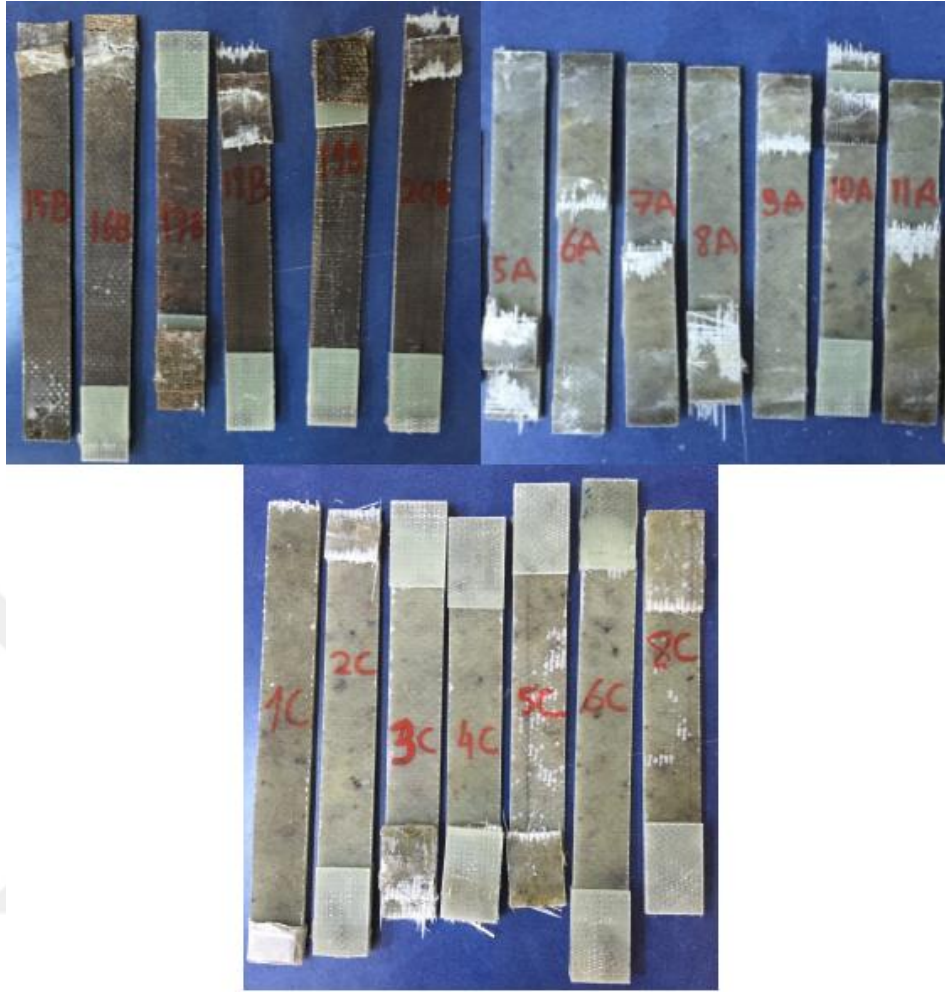
#### 4.3 Çekme Deneyi Sonuçları

Test cihazına bağlanmış deney numunesi test öncesi ve sonrası Şekil 4.3’ de gösterilmiştir.



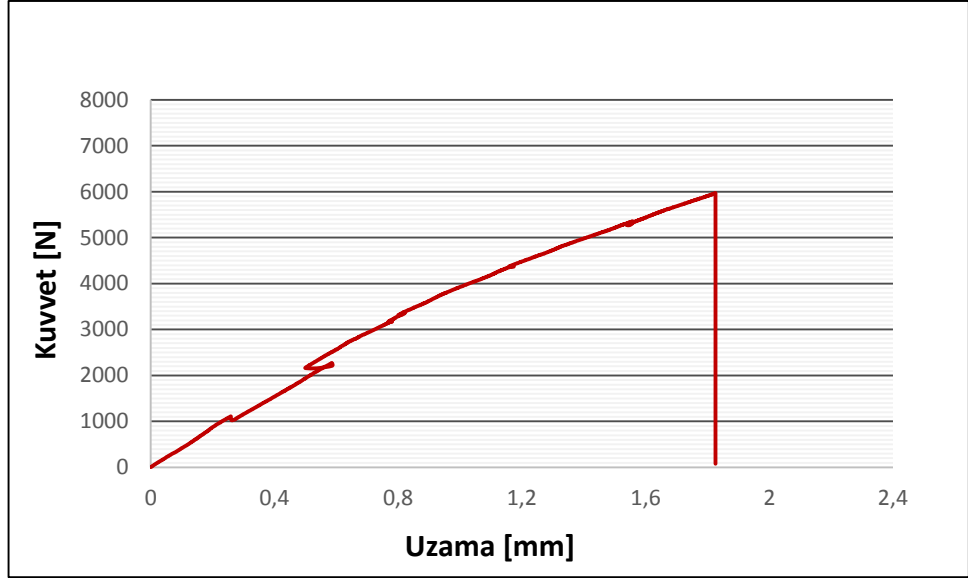
Şekil 4.3 Çenelere bağlanmış deney numunesi test öncesi ve sonrası





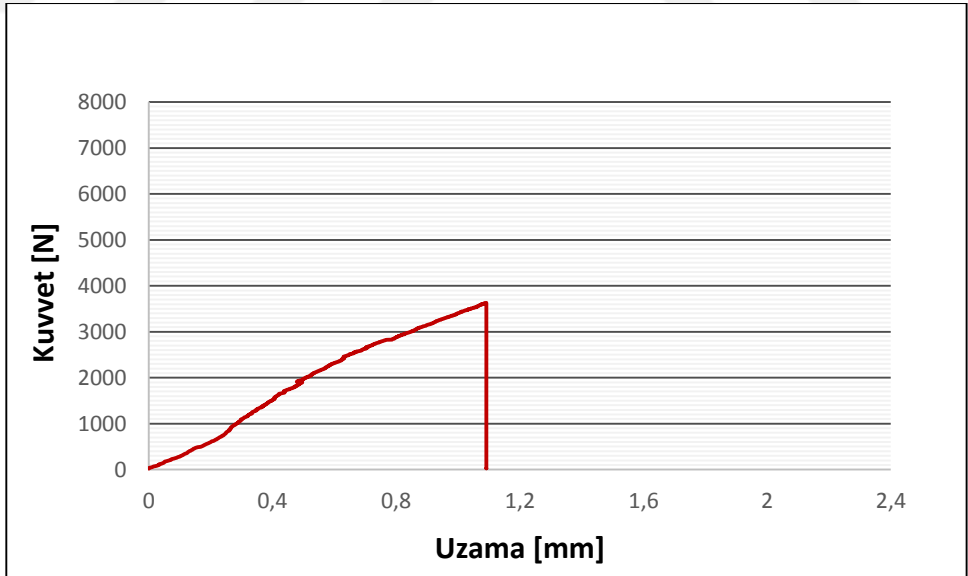
Şekil 4.4 Çekme deneyi sonrası numuneler

Numunelere ait kuvvet-uzama grafiklerinden bazıları Şekil 4.5-4.9’ da gösterilmiştir.



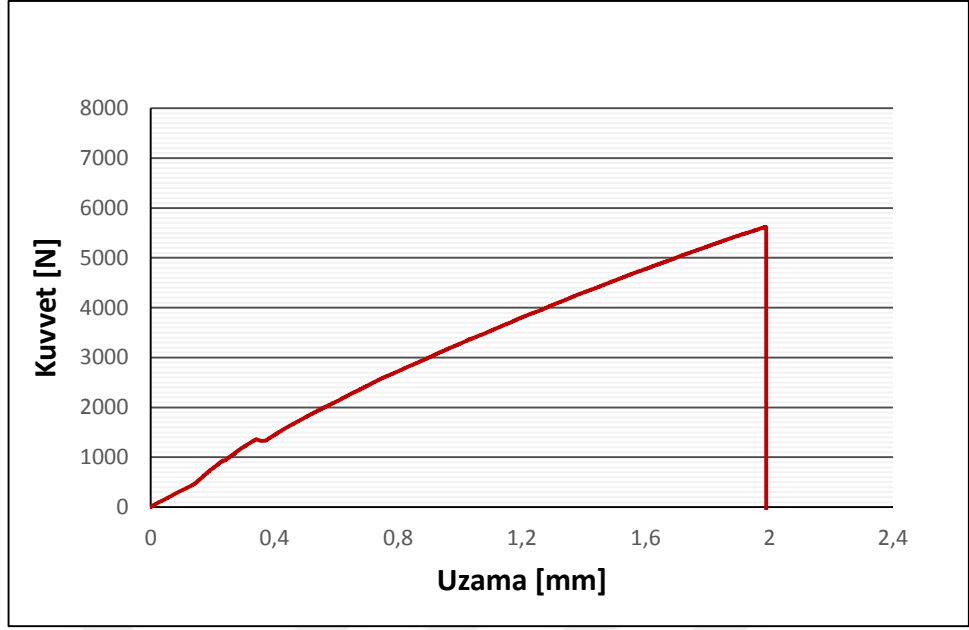
Şekil 4.5 Dokuma jüt kumaş takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) kuvvet-uzama grafiği

Dokuma jüt kumaş/cam kumaş takviyeli kompozit malzeme dokuma yönünde çekmeye zorlandığında Şekil 4.5’ de grafik verilerine göre maksimum yük değeri 5968,9 N, maksimum uzama değeri ise 1,82 mm çıkmıştır.



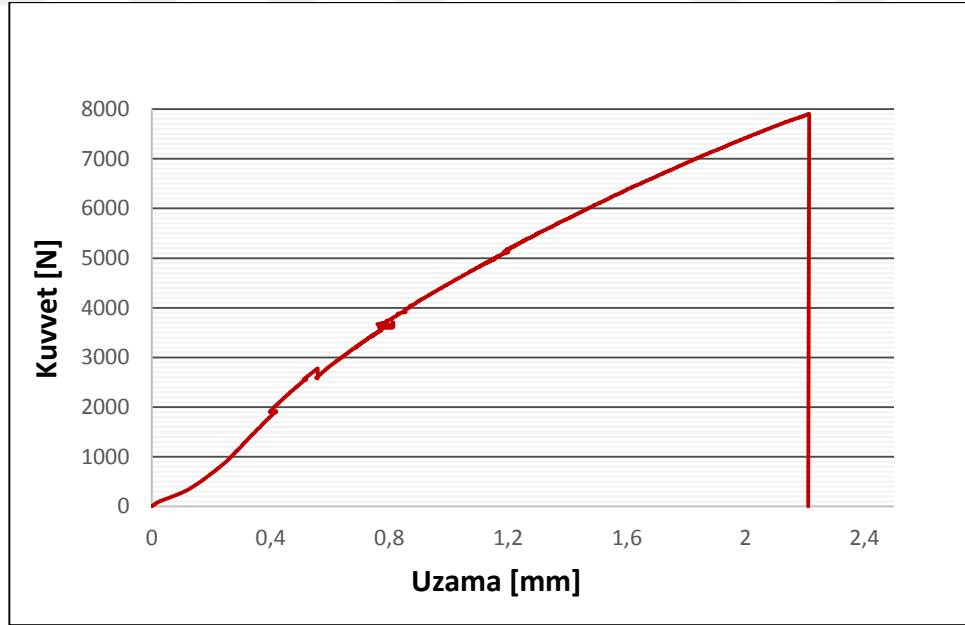
Şekil 4.6 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik) kuvvet-uzama grafiği

Dokuma yönüne dik yönde ise Şekil 4.6’ da ki grafik verilerine göre maksimum yük değeri 3628,67 N, maksimum uzama 1,09 mm ölçülmüştür.



Şekil 4.7 Dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-uzama grafiği

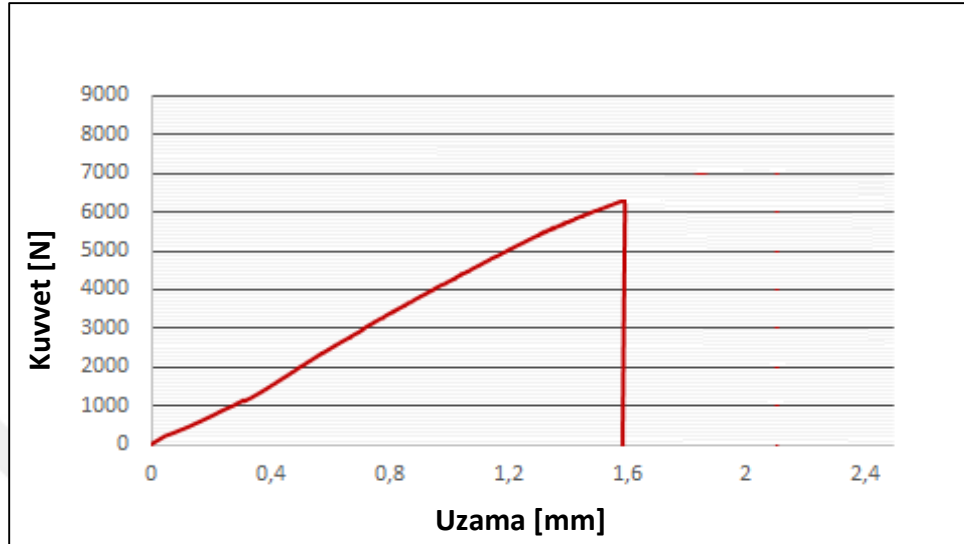
Şekil 4.7’ de dokusuz yün keçe/cam kumaş takviyeli malzemenin maksimum çekme kuvveti 5622,848 N ve maksimum uzama 1,98 mm ölçülmüştür.



Şekil 4.8 Dokuma jüt kumaş (dokuma yönünde) /dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-uzama grafiği



Şekil 4.8’ de ki grafikte dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe/cam kumaş takviyeli karma kompozit malzeme dokuma yönünde çekmeye maruz bırakıldığında maksimum çekme kuvveti 7897,043 N ve maksimum uzama 2,21 mm ölçülmüştür.



Şekil 4.9 Dokuma jüt kumaş (dokuma yönüne dik)/ dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-uzama grafiği

Dokuma yönüne dik yönde ise karma kompozit malzemenin maksimum çekme kuvveti 6073,38 N ve maksimum uzama 1,57 mm ölçülmüştür.

Kuvvet uzama grafikleri numuneler gevrek malzeme oldukları için lineer davranış göstermektedir. ASTM D 3039 standardına göre; dokuma yönündeki elastisite modülü, çekme gerilmesi ve kuvveti değerleri ve dokuma yönüne dik yöndeki elastisite modülü, çekme gerilmesi ve kuvveti değerleri Tablo 4.1 de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Numunelerin maksimum gerilme, kuvvet ve elastisite değerleri

	Maksimum Gerilme	Maksimum Kuvvet	Elastisite Modülü
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N/mm <sup>2</sup> ]
Jüt Kumaş Takviyeli (dokuma yönünde)	92,90	5968,92	6529,42
Jüt Kumaş Takviyeli (dokuma yönüne dik)	63,07	3628,67	5762,50
Keçe Takviyeli (boyuna)	74,72	5622,848	4562,82
Keçe Takviyeli (enine)	80,08	5622,848	4257,55
Jüt kumaş/keçe takviyeli (dokuma yönünde)	68,67	7897,043	3913,31
Jüt kumaş/keçe takviyeli (dokuma yönüne dik)	63,56	6073,38	3641,45

#### 4.4 Üç Nokta Eğme Deney Sonuçları

Üç nokta eğme testi Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarında yer alan Shimadzu AG-100 cihazında (Şekil 4.10) gerçekleştirilmiştir. Eğme deneyi için önce test edilecek malzemeden standartlara uygun bir eğme numunesi hazırlanmıştır. Destekler arası mesafe ASTM D 6856 standardında belirtilen değerde ve eğme hızı 1 mm/dk ile yapılmıştır.

Deney süresince, F kuvveti artırılırken, malzemenin tam ortasında oluşan sehim değeri ölçülür. Ölçülen değerler sonucu kuvvete karşılık gelen sehim grafiği elde edilir. Bu ölçümler, tüm malzeme için en yüksek sehim ve momentin olduğu orta noktasında yapılır.

Eğme deneyi sonucunda, malzemenin eğme momenti ( $M_e$ ), eğilme dayanımı ( $\sigma_e$ ), elastisite modülü ( $E_e$ ) ve eğilme miktarı ( $\delta$ ) gibi değerlerin hesaplanabilmesi için aşağıdaki formüllerden de anlaşılacağı gibi deney esnasındaki F yükü ve  $\delta$  eğilme miktarının duyarlılıkla ölçülmesi ve mesnet merkezleri arasındaki uzaklığın bilinmesi gerekmektedir.

Maksimum eğilme gerilmesi;

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (4.4)$$

Maksimum eğilme momenti ;

$$M_e = \frac{FL}{4} \quad (4.5)$$

Eğilme elastisite modülü;

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4.6)$$

Sehim (eğilme miktarı);

$$f = \frac{FL^3}{48EI} \quad (4.7)$$

Atalet Momenti; 
$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (4.8)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

$\sigma$  = Maksimum normal gerilme (N/mm<sup>2</sup>)

$F$  = Kuvvet (N)

$M_e$  = Eğilme Momenti (Nmm)

$\epsilon$  = Birim şekil değiştirme

$E$  = Elastisite Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$f$  = Sehim (mm)

$I$  = Dikdörtgen kesit için atalet momenti (mm<sup>4</sup>)

$b$  = Kiriş genişliği (m)

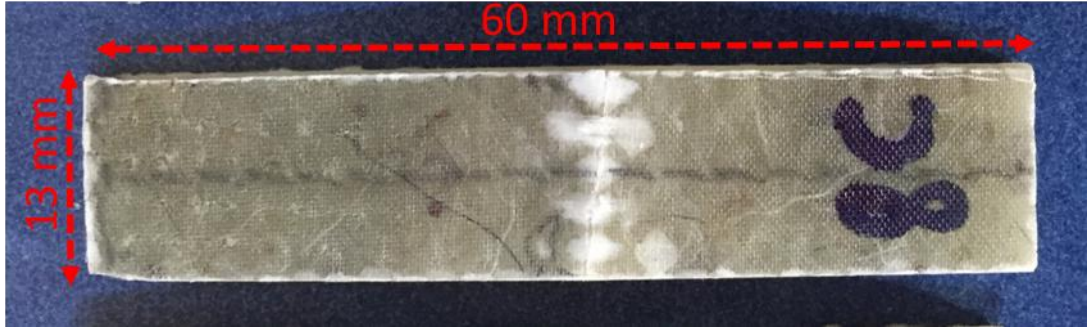
$L$  = Destekler arası mesafe (m)

$h$  = Kiriş yüksekliği (mm)

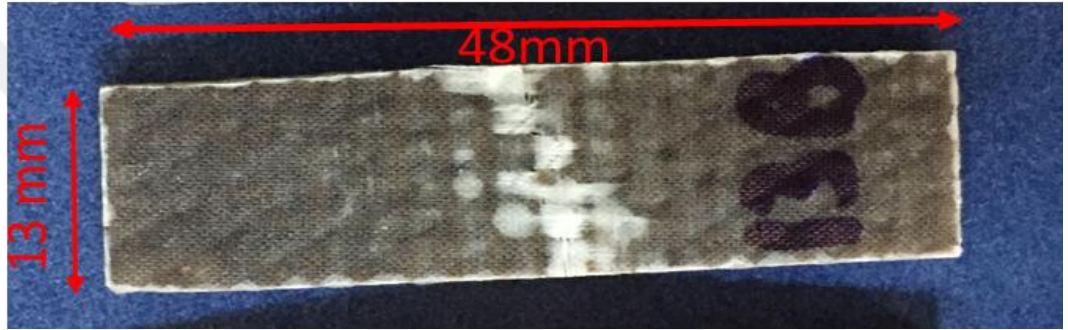


Şekil 4.10 Shimadzu AG-100 eğme deneyi cihazı

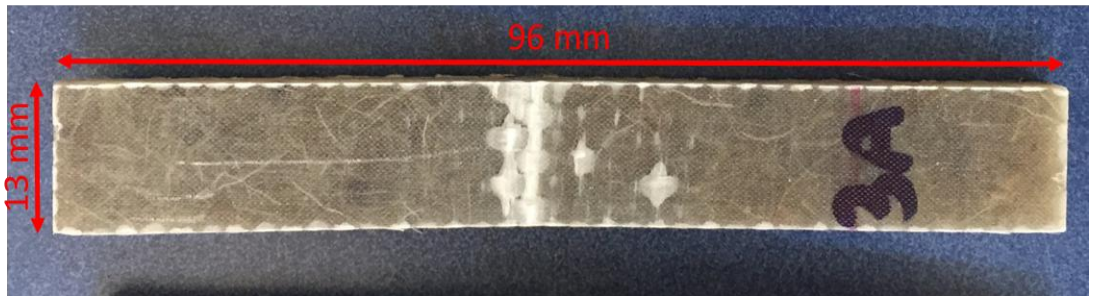
Eğme numuneleri ASTM standartlarına göre kesme tezgahında 13 mm eninde ve 48 mm, 60 mm, 96 mm boyunda olmak üzere 3 farklı kesimde hazırlamıştır.



Şekil 4.11 Üç nokta eğme testi için dokusuz yün keçe numunesi ebatları



Şekil 4.12 Üç nokta eğme testi için dokuma jüt kumaş numunesi ebatları



Şekil 4.13 Üç nokta eğme testi için dokusuz yün keçe/dokuma jüt kumaş numunesi ebatları

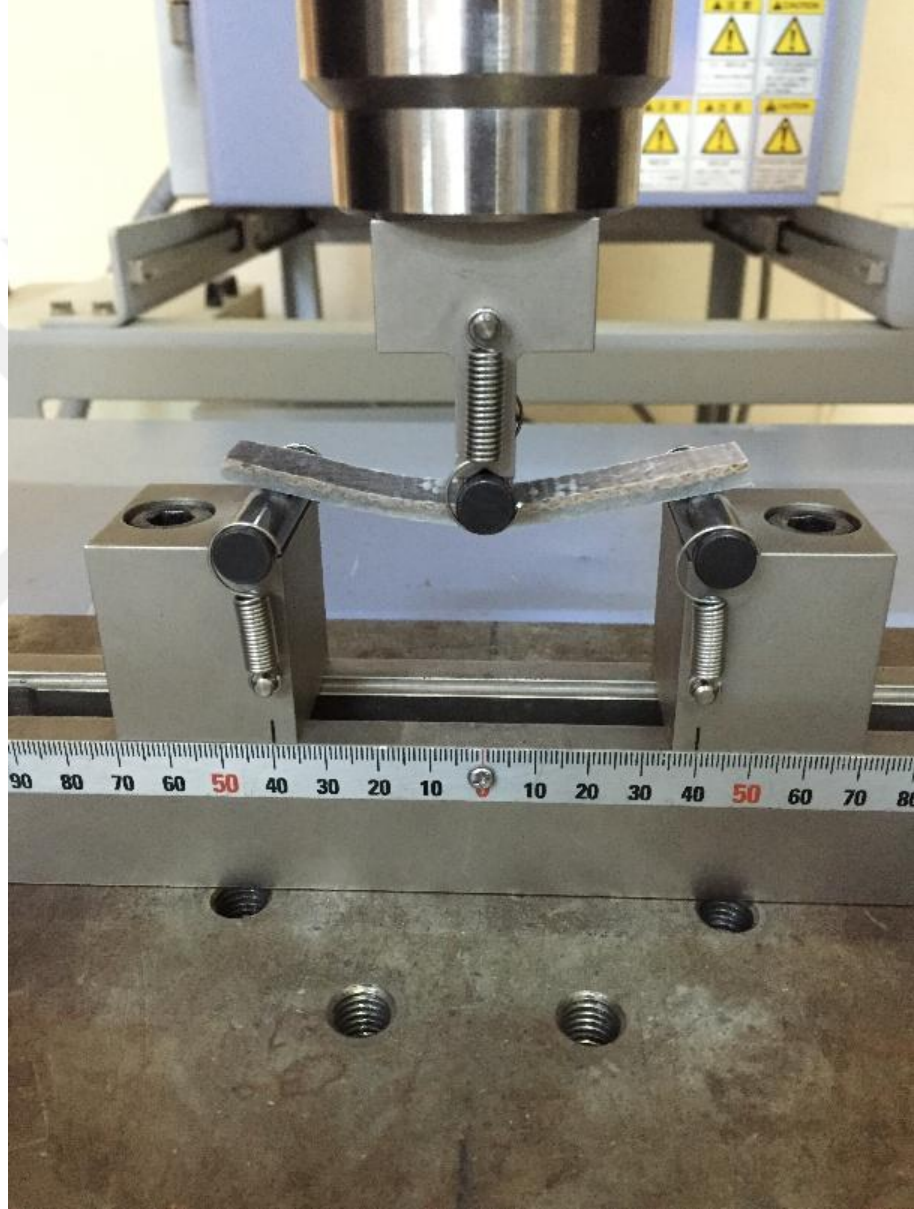
#### 4.5 Üç Nokta Eğme Deneyi Sonuçlarının İncelenmesi

Üç tip numunenin farklı destek mesafelerinde ve numune boylarında, kuvvet-sehim ve gerilme-uzama grafikleri oluşturulmuş, maksimum kuvvet ve sehim

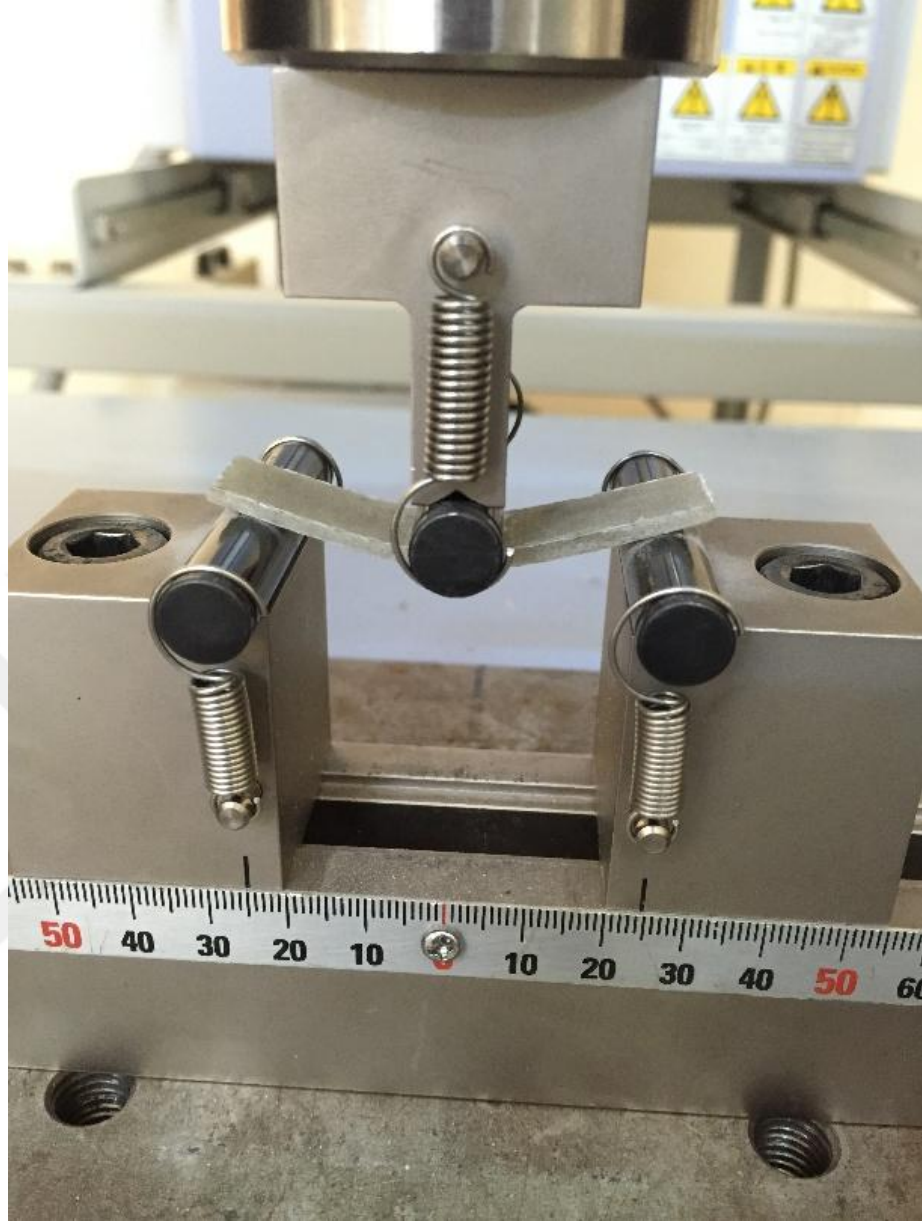


değerleri, elastik bölgedeki ve maksimum kuvvet değerlerindeki direngenlikleri bulunmuştur.

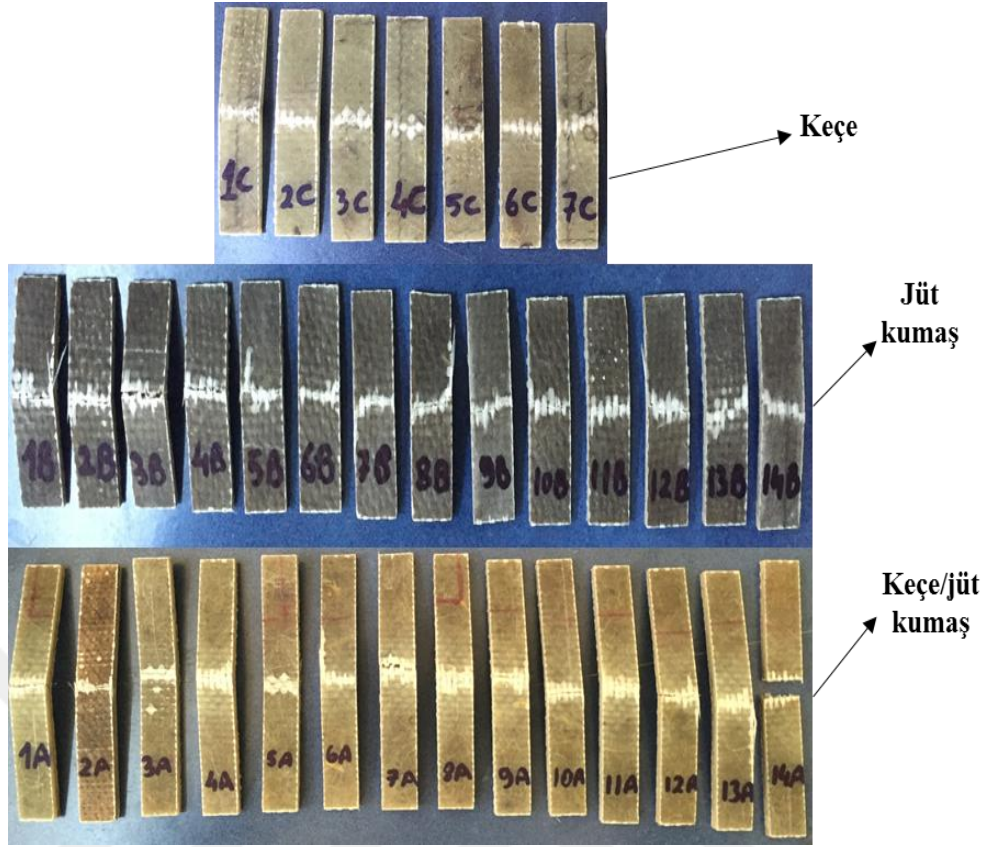
Şekil 4.14 da iki farklı numune için eğme deneyini göstermektedir. Şekil 4.15 de ise deney sonrası numunelerin durumunu göstermektedir.



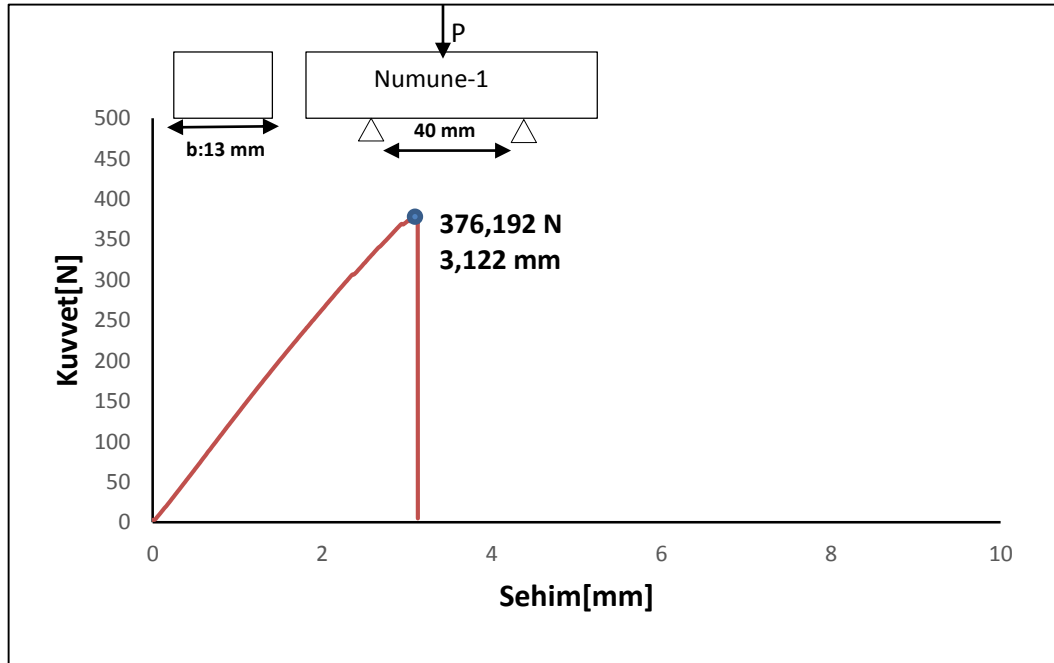
Şekil 4.14 Eğme yükü altında numunelerin kırılma öncesi görüntüleri



Şekil 4.14 Eğme yükü altında numunelerin kırılma öncesi görünüşleri (devamı)

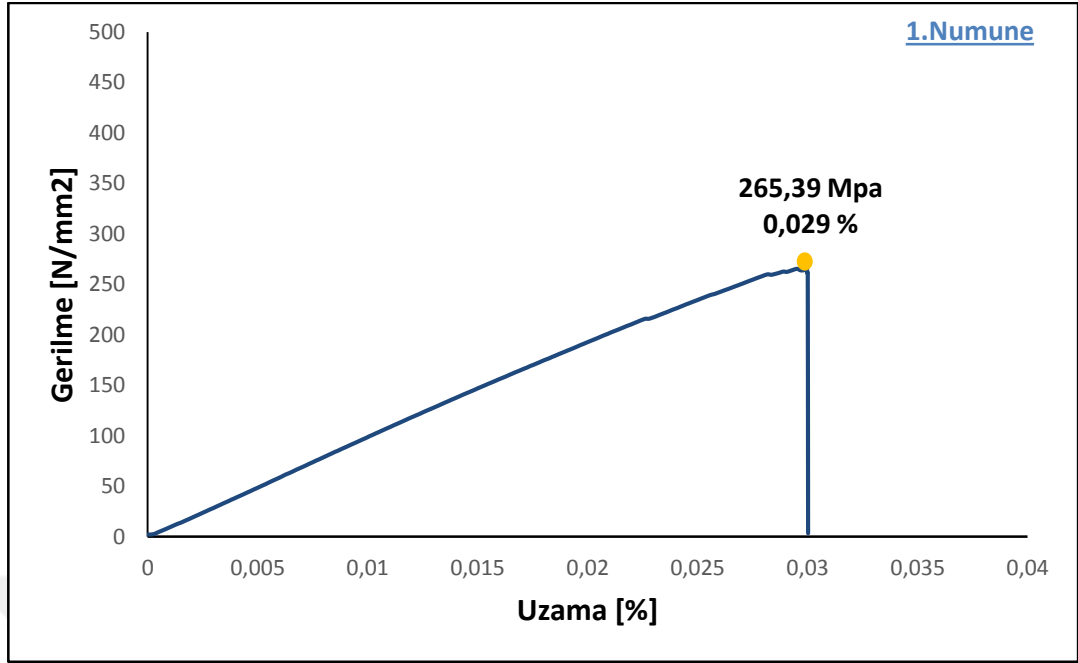


Şekil 4.15 Eğme deneyi sonrası numune hasarları

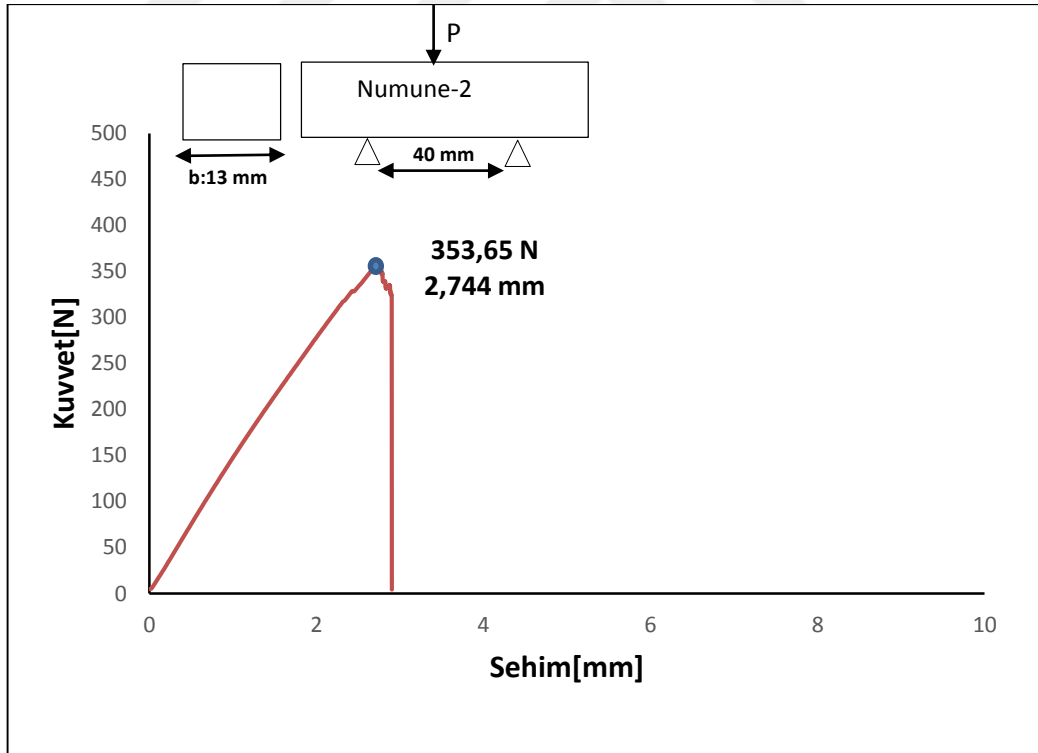


Şekil 4.16 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği

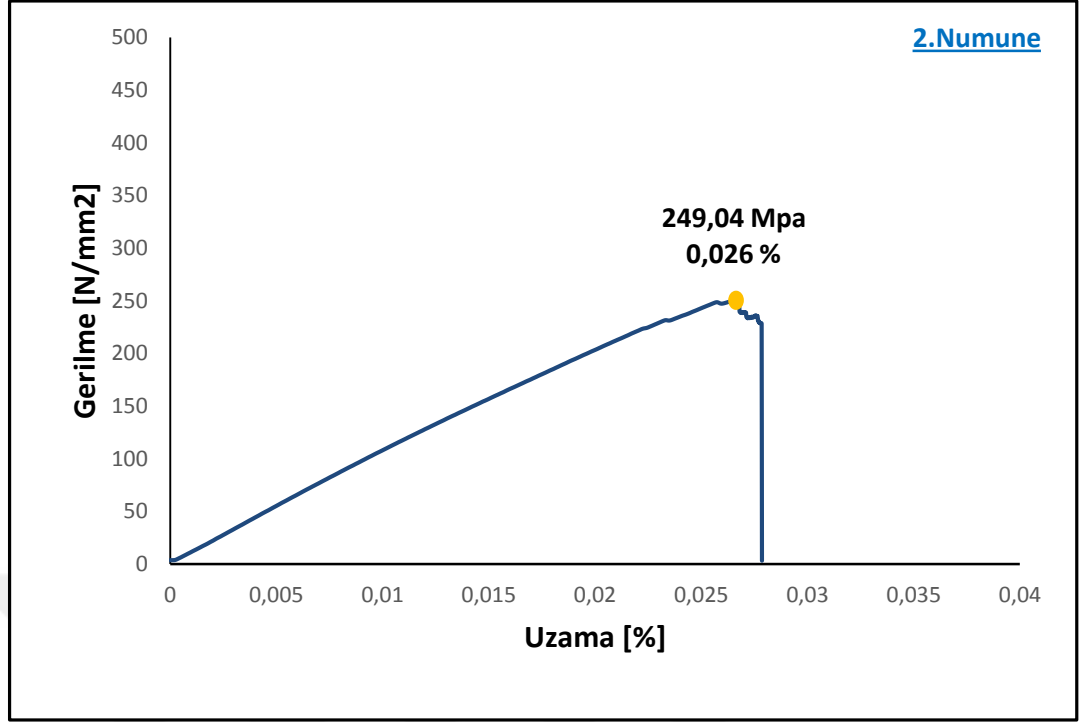




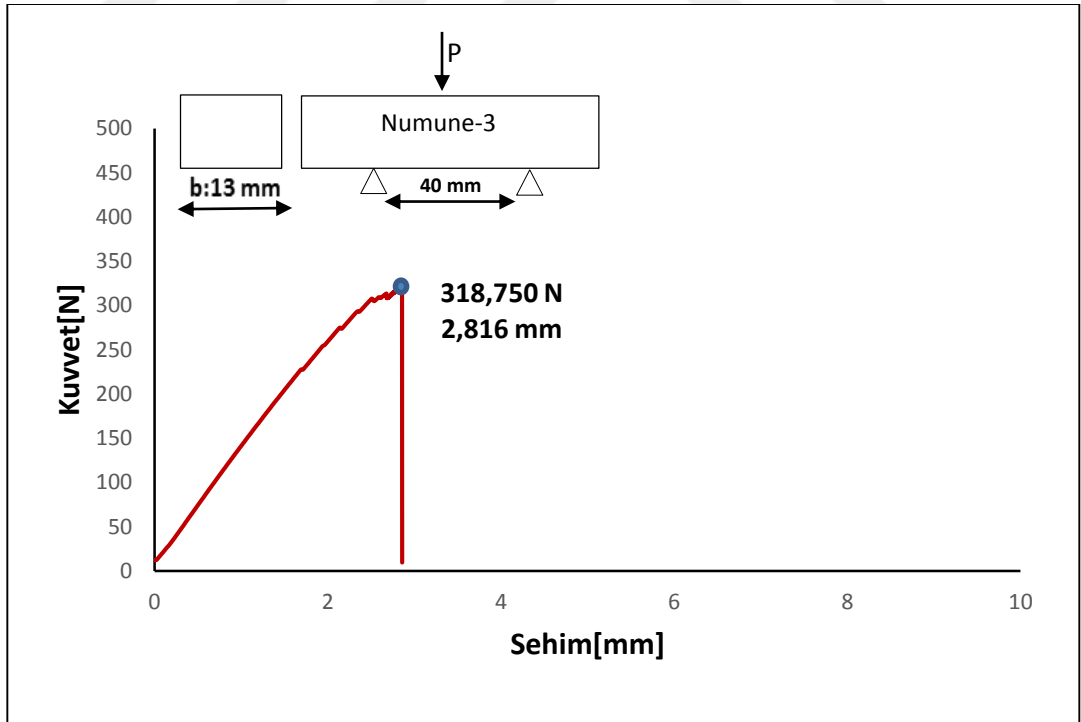
Şekil 4.17 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği



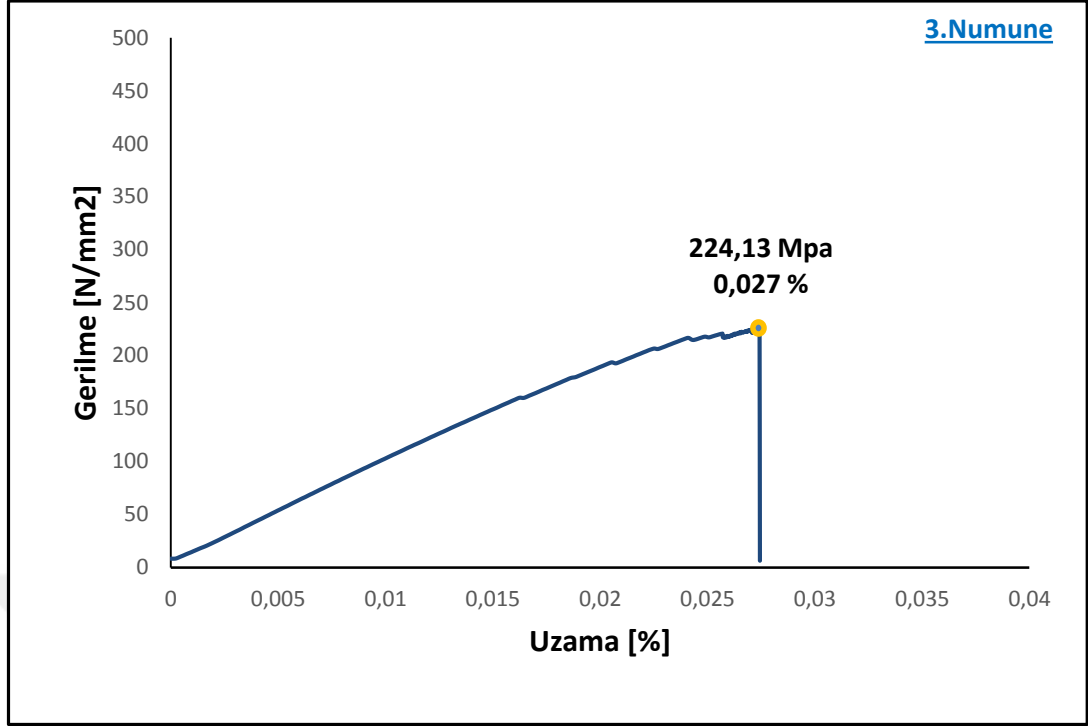
Şekil 4.18 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği



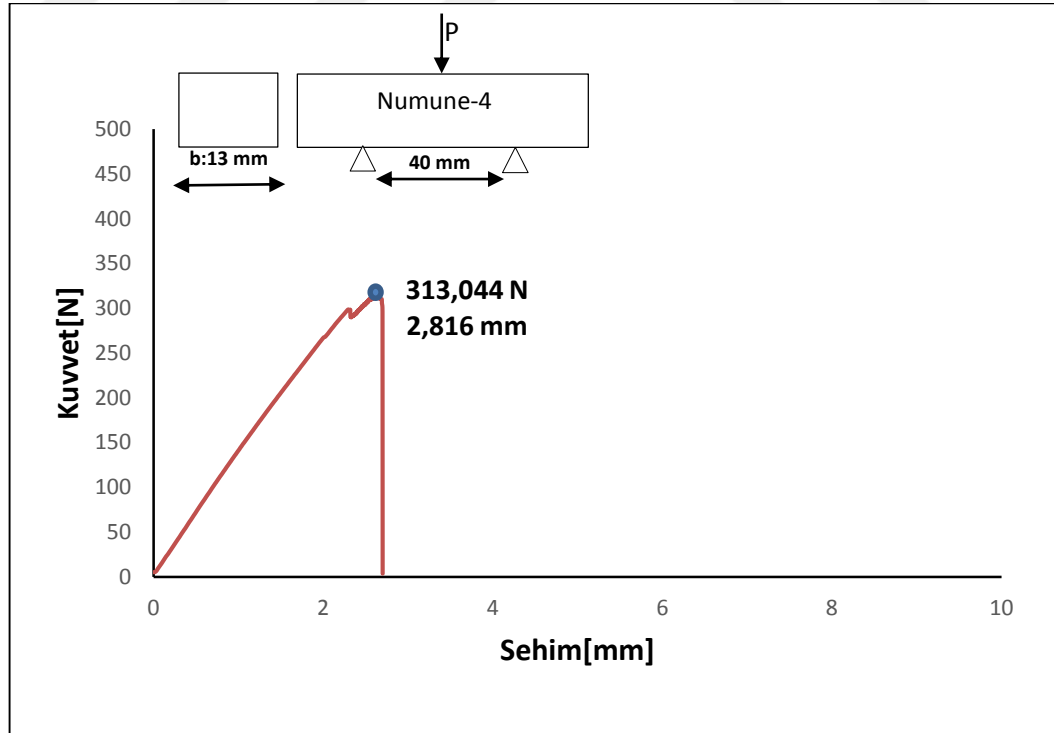
Şekil 4.19 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği



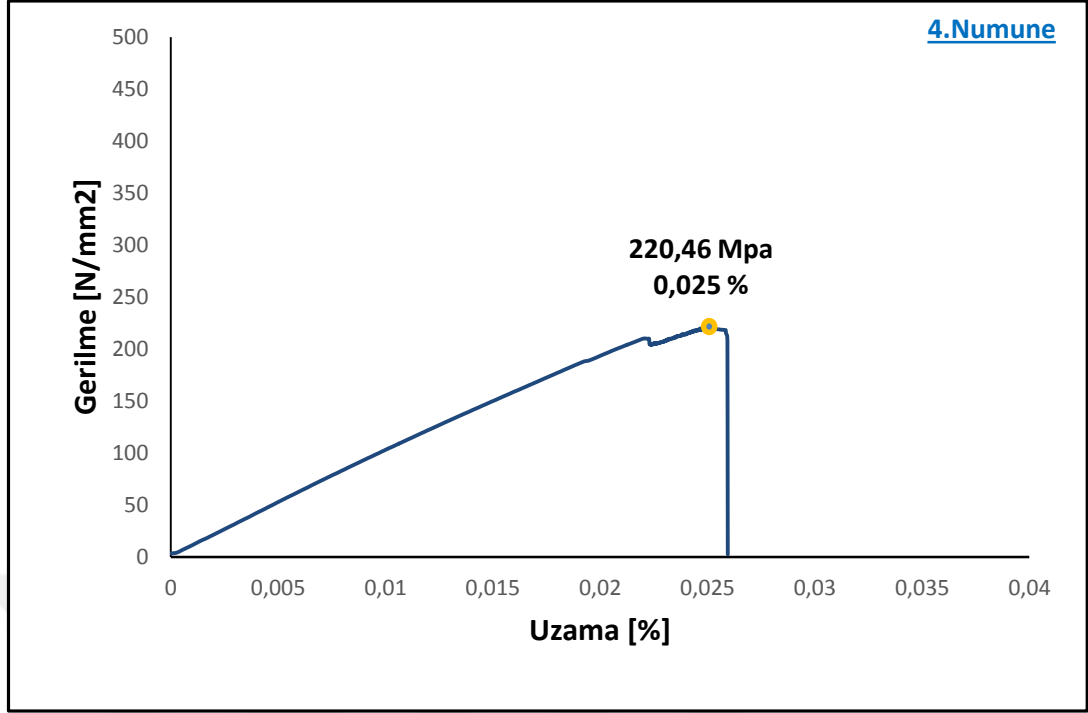
Şekil 4.20 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği



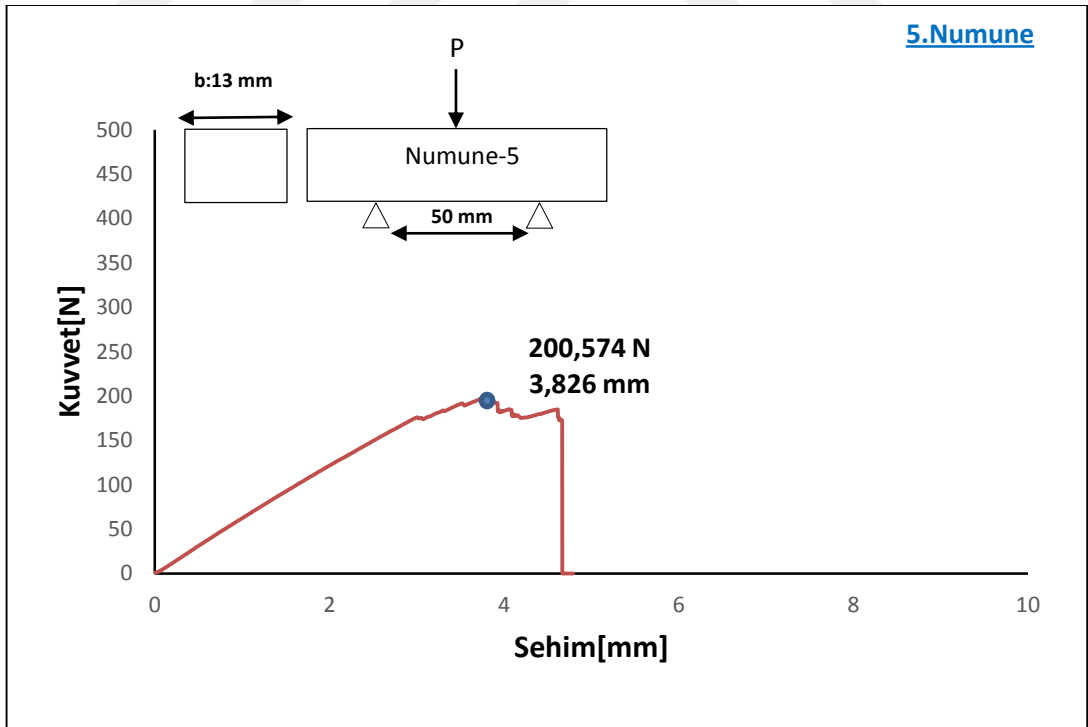
Şekil 4.21 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği



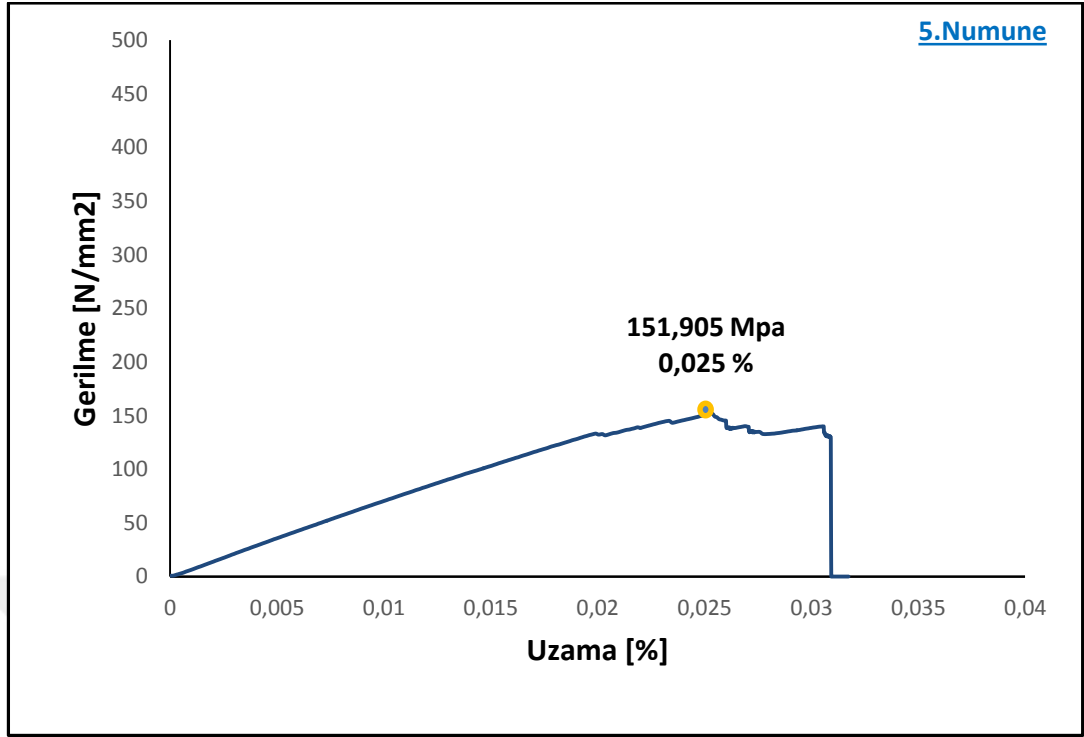
Şekil 4.22 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik) kuvvet-sehım grafiği



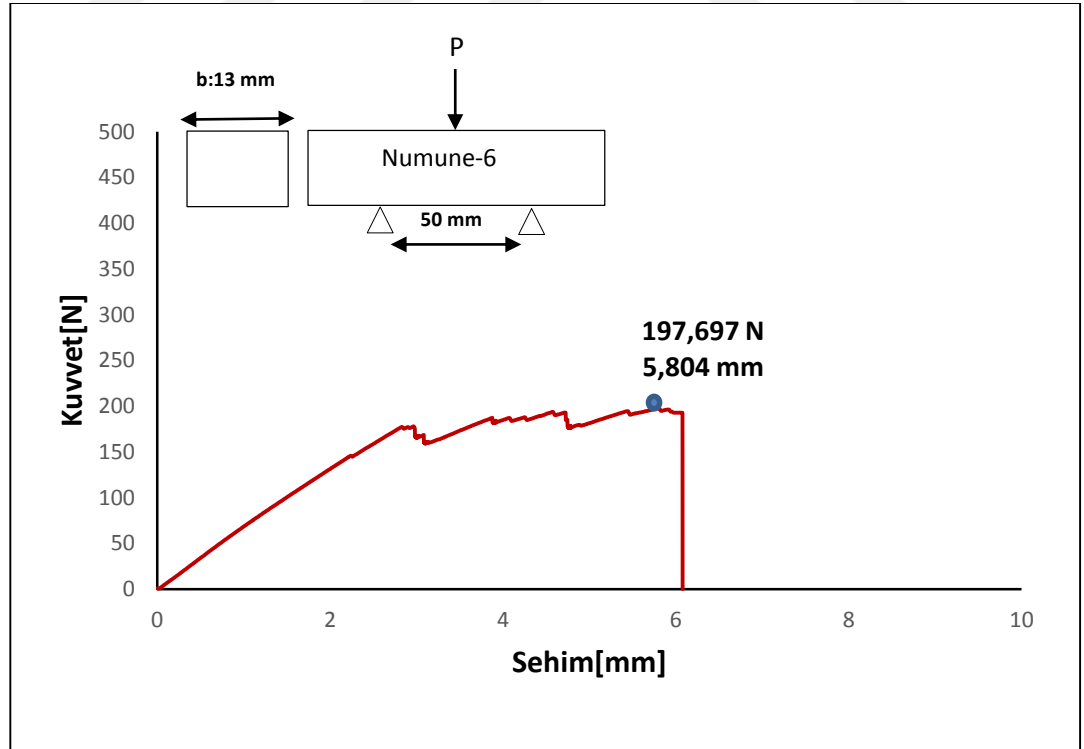
Şekil 4.23 Dokuma jüt kumaş takviyeli numune için (dokuma yönüne dik ) gerilme-% uzama grafiği



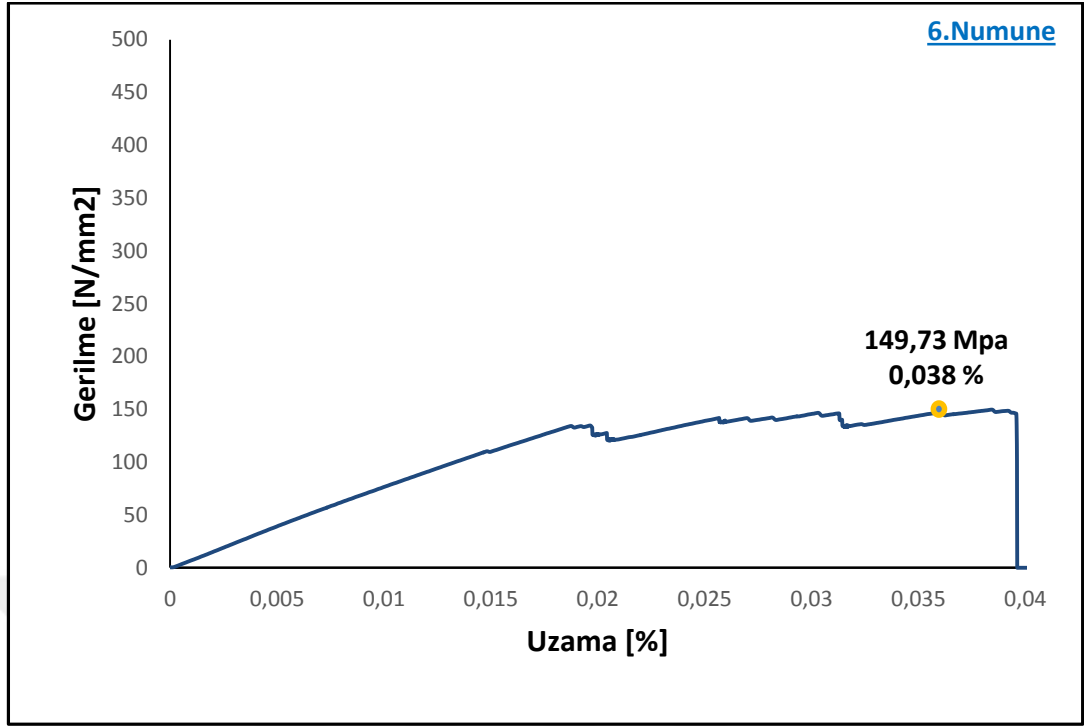
Şekil 4.24 Dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-sehim grafiği



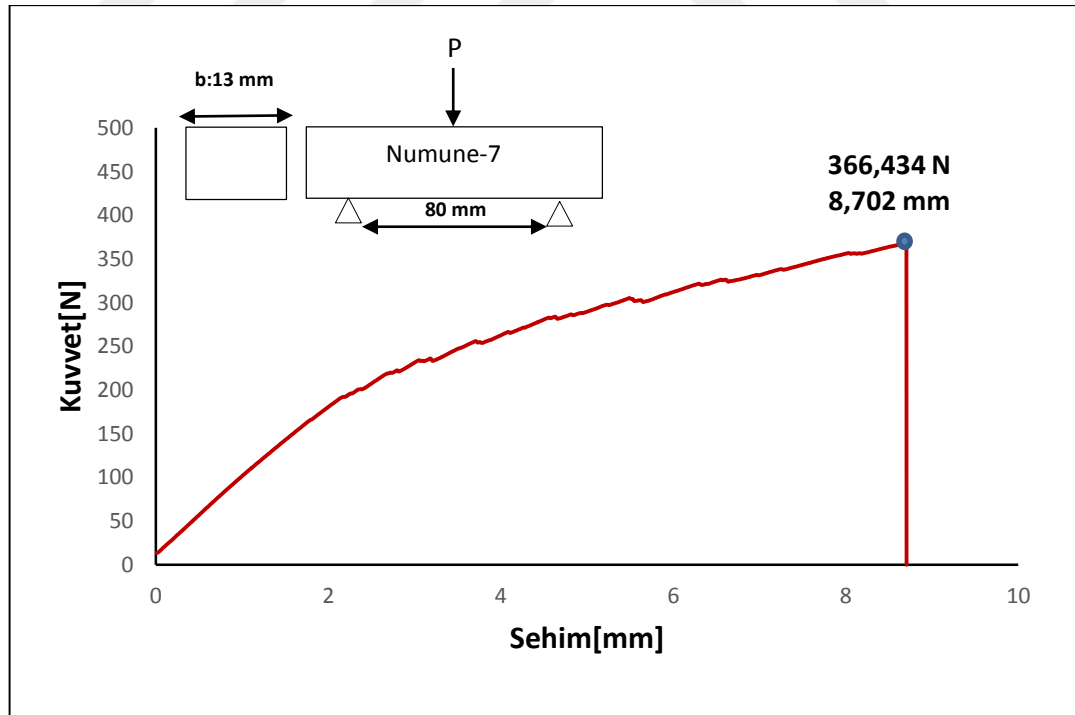
Şekil 4.25 Dokusuz yün keçe takviyeli numune için gerilme-% uzama grafiği



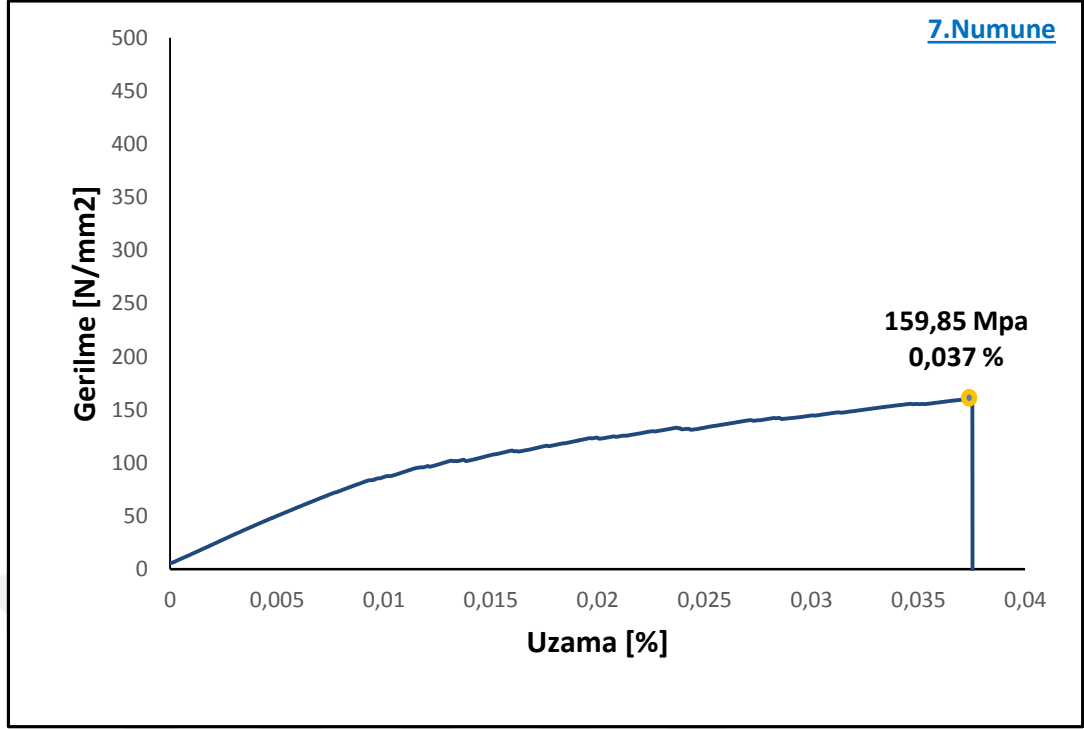
Şekil 4.26 Dokusuz yün keçe takviyeli numune için kuvvet-sehim grafiği



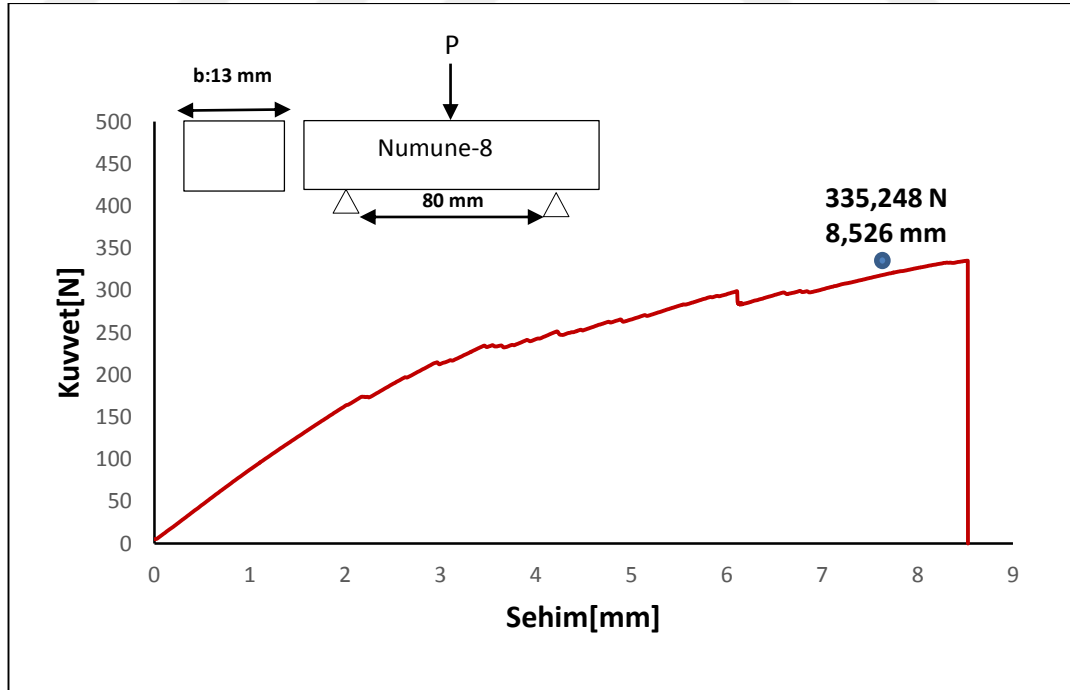
Şekil 4.27 Dokusuz yün keçe takviyeli numune için gerilme-% uzama grafiği



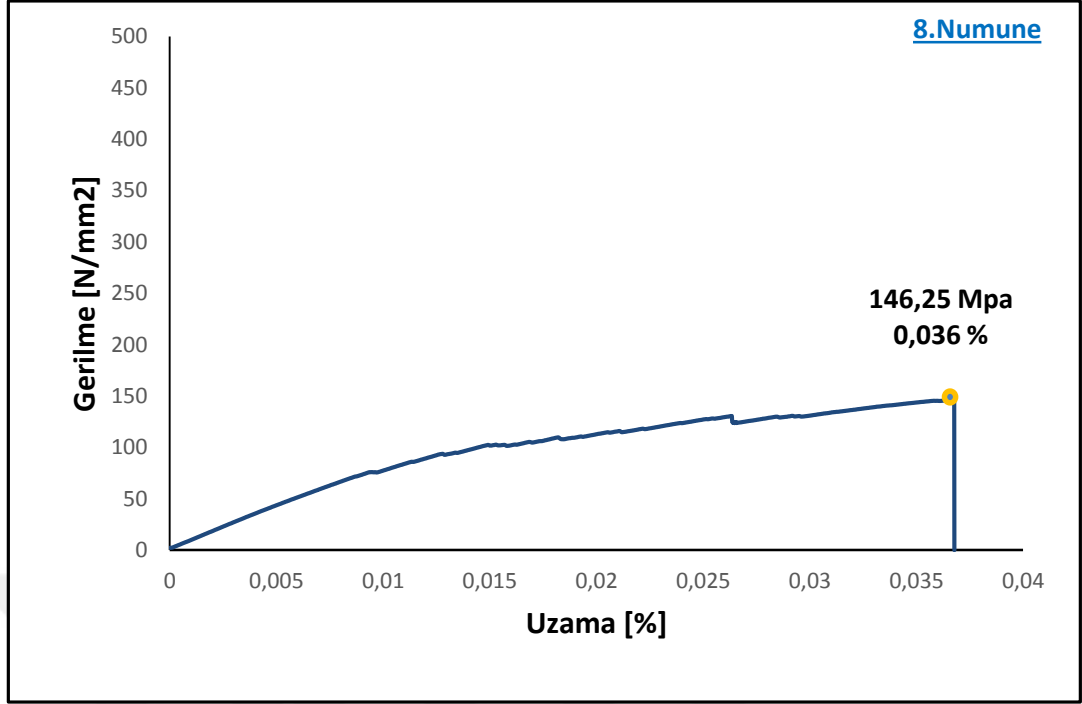
Şekil 4.28 Dokuma jüt kumaş/ dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği



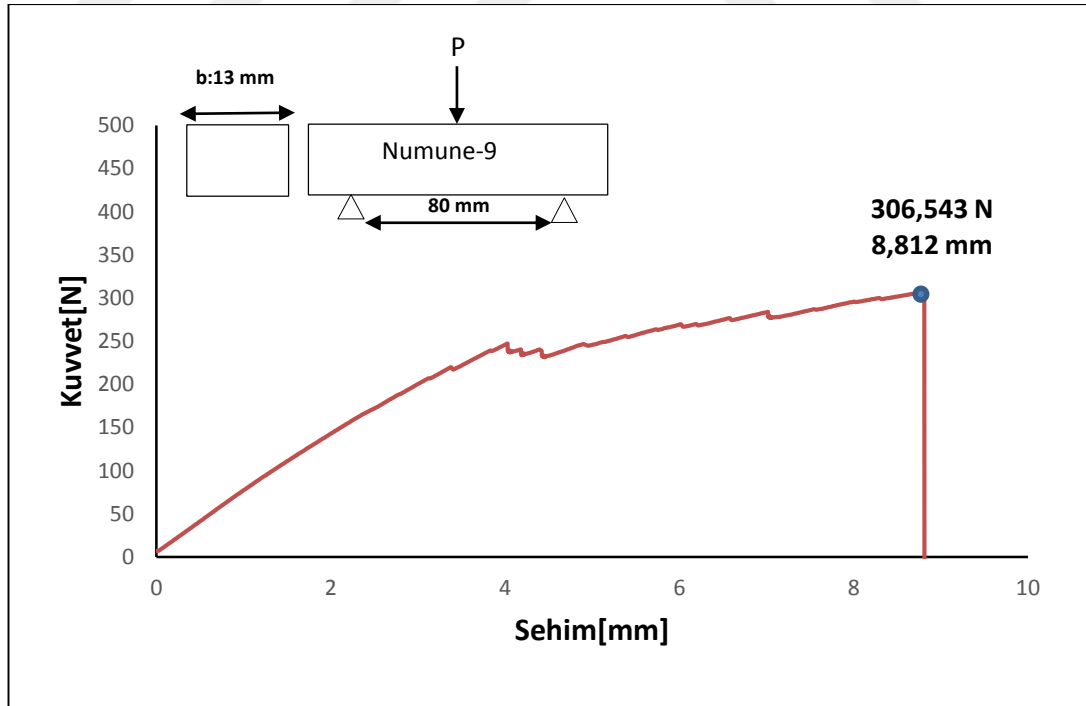
Şekil 4.29 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği



Şekil 4.30 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) kuvvet-sehim grafiği

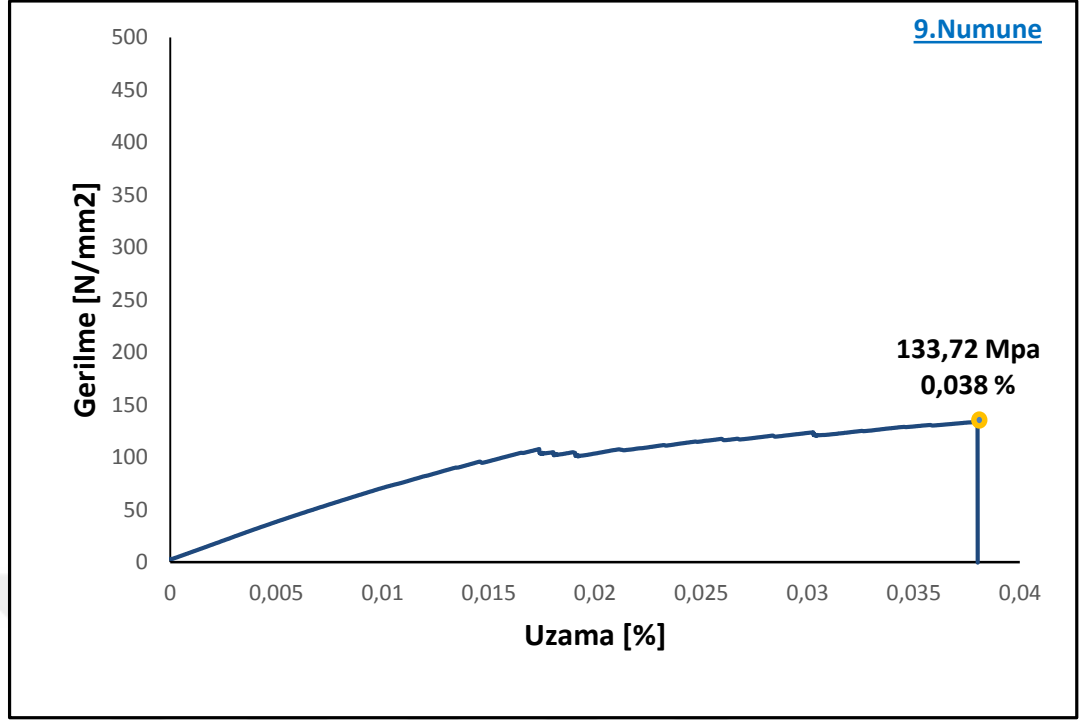


Şekil 4.31 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönünde) gerilme-% uzama grafiği

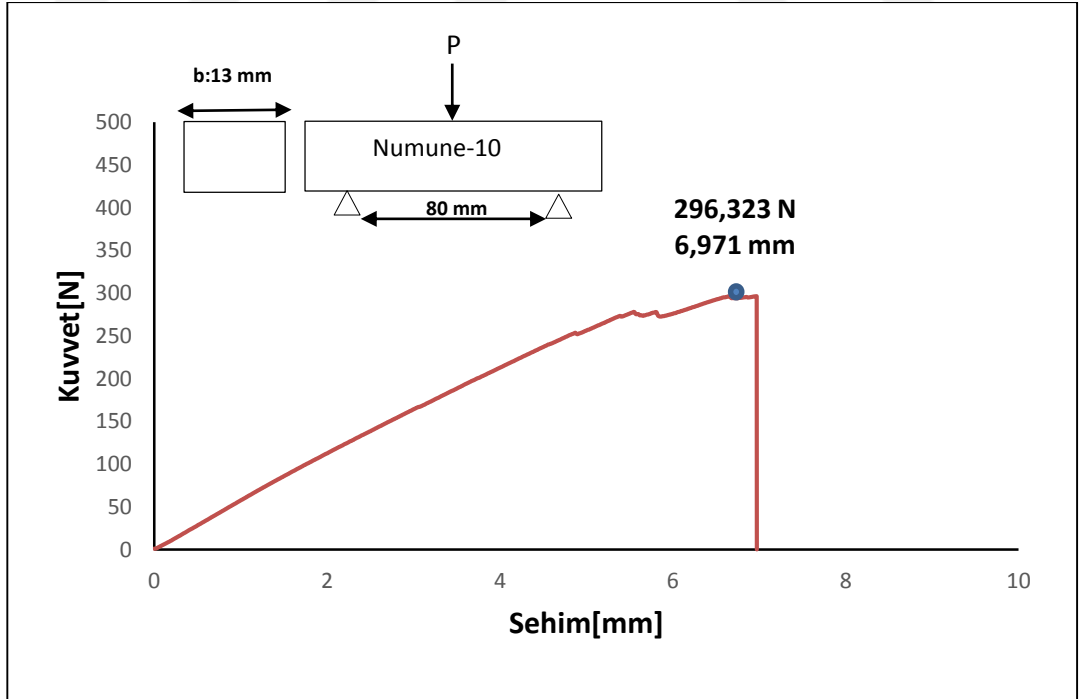


Şekil 4.32 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği

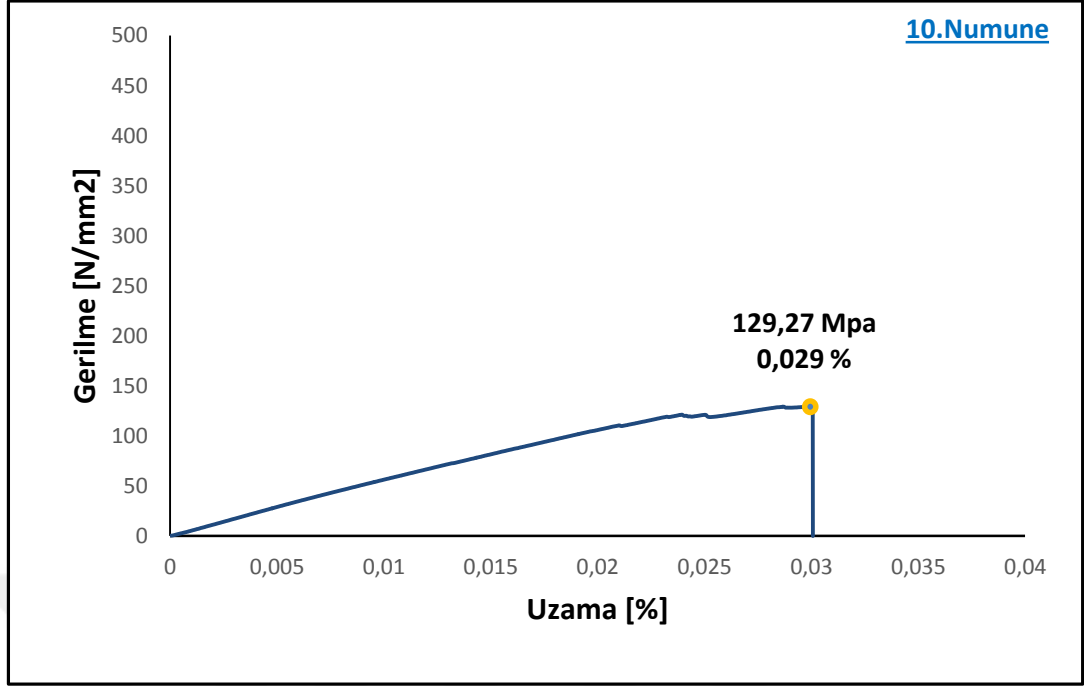




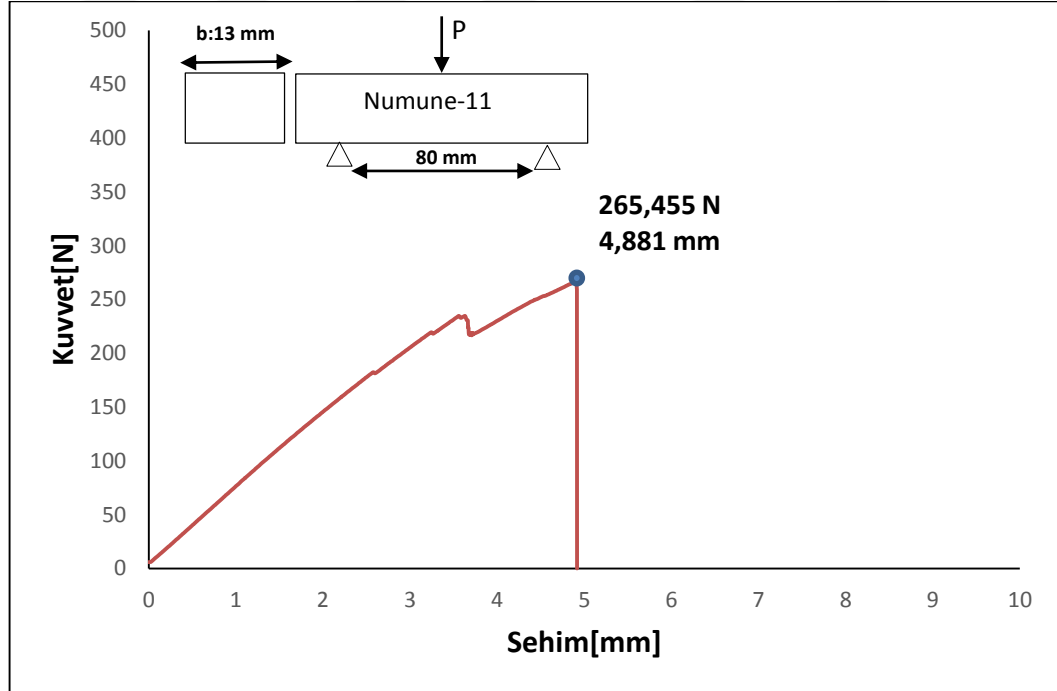
Şekil 4.33 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği



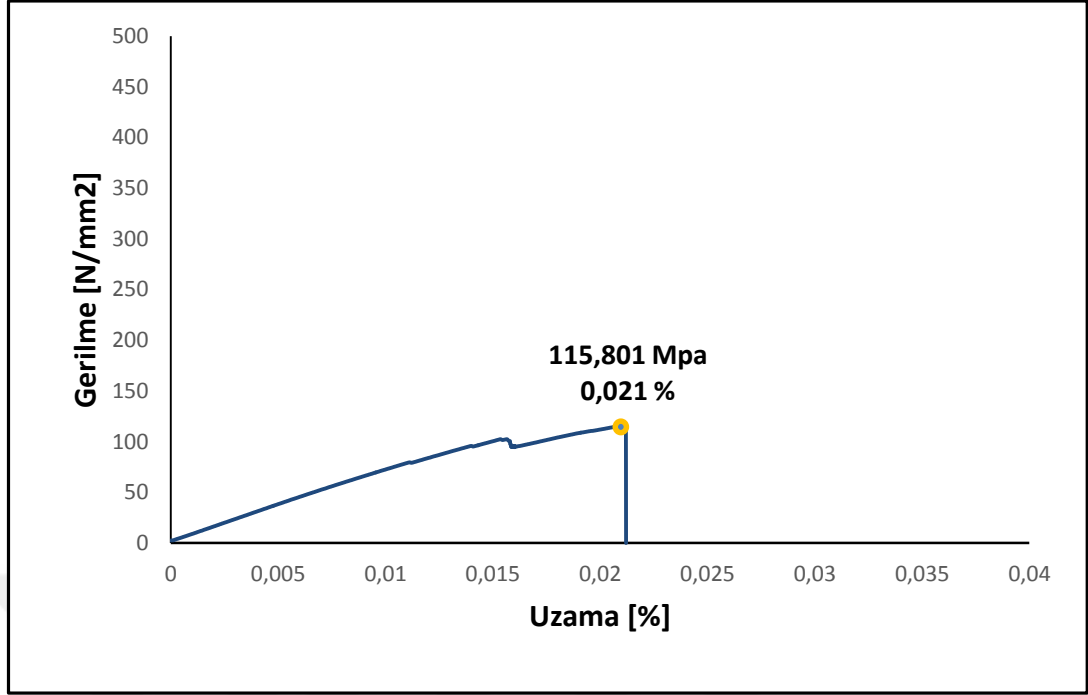
Şekil 4.34 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehım grafiği



Şekil 4.35 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği



Şekil 4.36 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) kuvvet-sehim grafiği



Şekil 4.37 Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe takviyeli numunelerin (dokuma yönüne dik yönde) gerilme-% uzama grafiği

Şekil 4.28, 4.30, 4.32 ve 4.34’ teki kuvvet-sehim grafiklerindeki verilere, eğme kuvveti jüt kumaş tarafından uygulanarak ulaşılmıştır. Şekil 4.36 da ki kuvvet-sehim grafiği ise eğme kuvveti yün keçe tarafından uygulanarak bulunmuştur.

Tablo 4.2 Numunelerin maksimum gerilme, kuvvet ve elastisite değerleri

	Maksimum Gerilme [N/mm2]	Maksimum Kuvvet [N]	Elastisite Modülü [N/mm2]
Jüt Kumaş Takviyeli (fiber yönünde)	265,9	376,2	9799,8
Jüt Kumaş Takviyeli (fibere dik yönde)	224,5	318,7	10609,9
Keçe Takviyeli	151,9	200,6	7103,6
Jüt kumaş/keçe takviyeli (fiber yönünde)	159,9	366,4	10908,7
Jüt kumaş/keçe takviyeli (fibere dik yönde)	133,7	306,5	8085,1

## BÖLÜM BEŞ

### SONUÇLAR

Doğal lif takviyeli kompozit üretiminde sık kullanılan üretim yöntemleri ve parametreleri ile ilgili literatür araştırmaları incelenmiştir. Son yıllarda polimer teknolojisinde kullanılan her materyalin çevreye uygun olması ve ekolojik olmasına yönelik çalışmalar her geçen gün artış göstermektedir. Ayrıca polimere yüksek mekanik özellikler kazandırması özelliği ile de ön plana çıkan doğal liflerin takviye edilmesi ile geliştirilen kompozit malzemeler çok farklı alanlarda üstün özellikleri ile alternatif ürün olarak kullanım olanağı bulmaktadır.

Bu çalışmada, vakum destekli reçine infüzyon yöntemiyle üretilen dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe/cam kumaş, dokuma jüt kumaş/cam kumaş ve dokusuz yün keçe/cam kumaş takviyeli kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla çekme ve üç nokta eğme testleri yapılmıştır ve elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çekme testi sonuçlarına göre Şekil 4.5 ve Şekil 4.6' daki grafiklere bakıldığında dokuma jüt kumaş/cam kumaş takviyeli kompozit fiber yönünde teste tabi tutulduğunda maksimum çekme yükü 5968,92 N ve maksimum çekme gerilmesi 92,90 N/mm<sup>2</sup>, fibere dik yönde ise maksimum çekme yükü 3628,67 N ve maksimum çekme gerilmesi 57,14 N/mm<sup>2</sup> bulunmuştur. Dokusuz yün keçe/ cam kumaş takviyeli kompozit teste tabi tutulduğunda maksimum çekme yükü 5622,848 N, maksimum çekme gerilmesi 76,501 N/mm<sup>2</sup> bulunmuştur. Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe/ cam kumaş takviyeli kompozit fiber yönünde teste tabi tutulduğunda maksimum çekme yükü 7897,043 N ve maksimum çekme gerilmesi 68,669 N/mm<sup>2</sup>, fibere dik yönde ise maksimum çekme yükü 6073,38 N ve maksimum çekme gerilmesi 63,56 N/mm<sup>2</sup> çıkmıştır. Elastisite modülleri sırasıyla 5227,61 N/mm<sup>2</sup>, 5911,59 N/mm<sup>2</sup>, 3735,41 N/mm<sup>2</sup>, 3361,26 N/mm<sup>2</sup>, 3657,75 N/mm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu verilere dayanarak kıyaslama yapıldığında fiber yönünde dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe/ cam kumaş takviyeli kompozit en yüksek mekanik özellikleri göstermiştir.

Konstrüksiyona göre malzemenin fiber yönündeki çekme dayanımı, fibere dik yöndeki çekme dayanımına göre daha yüksek değerler göstermektedir.

Üç nokta eğilme testi sonucunda malzemelerin sergiledikleri özellikler çekme testleri ile benzer olmuştur. Üç nokta eğilme testi verilerine göre şekil 4.16-4.19' daki grafiklere bakıldığında dokuma jüt kumaş cam kumaş takviyeli kompozit fiber yönünde eğmeye tabi tutulduğunda maksimum eğilme yükü 376,192 N, maksimum eğilme gerilmesi 264,934 N/mm<sup>2</sup> ve elastisite modülü de 8837,39 N/mm<sup>2</sup>, fibere dik yönde teste tabi tutulduğunda maksimum eğilme yükü 318,750 N, maksimum eğilme gerilmesi 224,480 N/mm<sup>2</sup> ve elastisite modülü de 8303,37 N/mm<sup>2</sup> bulunmuştur. Dokusuz yün keçe/cam kumaş takviyeli kompozit teste tabi tutulduğunda maksimum eğilme yükü 200,573 N, maksimum eğilme gerilmesi 151,905 N/mm<sup>2</sup> bulunmuştur. Dokuma jüt kumaş/dokusuz yün keçe/ cam kumaş takviyeli kompozit fiber yönünde eğmeye tabi tutulduğunda maksimum eğilme yükü 366,434 N, maksimum eğilme gerilmesi 159,851 N/mm<sup>2</sup> ve elastisite modülü de 4259,216 N/mm<sup>2</sup>, fibere dik yönde teste tabi tutulduğunda maksimum eğilme yükü 306,543 N, maksimum eğilme gerilmesi 133,725 N/mm<sup>2</sup> ve elastisite modülü de 3518,605 N/mm<sup>2</sup> bulunmuştur.

Üç nokta eğme testi sonuçları incelendiğinde dokuma jüt kumaş /dokusuz keçe/ cam kumaş takviyeli kompozitlerin eğilmeye maruz kalan ilk yüzeyin jüt olması halinde eğilme dayanımının daha iyi olduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

Arıcasoy, O. (2006). *Kompozit sektör raporu*. 18 Mart 2014, <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-57.pdf>

*Basic vacuum bagging*, (2002). 20 Şubat 2016, <http://www.bertram31.com/proj/tips/vacuum.html>.

Başer, İ. (2002). *Elyaf bilgisi* (İkinci baskı). İstanbul: Marmara Üniversitesi.

Bulut, Y. ve Erdoğan, U.H. (2011). Selüloz esaslı doğal liflerin kompozit üretiminde takviye materyali olarak kullanılması. *Tekstil ve Mühendis*, 82,26-35.

*Compression molding*, (2004). 20 Şubat 2016, <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8235/8235composites.html>.

Durgun, İ., Vatansever, O., Ertan, R., Yavuz, N. (2014). Otomotiv sektöründe kullanılan kompozit parça imalat yöntemlerinin deneysel olarak karşılaştırılması, *Mühendis ve Makina*, 55, 649, 58-63.

Ersoy, N. (2011). *Vakum infüzyon yöntemi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi.

*Fiberglass pultrusion process*, (2014). 20 Şubat 2016, <http://www.creativepultrusions.com/index.cfm/products-solutions/fiberglass-pultrusion-process>.

*Filament winding*, (2014). 20 Şubat 2016, <http://nuplex.com/composites/processes/filament-winding>.

George, J., Sreekala, M.S. ve Thomas, S. (2001). A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites. *Polymer Engineering and Science*, 41(9), 1471-1485.

Gu, H. ve Liyan, L. (2008). Research on tensile strength of linen/polypropylene composites with various fibre volume fractions. *Materials & Design*, 29, 7, 1485-1488.

*Hand Lay-up*, (2014). 20 Şubat 2016,  
<http://www.nuplex.com/composites/processes/hand-lay-up>.

Karabulut, N. ve Aktaş, M. (2014). Jüt lifi takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerinin yüzey modifikasyon işlemiyle iyileştirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 55, 649, 43-49.

Karnani, R., Krishnan, M. ve Narayan, R. (1992). Biofiber-reinforced polypropylene composites. *Polymer Engineering and Science*, 37(2), 476-483,1997.

Kaw, K. A. (2006). *Mechanics of composite materials*. New York: Taylor & Francis Group.

Khan, G. M., Terano, M., Gafur, M. A.ve Alam, M. (2013). Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly(L-lactic acid) composites. *Engineering Science*, 28, 1, 69-74

Mallick, P.K. (2007). *Fiber-reinforced composites: Materials, manufacturing and design*. New York: Taylor & Francis Group.

Manikandan, K.C., Diwan, S.W. ve Thomas, S. (1996). Tensile properties of short sisal fiber reinforced polystyrene composites. *Journal of Applied Polymer Science* 60, 1483-1497.

*Materiale composito*, (2016). 13 Eylül, 2015,  
[http://www.it.wikipedia.org/wiki/Materiale\\_composito](http://www.it.wikipedia.org/wiki/Materiale_composito).

Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi, (2007). *Tekstil yüzeyleri*.  
12 Mart 2016.  
[http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Tekstil%20Lifleri.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Tekstil%20Lifleri.pdf).

*Moss jute*, (2016). 20 Şubat 2016.  
[http://www.tacticalconcealment.com/pd\\_moss\\_jute.cfm](http://www.tacticalconcealment.com/pd_moss_jute.cfm).

*Processing of polymer matrix composites*, (2016). 20 Şubat 2016,  
<http://www.slideshare.net/munirah18/slide-polymer-matrix-2>.

*Resin trans mould*, (2016). 20 Şubat 2016,  
[http://www.wacker.com/cms/en/industries/pl\\_composites/pl\\_comp\\_appl/resintransmould.jsp](http://www.wacker.com/cms/en/industries/pl_composites/pl_comp_appl/resintransmould.jsp).

Saçak, M. (1994). *Lif kimyası*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Ankara.

Santos, P. ve Pezzin, S.H. (2003). Mechanical properties of polypropylene reinforced with recycled-pet fibres. *Journal of Materials Processing Technology*, 143-144, 517-520.

Santulli, C., Sarasini, F., Tirillò, J., Valente, T., Valente, M., Caruso, A. P. Infatino, M., Nisini, E., Minaki, G. (2013). Mechanical behaviour of jute cloth/wool felts hybrid laminates. *Material & Design*, 50, 309-321.

Sapuan, S.M., Leenie, A., Harimi, M. ve Beng, Y.K. (2006). Mechanical properties of woven banana fibre reinforced epoxy composites. *Materials & Design*, 28, 8, 359-364

Standart test method for flexural properties of polymer matrix composite materials, (2015). *ASTM Standarts*. 16 Şubat 2016, <http://www.astm.org/Standards/D7264>.



*The jute story*, (2012). 20 Şubat 2016. <http://www.janata-sadat-jute.com>.

Tserki, V., Zafeiropoulos, N.E., Simon, F. ve Panayiotou, C. (2005). Study of the effect of acetylation and propionylation surface treatments on natural fibres. *Composites: Part A*, 36, 1110–1118.

Usta, İ. (2003). Farklı oranlardaki pamuk atıkları (telef) ile desteklenmiş pp polimerinin oluşturduğu kompozit yapıların mekanik ve akış özelliklerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2), 405-410.

*Vacuum injection*, (2016). 20 Şubat 2016, <http://www.kevra.fi/guides/vacuum-infusion/?lang=en>.

*Vakum infüzyon yöntemi* (2014), 20 Şubat 2016. <http://www.kompozitsan.com/tr/blog/vakum-infuzyon-nasil-yapilir-b17.html>.

Zeren, U. S. (2009). *Resin infusion application*. İstanbul: Poliya