

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

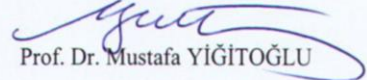
SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TiB_2 İLAVELİ ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERİN
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZLERİ VE YAPAY
SİNİR AĞLARIYLA MODELLEMESİ

Fatih BUYRUL

KASIM 2018

TiB₂ İLAVELİ ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERİN
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZLERİ VE YAPAY
SİNİR AĞLARIYLA MODELLEMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı
standartlarına uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin Yüksek Lisans Tezi olarak bütün gereklilikleri yerine
getirdiğini onaylarım.


Prof. Dr. Recep ÇALIN
Danışman

Jüri Üyeleri
Başkan : Doç. Dr. Altan TUNÇEL
Üye (Danışman) : Prof. Dr. Recep ÇALIN
Üye : Dr. Öğr. Üy. Hanifi ÇİNİCİ



10/12/2018

Bu Tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek
Lisans derecesini onaylanmıştır.


Prof. Dr. Recep ÇALIN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Aileme...



ÖZET

TiB₂ İLAVELİ ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARIYLA MODELLEMESİ

BUYRUL, Fatih

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Recep ÇALIN

Kasım 2018, 178 Sayfa

Günümüzde ilerlemekte olan teknoloji malzeme bilimindeki birçok çeşitliliği de beraberinde getirmiştir. Malzeme biliminin önemli bir parçası olan kompozit malzemeler, sağladığı imkanlarla birlikte neredeyse her alanda uygulanabilir ve daha kullanışlı olmaları farklı türde uygulamaları da beraberinde getirmiştir. Kompozit malzemeler arasında en çok ilgi gören polimer matrisli malzemeler olmuştur. Malzeme sınıfında yaygın olarak kullanılan polimer matrisli kompozitlerin özelliğinden dolayı savunma teknolojilerinde çok önemli bir yeri vardır. Bu tezde polimer matrisli kompozitler üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Takviye elamanı aramid elyaf, kullanılan reçine türü ise epoksi reçinedir. İkinci ana bileşen olarak belli oranlarda TiB₂ ilave edilip farkı açılara sahip farklı parametrelerde kompozitler 8 kat olacak şekilde üretilmiştir. Vakum torbalama üretim yöntemiyle aramid elyafa emdirilen kevlar kompozit levhaları üretilmiş olup ilk aşamada 90° açığa sahip numuneler, bir sonraki aşamada ise 45° açığa sahip numuneler üretilmiştir. TiB₂ oranları ağırlıkça %0, %1, %2 ve %4 olmak üzere dört farklı oranlarda sabitlenmiştir. Mekanik testler yapılmadan önce numunelerin bir kısmına 120 °C'de 4 saat kürleme işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlarla istatistiksel yöntemlerle analizleri yapıp yapay sinir ağlarıyla modellemesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aramid Elyaf, Epoksi, Polimer Matrisli Kompozitler, SPSS, Faktöriyel Varyans Analizi, Yapay Sinir Ağları, Kevlar 49, Titanyum Diborür



ABSTRACT

STATISTICAL ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF TiB_2 ADDED ARAMID FIBER REINFORCED POLYMER COMPOSITES AND MODELING WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

BUYRUL, Fatih

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural And Applied Sciences

Department Of Defense Technology, Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Recep ÇALIN

November 2018, 178 Pages

Nowadays, the advancing technology has brought with it many varieties of material science. Along with the possibilities of composite materials, which are an important part of the materials science, it has brought together different kinds of applications that can be applied in almost every field and more useful. The most interested ones among the composite materials were the polymer matrix materials. Due to the nature of polymer matrix composites which are widely used in material class, they have a very important place in defense technologies. In this thesis, an experimental study was done on polymer matrix composites. The reinforcing element is aramid fiber and the resin type used is epoxy resin. Is added as the second main component in certain ratios and composites are produced in 8 layers with different parameters and different angles. Kevlar composite plates which are impregnated with aramid fiber were produced by vacuum bagging production method and samples with 90° angle at the first stage and samples with 45° angle at the next stage were produced. The TiB_2 ratios are fixed at four different value as: %0, %1, %2, %4 by weight. Prior to mechanical tests, some of the samples were cured $120^\circ C$ for 4 hours. The results were analyzed by statistical methods and modeled by artificial neural networks.

Keywords: Aramid Fibers, Epoxy, Polymer Matrix Composites, SPSS, Factorial Variance Analysis, Artificial Neural Networks, Kevlar 49, Titanium Diboride



TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında bilgi ve deneyimleriyle yön veren bana büyük destek olan tez yöneticisi çok değerli hocam, Prof.Dr. Recep Çalın'a teşekkürleri borç bilir, şükranlarımı sunarım. Tez çalışmalarım boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Altan Tunçel'e teşekkür ederim. Tez çalışmalarına rehber olan Dr. Öğr. Üy. Hanifi Çinici'ye teşekkür ederim. Tez çalışmalarım esnasında, seramik malzeme üretimi ve çalışmalarına destek veren Dr. Öğr. Üy. Tuna Aydın'a, istatistiksel analizlerde destek yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üy. Abdullah Yılmaz'a, deneysel çalışmalar için malzeme üretiminde yön ve destek veren Arş. Gör. Alemdar Ongun'a, yapay sinir ağları analizlerinde rehber ve destek olan Öğr.Gör. Volkan Ateş'e teşekkür ederim. Tez çalışmalarım boyunca desteklerini gördüğüm ve çalışmalarımda yaptıkları katkıdan dolayı Arş. Gör. Onur Okur'a, Arş. Gör. Naci Arda Tanış'a ve Arş. Gör. Sefa Kazanç'a teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarım sırasında yaptıkları yardımlardan dolayı Arş.Gör. İrem Burcu Algan'a teşekkür ederim. Büyük fedakarlıklarla bana destek olan arkadaşlarıma ve tezimi hazırlamam esnasında yardımlarını esirgemeyen Hakan Özkul'a ve bana manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR.....	3
3. KOMPOZİT MALZEMELER.....	15
3.1. Kompozit Malzemenin Tanımı	15
3.2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	15
3.3. Birtakım Elyaf Çeşitleri	17
3.4. Dolgu Malzemeleri	21
3.5. Reçineler	22
4. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER	25
4.1. Betimsel İstatistik.....	25
4.2. İç İçe Tasarımlı Varyans Analizi	26
4.3. Faktöriyel Varyans Analizi	26
5. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	27
5.1. Yapay Sinir Ağlarını Günümüze Getiren Tarihsel Gelişimleri	27
5.2. Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı	28
5.3. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları	29
5.4. YSA Çeşitleri	29
5.6. Matlab Programıyla Yapay Sinir Ağları Analizleri ve Aşamaları.....	33

5.7. Matlab Neural Fitting Tool (nftool) Yöntemi	34
6. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
6.1. Kompozit Numunelerin Üretiminde Kullanılan Malzemeler	35
6.2. Kompozit Numunelerin Üretim Aşamaları.....	35
6.3. Üretilen Kompozit Numunelerin Kesimleri.....	42
6.4. Üretilen Kompozit Numunelerin Kürlleme İşlemleri	43
6.5. Üretilen Kompozit Numunelerin Yoğunluğu	43
6.6. Balistik Testler İçin Kullanılan Malzemeler	45
6.7. İstatistiksel Analizlerde Verilerin Girişi ve Uygulaması	46
6.8. Yapay Sinir Ağlarında Verilerin Girişi ve Uygulaması.....	49
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	56
7.1. Kürlleme İşlemleri	56
7.2. Yoğunluk Testi.....	56
7.3. Mikro Yapı İnceleme	56
7.4. Sertlik Testi.....	57
7.5. Çekme Testi	57
7.6. Eğme Testi	57
7.7. Darbe Testi.....	57
7.8. Balistik Testi	57
7.9. İstatistiksel Analizler	58
7.10. YSA Analizleri.....	59
7.11. Testlerde Kullanılan Cihaz ve Programlar.....	61
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	67
8.1. Yoğunluk Testi Sonuçları	67
8.2. Mikro Yapı Sonuçları	68
8.3. Sertlik Testi Sonuçları.....	70
8.4. Çekme Testi Sonuçları.....	75
8.5. Eğme Testi Sonuçları.....	87
8.6. Darbe Testi Sonuçları	106
8.7. Balistik Testi Sonuçları.....	107
8.8. İstatistiksel Sonuçlar	116
8.9. YSA Sonuçları	138

9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	163
9.1. Mekanik Deney Sonuçları.....	163
9.2. İstatistiksel Analizler	165
9.3. Yapay Sinir Ağları	166
9.4. Öneriler	168
KAYNAKLAR	169



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Balistik Standartlar	6
3.1. Kevlar Çekme ve Yoğunluklarının Karşılaştırılması	20
3.2. Birtakım Malzemelerin Çekme ve Yoğunluk ve Elastisite Değerleri.....	21
3.3. TiB_2 Fiziksel Özellikleri	22
3.4. Termoplastikler ve Termosetler	23
6.1. Üretilen Numunelerin Planlaması.....	36
6.2. Yoğunluk Değerleri.....	44
8.1. Porozite, Yoğunluk Testi ve Teorik Yoğunluk Sonuçları.....	67
8.2. Shore D Sertlik Testi Sonuçları.....	70
8.3. Çekme Testi Sonuçları	75
8.4. Eğme Testi Maksimum Eğilme Gerilmeleri	88
8.5. Darbe Testi Sonuçları.....	106
8.6. Aramid Plakalara Yapılan Atış Test Sonuçları.	107
8.7. Numunelerin En, Boy, Kalınlık ve Ağırlıkları.....	108
8.8. Yoğunluk Testi SPSS Analiz Sonuçları.....	117
8.9. Sertlik Testi SPSS Analiz Sonuçları	121
8.10. Çekme Değerlerinin SPSS Analizi Sonuçları.....	125
8.11. Kopma Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları.....	126
8.12. Uzama Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları	128
8.13. Maksimum Eğme Gerilmesinin SPSS Analiz Sonuçları	130
8.14. Darbe Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları.....	132
8.15. Balistik Deneyi SPSS Analiz Sonuçları.....	134
8.16. YSA Yoğunluk Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	138
8.17. YSA Sertlik Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	140
8.18. YSA Çekme Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	143
8.19. YSA Kopma Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	146
8.20. YSA Uzama Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	148
8.21. YSA Eğme Testinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	151
8.22. YSA Darbe Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	153

8.23. YSA MGÇ Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri.....	156
8.24. YSA MÇÇ Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	158
8.25. Hatalı YSA MÇÇ Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	159
8.26. YSA NY Y Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri	161



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Elyaf Malzeme Örnekleri.....	17
3.2. İki Boyutlu Elyaf Dokuma Örnekleri.....	18
3.3. Aramid Elyafın Kimyevi Yapısı	19
5.1. Yapay Sinir Ağlarının Nöron Yapısı	28
5.2. Tek Katmanlı Nöron Yapısı	30
5.3. Çok Katmanlı Nöron Yapısı.....	30
5.4. İleri Beslemeli Nöron Yapısı	31
5.5. Geri Beslemeli Nöron Yapısı	31
5.6. Danışmalı Öğrenme Nöron Yapısı.....	32
5.7. Danışmasız Öğrenme Nöron Yapısı.....	32
5.8. Takviyeli Öğrenme Nöron Yapısı.....	33
6.1. 45 ⁰ 'de Kevların Diziliş Şekli	37
6.2. 90 ⁰ 'de Kevların Diziliş Şekli	37
6.3. Üretim Öncesi Elyafların Dizilimi.....	38
6.4. Matris ve Vakum Pompası Düzeneginin Şematik Hali.	39
6.5. Matris Elemanının Ultrasonik Banyoda Homojen Karışımı.	39
6.6. Matris Elemanı Verilmeye Hazır Olan Numune.....	40
6.7. Matris Elemanı Verilmekte Olan Numune	40
6.8. Matris Elemanının Tamamı Verilmiş Olan Numune.....	41
6.9. TiB_2 İlaveli Kesime Hazır Numune.....	41
6.10. İlavesiz Kesime Hazır Numune	42
6.11. Su Jetinde Numunelerin Kesimleri	42
6.12. Numunelerin Kürlleme İşlemine Hazır Hale Getirilmesi	43
6.13. Balistik Jel.....	45
6.14. Seramik Köpük.....	45
6.15. Verilerin SPSS.22 Programına Girişi.....	46
6.16. Betimsel İstatistiğinin Bağımsız Değişkenlerin Atanması.....	47
6.17. İç İç Tasarımlı Varyans Analizinin Bağımsız Değişkenlerin Atanması	47

6.18. Faktöriyel Varyans Analizinin Bağımsız Değişkenlerin Atanması	48
6.19. YSA Verilerinin Programa Girilmesi	49
6.20. Verilen Seçilmesi ve Fonksiyon Tanımlaması.....	50
6.21. YSA Oranlarının Belirlenmesi.....	51
6.22. Gizli Nöron Sayısının Belirlenmesi	51
6.23. Algoritma Seçimi ve YSA Analizinin Başlatılması.....	52
6.24. YSA Grafiklerin Gösterilmesi ve Döngü Sayısı	53
6.25. MSE ve Regresyon Değerlerinin Gösterimi	54
6.26. YSA Tahmin Verilerinin Kaydedilmesi	54
7.1. AGS Ultrasonik Cihazı	61
7.2. Ref-San Markalı Kurutma Fırını.....	62
7.3. Hassas Terazı	62
7.4. Optik Mikroskobu	63
7.5. Dokuma Kumaşları ve Elastomer Malzeme Sertlik Ölçüm Cihazı	63
7.6. Çekme-Basma Test Cihazı.....	64
7.7. Eğme Test Cihazı	64
7.8. Instron Wolpert PW30 Marka Charpy Test Cihazı.....	65
7.9. MKE Silah Fabrikası Poligon	65
7.10. SPSS.22 İstatistik Paket Programı	66
7.11. Matlab R2017b Programı	66
8.1. Porozite Grafiği.....	68
8.2. Mikro Yapı Görüntüleri	69
8.3. Shore D Sertlik Testi- Kürlü ve Kürsüz Grafiği	71
8.4. Shore D Sertlik Testi- Kürlü ve Kürsüz Çizgi Grafiği.....	71
8.4. TiB_2 , 45^0 ve 90^0 Açılı Sertlik Değerlerinin Kürsüz Grafiği	72
8.5. TiB_2 , 45^0 ve 90^0 Açılı Sertlik Değerlerinin Kürlü Grafiği.....	73
8.6. 45^0 ve 90^0 Açılı Sertlik Değerleri Çizgi Grafiği	73
8.7. 45^0 ve 90^0 Açılı Sertlik Değerleri Histogram Grafiği	74
8.8. Çekme Değerlerinin Çizgi Grafiği.....	76
8.9. Kopma Değerlerinin Çizgi Grafiği.....	76
8.10. Şekil Değiştirme Çizgi Grafiği.....	77
8.11. KT0 Numune 1 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	78
8.12. KT0 Numune 2 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	78

8.13. KT0 Numune 3 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	79
8.14. KT1 Numune 4 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	79
8.15. KT1 Numune 5 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	79
8.16. KT1 Numune 6 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	80
8.17. KT2 Numune 7 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	80
8.18. KT2 Numune 8 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	81
8.19. KT2 Numune 9 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	81
8.20. KT4 Numune 10 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	81
8.21. KT4 Numune 11 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	82
8.22. KT4 Numune 12 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	82
8.23. DT0 Numune 13 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	83
8.24. DT0 Numune 14 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	83
8.25. DT0 Numune 15 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	83
8.26. DT1 Numune 16 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	84
8.27. DT1 Numune 17 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	84
8.28. DT1 Numune 18 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	85
8.29. DT2 Numune 19 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	85
8.30. DT2 Numune 20 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	85
8.31. DT2 Numune 21 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	86
8.32. DT4 Numune 22 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	86
8.33. DT4 Numune 23 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	87
8.34. DT4 Numune 24 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği	87
8.35. TiB_2 Oranlarına Göre Maksimum Eğme Gerilme Grafiği	88
8.36. Açılara Göre Maksimum Eğme Gerilme Grafiği.....	89
8.37. KT0 Numune 1 Şekil Değiştirme Grafiği	90
8.38. KT0 Numune 2 Şekil Değiştirme Grafiği	90
8.39. KT0 Numune 3 Şekil Değiştirme Grafiği	91
8.40. KT0 Numune 4 Şekil Değiştirme Grafiği	91
8.41. KT1 Numune 5 Şekil Değiştirme Grafiği	92
8.42. KT1 Numune 6 Şekil Değiştirme Grafiği	92
8.43. KT1 Numune 7 Şekil Değiştirme Grafiği	93
8.44. KT1 Numune 8 Şekil Değiştirme Grafiği	93
8.45. KT2 Numune 9 Şekil Değiştirme Grafiği	94

8.46. KT2 Numune 10 Şekil Değiştirme Grafiği	94
8.47. KT2 Numune 11 Şekil Değiştirme Grafiği	95
8.48. KT2 Numune 12 Şekil Değiştirme Grafiği	95
8.49. KT4 Numune 13 Şekil Değiştirme Grafiği	96
8.50. KT4 Numune 14 Şekil Değiştirme Grafiği	96
8.51. KT4 Numune 15 Şekil Değiştirme Grafiği	97
8.52. KT4 Numune 16 Şekil Değiştirme Grafiği	97
8.53. DT0 Numune 17 Şekil Değiştirme Grafiği	98
8.54. DT0 Numune 18 Şekil Değiştirme Grafiği	98
8.55. DT0 Numune 19 Şekil Değiştirme Grafiği	99
8.56. DT0 Numune 20 Şekil Değiştirme Grafiği	99
8.57. DT1 Numune 21 Şekil Değiştirme Grafiği	100
8.58. DT1 Numune 22 Şekil Değiştirme Grafiği	100
8.59. DT1 Numune 23 Şekil Değiştirme Grafiği	101
8.60. DT1 Numune 24 Şekil Değiştirme Grafiği	101
8.61. DT2 Numune 25 Şekil Değiştirme Grafiği	102
8.62. DT2 Numune 26 Şekil Değiştirme Grafiği	102
8.63. DT2 Numune 27 Şekil Değiştirme Grafiği	103
8.64. DT2 Numune 28 Şekil Değiştirme Grafiği	103
8.65. DT4 Numune 29 Şekil Değiştirme Grafiği	104
8.66. DT4 Numune 30 Şekil Değiştirme Grafiği	104
8.67. DT4 Numune 31 Şekil Değiştirme Grafiği	105
8.68. DT4 Numune 32 Şekil Değiştirme Grafiği	105
8.69. Takviye ve Dolgu Oranlarına Göre Belirlenen Darbe Testi Grafiği.....	106
8.70. KT0 Jel Numune 1 Deformasyon Görüntüleri.....	108
8.71. KT1 Jel Numune 2 Deformasyon Görüntüleri.....	109
8.72. KT2 Jel Numune 3 Deformasyon Görüntüleri.....	109
8.73. KT4 Jel Numune 4 Deformasyon Görüntüleri.....	110
8.74. DT0 Jel Numune 5 Deformasyon Görüntüleri.....	110
8.75. DT1 Jel Numune 6 Deformasyon Görüntüleri.....	111
8.76. DT2 Jel Numune 7 Deformasyon Görüntüleri.....	111
8.77. DT4 Jel Numune 8 Deformasyon Görüntüleri.....	112
8.78. KT0 Seramik Numune 1 Deformasyon Görüntüleri.....	112

8.79. KT1 Seramik Numune 2 Deformasyon Görüntüleri.....	113
8.80. KT2 Seramik Numune 3 Deformasyon Görüntüleri.....	113
8.81. KT4 Seramik Numune 4 Deformasyon Görüntüleri.....	114
8.82. DT0 Seramik Numune 5 Deformasyon Görüntüleri.....	114
8.83. DT1 Seramik Numune 6 Deformasyon Görüntüleri.....	115
8.84. DT2 Seramik Numune 7 Deformasyon Görüntüleri.....	115
8.85. DT4 Seramik Numune 8 Deformasyon Görüntüleri.....	116
8.86. SPSS TiB_2 Oranlarının Açılara Göre Porozite Grafiği.....	118
8.87. SPSS TiB_2 Oranlarının Açılara Göre DeneySEL Yoğunluk Grafiği	119
8.88. SPSS TiB_2 Oranlarının Açılara Göre Teorik Yoğunluk Grafiği	120
8.89. SPSS TiB_2 Oranlarının Açılara göre Sertlik Grafiği.....	122
8.90. SPSS Açılara Göre Kürlü Kürsüz Grafiği.....	123
8.91. SPSS TiB_2 Oranlarına Göre Kürlü Kürsüz Grafiği	124
8.92. SPSS Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Göre Çekme Grafiği.....	126
8.93. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Göre Kopma Değerlerinin Grafiği	127
8.94. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Göre Kopma Değerlerinin Grafiği	129
8.95. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Eğme Gerilmesi Grafiği	131
8.96. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Darbe Testi Grafiği.....	133
8.97. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına MGÇ Grafiği	135
8.98. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına MÇÇ Grafiği.....	136
8.99. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Göre YYY Grafiği.....	137
8.100. Porozite Tahmini Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği	139
8.101. Porozite Regresyon Grafiği.....	139
8.102. Porozite Performans Grafiği	139
8.103. Sertlik Testi Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği.....	142
8.104. Sertlik Regresyon Grafiği	143
8.105 Sertlik Performans Grafiği	143
8.106. Çekme Değerlerinin Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği.....	145
8.107. Çekme Regresyon Grafiği.....	145
8.108. Çekme Performans Grafiği	145
8.109.Kopma Değerlerinin Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği.....	147
8.110. Kopma Regresyon Grafiği	148
8.111. Kopma Performans Grafiği.....	148

8.112. Uzama Değerlerinin Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği	150
8.113. Uzama Değerlerinin Regresyon Grafiği.....	150
8.114. Uzama Değerlerinin Performans Grafiği	150
8.115. Eğme Değerlerinin Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği	152
8.116. Eğme Regresyon Grafiği.....	153
8.117. Eğme Performans Grafiği	153
8.118. Darbe Testi Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği.....	155
8.119. Darbe Testi Regresyon Grafiği	155
8.120. Darbe Testi Performans Grafiği	155
8.121. MGÇ Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği	157
8.122. MGÇ Regresyon Grafiği	157
8.123. MGÇ Performans Grafiği.....	157
8.124. MÇÇ Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği	159
8.125. MÇÇ Regresyon Grafiği	160
8.126. MÇÇ Performans Grafiği.....	160
8.127. MYY Tahmin Verilerle Gerçek Verilerin Grafiği	162
8.128. NYY Regresyon Grafiği	162
8.129. NYY Performans Grafiği	162

SİMGELER DİZİNİ

ρ	Ro (Rho)
μm	Mikrometre
g	Gram
P	Yoğunluk (g/cm^3)
V	Hacim
T	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
V_0	Merminin İlk Hızı (m/s)
df	Serbestlik Derecesi
R	Regresyon
t	Zaman (s)
mm	Milimetre
cm	Santimetre
V_T	Elyafın Hacim Oranı
V_E	Epoksi Reçinenin Hacim Oranı
V_S	Sertleştiricinin Hacim Oranı
V_{TiB_2}	TiB_2 Hacim oranı
ρ_T	Elyafın Yoğunluğu
ρ_E	Epoksi Reçinenin Yoğunluğu
ρ_S	Sertleştiricinin Yoğunluğu
ρ_{TiB_2}	TiB_2 Yoğunluğu

KISALTMALAR DİZİNİ

K	Kürleme
TiB_2	Titanyum Diborür
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
MSE	Ortalama Hata Karesi
MAPE	Ortalama Olarak Mutlak Yüzde Hataları
YSA	Yapay Sinir Ağları
ANN	Artificial Neural Network
nftool	Neural Net Fitting Tool
N.E.B	Numune En Boy
N.A	Numunenin Ağırlığı
N.K	Numune Kalınlığı
MGÇ	Mermi Giriş Çapı
MÇÇ	Mermi Çıkış Çapı
NY Y	Numune Yarılma Yüksekliği
STANAG	Nato Standart Agreements
NIJ	National Institute of Justice
MPa	Mega Pascal
KT0	45° Açıya Sahip %0 TiB_2
KT1	45° Açıya Sahip %1 TiB_2
KT2	45° Açıya Sahip %2 TiB_2
KT4	45° Açıya Sahip %4 TiB_2
DT0	90° Açıya Sahip %0 TiB_2
DT1	90° Açıya Sahip %1 TiB_2
DT2	90° Açıya Sahip %2 TiB_2
DT4	90° Açıya Sahip %4 TiB_2

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler en az iki malzemenin makro boyutta bir araya gelmesiyle oluşan malzemelerdir. Bir araya getirilen malzemelerde daha önce yapılan bir malzemenin farklı takviyelerde ya da farklı uygulama yöntemleriyle daha iyi özelliğe sahip olması hedeflenirken daha uygun maliyette olmasına da dikkat edilir. Hafif ve yüksek özgül dayanımları olduğundan polimer matris fiber takviyeli kompozitler her geçen gün kullanımı artmakta ve uygulama alanları genişlemektedir [1].

Balistik koruyucu malzemeler her zaman ilgi çeken çalışmalar arasında yerini almıştır. Zırh malzemeleriyle ilgili birçok araştırmada mevcuttur. Literatürde her bir çalışmada farklı yönler ele alınıp benzer uygulama ve araştırmalar ortaya koyulmuştur.

Yeni dünya hayatında balistik koruyucu malzemeler çok daha farklı olmasıyla birlikte hem daha kullanışlı hem de daha üstün özelliklere sahiptir. Personelleri korumak ve daha güvenilir bir ortam için balistik koruyucu malzemeleri önemli bir etkidir. Kompozit zırh ilk olarak 1970'lerin başında Amerika'da Dupont şirketinin çelikten çok daha hafif olup 5 kat daha dayanıklı olan para-aramid fiberi geliştirmesiyle başlamaktadır. Kevlar olarak tanımlanan bu kompozit malzeme daha sonra Hollanda firması Teijin şirketi Twaron adıyla patenti alınmış olup üretimi yapılmaktadır[2].

İstenilen özellikte bir malzeme üretilirken elde edilen verilerden yola çıkarak her seferinde daha iyi bir sonuç elde etmek için yapılır. Elde edilen her sonuçla optimum özellikleri belirlemek için farklı yöntemler geliştirilmeye yönlendirilmiştir. Çok değişkenli istatistikler, istatistiksel deney tasarımı, faktöriyel tasarımlar, yapay sinir ağları gibi yöntemler bu amaçla kullanılan yöntemlerdir [3].

Bu çalışma savunma teknolojilerine konu olan personel balistik koruyucu malzeme amaçları doğrultusunda yapılmıştır. Üretilen kompozit malzemeye TiB_2 ilave edilmiş olup, takviye elemanı olarak da aramid elyaf kullanılmıştır. TiB_2 ağırlıkça %0, %1, %2 ve %4 oranlarında, elyaflar ise 45° ve 90° açılarda olacak şekilde plakaların üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen numunelerin bir kısmına $120^\circ C$ de 4 saat süreyle kütleme işlemine tabi tutulmuştur. Mekanik testler yapılmadan önce

numunelerin özelliklerine göre sınıflandırılıp mikro yapısına bakılmıştır. Mekanik testleri olarak yoğunluk, sertlik, çekme, darbe ve balistik test sonuçları incelenmiştir. Mekanik testlere tabi tutulan, farklı parametrelerden elde edilen sonuçlara göre optimum özellikte olan parametreleri belirlenmesiyle birlikte istatistiksel analizleri ve yapay sinir ağlarıyla modellemesi yapılmıştır. MSE (Mean Squared Error), ortalama hata karesidir. MAPE (Mean Absolute Error) hatalı kısımların gerçek veri ya da değerlerin yüzdesidir. Yapılan yapay sinir ağları analizlerinde gerçek verilerle tahmin verileri karşılaştırılıp MAPE ve MSE değerleri hesaplanmıştır. İstatistiksel analizlerde dolgu malzemesi olarak kullanılan ağırlıkça %1, %2, %4 TiB₂ oranlarının ilave edilmesinin, 45⁰ veya 90⁰ açılarda olmasının kompozit malzemenin mekanik özelliklerine etkisinin anlamlı ya da anlamsız olduğunu, anlamlıysa nasıl etki ettiğini incelemek için iç içe tasarımlı varyans analizi, faktöriyel varyans analizleri ve betimsel istatistikleri yapılmıştır.

2. LİTERATÜR

Yapılan literatür taramasında uygulaması en çok yapılan ve incelen kompozit çalışmalara ulaşmak mümkün olup polimer matrisli kompozit malzemeler ise en popüler olanıdır. Genel olarak personel savunması ve korumasını hedefleyen sistematik çalışmalardır. Yapılan her bir çalışmanın yapay sinir ağlarıyla modellenip istatistiksel analizlerinde her bir uygulamaya özgünlük kazandırması görülmüş olup yapay sinir ağlarının sayısal gücünün yüksek olması aynı anda birden fazla işlem yapabilme ve karmaşık işlemleri çözebilme özelliğine sahip olduğu görülür. Yapay sinir ağlarıyla gerçekleştirilen analizlerde tahminler yapılırken istatistiksel analizlerde ise yapılan deneylerin anlamlılığını, sınıflandırılması ve özetlenip derlendiği ve yapılan çalışmalarda daha ayrıntılı bilgi ve yorumlama yapılabilmektedir.

Polimer matris kompozit malzeme çalışmalarında en çok kullanılan takviye elemanı cam elyaf, karbon elyaf, aramid elyaf ve bazı çalışmalarda ise cam elyafla birlikte aramid elyafta kullanılmıştır. Oluşturulan bu tabakalı kompozitler farklı katmanlarla denenmiş olup genelde 16 kat ve üzeri çalışmalara ağırlık verildiği görülmüştür. Bu çalışma aramid elyafların dizilimi 8 kat olacak şekilde uygulanmıştır.

Üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerini arttırmak için kürleme işlemleri yapılmıştır. Liflerin çok iyi birleşmemeleri durumunda reçinede mikroskobik çatlaklara sebep olur. Bu çatlaklar malzeme yorulduğunda su emilmesine sebep olur. Reçineye yapılan kürleme işlemleri genel olarak reçinenin biraz daha katılaşmasını sağlayarak mukavetini daha iyi bir durumu getirmektedir. Bazı kürleme işlemleri numune üretim aşamasında gerçekleştirilir. Kompozit malzemelerde genel olarak vakum işleminden sonra belirli sıcaklık ve basınç altında kür edilir. Bu kürleştirme işleminde reçine malzemesi kimyasal bağ oluşturarak sertleşip katı hale gelir[4]. Kürleme süresinin yetersiz geldiği durumlarda epoksi reçinenin katılaşması yeterli olamayacağından çok sağlıklı bir üretim gerçekleşmeyecektir. Gereğinden fazla bir sıcaklık uygulanırsa fazla reçine katılaşmasına sebep olurken istenilen geometriden ve yüzey kalitesinden uzaklaşmış olacaktır[5].

Maddelerin birim hacimlerinin ağırlığa oranı yoğunluğunu verir. Bilindiği üzere maddeleri en iyi ayırt edici özelliği yoğunluklarıdır. Her bir maddenin yoğunlukları birbirlerinden farklıdır. Yoğunluk testi belirli sıcaklık ve basınç altında birim hacimdeki madde miktarının dağılımıdır. Numunelerin yoğunluk değerleri Arşimet prensibi kullanılarak elde edilmektedir. Malzemenin takviye dolgu oranı mekanik özellikler dâhil bütün özelliklerini etkilemektedir[6].

Malzemenin mikro yapısı mekanik sonuçlar için oldukça önemlidir. Mercekler yardımıyla nesnelerin görüntülerini büyütmeye olanak sağlar. Yüzey alanlarını incelemek için optik mikroskobu kullanılır. Optik mikroskobuyla numunelerin tane sınırları, fazlarının özelliklerini, ikizlenmelerini, dağılımlarını, kalıntı ve çatlaklıklar gibi durumlar incelenebilmektedir[7]. Polimer matrisli malzemelerin homojen dağılıp dağılmadığı gibi durumlarına bakılarak malzemeye olan etkisi ve yüzey alanları incelenebilmektedir[8].

Genel olarak sertlik kesmeye, çizilmeye, sürtünmeye ve plastik deformasyona olan direnç olarak tanımlanır. Malzemelerin sertlikleri hakkında bilgi edinildiğinde o malzemenin ana bileşeni, mekanik özelliği ve işlenebilirliği hakkında bilgiler elde edilebilir. Sertlik ile kırılma eğilimi doğru orantılı olup malzemenin mikro yapısına bağlıdır. Shore D tekstil dokuma kumaşları ve elastomer yapıda olan yumuşak malzemelerin baskı sertliğinin ölçülmesinde kullanılan güvenilir bir cihazdır[9].

Çekme deneylerinde genel olarak malzemelerin mukavemetinde gerçek anlamda bilgi edinmek ve malzemelerin özelliklerine göre ayırmak amacıyla yapılır. Çekme deneyi sonucunda akma gerilmesi, çekme gerilmesi, kopma uzaması ve elastisite modülü gibi mekanik testlerin özellikleri belirlenebilir[10].

Eğme deneyi, malzemenin dayanıklılığı hakkında bilgi edinmekle birlikte eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmektir. Yani malzemeye verilen yük- kuvvet ve elastik deformasyonla arasındaki ilişki ile malzemenin maksimum eğilmesi dayanımına bakılır. Eğme deneyinde iki desteğe sabitlenen numuneye ortasına uygulanan bir kuvvetle gerçekleştirilen eğme şekil değişikliği ile elde edilen bir deney şeklidir. Eğme

deneyi sonucunda eğme momenti, eğilme dayanımı ve eğilme miktarı gibi değerler belirlenebilir[11].

Darbe deneyi, malzemelerin ne kadarlık bir enerjiyi absorbe ettiğini tespit için uygulanır. Darbe deneyi bir bakıma bir numunenin bir darbeye verdiği tepki değerlendirmesidir. Darbe deneyinde çentikli numunenin kırılması veya darbe etkisi için gerekli olan enerji ölçümleridir. Genel olarak “Joule” cinsinden ölçülen değerler olup malzemenin darbe dayanımını vermektedir[12].

Balistik, merminin namludan çıkıp hedefi vurması ve sonrasında hedefte bıraktığı tahribat ve etkilerini inceleyen bir bilim dalıdır. Balistik bilimi silah, mermi ve zırh malzemelerinin etkileşimi her zaman merak konusu olmaya devam etmiştir. Bu etkileşimlerin bir sonucu olarak her birinin gelişmesine olanak sağlamıştır[13]. Balistik testi yüksek hızda darbe deneyi olup merminin hedefe bıraktığı etkileşimleri inceleme biçimi olduğu söylenebilir[1].

Balistik incelemeleri merminin namlu içerisindeki etkileşimden hedefe ulaşmasına kadar ve hedefe ulaşp sonrasında bıraktığı etkileri geniş kapsamlı olmasından her bir hareketi belirli aşamalar altında incelenir. Bu aşamalar;

- ❖ İç balistik, merminin namlu içinde harekete başlayıp namludan çıkana kadar geçen zaman diliminde etkilendiği durumlar ve bıraktığı etkilerdir.
- ❖ Dış balistik, merminin namludan çıktıktan sonra hedefe varıncaya kadar oluşan etkileşim ve durumlarıdır.
- ❖ Hedef balistiği, merminin hedefle çarpıştığı andan itibaren hedefe bıraktığı etkilerdir[2,14].

Balistik testlerde kullanılan bazı standartlar Çizelge 2.1.’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Balistik Standartlar [2,14]

STANDART NO	STANDART ADI
STANAG 2920	Askeri zırh için balistik koruma standardıdır.
TS13348	Hafif kompozit zırh standardıdır.
MIL-STD-662 F	Zırhların balistik testlerinde kullanılan V50 standardıdır.
NIJ-STD-0101.04	Malzemelerin balistik etkilerine direnme yeteneğini ölçen personel korumalarında kullanılan standardıdır.
NIJ-STS-0101.06	Vücut zırhları için balistik dayanımlarını ölçen standardıdır.

Hedef balistiği incelemelerin de numune arkasına konulacak olan malzemeler balistik testler için önemlidir. Numune arkasına konulan bazı malzemeler şartlandırılmış macun, bal mumu, balistik jel ve seramik köpük gibi malzemelerdir. Bu malzemeler genel olarak merminin hedefe geldiğinde oluşan enerjiyi absorbe etmek ve oluşan etkileri incelemek için kullanılır. Şartlandırılmış macun ve bal mumu birçok yerde kullanım amacına göre farklı alanlarda kullanılsa da yapısal özelliğinden dolayı balistik çalışmalarında da kullanılmaktadır. Balistik jel, mermilerin denenmesi için yapılan insan eti benzetimidir. Balistik çalışmaların yanı sıra farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Seramik köpük, kullanım alanı oldukça fazla olup farklı türlerde bulunmaktadır. Kullanıldığı alana göre farklılık göstermektedirler.

Ekşi S. ve Genel K. (2017), yaptıkları çalışma tek yönlü ve dokuma karbon, cam ve aramid elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin mekanik özelliklerinin karşılaştırılmasını yapmışlardır. Aramid elyaf takviyeli kompozitin mekanik özellikleri, dokunmuş elyaf türleri göz önüne alındığında, cam ve karbon elyaflara daha yüksek olduğunu deneysel sonuçlarla elde etmişlerdir.

Özen M. (2017), yaptığı çalışma E-Cam/Epoksi kompozitlerde lif doğrultularının gerilme gevşeme davranışı üzerindeki etkisini incelemiştir. Vakumlama tekniği ile 0°, 45° ve 90° açılarla üretilen kompozit plakalara çekme testi yapmıştır. Deneysel

sonuç olarak en iyi sonucunda maksimum gevşeme 45° 'de minimum gevşemeyi ise 0° 'de elde etmiştir.

Bohıdar S.K. vd. (2014), yaptıkları çalışma aramid elyaf üzerinde çalışma olup diğerkompozit malzemelerle karşılaştırması üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Alpyıldız T. (2010), yaptığı bu çalışmada tekstil kompozitleri üzerine bir çalışma yapmıştır.

Şenel M.C. vd. (2017), yaptıkları çalışma grafen takviyeli alüminyum esaslı kompozitlerin üretimi ve karakterizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Dolgu malzemesi olarak ağırlıkça %0.1, %0.3, %0.5 grafen kullanmışlardır. Deneysel sonuçlarda en iyi %0.1 grafen ilavesinde elde etmişlerdir.

Taşkıran E. (2014), yaptığı çalışma polimer esaslı malzemelerde dolgu maddelerinin sıcak plaka kaynağı mukavemetine etkisini araştırmıştır.

Bayram A.ve Yazici, M. (1995), yaptıkları çalışma partikül takviyeli polyester kompozitlerin eğilme ve basma özelliklerini incelemişlerdir. Polyester matrisin hacimsel oranlarını %1, %2, %3 ve %4 olarak kullanmışlardır.

Altun C. (2005), yaptığı çalışma kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeleri incelemiştir.

Wang G. vd. (2017), yaptıkları çalışma polimer matris kompozit malzemelerde gelişen takviyeli dolgular üzerine kapsamlı bir çalışma yapmışlardır.

Kurtoğlu K. (2007), yaptığı çalışma titanyum diborürün karbotermik redüksiyon yöntemi ile üretimini araştırmıştır.

Aksöz S. (2015), yaptığı çalışma nikel-titanyum şekil bellekli alaşımların toz enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretimi ve üretim parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Maraşlıoğlu D. (2005), yaptığı çalışma titanyum diborür (TiB_2) üretimi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Güner D. ve Öztürk H. (2017), yaptıkları çalışma püskürtme ince kaplamaların mekanik özelliklerinin kür süresine göre değişimini incelenmişlerdir.

Koruvatan A. (2008), yaptığı çalışma farklı kür sıcaklığı ve sürelerinde üretilen tabakalı kompozit plakaların pimli/civatalı bağlantılarının hasar analizinin incelenmesi üzerinde bir çalışma yapmıştır.

Ulçay Y. vd. (2002), yaptıkları çalışma polimer esaslı lif takviyeli kompozit malzemelerin arabirim mukavemeti üzerine farklı kür metotlarının etkisinin incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Ateş E. ve Aztekin K. (2011), yaptıkları çalışma parçacık ve fiber takviyeli polimer kompozitlerin yoğunluk ve basma dayanımı özelliklerini araştırmışlardır.

Gökçer B. (2013), yaptığı çalışma mermer tozu ve cam elyaf katkılı çimento harçlarının aşınma, yüksek sıcaklık ve donma-çözülme davranışlarının incelenmesini yapmıştır. Kontrol numunelerinin porozite değerleri %16 ile %18 arasında değerler elde etmiştir.

Gülan L. (2015), yaptığı çalışma atık mermer tozu ve cam elyaf katkısının betondaki karbonatlaşmaya etkisini incelemiştir. Porozite deney sonuçlarında karbonatlaşmaya maruz bırakılma süresi göre değerlendirme yapmıştır. Karbonatlaşmaya 7 günlük maruz kaldığında porozite değerleri %12 ile %16 arasında, 14 gün kaldığında %6 ile %11 arasında ve 28 gün kaldığında ise %3 ile %7 arasında değerler bulmuştur.

Bölükbaş Y. (2011), yaptığı çalışma cam elyaf katkılı beton numunelerin mekanik davranışlarının incelenmesi ve yapay sinir ağları ile modellenmesini yapmıştır. Porozite deney sonuçlarında %7 ile %13 arasında değerler elde etmiştir.

Sezer H.K. vd. (2018), yaptıkları çalışma karbon fiber takviyeli polimer kompozitlerin ergiyik biriktirme yöntemi ile eklemeli imalatı ve fiber oranı ve yazdırma parametrelerinin mekanik özelliklere etkilerini incelemişlerdir.

Sugözü B. ve Dağhan B. (2018), yaptıkları çalışma fren sürtünme malzemelerinde aşındırıcıların (alümina, silika, zirkon) tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Porozite deney sonuçlarında %5 ile %15 arasında değerler bulmuşlardır.

Türken T. (2013), yaptığı çalışma gümüş nanopartiküller ile kompozit ince boşluklu fiber (hollow fiber) membran üretimi, karakterizasyonu ve uygulaması üzerine bir çalışma yapmıştır. Porozite deney sonuçlarında %43 ile %57 arasında değerler bulmuştur.

Çadır S. (2018), yaptığı çalışma piroklastik kayalarda mikro-yapının fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkisini incelemiştir. Porozite deney sonuçlarında %17 ile %35 arasında değerler bulmuştur.

Çiçek M. A. (2017), yaptığı çalışma basıncın Cu-Bazlı şekil hafızalı alaşımlarda karakteristik dönüşüm sıcaklıkları üzerine etkisinin incelenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Optik mikroskop kullanarak büyütme oranları 50x, 100x ve 200x yapılarak görüntüler almıştır.

Öksüzoğlu S. (2018), yaptığı çalışma Al-Si-Mg alaşımlarında tane inceltme işleminin mekanik özellik ve mikro yapı üzerine etkisini incelemiştir.

Çetin S. (2018), yaptığı çalışma alüminyum esaslı seramik takviyeli mekanik alaşımlama yöntemiyle üretilmiş kompozit malzemenin mikro yapısının incelenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Doğan K. (2018), yaptığı çalışma karbon nano tüp ve grafen nano partikül katkılı fenolik reçine matrisli nanokompozitlerin üretimi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Erdem A.R. ve Uyanik N. (2009), yaptıkları çalışma mikrodalga ile kürleştirilen epoksi nano kompozitlerin polidimetil siloksan ile modifikasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ürettikleri malzemede sertleştiricinin epoksi reçineye oranı 1/2'dir. Sertlik testlerinin Shore D ile ölçümünü gerçekleştirip en düşük 65 en yüksek ise 79 değerlerini elde etmişlerdir.

Bel T., Arslan C. ve Baydoğan N. (2017), yaptıkları çalışma nanokompozitin atom transfer radikal polimerizasyon tekniği ile üretilmesi ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sertlik ölçümünü Shore D ile yapmışlardır. Ölçümlerde en düşük değer 62, en yüksek ise 70 değerini elde etmişlerdir.

Döndüren H.V. ve Karacasulu S.S. (2015), yaptıkları çalışma plastik enjeksiyon kalıplarında PVC (polivinil klorür) ve PC (polikarbonat) için en uygun kalıp çeliği seçimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sertlik ölçümünü Shore A ile yapmışlardır. Ölçümlerde elde ettikleri en yüksek değer 69,5 ve en düşük değer ise 68'dir.

Durgun İ. (2014), yaptığı çalışma vakum infüzyon yöntemi ile kompozit parça üretimi üzerine bir çalışma yapmıştır. Üretimlerde karbon fiber ve epoksi reçine kullanmıştır.

Zhu Deju vd. (2011), yaptıkları çalışma kevlar 49 kumaşların dinamik çekme testi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Kesarla H. vd. (2018), yaptıkları çalışma uçucu kül takviyeli hibrid polimer matris kompozisyonunun çekme davranışı üzerine bilimsel bir çalışma yapmışlardır.

Sarasini F. vd. (2013), yaptıkları çalışma aramid ve bazalt dokuma kumaşlara dayalı hibrit kompozitler: darbe hasar modları ve artık eğilme özellikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Gümülcine T. vd. (2013), yaptıkları çalışma izoftalik polyester matrisli sürekli e-camı ve bazalt fiber takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır.

Sayer M. (2009), yaptığı çalışma hibrit kompozitlerin darbe davranışlarının incelenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Esendemir Ü. ve Caner, A. Y. (2018), yaptıkları çalışma tabakalı kompozit malzemelerin darbe davranışının deneysel olarak incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Metin M. (2008), yaptığı çalışma E-Camı/Epoksi tabakalı kompozitlerde düşük hızlı darbe hasarının burkulma özelliklerine etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Bora M. Ö. (2007), yaptığı çalışma polimer kompozitlerin tekrarlı darbe yüklemeleri altındaki davranışını incelemiştir.

Kayacan M. C. vd. (2018), yaptıkları çalışma Ti6Al4v toz alaşımı kullanılarak SLS ile üretilen geçişli (değişken) gözenekli numunelerin mekanik özelliklerinin incelemiştir. Yaptıkları darbe testi sonuçlarında ortalama en düşük değeri 3,80 joule, en büyük değerlerini ise 22 joule olarak bulmuşlardır.

Kumar A. vd. (2016), yaptıkları çalışma kevlar takviyeli termoplastik kompozit zırhların darbe mühendisliği balistik darbe üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Haro E. E. vd. (2016), yaptıkları çalışma 5086-H32 alüminyum alaşım, epoksi ve kevlar kumaşlardan oluşan lamine hibrid malzemelerin balistik etkileri, kesme kalınlığı sıvısı ile emprenye edilmiştir.

Korkmaz M. (2009), yaptığı çalışma aramid kumaş özelliklerine bağlı iplik çekme (Yarn Pull-Out) testi ile çok katlı dikişli yapıların balistik performansının deneysel belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Alarçin S. (2014), yaptığı çalışma savunma sanayiinde kullanılan kompozit malzemelerin balistik özelliklerinin incelenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Karakan G. (2009), yaptığı çalışma yüksek performanslı liflerin balistik amaçlı kullanımını üzerine bir çalışma yapmıştır.

Memiş Ö. (2009), yaptığı çalışma balistik amaçlı fiber takviyeli polimer matrisli kompozitler üzerine bir çalışma yapmıştır.

Yalçın E. B. (2012), yaptığı çalışma farklı kumaş ve farklı yöntemlerle üretilmiş CTP kompozitlerin balistik davranışlarını incelemiştir.

Barut C. (2015), yaptığı çalışma aramid esaslı kompozit malzemelerin balistik performanslarının ve mekanik davranışlarını incelemiştir.

Yılmaz H. (2012), yaptığı çalışma üç fazlı elyaf tabakalı karma kompozit yapının balistik özelliklerini incelemiştir.

Atasoy M.H. (2015), yaptığı çalışma beton basınç problemlerinin çözümlerinde spss ve ysa kullanılması üzerine bir çalışma yapmıştır.

Yıldırım A. (2016), yaptığı çalışma istatistiksel deney tasarım çalışması ile akrilonitril bütadien stiren (ABS) yüzeylere uygulanabilir, uv kürlenebilir kaplama formülasyonu geliştirme üzerine bir çalışma yapmıştır.

Acar, T. ve ÖğretmenT. (2012), yaptıkları çalışma çok düzeyli istatistiksel yöntemler ile 2006 PISA fen bilimleri performansının incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Sungur M. A. vd. (2017), yaptıkları çalışma faktöriyel varyans analizi ve etkileşim etkisinin çoklu karşılaştırma yöntemi ile incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Demir L. (2004), yaptığı çalışma istatistiksel deney tasarımı yöntemi ve bir tekstil işletmesinde uygulanması üzerine bir çalışma yapmıştır.

Aykan B. (2011), yaptığı çalışma kalsit ocaklarında patlatılan kayacın parça boyutunun regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin edilebilirliği üzerine bir çalışma yapmıştır.

İmer O. (2014), yaptığı çalışma kodeinin HPLC tayini ve optimizasyon sürecinin yapay sinir ağları ile modellenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Kahraman F. vd. (2009), yaptıkları çalışma plazma nitrülenmiş wirolloy nikel-krom alaşımının sertlik değişiminin yapay sinir ağları ile incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Ndesendo Valence M. K. vd. (2012), yaptıkları çalışma yeni bir intravajinal biyo-yapışkan ilaç verme cihazı için polimer kompozit çalışan moleküler mekanik simülasyonlarının ve yapay sinir ağlarının optimizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Ataseven B. (2013), yaptığı çalışma yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Yadav A.K. vd. (2015), yaptıkları çalışma matlab'da artificial neural network fitting tool yöntemiyle güneş enerjisi potansiyelinin tanımlanmasına yönelik güneş enerjisine dayalı öngörü modellemesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Yazıcı, M. (2012), Yaptığı çalışma Poli (Etilen-Oksit) (PEO)/KİL nanokompozit malzemelerin ısısal ve termomekanik özelliklerinin deneysel olarak saptanması ve yapay sinir ağları kullanılarak simülasyonu üzerine bir çalışma yapmıştır.

Zhang Z. ve Friedrich K. (2003), yaptıkları çalışma polimer kompozitlere uygulanan yapay sinir ağları modellemesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Karnik S. R. vd. (2008), yaptıkları çalışma yapay sinir ağı modeli kullanılarak karbon fiber takviyeli plastiklerin (CFRP) yüksek hızlı delinmesinde delaminasyon analizi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Kumar C.S. vd. (2017), yaptıkları çalışma cam-epoksi kompozit laminatların yapay sinir ağını kullanarak akustik emisyon parametrelerinden arıza mukavemetini tahmin etmeleri üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Artero-Guerrero J. A. vd. (20189, yaptıkları çalışma yapay sinir ağıları (YSA) metodolojisi kullanılarak laminat istifleme sırasının balistik limit üzerine etkisi incelemiştir.

Kayri M. (2016), yaptığı çalışma yapay sinir ağlarında bayes düzenli düzenlemenin ve levenberg- marquardt algoritmalarının tahmin edici yetenekleri ve sosyal veriler üzerinde karşılaştırmalı ampirik bir çalışma yapmıştır.

Khaze, S. R. vd. (2013), yaptıkları çalışma yapay sinir ağlarının uygulanmasında katılımın kısmen katılımı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapay sinir ağlarının, geleneksel yöntemlerin ve statiklerin çözemediği akışları öngörmede ve analiz etmede önemli ölçüde etkili olduğunu onaylamıştır.

Islak S. vd. (2017), yaptıkları çalışma Cu-Tic kompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin yapay sinir ağıları (YSA) modeli ile tahminleri üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Shafyei A. vd. (2006), yaptıkları çalışma YSA kullanılarak Al- Si döküm alaşımlarında gözeneklilik yüzdesinin tahminleri üzerine bir çalışma yapmışlardır.

3. KOMPOZİT MALZEMELER

3.1. Kompozit Malzemenin Tanımı

İki ya da daha fazla malzemelerin makro boyutta birleşimden oluşan malzemedir. Kompozit malzemeler sıcaklığa oldukça dayanıklı olmasının yanında hafif, sağlam ve darbelere karşı dayanıklı olması birçok alanda çalışmaların yapılmasına olanak sağlamıştır. Matris, fiber, ara yüzey ve mikro yapı kompozit malzemelerinin temel özelliklerini belirler[2].

Elyaf malzemesi, kompozitlerin dayanım ve yük taşımayabilme özelliğini belirleyen bileşenidir. Elyaf kompozitin tipi, reçine malzemesiyle hacimsel oranı, açısı ve kompozit malzemenin elyafa göre yapılış şekli kompozit malzemenin dayanım ve yük taşıyabilme özelliğini doğrudan etkiler. Aramid elyaf olarak bilinen kevlar 49 dayanımı yüksek yoğunluğu ise düşüktür. Sıcaklık ve darbe dayanımı yüksek olup ısı genleşme katsayısına da sahiptir[15].

3.2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemelerde istenilen özellikleri elde etmek için kompozit malzemenin boyu, bileşenleri değiştirilebilirler. Kompozitler matris ve takviye şekline göre sınıflandırılmaktadır.

Matris elemanları; Polimer, metal ve seramik matrisli kompozitlerdir. Takviye şekline göre kompozitler: Fiber, Partikül ve tabakalı kompozitlerdir[16].

3.2.1. Metal Matris Kompozitler

Metal matris türü malzemelerde genelde seramiklerle birlikte kullanılırlar. Metal matrisin yanında kullanılan seramikler takviye malzemesi olarak kullanılır. Bu tür malzeme seçimlerinde herhangi bir sınırlama yoktur. Mümkün olabilecek yüksek ısı

altında ve çok yüksek dayanım özelliklerde genel anlamda metal matris tercih edilmektedir. Al_2O_3 (Alüminyum Oksit) ve Cu (Bakır) gibi matrisler örnek verilebilir. Metal matrisli malzemelerde termal gerilmeler de göz önünde bulundurulur[2].

3.2.2. Seramik Matris Kompozitler

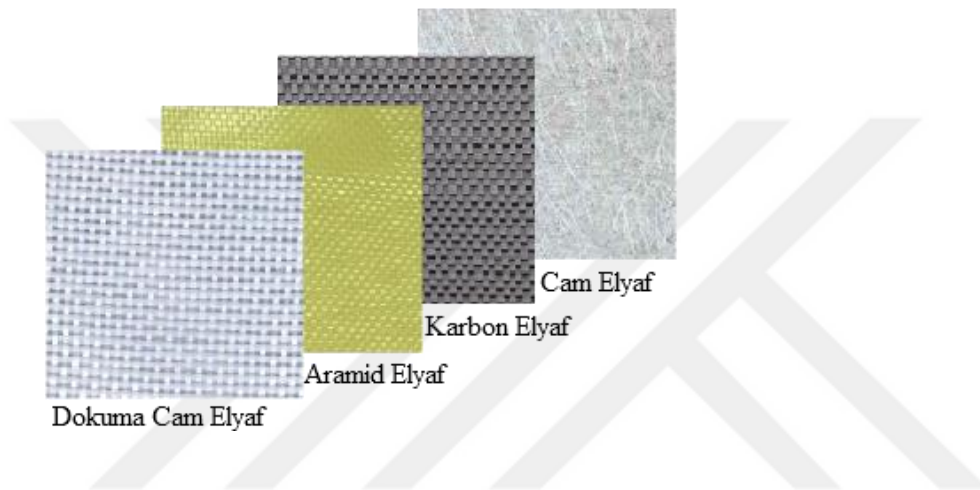
Seramik matris malzemeleri genelde düşük bir yoğunluğa sahiptirler. Seramikler yüksek sıcaklıkları dayanıklı olmalarının yanında termal şoklara dayanıksız, sert ve kırılgan olmasıdır. Seramiklerin bu tür özelliklere sahip olması liflerde oldukça kullanışlı durumda olabilirler. Seramik matrisler zayıfladığında bile lifler yükü taşımaya devam edebilir. Seramik matrisler kullanım amacına göre tek başına ya da fazla seramik birlikte kullanılabilirler. Üretilen malzemeler askeri amaçlı, uzay araçları gibi alanlarda genelde tercih edilmektedir. Matris takviye malzemesi olarak kullanıldığından düşük bir mukavemete sahip olurlar[2].

3.2.3. Polimer Matris Kompozitler

Polimer matrisler, fiber takviyeli malzemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Termoplastikler ve termoset olmak üzere iki grupta yer alırlar. Fiberlere takviye edilen polyeşter olup en önemlileri epoksi reçine matrisidir. Yüksek molekül ağırlıklı olan bileşiklerin, yani makro moleküllerin varlığı ilk Hermann Staudinger tarafından öne sürülmüştür. Elyaf takviyeli üretilen kompozitler genel olarak yoğunlukları düşük ve yüksek elastik özelliklerine sahiptirler. Üstün özelliklerinden dolayı polimer matrisli malzemeler çok yaygın olarak kullanılırlar. Polimer matrisli malzemelerin hafif olmaları, korozyona dayanıklı olmasının yanında kolay işlenebilmesidir[16].

3.3. Birtakım Elyaf Çeşitleri

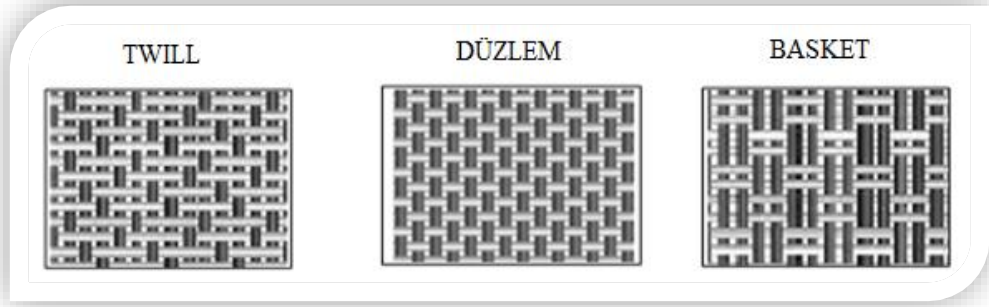
Elyaf kelimesi lif kelimesinin çoğulu olup yaygın olarak kullanılmakta ve en yaygın kullanılan dokuma şekilleri düzlem ve basket tipi dokumalardır. Elyaf takviyeli kompozitler hafif olup yüksek kimyasal dayanıma sahip olmakla beraber mekanik dayanımlarında da üstün özellik göstermesi elyafların önemini ortaya koymaktadır. Bazı önemli elyafların görüntüleri Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Elyaf Malzeme Örnekleri

Dokuma olmayan elyaflar aynı özelliklere sahip diğer bir tabaka ile reçineyle birleştirilmesiyle elde edilir. Bu birleşim uygulanırken birbirlerine 0° , 45° veya 90° açılara sahip konumlarında olacak şekilde üretimi gerçekleştirilir. Polimer matrisli kompozit yapılarda kullanılan takviye malzemesi çeşitleri farklı özelliklerde sahip elyaflardan oluşmaktadır.

2 ve 3 boyutlu dokuma elyaflar darbeye karşı dirençleri oldukça yüksek olmaktadır. Örgülü, ortogonal, üç eksenli yapılar 3 boyutlu dokuma çeşitleri olup, 2 boyutlu dokuma elyaflar kadar enerjiyi dağıtabilme kabiliyetine sahip değildir. Zırh amaçlı kullanımlarda 2 boyutlu elyaflar daha ön plandadır. İki boyutlu elyaf dokuma örnekleri Şekil 3.2.'de gösterilmiştir[14].



Şekil 3.2. İki Boyutlu Elyaf Dokuma Örnekleri [14]

3.3.1. Cam Elyaf

Cam elyaf, cam üretim maddelerinden üretilmektedir. Ana hammaddeleri silis kumu, borik asit, feldispatlar, sodyumdur. Cam elyaf elyaflar arasında en çok bilinen olup en fazla kullanılandır.

3.3.2. Karbon Elyaf

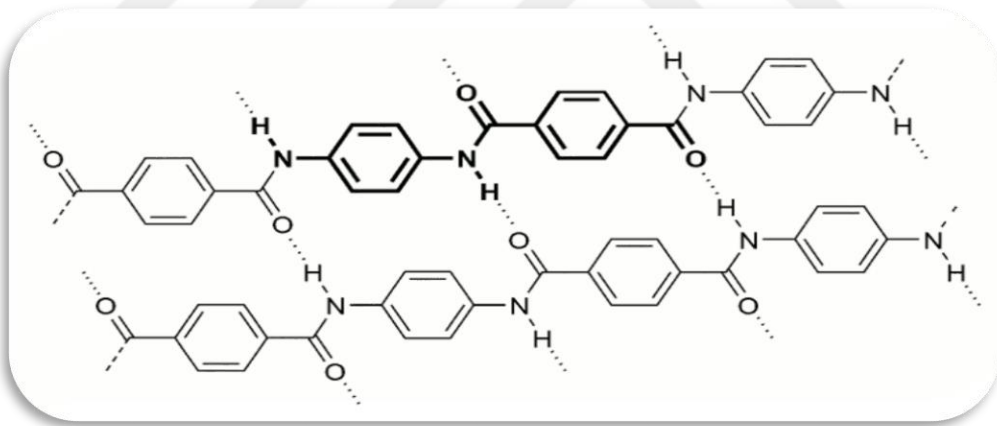
Karbon elyafın üretimindeki ana bileşenler karbonlaşmış akrilik, naylon ve katrandır. Sürekli geliştirilen ve en fazla çeşitliği olan bir elyaf olmakla birlikte kullanım alanları sürekli artış göstermektedir.

3.3.3. Bor Elyaf

Bor elyaf bilinen en iyi elyaf olmakla beraber diğer bütün elyaflardan çok daha pahalıdır. Maliyetinin yüksek olması kullanım alanlarının diğer elyaflara göre çok daha azdır. Karbon elyafın yetersiz kaldığı durumlarda tercih edilmektedir.

3.3.4. Aramid Elyaf (Kevlar)

Aramid kelimesi ‘aromatic polyamide’ den esinlenerek oluşmuştur. Aramid elyaflar, karbon, hidrojen, oksijen ve azottan oluşan hoş kokulu ilk organik bileşiktir. Aramid elyaf yüksek performans gösteren sentetik elyaflardır. Mukavemet ve parça değerleri yanı sıra, liflerin kolaylıkla ıslatılabilmesi ve üründe darbe dayanımı özelliklerine etkisi yanında hemen hemen her reçineyle birlikte kullanılabilir, dolayısıyla yaygın olarak kullanılan bir elyaf çeşididir. Aramid yapısından dolayı naylon türlerine girmektedir. Hiçbir naylon türü aramid gibi üstün nitelikli özelliklere sahip değildir. Aramid fiberinin çekme mukavemeti çelikten yaklaşık olarak 5 kat daha fazladır. Yani aramid elyaf, aynı ağırlıkta bir çelik halattan 5 kat daha fazla yük taşıyabilmesi anlamına gelir. Aramid lifleri, modüllerinin ve termal dirençlerinin yüksek olmaları nedeniyle balistik koruma amaçlı en çok kullanılan liflerdir[2]. Aramid elyafın kimyevi yapısı Şekil 3.3.’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Aramid Elyafın Kimyevi Yapısı[17]

Kevlar, 307 – 347 °C’de cam geçiş sıcaklığına ulaşır ve ortalama 497 °C sıcaklığa ulaştığında erimeye başlarlar. 500 °C ‘yi geçildiğinde özelliğini kaybetmeye başlarlar. Genel olarak bakıldığında polimerlerin üst kullanım sıcaklığının ortalama 250 °C ve erime sıcaklığının 300 °C olduğu göz önüne alındığında aramidler elyaflar çok iyi bir ısı aralığında mükemmel dayanıklılık gösterip bu geniş aralıkta, –196 °C e daha düşük

ısılarda dahi dayanıklılığını sürdürmeye devam ederler. Aynı zamanda kimyasallardan ve nemli ortamlardan hiçbir şekilde etkilenmezler[14]. Farklı uygulamaların yanında farklı özellikte kevlar üretimlerinde olmuştur. Kevlar 29 lifi; Yüksek mukavemet, düşük yoğunluk, yüksek kopma uzamasına sahiptir. Zırh malzemeleri, halatlar, kablolar ve asbest yerine kullanılır. Kevlar 49 lifi; Yüksek modül, yüksek mukavemet, düşük kopma uzaması sahiptir. Zırh malzemeleri, denizcilik ve otomotiv uygulamalarında sıkça kullanılır. Kevlar 149 lifi; Çok yüksek modül, yüksek mukavemet, düşük yoğunluk, çok düşük kopma uzamasına sahiptir. Havacılık ve uzay uygulamalarında kullanılır. Kevlar 100, Kevlar 119, Kevlar 129, Kevlar 159, Kevlar X gibi çeşitli uygulama ve çalışmalar için geliştirilmiş aramid türevleri de vardır. Yaygın olarak kullanılan ve kısaca kevlar olarak belirtilen Kevlar 49'dur. Kevlar malzemelerinin çekme ve yoğunluk karşılaştırmaları Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kevlar Çekme ve Yoğunluklarının Karşılaştırılması[14]

Malzeme	Çekme (MPa)	Uzama Değeri (%)	$P (g/cm^3)$	Elastisite (GPa)
Kevlar29	2700–3000	3,5 – 4,2	1,44	70
Kevlar49	2900–3400	2,4 – 2,8	1,44	112 – 135
Kevlar129	3400–4200	3,3 – 3,5	1,44	88 – 99
Kevlar149	2300–3400	1,5 – 1,8	1,44	143 – 175
Kevlar M2	3000–3300	2,4 – 0,4	1,44	63 – 112

Önemli özellikleri; Düşük yoğunluğa sahip, genelde rengi sarıdır. Yüksek dayanıklılık gösterir. Yüksek darbe, aşınma, yorulma ve kimyasal dayanma gösterir. Cam elyafli kompozitlere yakın basınç dayanıklılığı gösterirken %35 daha hafiftir. Kevların özelliğini koruması için karanlıkta saklanmalıdır. Bazı aramid elyaf türlerinde ultraviyole ışınlarına maruz kaldıkları zaman bozulma göstermektedir. Kullanılan malzemeleri daha objektif görebilmek amacıyla Çizelge 3.2.'de karşılaştırmaları gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Birtakım Malzemelerin Çekme ve Yoğunluk ve Elastisite Değerleri

Malzeme	Çekme (MPa)	Yoğunluk (g/cm^3)	Elastisite (GPa)
Kevlar 49	2900–3400	1,44	112 – 135
Kevlar-Epoksi	1400	1,4	77
Bor-Epoksi	1600	1,8	224
Karbon-Epoksi	1650	1,5	140
S Cam-Epoksi	1400	1,8	56
Ahşap (Kayın)	110	0,7	13
Alaşımsız Çelik	459	7,9	203
Pirinç	320	8,5	97
Saf Titanyum (Ti)	170-480	4,51	103
Titanyum Alaşımları	700-985	4,43	114
Titanyum Diborür (TiB_2)	1350	4,52	541

3.4. Dolgu Malzemeleri

Çok küçük mikroskobik partiküllerin matris fazı ile bir malzeme içinde parçacıklar halinde bulunmasına dolgu malzemeleri olarak adlandırılır. Bu tür yapılar izotrop yapılardır. Dolgu malzemesinin mukavemeti parçacıkların sertliğine bağlıdır. Dolgu malzemeleri en çok polimer matrisli kompozit malzemelerde kullanılmaktadır. Genel olarak metal parçacıklar tercih edilse de seramik parçacıklarda tercih edilir. Metalik dolgular ısı ve elektriksel iletkenlik sağlarken, seramik dolgularda sertlikleri ve yüksek sıcaklık dayanımlarının yüksek olmasını sağlar.

3.4.1. Titanyum Diborür Partikülleri (TiB_2)

Sert bir malzeme olan Titanyum Diborür (TiB_2) yüksek sıcaklığa, mukavemete ve aşınma direncine sahip olan bir malzemedir. Yoğunluğu, elastik modülü ve basınç

dayanımının yüksek olması zırh malzeme kullanımında genelde tercih edilen bir malzeme türü olarak görülmektedir. Kimyasal reaksiyona girebilen yani reaktif olan kimyasallardan etkilenmez. Çinko ve alüminyum gibi sıvı metallerle deformasyona karşı direnme ve ıslanabilirliğe sahiptir. Elektrik iletkenliği oldukça yüksektir. TiB_2 , birkaç titanyum-bor bileşiğinin en kararlısıdır ve doğada oluşmaz. TiB_2 Basıncsız bir ortamda yüksek sinterleme sıcaklıklarında da yüksek yoğunluklara ulaşabilir, bu koşulların elde edilmesi için karbon, demir ve gibi sıvı oluşturabilen sinterleme yardımcıları olmalıdır[18]. TiB_2 fiziksel özellikleri Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. TiB_2 Fiziksel Özellikleri[19]

Kristal Yapısı	Hegzagonal
Mol Ağırlığı (g/mol)	69,54
Renk Gri	Gri
Teorik Yoğunluk ($kg/m^3 \cdot 10^{-3}$)	4,52
Mikrosertlik (1N) (GPa)	25,5
Young Modülü, E (GPa)	541
Poisson Oranı, ν	0,09- 0,11
Egme Mukavemeti, σ_{egme} (MPa)	450 ± 70
Basma Mukavemeti, σ_{basma} (MPa)	1350
Çekme Mukavemeti, σ_c (MPa)	127
Kırılma Tokluğu ($MPa \cdot m^{1/2}$)	$6,4 \pm 0,4$
Elektriksel Direnç, $\rho \cdot 10^8 (\Omega \cdot m)$	9

3.5. Reçineler

Reçine, katı ya da sıvı halleri olan mühendislik ve malzeme çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Reçine kompozit malzemelerde yük taşıyan ve matrisi takviye

malzemesine yayılmasını ya da bağlanmasını sağlayan ve bir arada tutmaya yarayan önemli bir özelliğe sahiptir. İki tür reçine vardır; Termoplastikler ve Termosetler.

Termoplastikler, ısı ile form verilebilen malzemelerdir. Isıtıldıkları zaman yumuşar ve akar, soğutulunca sertleşirler, katılaşırlar.

Termosetler, ısı ile formları sabitlenen malzemelerdir. Isıtıldıkları zaman sürekli bir katılaşma meydana gelirken bir daha asla tekrar, tekrar ısıtılıp sertleştirilemezler.

Termoplastikler ve Termosetler Çizelge 3.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4.Termoplastikler ve Termosetler

Termoplastikler	Termosetler
Naylon	Polyesterler
Polietilen	Epoksiler
Karbonflorür	Alkiter
Akrilikler	Aminler
Viniller	
Selülozikler	

3.5.1. Epoksi Reçine

Epoksi reçineler geniş bir yelpazedeki kompozit malzemelerin üretimlerinde en çok tercih edilen reçinelerdendir. Epoksi reçinelerin kullanımı değişik şekillerde kullanılabilirken diğer reçinelerle de kullanılabilir. Genel olarak epoksi reçineler vizkositesinin polyester reçineye göre daha yüksektir. Mekanik özelliklerini elde etmek için kürleme işlemleri gerekmektedir. Yoğunluğu $1,13 - 1,17 (g/cm^3)$, kullanılan sertleştiricinin yoğunluğu ise $0,96 - 1,00 (g/cm^3)$ arasındadır. Çalışma sıcaklığı ısıl işlem uygulanmadığı zamanlar da $(-60\text{ }^{\circ}\text{C} / +50^{\circ}\text{C})$, uygulandığında ise $(-60\text{ }^{\circ}\text{C} / +80\text{ }^{\circ}\text{C})$ seçili sıcaklıklar kullanılır. Çok iyi uyumluluk sağlarken, çok iyi

mekanik ve ısı 1 özelliklere sahiptir. Kompozit malzeme üretimlerinde 45 dakikadan 4 ya da 5 saate kadar çalışma süresi vardır.



4. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

İstatistik nerdeyse yaşamımızın her bir alanında çok sık kullanılan bir terimdir. Bundan dolayıdır ki istatistik kelimesine her alanda farklı farklı anlamlar yüklenebilir. İstatistiksel analizlerle elde edilen veri ve sonuçlara göre parametreler arasında bilgi ve yorumlama yapmamıza imkân sağlar. Elde edilen her bir sonuç ve verilerin istenilen durumlara göre farklı istatistiksel yöntemler uygulanır. Amaç en doğru yöntemi seçmekle istenilen sonuçları en doğru şekilde analizini yapmak olacaktır. Tek değişkenli istatistiksel analizlerin en önemli kısıtlayıcı varsayımı ise birçok faktörün deneysel olarak kontrol altında tutulması ve her defasında tek bir faktörün etkisinin incelenmesidir. Çok değişkenli istatistiksel analizlerde, birden çok özelliğin analizi ile ilgilenildiğinden en az ikiden çok değişken söz konusudur. Test ve analizler yapılmadan önce genellikle normal dağılıma sahip olup olmadığını bakılır. Normal dağılım sürekli ve olasılıklı bir fonksiyon eğrisidir. Elde edilen her bir veri bir araya getirildiğinde genelde ortalaması, ortanca değeri, standart sapması ve varyansı gibi değerlerine bakılır. Standart sapmada dikkat edilen hususlar ortalaması alınan veriler ortalama etrafında yığılmış mı yani ortalamaya yakın değerler mi, değilse ne kadar yakın gibi sonuçlara bakılır. Standart sapmanın olduğu yerde varyans değerleride bulunabilir. Varyans, rassal bir değişken olup olasılık dağılımı veya mümkün olabilecek bütün değerlerin beklenen değeri gibi elde edilen ölçüler olarak görülür, genellikle standart sapmanın karesi olarak yorumlanır[20,21].

4.1. Betimsel İstatistik

Yapılan herhangi bir çalışma ya da deneylerde elde edilen veri ya da verilerden, veri seti çok olduğunda belli bir kısmını örneklem olarak alınıp yapılan çalışma veya deneyin özellikleri hakkında tahminlerde bulunmaktır. Betimsel istatistikte alınan verilerle ortalama, medyan, uç değerler, minimum ve maksimum değerler, standart sapma ve varyans ölçümleri gibi ölçümleri bulup tablolar halinde özetleyip ve yorumlamaktadır. Veri seti çok fazla olan çalışmalarda genelde veriler evren

kavramıyla bağdaştırılır. Evren hakkında tahminlerde bulunmak zor olduğundan alınan örneklem üzerinden tahminlerde bulunabilir[22,23].

4.2. İç İç Tasarımlı Varyans Analizi

Bu tip analizlerde bir etkenin her seviyesinin altında da farklı seviyelerde etken veya faktörlerin bulunması olayıdır. Her bir etken farklı seviyelerde bulunurken her seviyenin alt etkende bulunan seviyelerin birbirlerine eşit olma zorunluluğu yoktur. İç içe tasarımlarda genelde iki seviyeli ya da üç seviyeli tasarımlar üzerinde analizler yapılır. İki seviyeli iç içe tasarımlarda x etkenlerinin içerisinde y etkenlerinin seviyeleri bulunur ya da sınıflandırılırlar. Üç seviyeli iç içe tasarımlarda aynı şekilde alt kademe sayısı bir basamak daha arttırmak anlamına gelir. Analizlerinde kullanılan yöntemler genelde faktöriyel analizlerine benzerlik gösterir. Ana kitleye her bir alt seviyenin tek tek etkisine ya da diğer etkenler etkenlerle birlikte olan etkisini incelemeye olanak sağlar[24,25,21].

4.3. Faktöriyel Varyans Analizi

İki veya ikiden daha çok faktörün gerçekleşmiş olan ya da gerçekleşecek olan sonuç veya olayın ana etkisini aynı anda incelemeye olanak sağlayan bir yöntemdir. Faktöriyel tasarımlar deneyleri her bir durumu ayrı ayrı incelemektedir. En çok mühendislik alanlarında tercih edilen bir yöntemdir. Etki eden faktör ve faktörlerle ilgili varyans analizlerinin beklenen değerlerin ortalamasıyla yapılır. Faktöriyel tasarımlarda bağımsız değişkenler ana kitleye tek başına da etki edebilir ya da aynı anda iki ve daha fazla bağımsız değişkende etki edebilir[21,26].

5. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay zekâ, anlamsal kavram elde etme çabası, düşünme, öğrenebilme gibi yeteneklerin bir amaç doğrultusunda akıl yürüterek istenilen sonuçları elde etme denilebilir. Bir nevi insan beyninin işlevlerini yerine getirmesi gibi açıklanabilir. Yapay sinir ağlarının genel amacı tahmin ya da sınıflandırma gibi amaçlar doğrultusunda modeller kurmak ya da tasarlamaktır. Yapay sinir ağlarına verilen ya da öğretilen algoritmaları öğrenme işlemi tamamladıktan sonra ağdaki bağlantılar yoluyla bilgi saklama ve genelleme yapabilme gibi özelliklere sahip olurlar. Yapay sinir ağlarının öğrenme kabiliyetinin en iyi yönü çok karmaşık olan yapıların, geleneksel yöntemlerle olan işlemlere göre daha hızlı elde etmesiyle saklayabilme ve işleme gibi özellikleri sayesinde her geçen gün daha da önem kazanmaktadır [27,28,29].

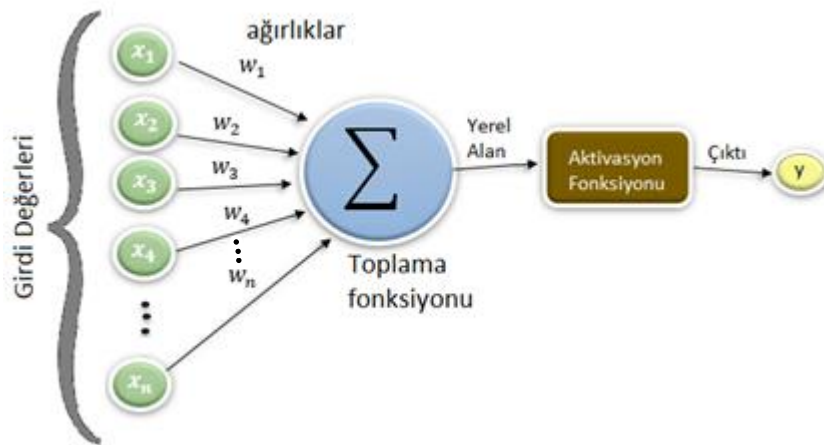
5.1. Yapay Sinir Ağlarını Günümüze Getiren Tarihsel Gelişimleri

Yapay sinir ağları ilk olarak elektronik yöntemlerle denenmiş olup elektronik devrelerde değiştirmek ya da anında müdahale etmesi zor olduğundan dünya genelinde daha çok yazılımsal olarak çalışmalara devam etmekte olup daha popülerdir. 1938’de Rashevsky, nöro-dinamik (sinirsel alan teorisi) alanlarında yaptığı çalışmalarda sinir ağlarının aktivasyon ve yayılımı gösteren çalışmalara yer vermiştir[30]. Araştırmacılar 1940’larda insan beyniyle yapay sinir ağ sistemi arasında bir matematik modeli kullanmalarıyla geliştirilen bu model daha sonra yapay sinir ağları olarak incelenmeye devam etmiştir. Yazılımsal olarak ilk çalışmalar 1943 yıllarında Mc Culloch ve Pitts tarafından yapılmış olup yayınlanan ilk YSA konusunu barındıran makalelerden olmuştur[31]. 1948 ‘de Wiener tarafından yayınlanan istatistiksel ve iletişim gibi işleyebilme konularını el alan Sibernetik adlı kitabını yayınlamıştır[32]. 1949’da Hebb, Davranış Organizasyonu adlı bir kitap yayınlanmıştır[33]. 1969’a kadar birçok araştırmacı yapay sinir ağ üzerine kitaplar ve yayınlar yapmışlardır. 1970’den 1980 yıllarına kadar geçen sürede kesintiye uğramış olup güçlü bilgisayarların etkisiyle yeni çalışmalara yer verilmemiştir. Yapay sinir ağlarında mutlak değişim ilk olarak 1980

yıllarında olmuştur. 1980 ve sonrasında kişisel bilgisayar kullanıcıların olması yeni fikirlerin ortaya çıkışı ve gelişim sürecinin devamını destekleyici unsurlar oluşmuştur. 1982 yıllarında John Hopfield yaptığı çalışmada yapay sinir ağlarıyla yapılabilecek olan kavramları ve nasıl çalıştığını detaylı bir şekilde sunması yapay sinir ağlarına tekrar yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır[34]. Yapay sinir ağlarına en önemli etkenlerden bir diğeri ise 1986 yıllarında çoklu katmanla oluşturulan ağların eğitim algoritması olan geri yayılım algoritması olmuştur. Birçok araştırmacı tarafından aynı zamanlarda geliştirilmiş olsa da bu yöntem en dikkat çeken yayınlar 1986 yıllarında Rumelhart ve McClelland tarafından yapılan yayındır[35]. Bu yıllardan sonra günümüze kadar çeşitli programların yazılımlarıyla birlikte günümüzde de gelişmeye devam etmektedir. Günümüzde yapay sinir ağlarıyla ilgili sayısız makale ve çalışmalar olsa da Sosyal bilimlerinde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Yapay sinir ağlarının gelişimi yazılımsal gelişim, teknoloji ve matematik etkili olmuşlardır[27].

5.2. Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı

Yapay sinir ağları yapay nöronların katmanlar halinde gruplar oluşturarak meydana getirilen bir sistemdir. Katman sayıları bir ya da daha fazla katmanlardan oluşabilir. Nöronları oluşturan bloklar ve işlevsel şeması Şekil 5.1. 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Yapay Sinir Ağlarının Nöron Yapısı [27]

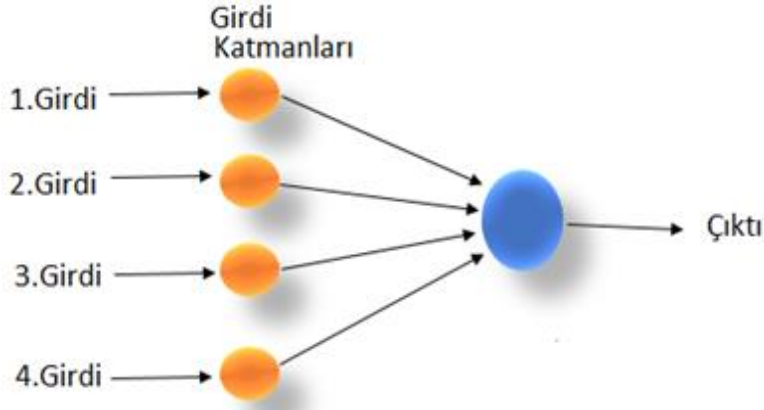
- ❖ Girdi Değerleri, dışarıdan alınan temsili verilerdir.
- ❖ Ağırlıklar, her bir girdinin ağırlık değerlerini oluşturur. Girdilerle ağırlık değerlerinin çarpımı nöronlara olan etkisini hesaplar. Bu olay aslında her insanın aynı olaya farklı şekilde bakıp algılaması gibi olaydır. Her veriyi farklı ağırlık ve algılama şekliyle algılayacaktır.
- ❖ Toplama fonksiyonu, hesaplanan veri ya da değerlerin nöronlardan tarafından tekrar toplanarak girdilerin tam olarak hesaplandığı adımdır.
- ❖ Aktivasyon fonksiyonu, Toplama fonksiyonunda toplanan girdileri çıktıya dönüştüren aşamadır.
- ❖ Çıktı, aktivasyon fonksiyonuyla elde edilen çıktıdır.

5.3. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları

Yapay sinir ağlarının avantajı karmaşık yapıda olan verileri çözümleyebilir ve öğrendiği ile hem verileri hemde benzer ve yakın veriler üretebilir. Doğrusal verileri çok daha kolay modellerken doğrusal olmayan verileride modelleyip üretebilir. Eğitimleri tamamlanan verilerin sonrasında eksik veri ya da bilgi olsa dahi çalışıp doğru sonuç ve tahminlerde bulunabilir. Dezavantajları ise sağlıklı veriler yani daha doğru tahminlerde bulunabilmesi için veri setinde çok veri olması gerekmektedir. Veri sayısı az olduğu durumlarda ürettiği değerlerde yanlış olması ya da ezberleme gibi olayların olması muhtemeldir[27].

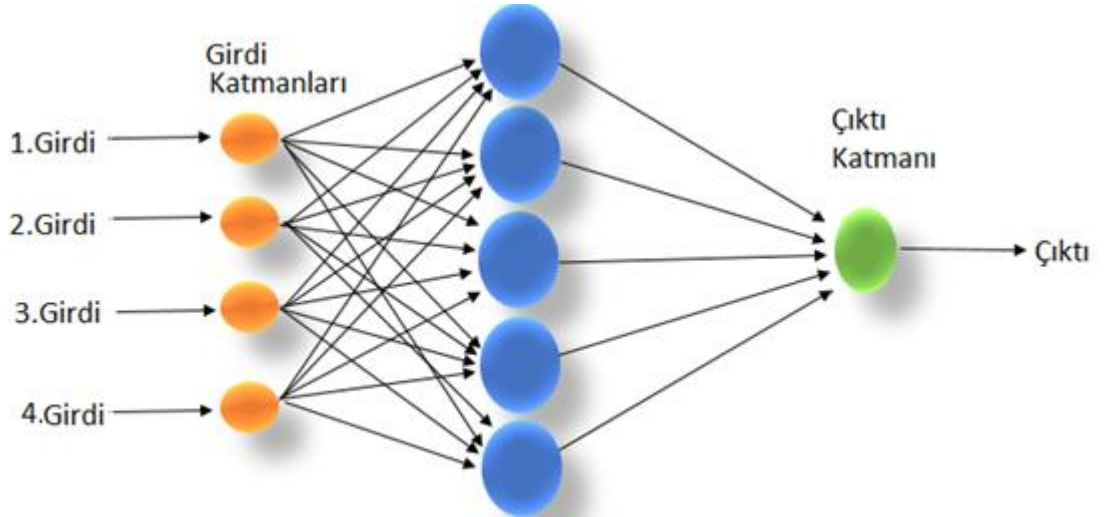
5.4. YSA Çeşitleri

Günümüze kadar birçok yapay sinir ağı şekli ortaya çıkmışlardır. Bazıları verilerin tipine göre, bazıları katman adetlerine göre ve bazıları ise öğrenme algoritma şekillerine göre değişiklik gösterebilir. Tek katmanlı yapılarda gizli katman yokmuş gibi davranıp Şekil 5.2. 'deki gibi girdi ve çıktı oluşturmaktır[27].



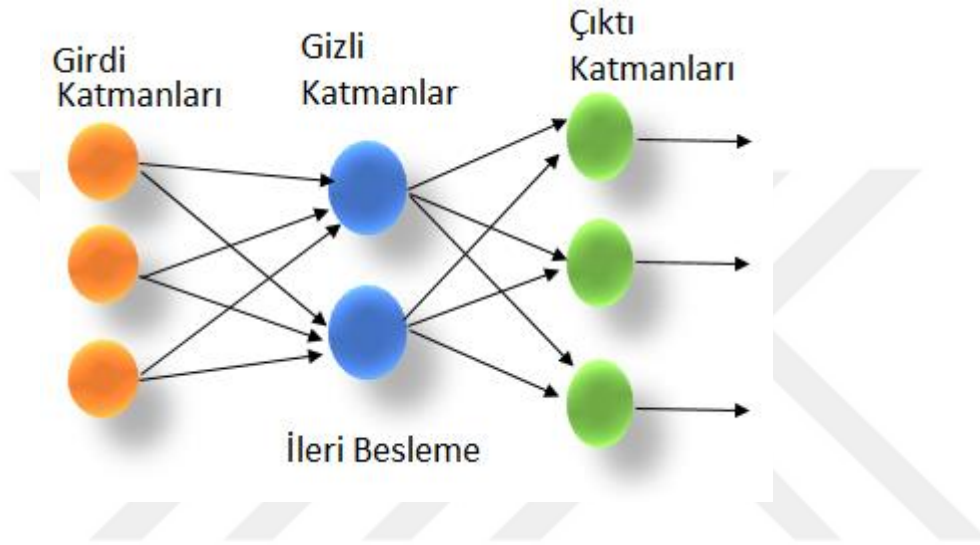
Şekil 5.2. Tek Katmanlı Nöron Yapısı [27]

Yapay sinir ağlarının bazılarında ise çok katmanlı bir yapıya sahiptirler. Girdi, gizli katmanlar ve çıktı katmanları arasında bağ oluştururlar. Şekil 5.3.'de katmanlar arasında kurulan bağın şematik gösterimidir.

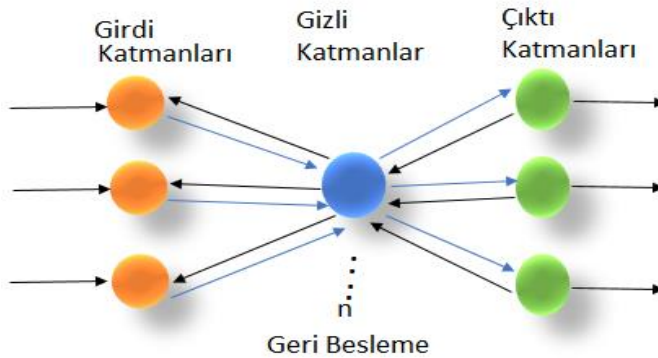


Şekil 5.3. Çok Katmanlı Nöron Yapısı [27]

Bazı yapay sinir ağıları tipine göre çalışan nöron yapıları vardır. Bunlar ileri beslemeli ya da gerisi beslemeli olarak çalışırlar. İstenilen çıktılar elde edilene kadar ileri ya da geri beslemeli şekilde nöronlar çalışmaya devam eder. İleri besleme yapay sinir ağlarının örnek şeması Şekil 5.4.'de, geri beslemeli yapay sinir ağlarına örnek şeması Şekil 5.5.'de gösterilmiştir[27].

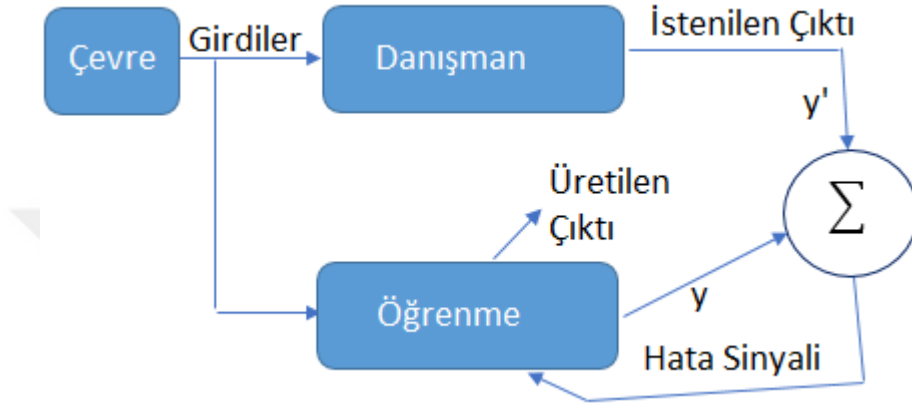


Şekil 5.4. İleri Beslemeli Nöron Yapısı [27]



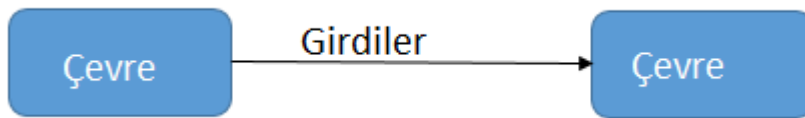
Şekil 5.5. Geri Beslemeli Nöron Yapısı [27]

Yapay sinir ağlarının bazılarında ise algoritmalarına göre öğrenme şekilleri vardır. Bu algoritmalar danışarak öğrenme, danışmasız öğrenme ve takviyeli öğrenme şekilleridir. Danışmalı algoritma tiplerinde girdi, çıktı ve ek olarak doğru üretip üretmediği kontrol için test çıktısı vardır. Bu tip yapay sinir ağlarının şeması Şekil 5.6.'da verilmiştir[27].



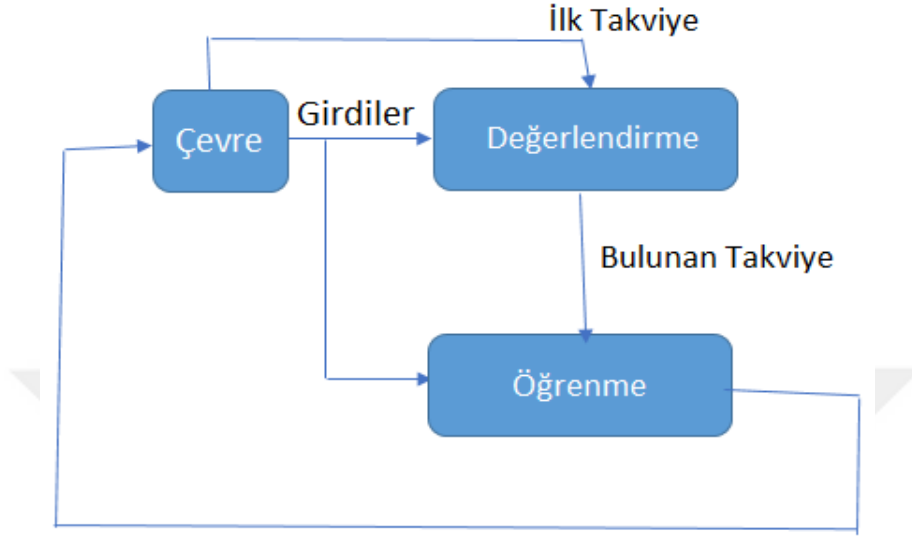
Şekil 5.6. Danışmalı Öğrenme Nöron Yapısı [27]

Yapay sinir ağlarının danışmasız öğrenmesi demek verilen girdilere karşılık herhangi bir çıktı elde etmesi demektir. Bu tip yapay sinir ağlarının şeması Şekil 5.7.'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Danışmasız Öğrenme Nöron Yapısı [27]

Yapay sinir ağlarının takviyeli öğrenmesi demek girdilerin karşılığı olan çıktı değerleri yoktur. Bu tür ağların ağına tepkisine göre ağı eğitirler. Bu tip algoritmanın yapı ve şeması Şekil 5.8.'de verilmiştir[27].



Şekil 5.8. Takviyeli Öğrenme Nöron Yapısı [27]

5.6. Matlab Programıyla Yapay Sinir Ağları Analizleri ve Aşamaları

Yapay sinir ağlarıyla analizleri yapılırken ilk olarak model kurulumu yapılırken bazı aşamalardan geçilir. İlk ağına yapısı belirlenir, sonraki aşamada girdi nöronlarının sayısına göre gizli nöron ve gizli katman sayısı belirlenir. Çıktı nöron sayısı da belirlendikten sonra aktivasyon fonksiyonu belirlenmiş olur. Bütün aşamalar sırayla gerçekleştirdikten sonra geriye hangi tür algoritma kullanılacağı kalmış olur. Yapay sinir ağları birçok yöntemlerle ya da farklı program ve uygulamalarla yapılabilir. Matlab ile yapay sinir ağları matematik ve mühendislik alanlarında en fazla tercih edilen uygulama ve çalışmalar olduğu görülmektedir. Matlab ile yapay sinir ağlarında da kendi içinde bölümlere ayrılmakla birlikte benzer fakat farklı uygulama yöntemleri bulunmaktadır. Matlab programının yapay sinir ağları araç kutusunda bulunan bazı yöntemler bulunmaktadır. Yapılan uygulama ve çalışmalarda Neural Fitting Tool (nftool) yöntemi kullanılmıştır[36,37].

5.7. Matlab Neural Fitting Tool (nftool) Yöntemi

Bu yöntemde standart ikili bağlantılı olan problemlerde kullanılır. Yapay sinir ağları eğri uydurmakta oldukça iyidir. Önceden tanımlı girdi ve çıktı verilerini matlaba aktarıp analizlerini yapabilir. Bünyesinde bulundurduğu algoritmalar Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmalarıdır. Bu üç algoritmanın ortak özelliği geriye doğru yayılım fonksiyonu kullanılmasının yanında değişken gizli katman sayısı ve çok katmanlı tek yönlü bir algoritma biçimidir. Deneme yanılma yoluyla en iyi sonucu elde edilene kadar eğitimler tekrar tekrar yapılabilir.

Lavenberg-Marquardt Algoritması; en fazla tercih edilen algoritmalarından bir tanesidir. Bu algoritma genellikle daha fazla bellek gerektiren, ancak daha az zaman gerektiren bir algoritmadır. Bu algoritmada geri yayılım fonksiyonu kullanarak eğitimleri yapılır. Bayesian Regularization Algoritması; nöron ağlar için kuralı bayes olasılıklığına dayanmaktadır. Bayes teoremi koşullu olasılıklar ile marjinal olasılıklar arasındaki ilişkiyi gösterir. Ağ parametrelerinin yorumlanması ve tahmin etmesi optimal bir ağırlıklı veri seti kullanılırken hata fonksiyonunu en aza indirerek seçilmesini sağlar. Bu algoritma genellikle daha fazla zaman gerektirir, ancak zor, küçük veya gürültülü veri kümeleri için iyi bir genelleştirmeye sonuçlanabilir.

Scaled Conjugate Gradient Algoritması; Bu algoritma daha az bellek gerektirir. Eğitim, doğrulama örneklerinin ortalama karesel hatasında bir artış gösterildiği gibi, genelleme durduğunda otomatik olarak durur[36,37].

6. MATERYAL VE YÖNTEM

6.1. Kompozit Numunelerin Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Kompozitlerin üretimi için epoksi reçine tercih edilmiştir. Epoksi reçine ve sertleştirici Dost Kimya Endüstriyel Hamm.San. ve Tic.Ltd. Şti'den temin edilmiştir. Epoksi reçineler kullanımlarında oldukça ekonomik olup estetikdir. Ayrıca hijyenik ve mukavemetli olup yoğunluğu ise 1,13-1,17 (g/cm^3) bir değere sahiptir. Sertleştiricinin yoğunluğu ise 0,96-1,00 (g/cm^3) arasındadır. Takviye malzemesi olarak kevlar 49 (aramid elyaf) kullanılmıştır. Dost Kimya Endüstriyel Ham.San. ve Tic.Ltd. Şti'den temin edilmiştir. Aramid elyaf ısı ve ısıcalığa dayanıklı ve son derece güçlü bir elyafdır. Aramid elyaf çok yüksek mukavemetli olmasının yanında klor, tuz, ultraviyole ışınları ve asitlere duyarlıdır. Yoğunluğu ise 1,44 g/cm^3 'dür. Dolgu malzemesi olarak da TiB_2 kullanılmıştır. Kullanılan TiB_2 ortalama toz boyutu 44 ~ μm 'dur. ISM Dış Ticaret Pazarlama Ltd Şti'den temin edilmiştir. TiB_2 yüksek sertliğe ve mukavemeti yanında yüksek yoğunluğa sahip olup 4,52 g/cm^3 'dür.

6.2. Kompozit Numunelerin Üretim Aşamaları

Kompozit malzemelerin üretimi Kırıkkale Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında üretilmiştir. Kompozitlerin üretimin de epoksi reçine kullanılarak vakumlu torba kalıplama metodu yöntemiyle üretilmiştir. Üretimde dikkate alınan yöntem de elyafların bir kısmı 45° açıyla bir kısmı ise 90° açıyla üretilmiştir. Oluşturulan matrisde epoksi reçine 1/4 kadar sertleştirici kullanılmıştır. Üretilmiş olan kompozit malzemenin üretimi için kullanılan malzemelerin oranları ve temel üretim planlaması Çizelge 6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Üretilen Numunelerin Planlaması

Takviye Malzemesi Kevlar	Sertleştirici (%)	TiB_2 İlavesi (%)
45° Açılı	25	0
	25	1
	25	2
	25	4
90° Açılı	25	0
	25	1
	25	2
	25	4

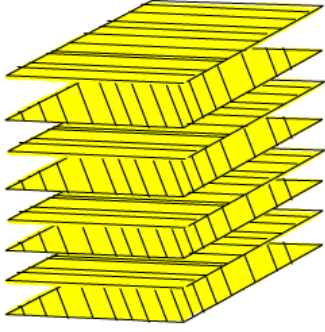
Matris elemanı, aramid elyaf (keklar 49), titanyum diborür (TiB_2), sertleştirici ve epoksi reçineden oluşturulmuştur. Çizelgedeki gösterilen oranlar matrise göre ağırlıkça yüzde oranlarını göstermektedir[38].

Kompozit plakalar üretilirken keklar istenen boyut ve ölçülere göre kesilip temiz bir zemin hazırlanmıştır. Hazırlanan zemin wax sürülüp 15 dk. wax'ın kuruması beklenir. Sonraki aşamada ise işlemler sırayla takip edilmiştir.

1- İnfüzyon filesi serilmiştir.

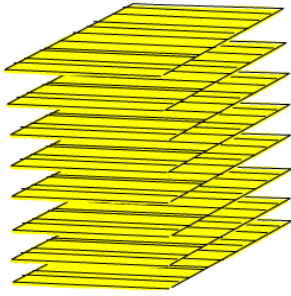
2- Vakum battaniyesi (ayırma kumaşı) serilmiştir.

3- Sekiz kat olacak şekilde tek tek keklar serilmiştir. 45° 'de kekların diziliş ve sırası Şekil 6.1. gibidir. Açı ve yönleri dikkatlice dizilmiştir.



Şekil 6.1. 45°'de Kevların Diziliş Şekli [16]

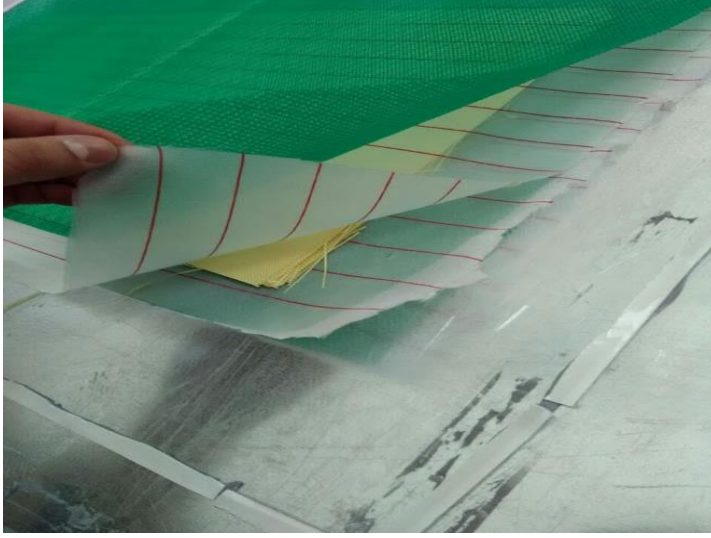
90°'de kevların diziliş ve sırası Şekil 6.2. gibidir.



Şekil 6.2. 90° 'de Kevların Diziliş Şekli [16]

4- Simetrik durumu bozmadan serilen elyafların üstüne tekrar vakum battaniyesi (ayırma kumaşı) serilmiştir.

5- Vakum battaniyesi (ayırma kumaşı) üstüne örtecek şekilde tekrar vakum infüzyon filesi (akış filesi) serilmiştir. Şekil 6.3.'de gösterilmiştir.

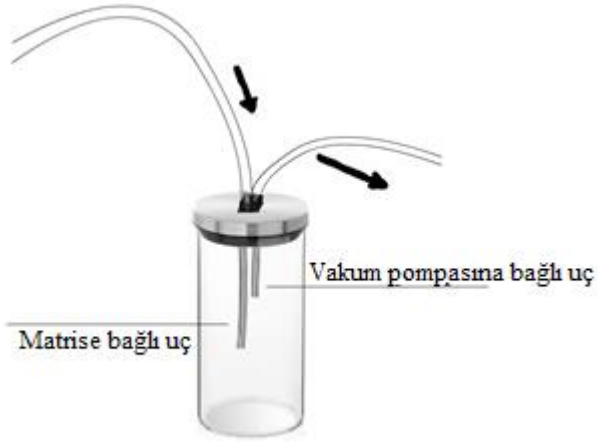


Şekil 6.3. Üretim Öncesi Elyafların Dizilimi

6- Matris girişine ve Vakum çıkışına uygun şekilde T bağlantı yardımıyla spiral hortum ve vakum hortumlar arasında bağlantı sağlanarak uygun şekilde vakum pompasına ve vakum tankına bağlantısı sağlanır. Sızdırmazlık bandı yardımıyla en üste tüm alanı kaplayacak şekilde vakum naylonu geçirilmiştir.

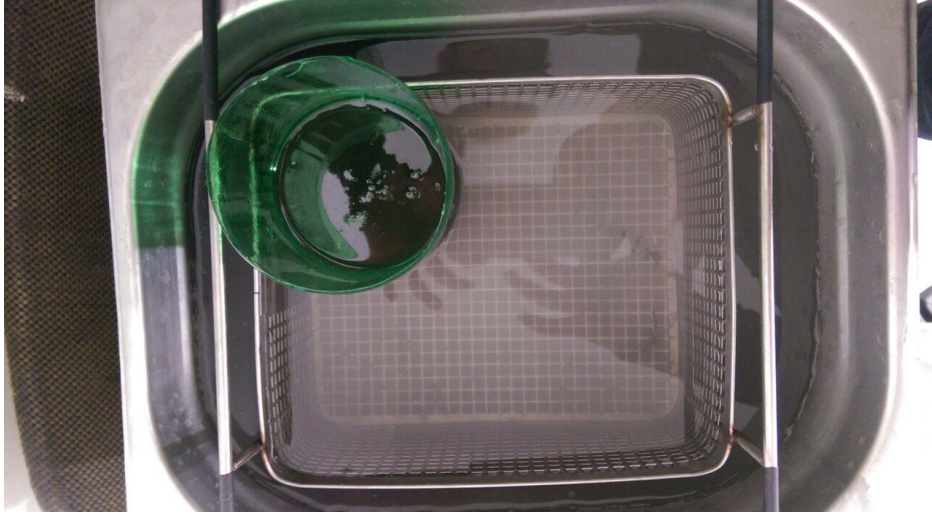
7- Matris akışını homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak içinde giriş ve çıkışlarına giren hortumun ucuna spiral hortum bağlanır ve sızdırmazlık sağlanmıştır.

8- Matris tankından matrisin akışını sağlayacak matris hattı kurulur ve hiçbir şekilde hava almaması sağlanıp vakum pompası sabitlenmiştir. Vakum tankına yapılan bağlantıda matrisinden gelen hortum bağlantısı, vakum pompasına olan bağlantıdan daha aşağıda olacak şekilde bağlanmıştır. Şekil 6.4.'de gösterilmiştir.



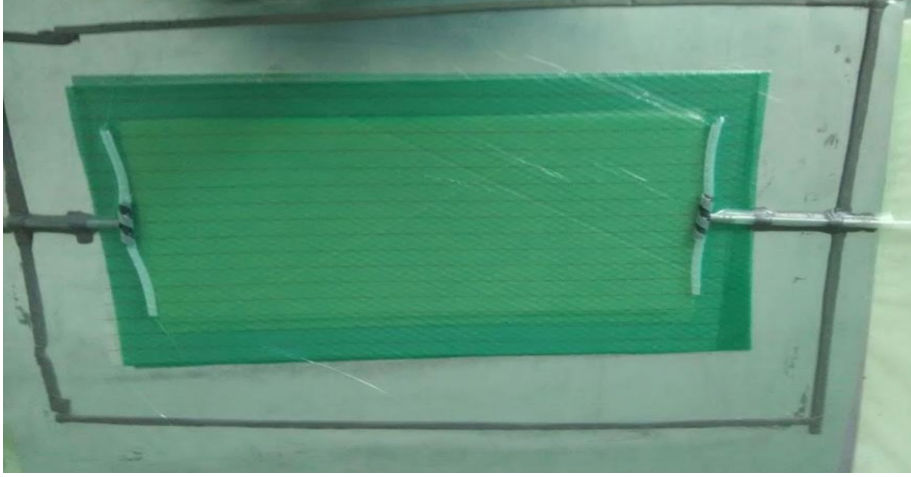
Şekil 6.4. Matris ve Vakum Pompası Düzeneginin Şematik Hali

8- Ultrasonik banyonun amacı ses dalgaları sayesinde homojen karışım elde etmektir. Matris elemanı verilmeden önce 20-30 dk. ultrasonik banyoya bırakılmıştır (0°C). Şekil 6.5. 'de gösterilmiştir.



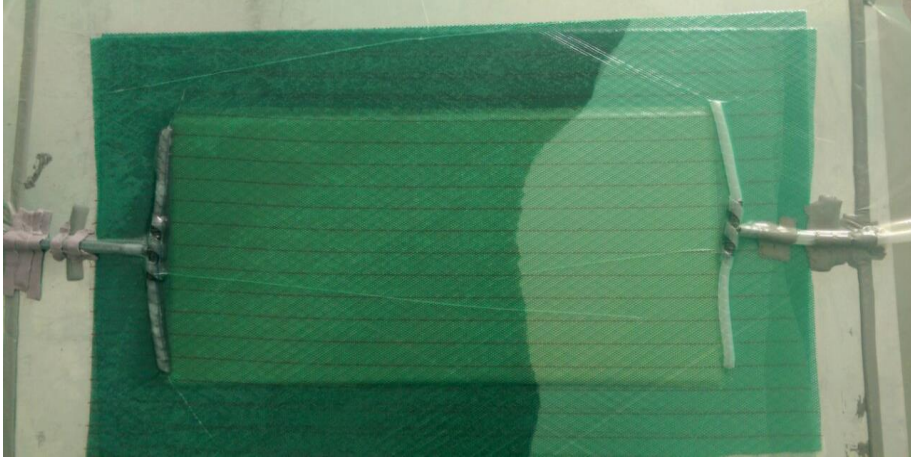
Şekil 6.5. Matrisin Ultrasonik Banyoda Homojen Karışımı

9- Yukarıda bahsedilen durumlar da matris verilmeden önceki tüm durumlardır. Matris elemanının kalıba verilmeye hazır hale gelmiş görüntüsü Şekil 6.6. 'da verilmiştir.



Şekil 6.6. Matris Elemanı Verilmeye Hazır Olan Numune

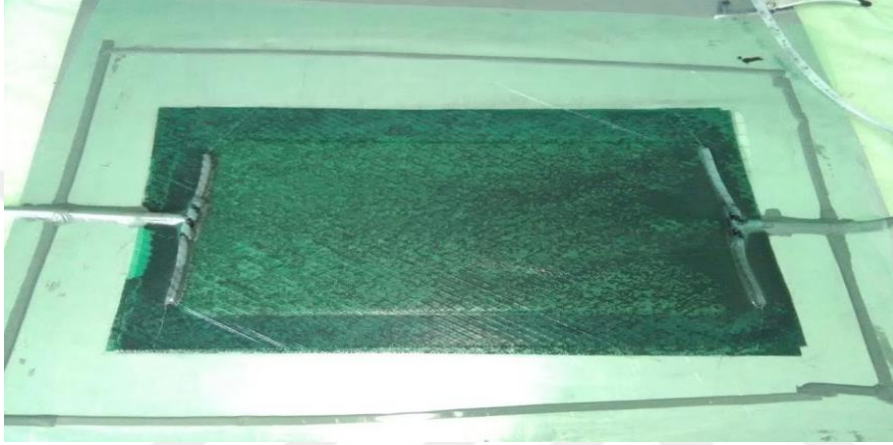
10- Kullanılan vakum pompasının modeli N 035 AN.18'dir. Emdirme akış hızı 30 L/dk. (litre/dk.), maksimum basıncı 4 bar, motor gücü 0,23 kW/ 230 Volt 50 Hz ile reçine elyafa emdirilmiştir. Maksimum pompalama hızı $0,7m^3/h$ 'dir. Matris elemanı verilmekte olan görüntüsü Şekil 6.7.'de verilmiştir.



Şekil 6.7. Matris Elemanı Verilmekte Olan Numune

Şekil 6.7.'de matris numuneye bağlı ucundan verilirken vakum hızını azaltmak amaçlı hortum kırılarak reçinenin yavaş ve homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak için bütün üretimlerde tekrarlanmıştır. Her kompozitin üretiminde yaklaşık olarak 30 dakikaya kadar matrisin tamamı verilmiştir.

11- Matris elamanının tamamı verilmiş olan görüntüsü Şekil 6. 8.'de verilmiştir.



Şekil 6.8. Matris Elamanını Verilmiş Olan Numune

12- TiB_2 ilave edilip üretilmiş olan kompozitlerin mekanik testler için kesime hazır kalıptan çıkarılan görüntüsü Şekil 6.9.'de verilmiştir.



Şekil 6.9. TiB_2 İlaveli Kesime Hazır Numune

13- Üretilen kompozitlerin mekanik testler için kesime hazır kalıptan çıkarılan görüntüsü Şekil 6.10.'da verilmiştir.



Şekil 6.10. İlavesiz Kesime Hazır Numune

6.3. Üretilen Kompozit Numunelerin Kesimleri

Numuneden kesilmesi planlanan plakaları önceden belirlenip mekanik deneylere göre kesimleri yapılmıştır. Pürüzsüz bir kesim için su jeti kullanılmıştır. Numunelerin kesimleri water jet teknolojisine sahip Akdoğan Reklam'da yapılmıştır. Kullanılan su jeti görüntüsü Şekil 6.11.'de verilmiştir.



Şekil 6.11. Su Jetinde Numunelerin Kesimleri

6.4. Üretilen Kompozit Numunelerin Kürleme İşlemleri

Kürleme işlemi numuneler üretimi ve mekanik testler için kesimleri yapıldıktan sonra yapılmıştır. Belirlenen kür sıcaklığı literatürde en iyi sonucu elde edilen sıcaklık göz önünde bulundurulduğunda 120⁰C ‘de 4 saat süreyle kürleme işlemlerine hazır hale getirilmiştir[39].

Numunelerin kürlemeye hazır durumu Şekil 6.12.’de görülmektedir.



Şekil 6.12. Numunelerin Kürleme İşlemine Hazır Hale Getirilmesi

6.5. Üretilen Kompozit Numunelerin Yoğunluğu

Üretilen numunelerin önce havadaki ağırlığı sonra numune streçle sarılıp su içindeki ağırlıkları ölçülerek yoğunlukları Arşimet prensibine göre yapılmıştır. Hesaplamalar da kullanılan kevlar, epoksi, sertleştirici ve titanyum diborür Çizelge 6.2.’deki değerlere göre yapılmıştır.

Çizelge 6.2.Yoğunluk Değerleri

Kevlar Yoğunluğu	1,44 g/cm ³
Epoksi Yoğunluğu	1,15 g/cm ³
Sertleştirici Yoğunluğu	0,98 g/cm ³
Titanyum Diborür	4,52 g/cm ³

Yoğunluk testinde kullanılan formüller;

$$P = \frac{m}{v} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

W_{hava} = Havadaki ağırlığı.

$W_{streç*hava}$ = Streçli havadaki ağırlığı.

$W_{streç}$ = Streçin ağırlığı.

$W_{streç*su}$ = Streçli sudaki ağırlığı.

W_{su} = Numunenin sudaki ağırlığı.

$$W_{streç} = W_{streç*hava} - W_{hava}$$

$$W_{su} = W_{streç*su} - W_{streç}$$

$$P_{deneysel} = \frac{W_{hava}}{W_{hava} - W_{su}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$P_{teorik} = V_T * p_T + V_E * p_E + V_S * p_S + V_{TiB_2} * p_{TiB_2} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Porozite} = (P_{teorik} - P_{deneysel}) / P_{teorik} \cdot 100 \text{ (\% Gözenek Miktarı)}$$

6.6. Balistik Testler İçin Kullanılan Malzemeler

Balistik testler için kurulan düzenekte numunelerin arka kısmına konulan malzeme merminin hedefe ulaşmasıyla birlikte gelen enerjinin emilimi ve deformasyon ölçümlerini incelemek için kullanılmıştır. Balistik jel üretimi için gerekli olan malzemeler ticari birimlerden temin edilmiştir. Balistik jelin üretim ve yöntemi, yapılan deneysel çalışmalar baz alınarak üretimi gerçekleştirilmiştir[40].

Seramik köpük üretimi için gerekli malzemeler Ref-San İzolasyon San.Tic. Ltd.Şti temin edilmiştir. Keramik köpük üretim ve yöntemi, yapılan deneysel çalışmalar baz alınarak üretimi gerçekleştirilmiştir[41,42].

Balistik testlerde 16 numunenin 8 tanesinin arka kısmına balistik jel konulmuştur. Şekil 6.13.'de gösterilmiştir. Diğerk 8 tanesinin arkasına ise seramik köpük konulmuştur. Şekil 6.14.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.13. Balistik Jel



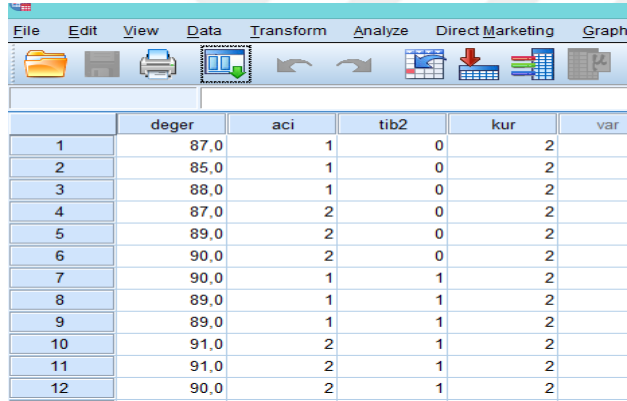
Şekil 6.14. Seramik Köpük

6.7. İstatistiksel Analizlerde Verilerin Girişi ve Uygulaması

İstatistiksel analizler için elde edilen bütün veriler incelenip hangi analizlerin uygun olduğu belirlenerek her bir deney sonucu için istatistiksel analiz yapılmıştır. Balistik ve yoğunluk testi için betimsel istatistik elde edilmiştir. Sertlik testi için iç içe tasarımlı varyans analizi uygulanmıştır. Çekme, eğme ve darbe testi için faktöriyel varyans analizi uygulaması yapılmıştır[24,26].

6.7.1. SPSS.22 Programına Verilerin Girişi

Deneylerden elde edilen sonuçları derleyip düzenlendikten sonra manuel olarak programa girilmiştir. Verilerin SPSS.22 programına girişi Şekil 6.15.'de gösterilmiştir.

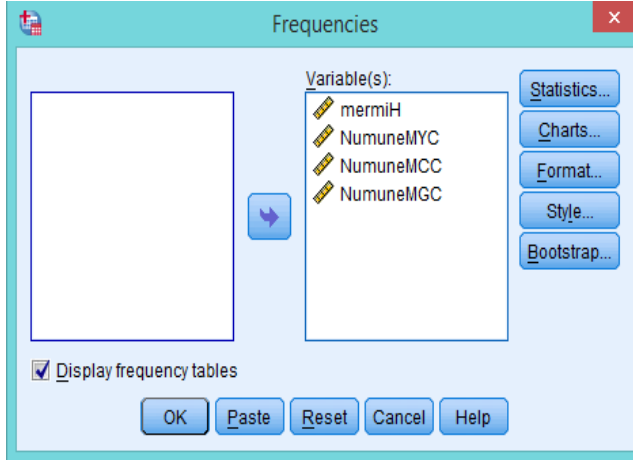


	deger	aci	tib2	kur	var
1	87,0	1	0	2	
2	85,0	1	0	2	
3	88,0	1	0	2	
4	87,0	2	0	2	
5	89,0	2	0	2	
6	90,0	2	0	2	
7	90,0	1	1	2	
8	89,0	1	1	2	
9	89,0	1	1	2	
10	91,0	2	1	2	
11	91,0	2	1	2	
12	90,0	2	1	2	

Şekil 6.15. Verilerin SPSS.22 Programına Girişi

6.7.2. Betimsel İstatistiğinin SPSS.22 Uygulaması

Programa girilen verilerin özellikleri belirlendikten sonra programın menü kısmından Analyze>> Descriptive Statistics>> Frequencies seçildiğinde Şekil 6.16.'da değişkenlerin atanması yapılmıştır.

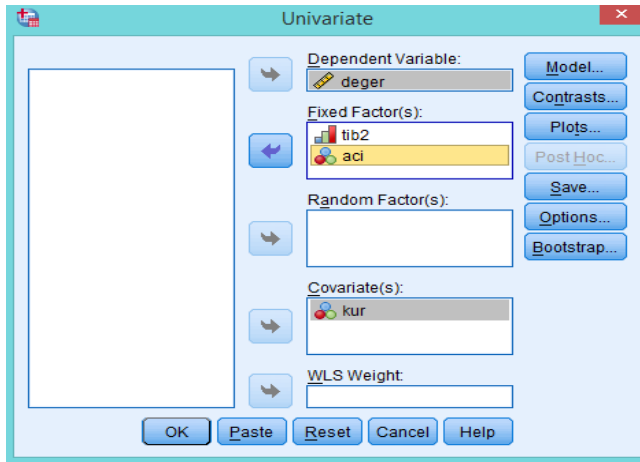


Şekil 6.16. Betimsel İstatistiğinin Bağımsız Değişkenlerin Atanması

İstatistiksel uygulamasının Şekil 6.16.'de görülen [OK] butonuna tıklanarak analiz çıktıları ve görüntüleri alınmış olur.

6.7.3. İç İç Tasarımlı Varyans Analizinin SPSS.22 Uygulaması

Programa girilen verilerin özellikleri belirlendikten sonra programın menü kısmından Analyze>> Genel Liner Model>> Univariate seçilerek Şekil 6.15.'de değişkenlerin atanması yapılmıştır.

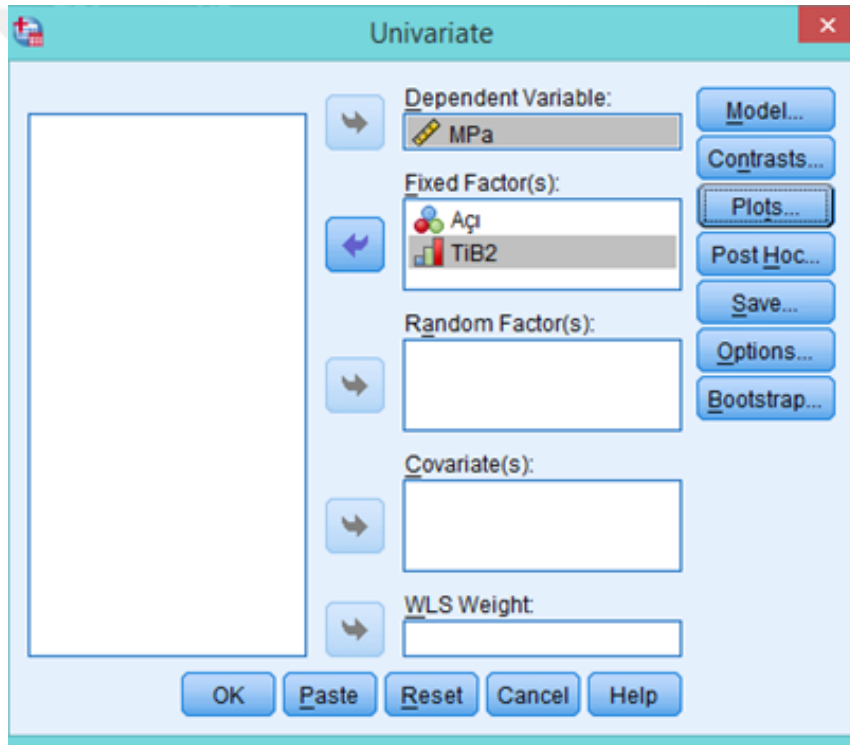


Şekil 6.17. İç İç Tasarımlı Varyans Analizinin Bağımsız Değişkenlerin Atanması

İstatistiksel uygulamasının Şekil 6.17.'de görülen [OK] butonuna tıklanarak analiz çıktıları ve görüntüleri alınmış olur.

6.7.4. Faktöriyel Varyans Analizinin SPSS.22 Uygulaması

Programa girilen verilerin özellikleri belirlendikten sonra programın menü kısmından Analyze>> Genel Liner Model>> Univariate seçilerek Şekil 6.18.'de değişkenlerin atanması yapılmıştır.



Şekil 6.18. Faktöriyel Varyans Analizinin Bağımsız Değişkenlerin Atanması

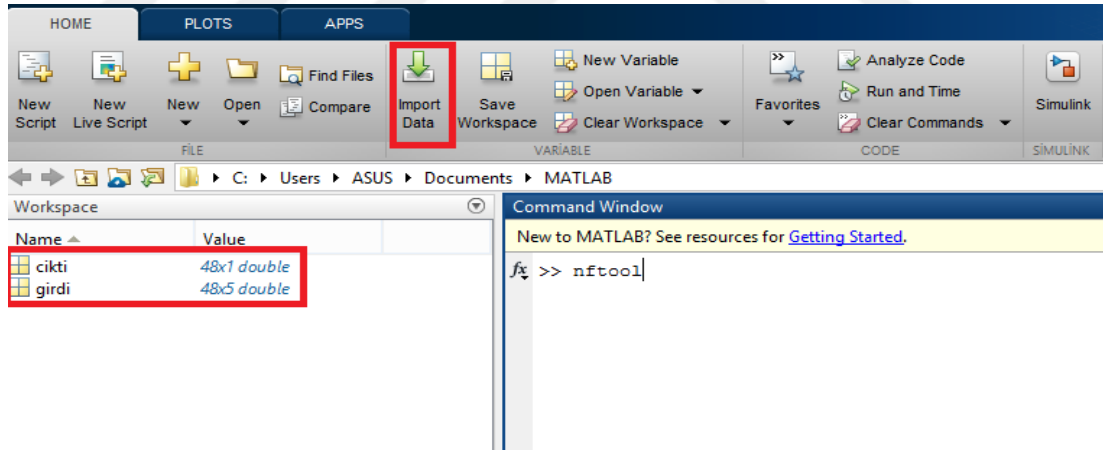
İstatistiksel uygulamasının Şekil 6.18.'de görülen [OK] butonuna tıklanarak analiz çıktıları ve görüntüleri alınmış olur.

6.8. Yapay Sinir Ağlarında Verilerin Girişi ve Uygulaması

Yapay sinir ağı uygulaması olan neural fitting tool (nftool) yöntemi kullanılmıştır. Programın ana ekranına “nftool” neural fitting tool girildiğinde ysa çalışma ekranı açılacaktır. Burdan deneylerden elde edilen veriler girdi ve çıktı olarak girilerek analizlere yapılmıştır. Yapay sinir ağlarıyla kurulan modellerle yoğunluk testi, sertlik testi, çekme testi, eğme testi, darbe testi ve balistik testi için verilerin tahminleri yapılmıştır.

6.8.1. Verilerin Programa Girişi

Deneysel sonuçları excel’de girdi ve çıktı olarak düzenlendikten sonra import data’den programa yüklenmiştir. Verilerin matlab programına girişi Şekil 6.19.’da gösterilmiştir.

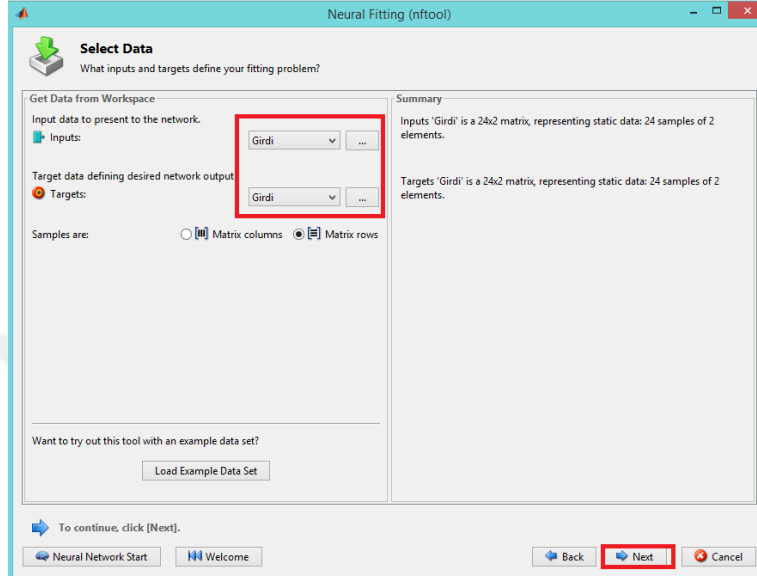


Şekil 6.19. YSA Verilerinin Programa Girilmesi

6.8.2. Neural Fitting Tool (nftool) ile YSA Verilerinin Yüklenmesi

Programın ana ekranından, >> nftool yazıldığında açılan sayfada “Next” butonu tıklanarak açılan pencereden neural fitting tool fonksiyonu ve verilerin girdi (input) ve

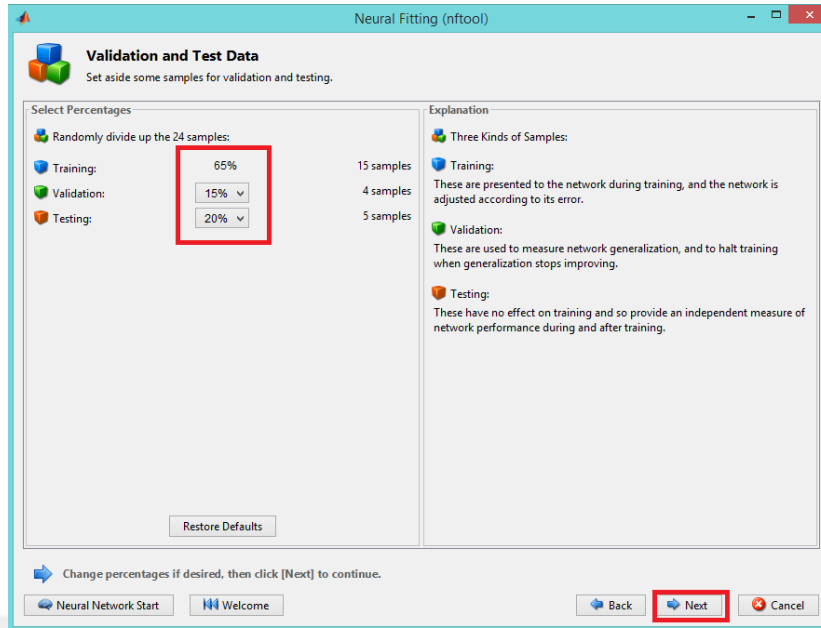
çıktı (output) verileri seçilir. Yapılan seçimden sonra veriler ve fonksiyonların tanımlanması Şekil 6.20.'de gösterildiği gibi sisteme girilmiştir. “Next” butonuna tıklayarak bir sonraki aşamaya geçilebilir.



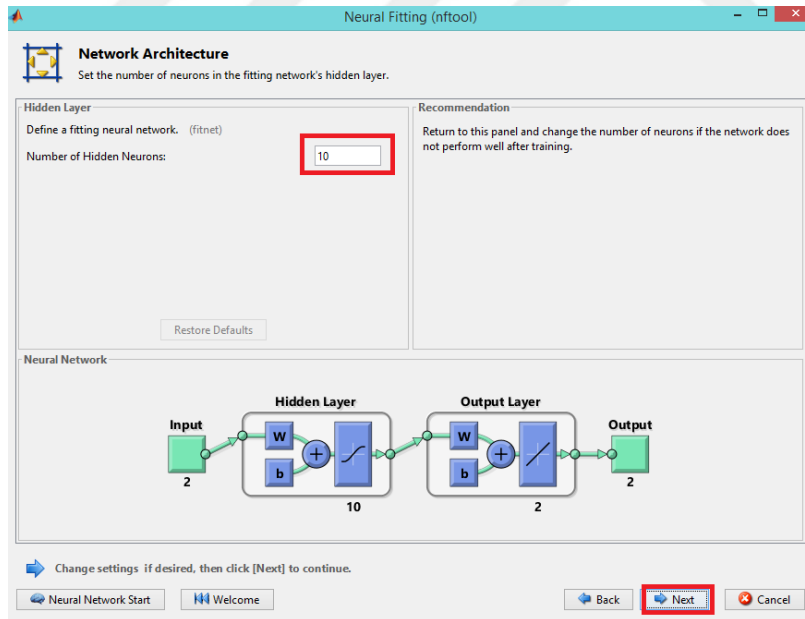
Şekil 6.20. Verilen Seçilmesi ve Fonksiyon Tanımlaması

6.8.3. Öğrenme, Doğrulama, Test Oranları ve Gizli Nöron Sayısı

Training, öğrenme eğitim sırasında ağı sunulur ve ağıdaki hataya göre ayarlanır. Validation, doğrulama genellemesini ölçmek ve genellemenin düzelmesi durduğunda eğitimi durdurmak için kullanılır. Testing, eğitim aşamasında hiçbir etkisi yoktur ve bu nedenle eğitim sırasında ve sonrasında bağımsız olup tahmin edilen verilerin testini yapmak için kullanılır. Number of hidden neurons yani gizli nöron sayısıdır. Optimizasyonun sağlanması amacıyla en iyi sonucu elde edilene kadar Şekil 6.21. ve Şekil 6.22.'de gizli nöron sayısı ve veri oranları sürekli değiştirilmiştir. En iyi sonuçlar training %65, Doğrulama (Validation) %15 ve Test (Testing) %20 oranlarında elde edilirken en uygun gizli nöron sayısının 10 olduğu görülmüştür.



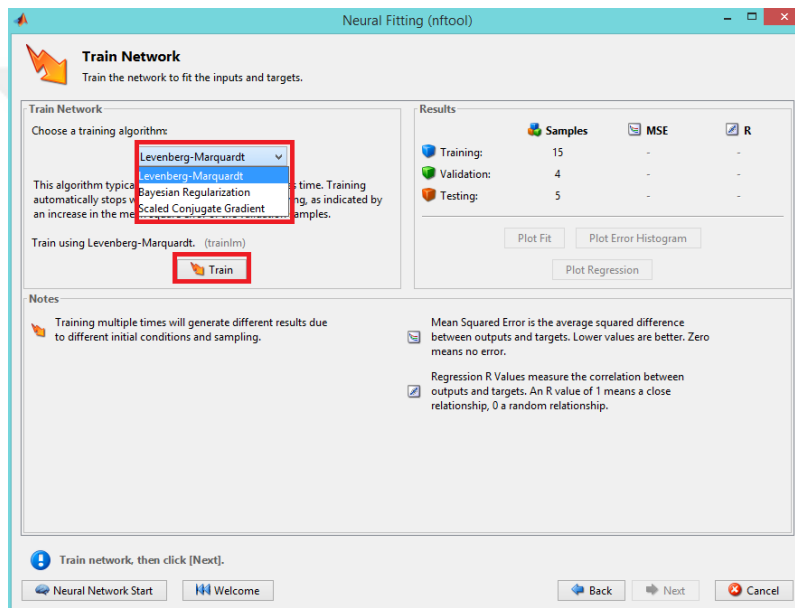
Şekil 6.21. Oranlarının Değiştirilmesi



Şekil 6.22. Gizli Nöron Sayısının Değiştirilmesi

6.8.4. Algoritma Seçimi ve YSA Analizinin Başlatılması

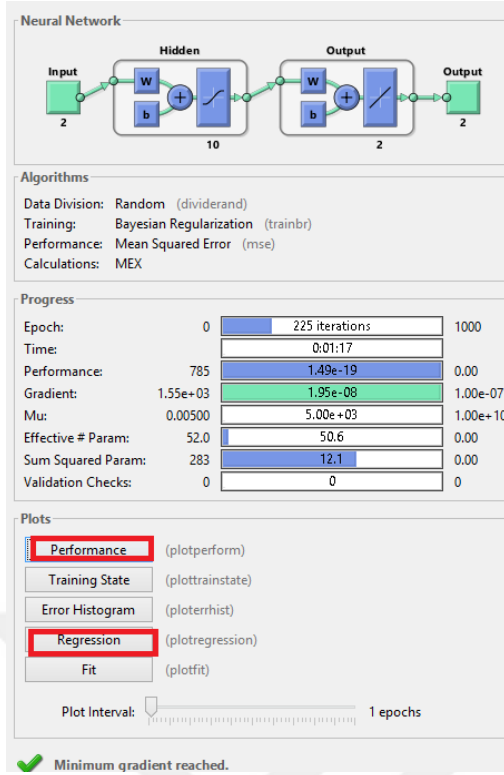
“Train” butonuna tıklandığında ysa analizi başlamış olur. Analiz başlamadan önce algoritma seçimi yapılmalıdır. Açılan menüden 3 farklı algorithmadan oluşmaktadır. Bu algoritmalar levenberg-marquardt, bayesian regularization ve scaled conjugate gradient’dir. En iyi sonuca ulaşmak için bu 3 algorithma kullanılmıştır. En iyi sonuç hangi algorithmayla alındıysa sonuç olarak o değerler alınmıştır. Çalışma ekranının görüntüsü Şekil 6.23.’de gösterilmiştir.



Şekil 6.23. Algoritma Seçimi ve YSA Analizinin Başlatılması

6.8.5. Döngü Sayısı ve Grafikler

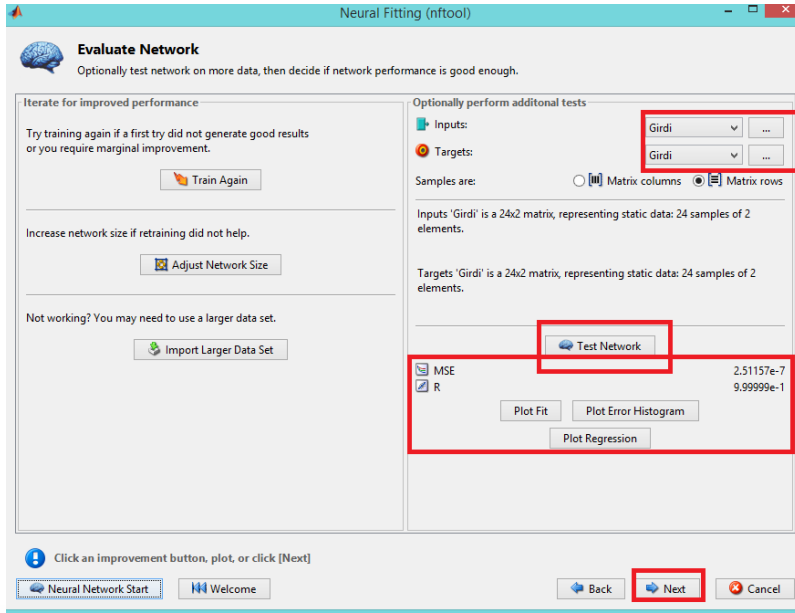
Eğitilen ağı eğitim esnasında ve sonrasında elde edilen performans grafiği, regresyon grafiği ve döngü sayısına Şekil 6.24.’de gösterilen butonlara tıklandığında eğitim anımı izlenmesi ve grafiklerin görüntüsünü ekrana getirir.



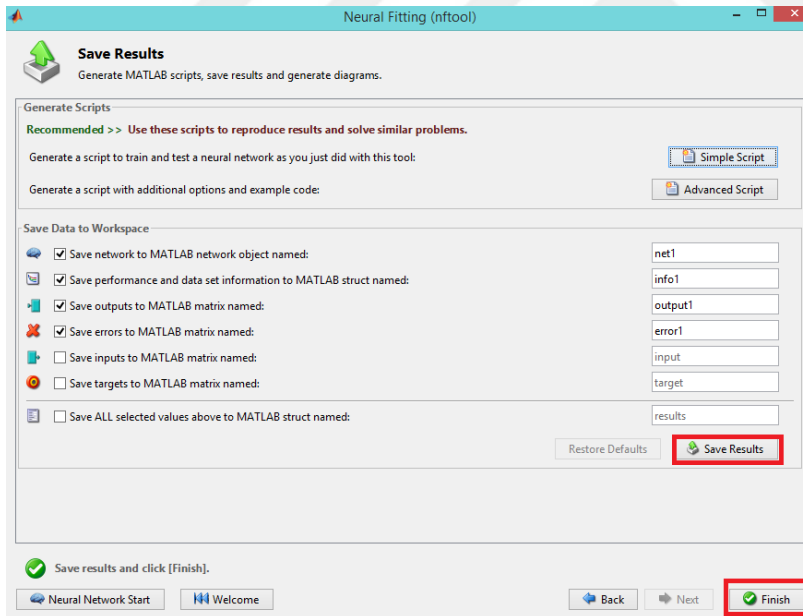
Şekil 6.24. YSA Grafiklerin Gösterilmesi ve Döngü Sayısı

6.8.6. Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmin Edilen Verilerin Kaydedilmesi

En iyi sonuçlar elde edildiğinde “Next” butonuna tıklanarak bir sonraki pencereye geçilerek Şekil 6.25.’de görülen girdi ve çıktı değerleri seçilir ve “Test Network” butonu tıklanarak MSE ve regresyon hesap değerleri alındıktan sonra iki sonraki pencereden Şekil 6.26.’da görülen butona tıklandığında veriler matlab programına output (çıkıtı) verisi olarak kayıt olacaktır.



Şekil 6.25. MSE ve Regresyon Değerlerinin Gösterimi



Şekil 6.26. YSA Tahmin Verilerinin Kaydedilmesi

6.8.7. YSA ile Tahmin Edilen Verilerin MAPE VE MSE Hesaplamaları

MSE (Mean Squared Error), ortalama hata karesini bulmak için hesaplanır. Bu değerleri bulmak için kullanılan formül (1).

$$(1) \text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{tahmini hatalar})^2}{n}$$

MAPE (Mean Absolute Error) hatalı kısımların gerçek veri ya da değerlerin %'desi olarak görür. Ortalama olarak mutlak yüzde hataları (MAPE) bulmak için kullanılan formül (2).

$$(2) \text{MAPE} = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\text{gerçek}_i - \text{tahmin}_i|}{\text{gerçek}_i}}{n}$$

7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada dolgu malzemesi olarak TiB_2 ilave edilip, kevlar 49 takviyeli polimer matris kompozitler vakum torba kalıplama yöntemiyle üretilmiştir. Üretim parametreleri ise TiB_2 takviye hacim oranına bağlı olarak, takviye malzemesi kevların yön ve açıları 45^0 ve 90^0 olacak şekilde üretilen ve bazılarına kürleme işlemine tabi tutulan numunelerin mekanik test sonuçlar incelenip sonuçların istatistiksel analizleri ve yapay sinir ağlarıyla modellenmesi yapılmıştır. Kürlenen numuneler mekanik testlerde kürlü-kürsüz durumları sadece sertlik testlerinde incelenmiştir.

7.1. Kürleme İşlemleri

Kürleme işlemleri 120^0C 'de 4 saat süreyle Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji Malzeme Mühendisliği Bölümünde Ref-San markalı kurutma fırının da yapılmıştır.

7.2. Yoğunluk Testi

Yoğunluk Testlerinde TS EN ISO 3451-1 standardına göre Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji Malzeme Mühendisliği Bölümünde Sartorius markalı yoğunluk ölçüm kiti ile bakılmıştır.

7.3. Mikro Yapı İnceleme

Mekanik testler yapılmadan önce kürlü ve kürsüz olmak üzere, farklı açı ve farklı oranlarda TiB_2 bulunduran numunelerin Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji Malzeme Mühendisliği Bölümünde Nikon ECLIPSE MA 100 markalı optik mikroskobu ile mikro yapılarına bakılmıştır.

7.4. Sertlik Testi

Numunelerin sertliğine Shore D ile bakılmış olup ISO 868 standartlarına uygun bir şekilde ile çentik sertlikleri belirlenmiştir. Shore D sertlik testi Kırıkkale MKE Silah fabrikasında yapılmıştır.

7.5. Çekme Testi

Çekme testlerinde TS EN ISO 527-4 standardına göre Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalürji Malzeme Mühendisliği Bölümünde Instron 3369 Universal test cihazıyla yapılmıştır.

7.6. Eğme Testi

Eğme Testleri D 7264 / D 7264M-15 standardına göre Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalürji Malzeme Mühendisliği Bölümünde Instron 3369 Universal test cihazıyla yapılmıştır.

7.7. Darbe Testi

Darbe Testleri EN ISO 148.01 standartlarına göre Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalürji Malzeme Mühendisliği Bölümünde Instron Wolpert PW30 Marka Charpy Test Cihazıyla yapılmıştır.

7.8. Balistik Testi

Balistik testlerinde STANAG 2920 ve NIJ-0101.06 standardına göre Canik marka tabancayla Kırıkkale MKE Silah Fabrikası poligonunda yapılmıştır.

7.9. İstatistiksel Analizler

Mekanik testlerden elde edilen yoğunluk testi, sertlik testi, çekme deneyi, eğme deneyi, darbe deneyi ve balistik testlerinin istatistiksel analizleri SPSS.22 paket programı ile yapılmıştır.

7.9.1. Yoğunluk Testinin İstatistiksel Analizi

Kurulan modelde üretilen kompozit numunelerinin yoğunluk ve gözenek miktarlarının betimsel istatistikleri incelenmiştir.

7.9.2 Sertlik Testinin İstatistiksel Analizi

Sertlik deneyi için kurulan modelde üretilen kompozit numunelerinin ağırlıkça TiB_2 oranlarının, açılarının ve kürlü ya da kürsüz olmasının sertlik değerine etkisi incelenmiştir. Kurulan bu modelde %5 anlamlılık düzeyinde analizleri yapılmıştır.

7.9.3. Çekme Testinin İstatistiksel Analizi

Çekme deneyi için kurulan modelde üretilen kompozit numunelerinin ağırlıkça TiB_2 oranlarının ve açılarının çekme, kopma ve uzama miktarlarına etkisi incelenmiştir. Uzama değerlerinde toplam uzama değerleri alınmıştır. Kurulan bu modelde %5 anlamlılık düzeyinde analizleri yapılmıştır.

7.9.4. Eğme Testinin İstatistiksel Analizi

Eğme deneyi için kurulan modelde üretilen kompozit numunelerinin açılarının ve ağırlıkça TiB_2 oranlarının, eğme gerilmelerine etkisi incelenmiştir. Kurulan bu modelde %5 anlamlılık düzeyinde analizleri yapılmıştır.

7.9.5. Darbe Testinin İstatistiksel Analizi

Darbe deneyi için kurulan modelde üretilen kompozit numunelerinin açılarının ve ağırlıkça TiB_2 oranlarının, darbe deneyine etkisi incelenmiştir. Kurulan bu modelde %5 anlamlılık düzeyinde analizleri yapılmıştır.

7.9.6. Balistik Testinin İstatistiksel Analizi

Balistik deneyi için kurulan modelde üretilen kompozit numunelerinin mermi hızı, numune mermi giriş çapı, mermi çıkış çapı ve mermi yarıma çapı değerlerinin betimsel istatistikleri incelenmiştir.

7.10. YSA Analizleri

Mekanik testlerden elde edilen yoğunluk testi, sertlik testi, çekme deneyi, eğme deneyi, darbe deneyi ve balistik test verilerinin yapay sinir ağları analizi Matlab R2017b programıyla yapılmıştır. Yapılan tahmin analizinde kullanılan yöntem Neural Fitting Tool (nftool) yöntemidir.

7.10.1. Yoğunluk Testinin YSA Analizi

Analizlerde Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçları Bayesian Regularization algoritmasında elde edilmiştir.

7.10.2. Sertlik Testinin YSA Analizi

Analizlerde Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçları Lavenberg-Marquardt algoritmasında elde edilmiştir.

7.10.3. Çekme Testinin YSA Analizi

Analizlerde Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçları çekme ve kopma değerlerinde Bayesian Regularization, uzama değerlerinde ise Lavenberg-Marquardt algoritmasında elde edilmiştir. YSA analizlerinde toplam uzama değerleri alınmıştır.

7.10.4. Eğme Testinin YSA Analizi

Analizlerde Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçları Scaled Conjugate Gradient algoritmasında elde edilmiştir.

7.10.5. Darbe Testinin YSA Analizi

Analizlerde Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçları Lavenberg-Marquardt algoritmasında elde edilmiştir.

7.10.6. Balistik Testinin YSA Analizi

Analizlerde Lavenberg-Marquardt, Bayesian Regularization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçları Lavenberg-Marquardt algoritmasında elde edilmiştir.

7.11. Testlerde Kullanılan Cihaz ve Programlar

7.11.1. Ultrasonik Banyo

Matris malzemesinin homojen karışımlarında Kırıkkale Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde bulunan, Şekil 7.1.'de görülen AGS markalı cihazla yapılmıştır.



Şekil 7.1. AGS Ultrasonik Cihazı

7.11.2. Kürleme İşlemleri

Kürleme işlemleri Kırıkkale Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde bulunan, Şekil 7.2.'de görülen Ref-San markalı cihazla yapılmıştır.



Şekil 7.2. Ref-San Markalı Kurutma Fırını

7.11.3. Yoğunluk Testi

Numunelerin Yoğunluk ölçümleri Kırıkkale Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde bulunan, Şekil 7.3.'de görülen cihazla bakılmıştır



Şekil 7.3. Hassas Terazî

7.11.4. Mikro Yapı İnceleme

Numunelerin mikro yapılarına Kırıkkale Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde Nikon ECLIPSE MA100 marka optik mikroskobuyla Şekil 7.4.'de görülen cihazla bakılmıştır.



Şekil 7.4. Optik Mikroskobu

7.11.5. Sertlik Testi

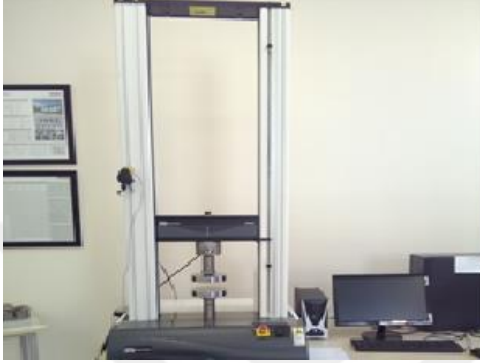
Numunelerin Shore D sertlik ölçümleri Kırıkkale MKE Silah Fabrikasında Şekil 7.5. 'de görülen cihazla bakılmıştır.



Şekil 7.5. Dokuma Kumaşları ve Elastomer Malzeme Sertlik Ölçüm Cihazı

7.11.6. Çekme Testi

Çekme deneyleri Gazi Üniversitesi Metalürji Malzeme Mühendisliği bölümünde 50 kN (5 ton) çekme- basma kapasitesi, 0.1- 500 mm/dk çekme hızına sahip Instron 3369 Universal test cihazıyla Şekil 7.6.'da görülen cihazda yapılmıştır.



Şekil 7.6. Çekme-Basma Test Cihazı

7.11.7. Eğme Deneyi

Eğme testleri Gazi Üniversitesi Metalürji Malzeme Mühendisliği bölümünde çekme-basma- eğme aparatı bulunan Instron 3369 Universal test cihazıyla Şekil 7.7.'de görülen cihazda yapılmıştır.



Şekil 7.7. Eğme Test Cihazı

7.11.8. Darbe Testi

Darbe testleri Gazi Üniversitesi Metalürji Malzeme Mühendisliği bölümünde Şekil 7.8.'de görülen cihazda yapılmıştır.



Şekil 7.8. Instron Wolpert PW30 Marka Charpy Test Cihazı

7.11.9. Balistik Testi

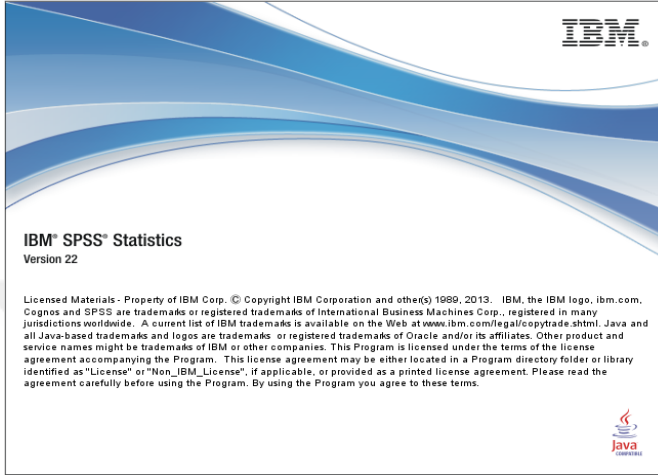
Numunelerin Balistik testleri Kırıkkale MKE Silah Fabrikasında Şekil 7.9.'da görülen poligonda Canik tabancayla yapılmıştır.



Şekil 7.9. MKE Silah Fabrikası Poligon

7.11.10. İstatistiksel Analizler

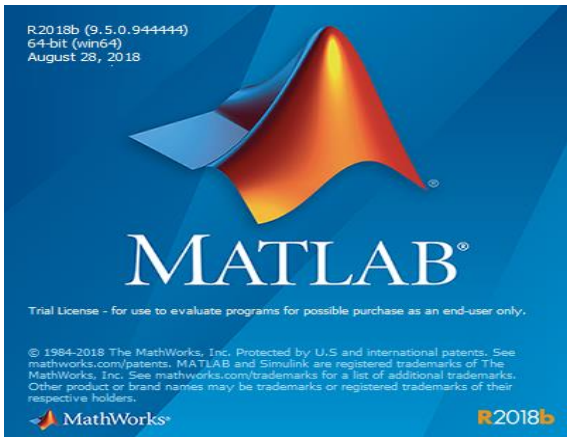
Deney sonuçlarının istatistiksel analizleri Şekil 7.10.'da görülen SPSS.22 paket programıyla yapılmıştır.



Şekil 7.10. SPSS.22 İstatistik Paket Programı

7.11.11. YSA Analizleri

Deney sonuçlarının yapay sinir ağları analiz ve tahminleri Şekil 7.11.'de görülen Matlab R2017b programıyla yapılmıştır.



Şekil 7.11. Matlab R2017b Programı

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

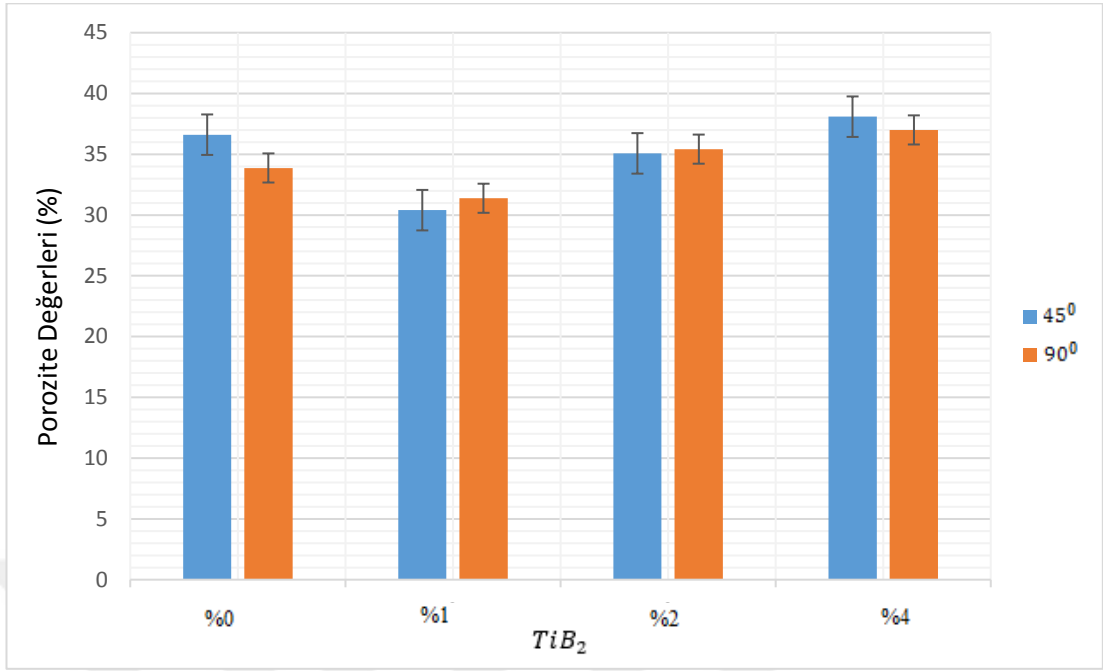
8.1. Yoğunluk Testi Sonuçları

Üretilen kompozit malzemelerin %0, %1, %2, %4 TiB_2 ilave oranlarına göre her bir numunenin takviye hacim oranları ölçümleri elde edilmiştir. Elde edilen ölçümlerle gerekli hesaplamalar yapılarak önce deneysel yoğunluk hesaplanmış olup sonrasında teorik yoğunluk hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan yoğunluk hesaplamalarından her bir numunenin gözenek (porozite) miktarları bulunması esas alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.1.'de verilmiştir.

Çizelge 8.1. Porozite, Yoğunluk Testi ve Teorik Yoğunluk Sonuçları

Açı	TiB_2 %	Deneysel Yoğunluk gr/cm^3	Teorik Yoğunluk gr/cm^3	Porozite %
45°	%0	0,8545	1,3479	36,6100
	%1	0,9573	1,3755	30,4000
	%2	0,9200	1,4169	35,0700
	%4	0,9259	1,4956	38,0900
90°	%0	0,8856	1,3392	33,8700
	%1	0,9412	1,3717	31,3800
	%2	0,9158	1,4181	35,4200
	%4	0,9450	1,5000	37,0000

Yoğunluk ve porozite Çizelge 8.1.'deki tabloya göre deneysel yoğunlukların suyun yoğunluğu $0.9987 gr/cm^3$ 'ün altında olduğu ve her bir numunenin kendi grubunda birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Porozite grafiği Şelil 8.1.'de gösterilmiştir.

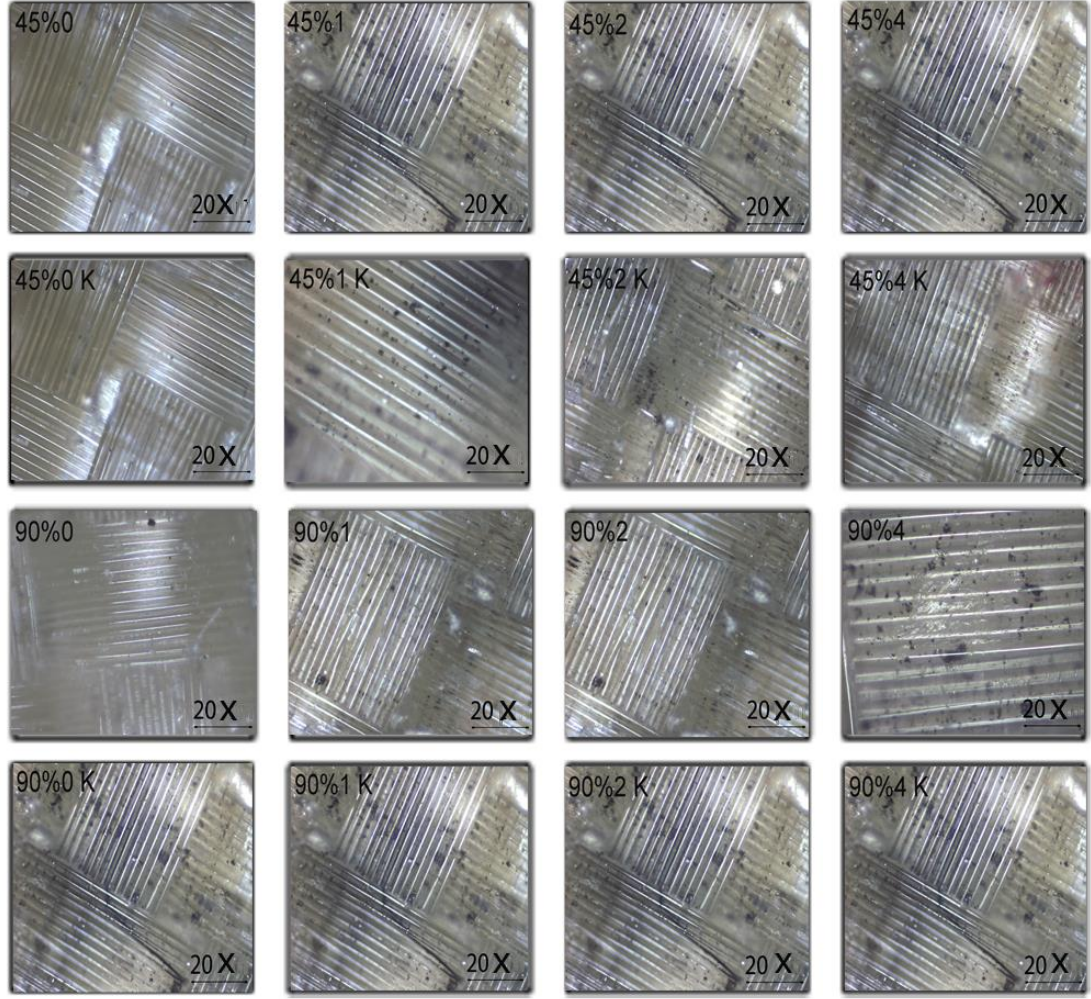


Şekil 8.1. Porozite Grafiği

Şekil 8.1.'de genel olarak bakıldığında grafik incelenmesinde gözenek miktarı en fazla TiB_2 %0 olan numunelerde meydana gelirken %1 TiB_2 ise gözenek miktarı en az olduğu görülmektedir.

8.2. Mikro Yapı Sonuçları

Üretilen kompozitlerin 45^0 ve 90^0 açılarla %0, %1, %2, %4 TiB_2 oranlarına sahip her bir numunenin takviye malzemesi olan liflerin matris elemanının homejen bir şekilde dağılımı beklenmektedir. Kompozitlerin yüzeylerinin 20x büyütme oranı ile elde edilen optik mikroskobu görüntüleri Şekil 8.2.'de verilmiştir



Şekil 8.2. Mikro Yapı Görüntüleri

Şekil 8.2.'deki tablo incelendiğinde kürlü ve kürsüz olarak ağırlıkça TiB_2 oranlarının ağırlıkça %1, %2, %4 numunelerin TiB_2 %0 olanlara göre siyah noktaların daha çok olduğu görülmektedir. TiB_2 ilavesinde her alana aynı şekilde dağılmadığını ve TiB_2 oranı artıkça gözenek miktarlarının daha çok olduğu anlamına gelmektedir. TiB_2 ilaveli olan numunelerde siyah noktalar %1 olanlarda diğerlerine göre daha küçük siyah noktalar bulunmaktadır. Numunelerde matris elemanının başarılı bir şekilde verildiği görülmektedir. Fakat topraklar halinde toplanan partiküllerden anlaşıldığı üzere tam bir homojenlik sağlanamadığı görülmektedir.

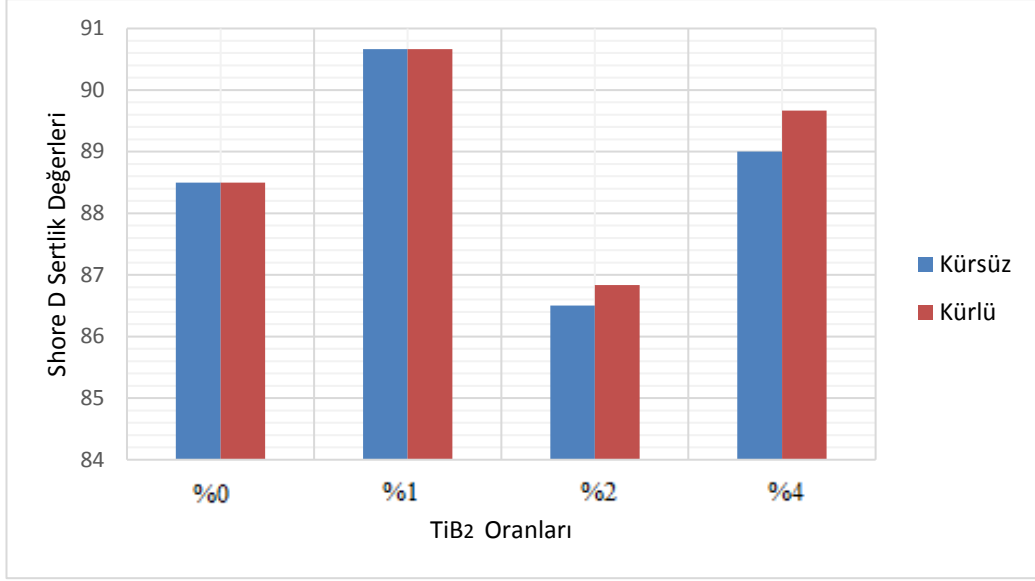
8.3. Sertlik Testi Sonuçları

Bu deneyde 45^0 ve 90^0 açılarda %0, %1, %2, %4 oranlarında TiB_2 ilave edilip 120^0C 'de 4 saat kürleme işlemine tabi tutulan numuneler Shore D ile elde edilen sertlik testi sonuçları Çizelge 8.2.'de verilmiştir.

Çizelge 8.2. Shore D Sertlik Testi Sonuçları

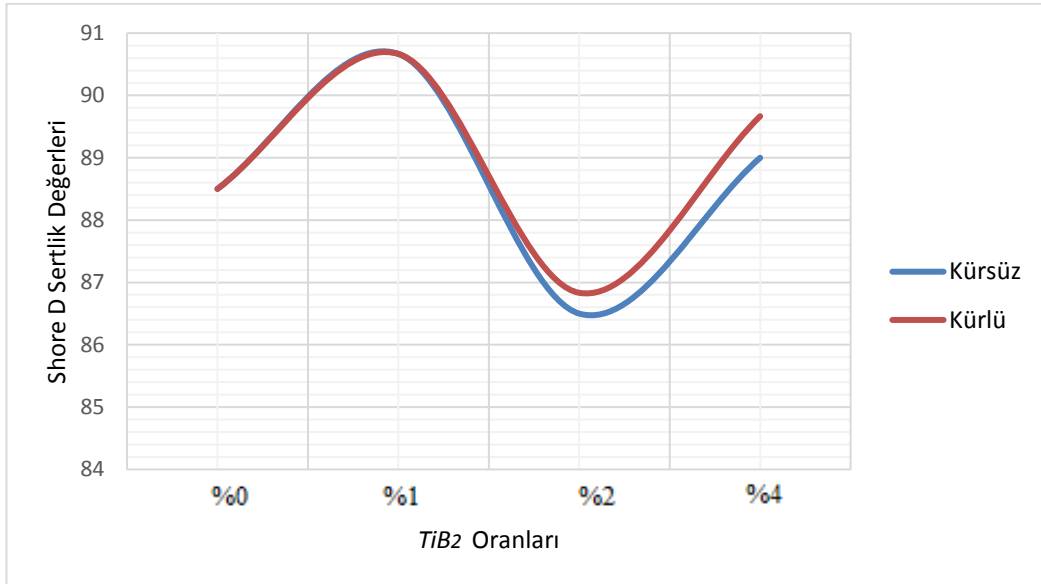
	TiB_2	45^0			90^0		
		1.Değer	2.Değer	3.Değer	1.Değer	2.Değer	3.Değer
KÜRSÜZ	%0	87	85	88	87	89	90
	%1	90	89	89	91	91	90
	%2	87	88	86	87	86	85
	%4	87	90	89	89	88	87
KÜRLÜ	%0	87	89	88	88	90	89
	%1	90	91	90	92	91	90
	%2	88	86	87	87	87	86
	%4	90	89	90	90	89	90

Çizelge 8.2.'de verilen Shore D sertlik değerlerinin histogram ve çizgi grafikleri Şekil 8.3., Şekil 8.4., Şekil 8.5., Şekil 8.6. ve Şekil 8.7.'de verilmiştir.



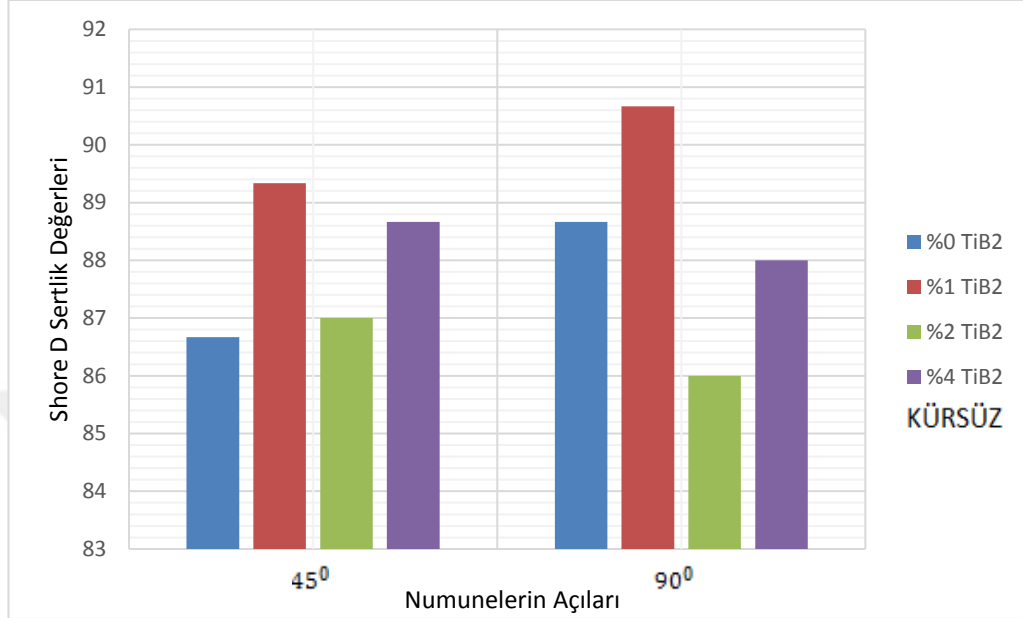
Şekil 8.3. Shore D Sertlik Testi- Kürlü ve Kürsüz Grafiği

Şekil 8.3.'de Grafik incelendiğinde en yüksek sertlik değerleri %1 TiB_2 içeren numunelerde olduğu görülmektedir.



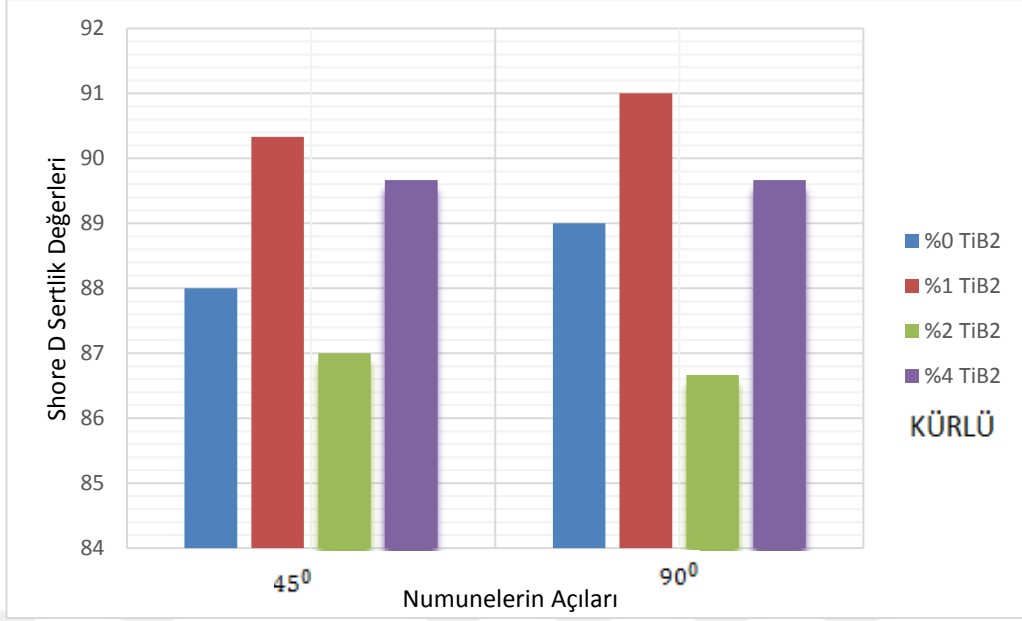
Şekil 8.4. Shore D Sertlik Testi- Kürlü ve Kürsüz Çizgi Grafiği

Şekil 8.3.'de Grafik incelendiğinde kürlleme yapılan numunelerde sertlik değerlerinin genel olarak daha yüksek değerler verdiği görülmektedir.



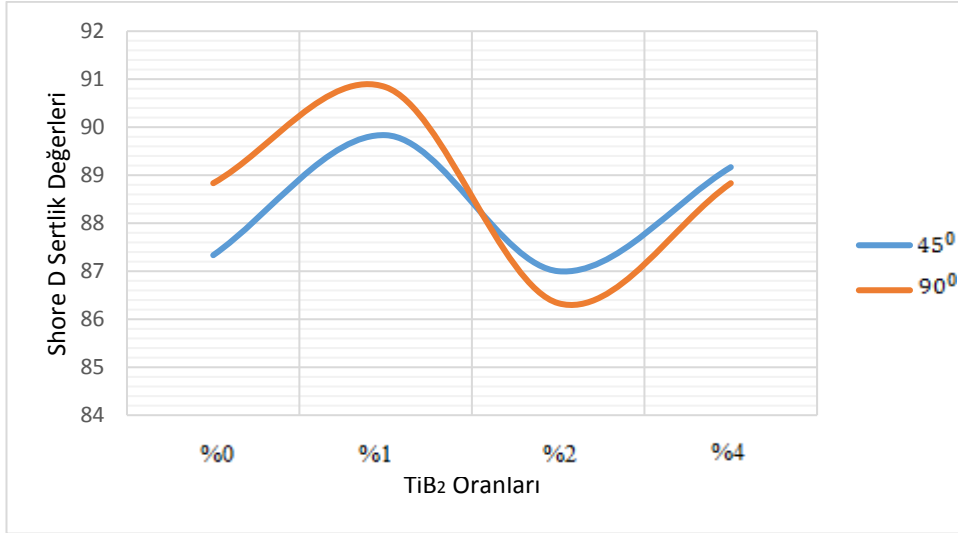
Şekil 8.4. TiB_2 Oranlarına Göre 45° ve 90° Açılı Sertlik Değerlerinin Kürsüz Grafiği

Şekil 8.4.'deki grafik incelendiğinde TiB_2 oranı arttıkça sertlik değerlerinin genelde arttığını, 45° açılıya sahip numunelerin 90° açılıya sahip numunelere göre sertlik değerleri birbirlerine yakın değerler olmasına karşın genelde daha düşük olduğu görülmektedir.



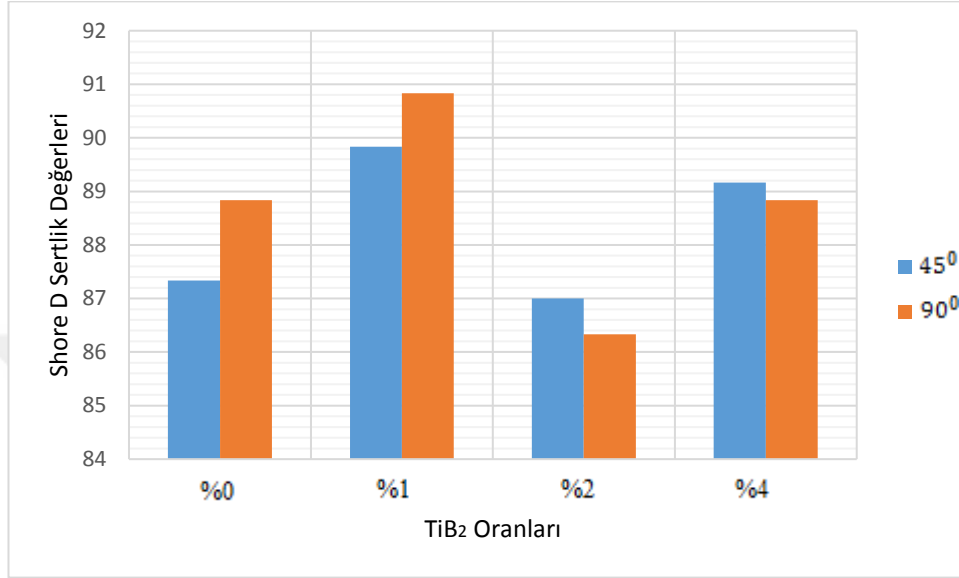
Şekil 8.5. TiB_2 Oranlarına Göre 45° ve 90° Açılı Sertlik Değerlerinin Kürlü Grafiği

Şekil 8.5'deki grafik incelendiğinde en yüksek sertlik değerleri TiB_2 oranında arttıkça genelde yükseldiğini görülmektedir. 90° Açıya sahip olan numuneler en yüksek değerlerini verirken TiB_2 oranı arttığında genelde bu değerler daha da yüksek değerler olurken en yüksek değer TiB_2 oranı %1 olanlarda olmuştur.



Şekil 8.6. Kevlar 45° ve 90° Açılı Sertlik Değerleri Çizgi Grafiği

Şekil 8.6'daki bu grafikde kürlü-kürsüz durumu dikkate alınmadığındaki durumları gösteren bir grafikdir. Garafık incelendiğinde en yüksek sertlik değerleri TiB_2 oranı %1 olanlarda görülmektedir. En düşük sertlik değerleri TiB_2 oranlar %2'de olmuştur.



Şekil 8.7. Kevlar 45° ve 90° Açılı Sertlik Değerleri Histogram Grafiği

Şekil 8.7'deki bu grafikde kürlü-kürsüz durumu dikkate alınmadığında ki durumları gösteren bir grafikdir. Garafık incelendiğinde en yüksek sertlik değerleri TiB_2 oranı %1 olanlarda olurken en düşük sertlik değerleri TiB_2 %2'de olmuştur. 90° Açıya sahip olan numuneler TiB_2 oranlarına göre bakıldığında %0 ve %1 olanlar en yüksek sertlik değerlerine sahipken 45° açıya sahip olan numunelerde de aynı durum görülmektedir.

Bütün bu grafiklere incelendiğinde TiB_2 oranlarında artış oldukça genelde sertlik değerlerinin artıyor ancak bazı durumlarda sertlik değerlerinin daha az arttığı gibi durumlarında olduğunu görülmekte olup bunun sebebi TiB_2 'ün numunenin liflere her bir yerinde aynı miktarda ya da hacimsel dağılımı aynı olmadığından gerçekleşmiştir.

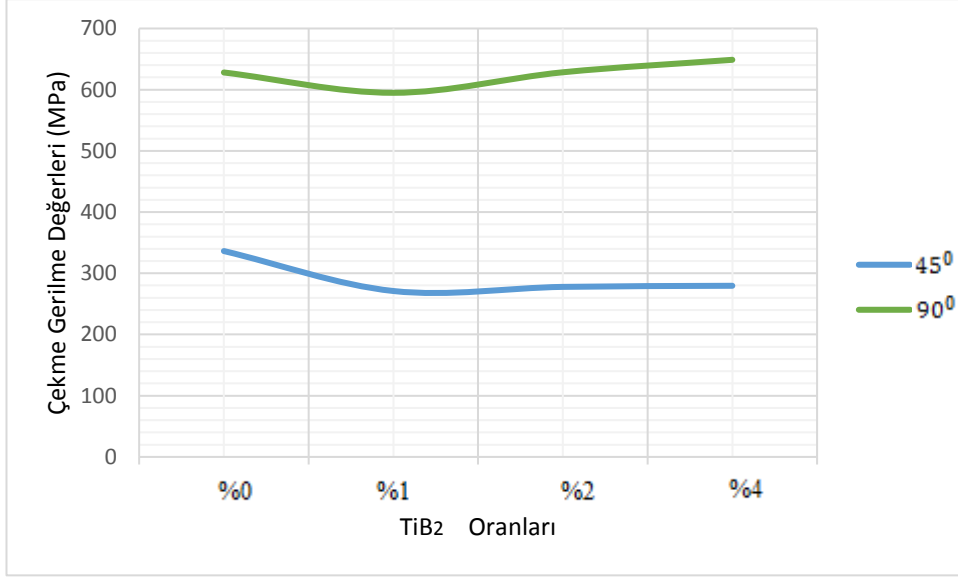
8.4. Çekme Testi Sonuçları

Bu deneyde kevlar fiberden üretilen numunelerin çekme deneyi sonuçlarının uzama-kopma-çekme tablo halinde Çizelge 8.3.'de verilmiştir.

Çizelge 8.3. Çekme Testi Sonuçları

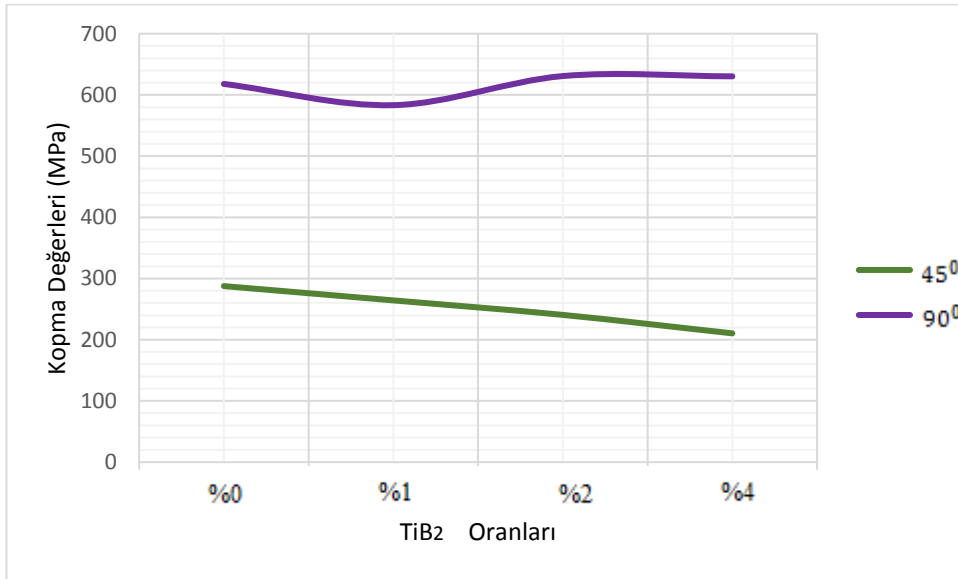
Açı	45 ⁰			90 ⁰		
TiB ₂	Çekme Değeri	Kopma Değeri	Uzama Değeri (%)	Çekme Değeri	Kopma Değeri	Uzama Değeri (%)
%0	340,0	262,8	0,1936967	625,3	626,9	0,1824969
%0	337,2	337,2	0,1851574	654,9	648,9	0,1870457
%0	331,9	262,8	0,1861372	604,2	578,0	0,1888606
%1	277,9	267,5	0,1901293	575,0	575,8	0,1801739
%1	262,5	261,4	0,2012856	572,9	535,6	0,1699037
%1	272,8	263,9	0,1935020	636,8	638,3	0,1159076
%2	274,9	276,1	0,1870578	596,9	599,4	0,1922098
%2	280,3	176,0	0,1861191	644,5	644,5	0,1855104
%2	278,2	269,5	0,1890504	643,9	648,4	0,1954944
%4	282,0	187,6	0,1604521	647,2	647,2	0,2117289
%4	282,5	225,3	0,1651624	640,2	645,1	0,1985545
%4	274,3	218,4	0,1683203	659,1	598,7	0,1846246

Çekme deneyi sonuçlarının açı ve TiB₂ oranlarına göre çekme değerlerinin grafiği Şekil 8.8.'de, kopma değerlerinin grafiği Şekil 8.9.'da ve şekil değiştirme grafiği ise Şekil 8.10.'da verilmiştir. Açı ve TiB₂ oranları dikkate alınarak her bir numune için ayrı ayrı şekil değiştirme, çekme ve kopma değerlerinin bir arada gösteren grafikleri grafikler başlığı altında gösterilmiştir.



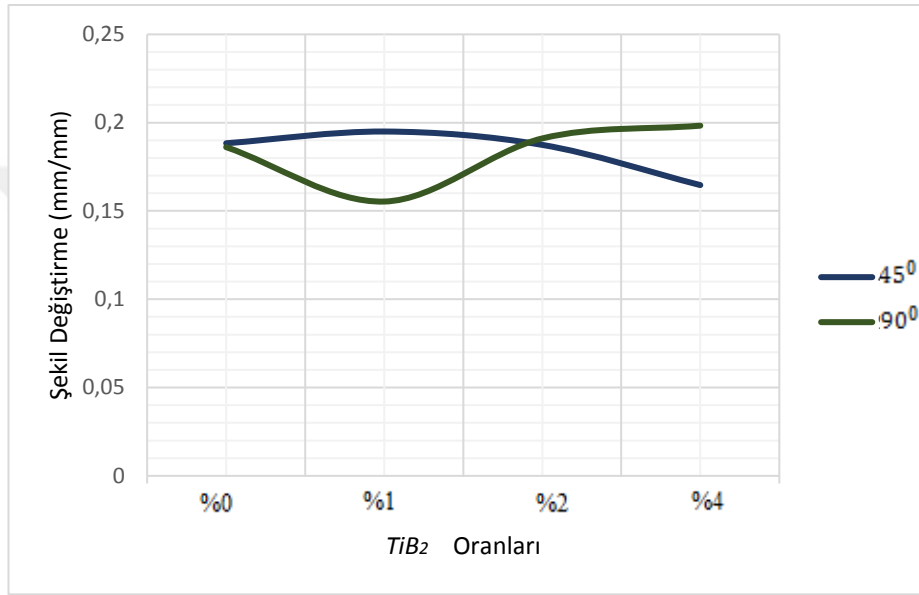
Şekil 8.8. Çekme Değerlerinin Çizgi Grafiği

Şekil 8.8.'deki grafik incelendiğinde 45° açısına sahip numunelerde ağırlıkça TiB_2 oranına göre en yüksek çekme değerleri %0 numunelerinde olduğu görülmektedir. 90° açısına sahip numunelerinde ise aynı şekilde %0 numunelerinde olduğu görülmektedir. 90° kevların çekme değerleri 45° kevlara göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 8.9. Kopma Değerlerinin Çizgi Grafiği

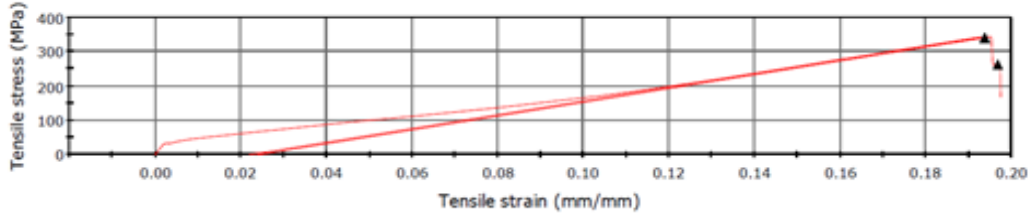
Şekil 8.9'daki grafik incelendiğinde kopma değerlerinde en yüksek gerilme kevlar 45^0 ve 90^0 açiya sahip numunelerde ağırlıkça %0 TiB_2 oranına sahip numunelerde olduğu görülmektedir. 90^0 Kevların kopma değerleri 45^0 kevlarlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ağırlıkça TiB_2 oranı arttıkça kevlar 90^0 kopma değerleri artarken, Kevlar 45^0 'de sabit bir azalma olduğu görülmektedir. Kevlar 90^0 'da ağırlıkça %1 TiB_2 azalma olup kendi grubunda en düşük kopma değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 8.10. Şekil Değiştirme Çizgi Grafiği

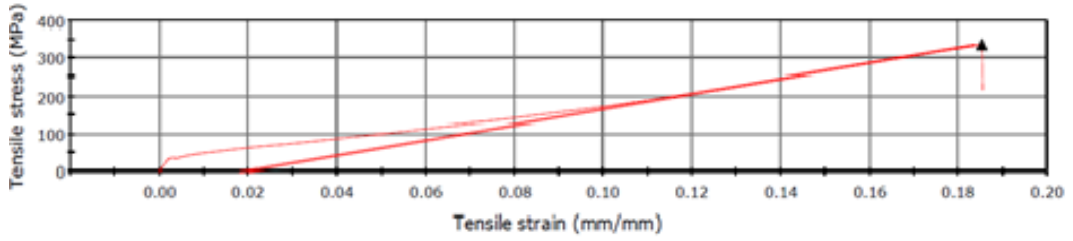
Şekil 8.10.'deki grafikler incelendiğinde 45^0 açiya sahip numunelerde ağırlıkça TiB_2 oranına göre en yüksek şekil değiştirme %1 numunelerinde olduğu görülmektedir. 90^0 Açiya sahip numunelerinde ise %4 numunelerinde olduğu görülmektedir. 90^0 Kevların şekil değiştirme 45^0 kevlarlara göre ortalama olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Ağırlıkça TiB_2 oranı arttığında şekil değiştirme 45^0 kompozitler de azaldığını, 90^0 kompozitlerinde ise değerlerin arttığı görülmektedir. En büyük şekil değişimi 90^0 kompozitlerinde olan %4 TiB_2 değerlerinde olduğu görülmektedir.

Çekme Testi Grafikleri;



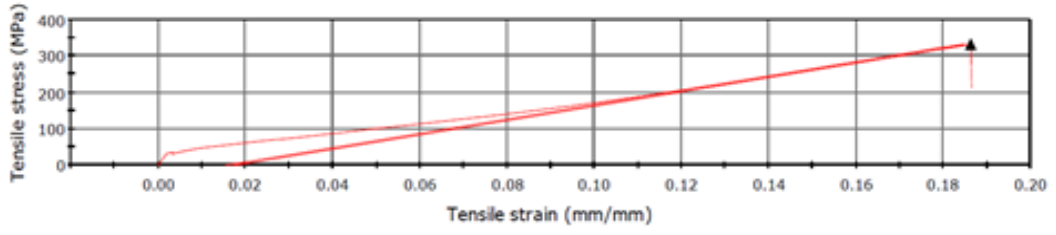
Şekil 8.11. KT0 Numune 1 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.11'deki grafiğinin çekme değeri 340,05402 MPa, kopma değeri 262,84830 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1936967 mm/mm 'dir.



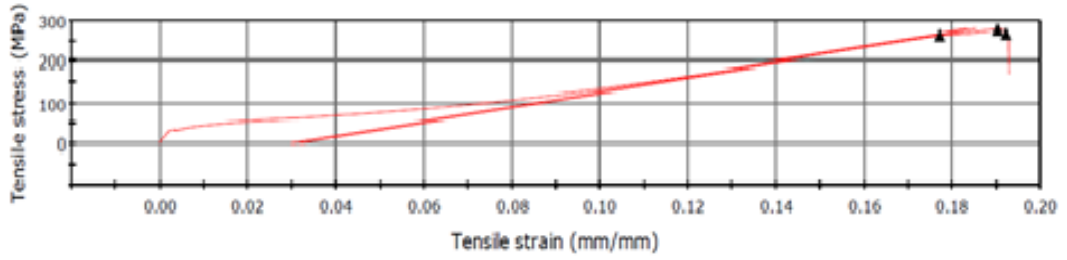
Şekil 8.12. KT0 Numune 2 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.12'deki grafiğinin çekme değeri 337,26376 MPa, kopma değeri 337,26376 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1851574 mm/mm 'dir.



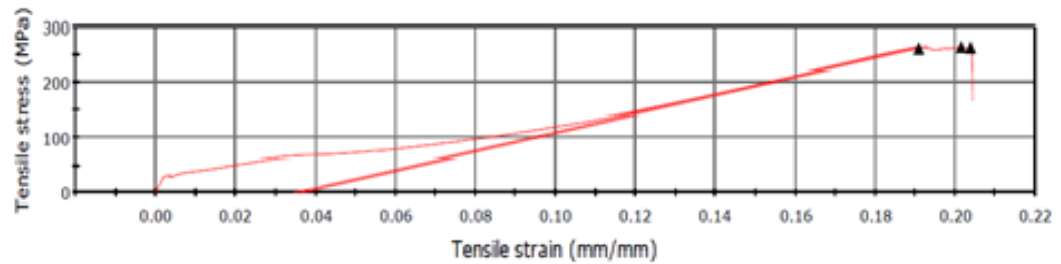
Şekil 8.13. KT0 Numune 3 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.13'deki grafiğinin çekme değeri 331,95972 MPa, kopma değeri 262,84830 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1861372 mm/mm 'dir.



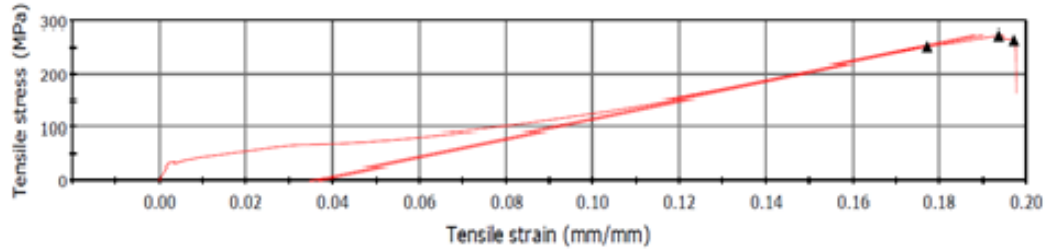
Şekil 8.14. KT1 Numune 4 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.14'deki grafiğinin çekme değeri 277,99728 MPa, kopma değeri 267,59744 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1901293 mm/mm 'dir.



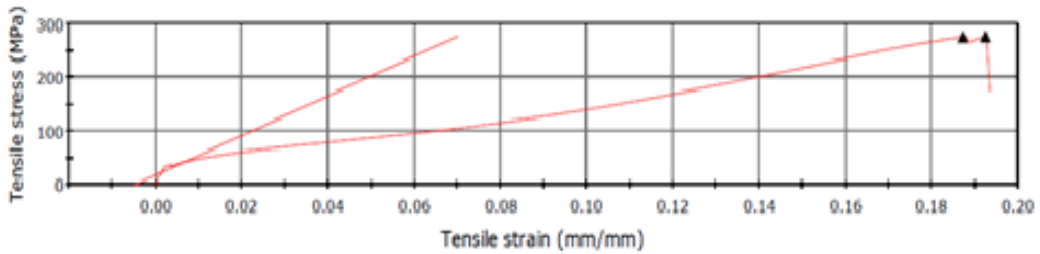
Şekil 8.15. KT1 Numune 5 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.15'deki grafiğinin çekme değeri 262,53098 MPa, kopma değeri 261,45398 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,2012856 mm/mm 'dir.



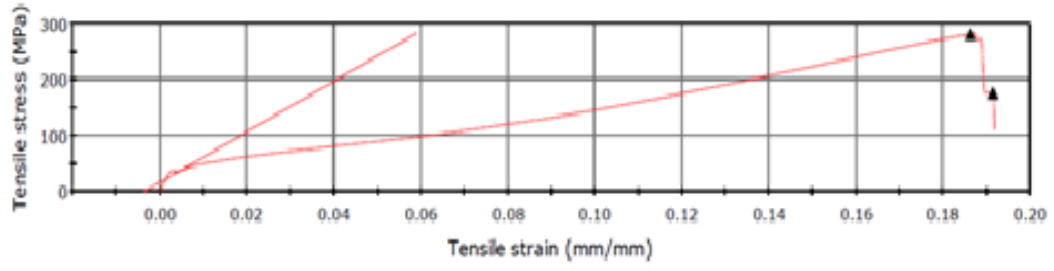
Şekil 8.16. KT1 Numune 6 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.16'daki grafiğinin çekme değeri 272,87659 MPa, kopma değeri 263,96732 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,193502 mm/mm 'dir.



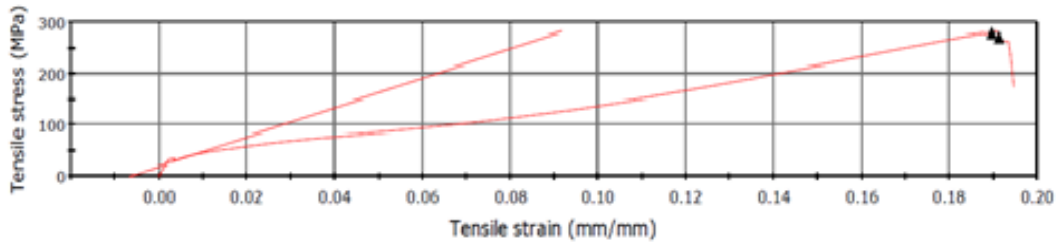
Şekil 8.17. KT2 Numune 7 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.17'deki grafiğinin çekme değeri 274,92999 MPa, kopma değeri 276,17432 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1870578 mm/mm 'dir.



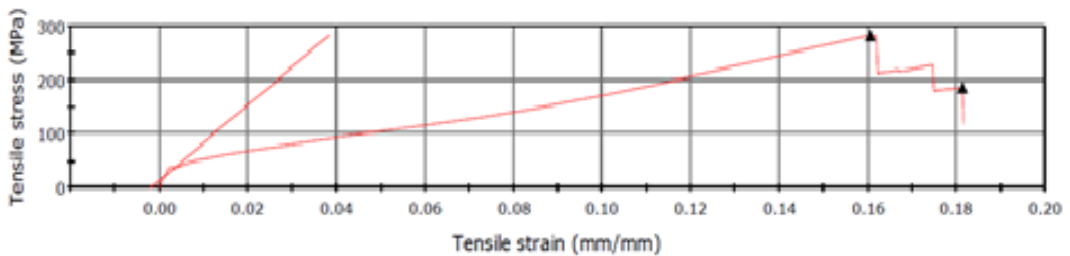
Şekil 8.18. KT2 Numune 8 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.18'deki grafiğinin çekme değeri 280,34015 MPa, kopma değeri 176,07805 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1861191 mm/mm 'dir.



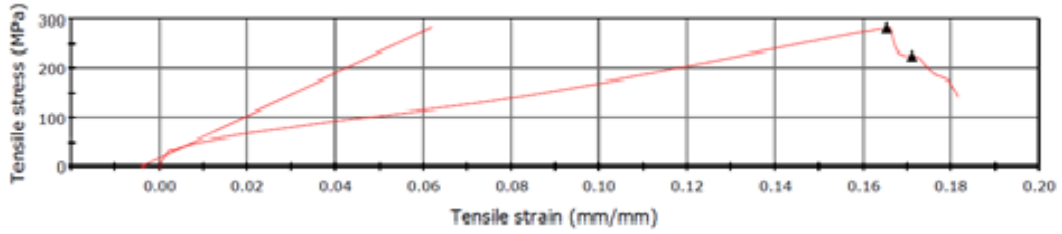
Şekil 8.19. KT2 Numune 9 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.19'deki grafiğinin çekme değeri 278,21448 MPa, kopma değeri 269,50656 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,18905048 mm/mm 'dir.



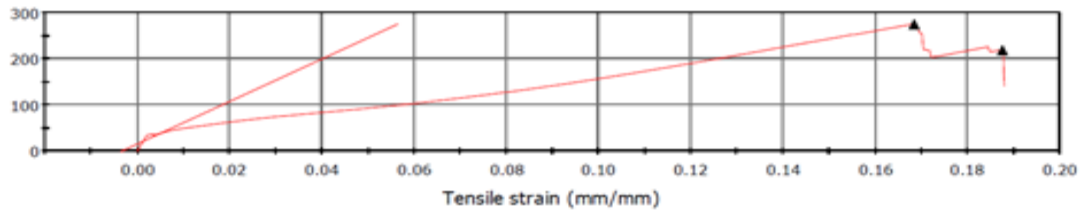
Şekil 8.20. KT4 Numune 10 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.20'deki grafiğinin çekme değeri 282,05075 MPa, kopma değeri 187,63666 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1604521 mm/mm 'dir.



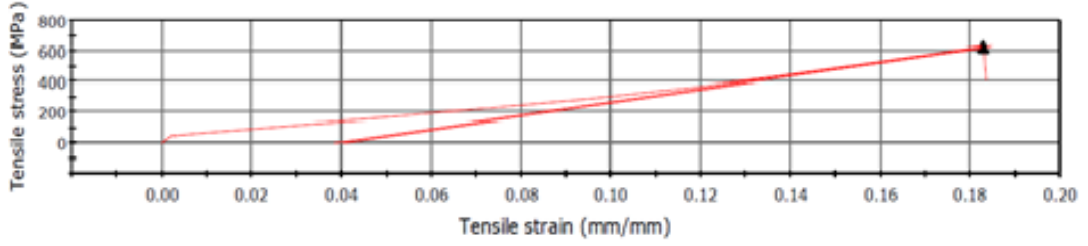
Şekil 8.21. KT4 Numune 11 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.21'deki grafiğinin çekme değeri 282,57706 MPa, kopma değeri 225,35751 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1651624 mm/mm 'dir.



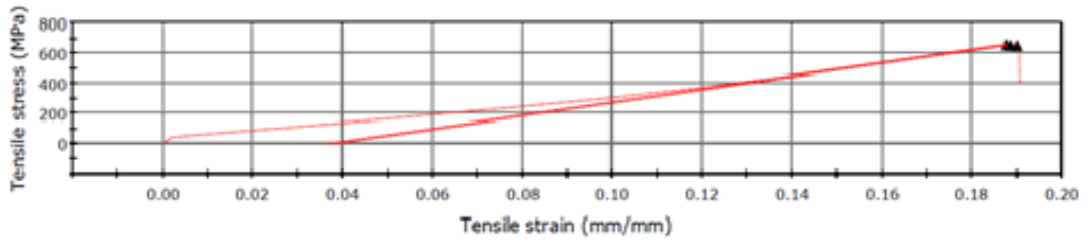
Şekil 8.22. KT4 Numune 12 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.22'deki grafiğinin çekme değeri 274,32742 MPa, kopma değeri 218,49637 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1683203 mm/mm 'dir.



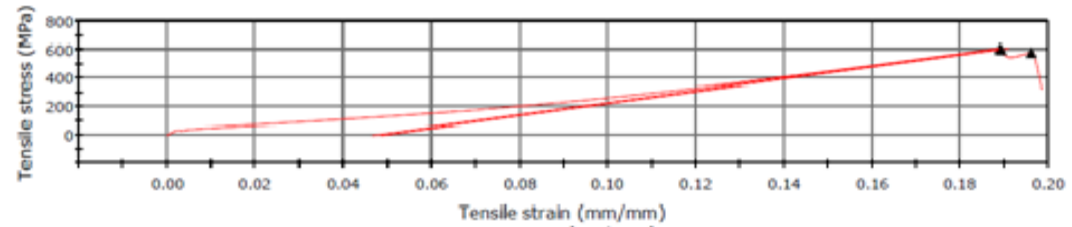
Şekil 8.23. DT0 Numune 13 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.23'deki grafiğinin çekme değeri 625,34082 MPa, kopma değeri 626.93091 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1824969 mm/mm 'dir.



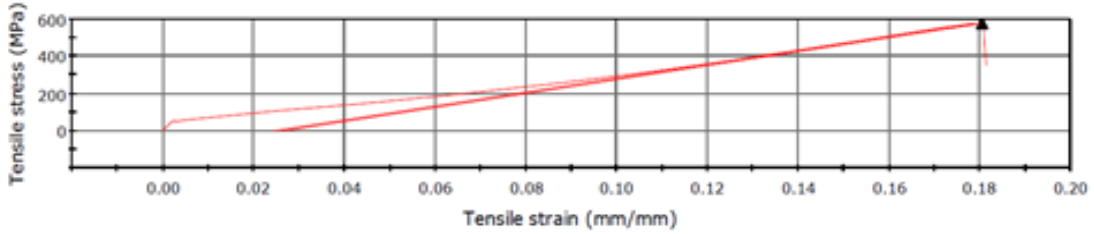
Şekil 8.24. DT0 Numune 14 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.24'deki grafiğinin çekme değeri 654,90857 MPa, kopma değeri 648,94574 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1870457 mm/mm 'dir.



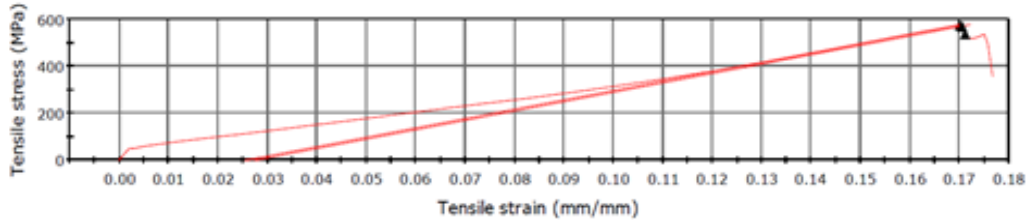
Şekil 8.25. DT0 Numune 15 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.25'deki grafiğinin çekme değeri 604,21936 MPa, kopma değeri 578,02966 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1888606 mm/mm 'dir.



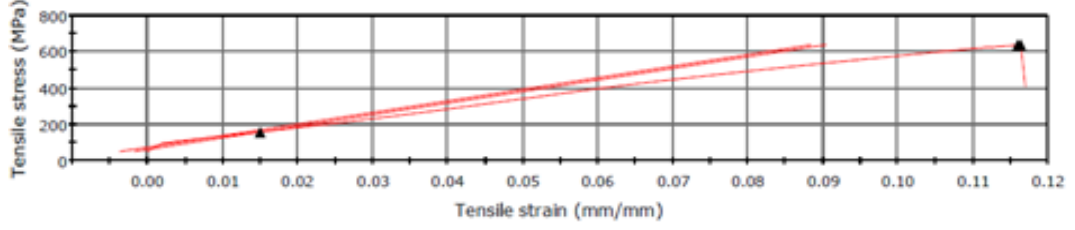
Şekil 8.26. DT1 Numune 16 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.26'daki grafiğinin çekme değeri 575,05505 MPa, kopma değeri 575,85461 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1801739 mm/mm 'dir.



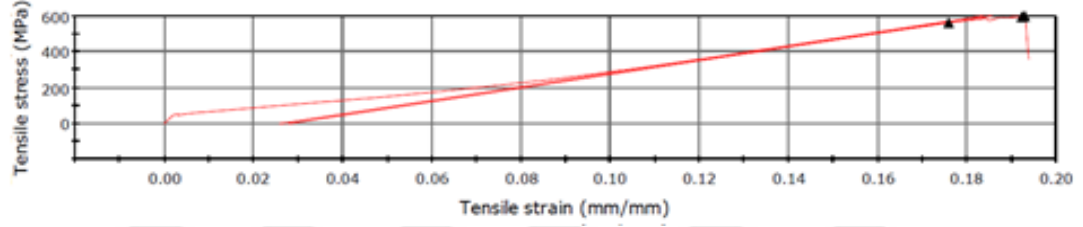
Şekil 8.27. DT1 Numune 17 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.27'deki grafiğinin çekme değeri 572,98621 MPa, kopma değeri 535,65479 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1699037 mm/mm 'dir.



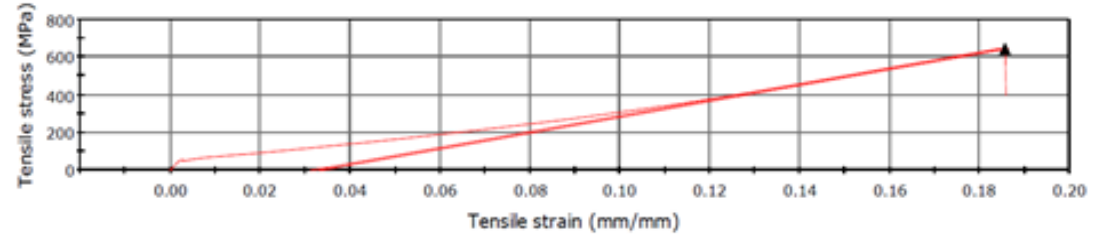
Şekil 8.28. DT1 Numune 18 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.28'deki grafiğinin çekme değeri 636,85370 MPa, kopma değeri 638,35358 Mpa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1159076 mm/mm 'dir.



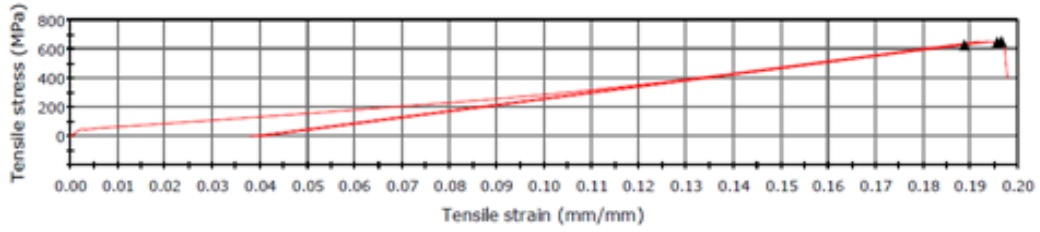
Şekil 8.29. DT2 Numune 19 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.29'daki grafiğinin çekme değeri 596,90051 MPa, kopma değeri 599,40662 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1922098 mm/mm 'dir.



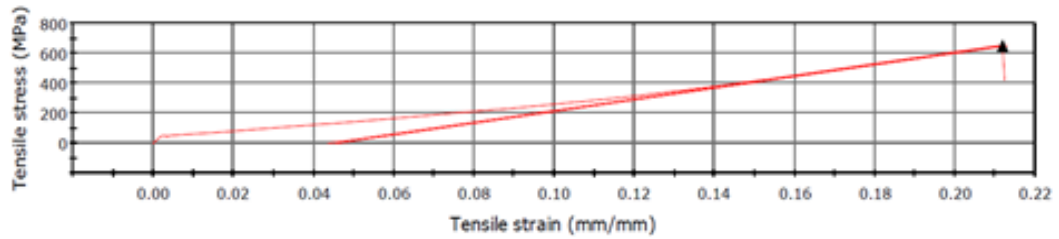
Şekil 8.30. DT2 Numune 20 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.30'daki grafiğinin çekme değeri 644,59442 MPa, kopma değeri 644,59442 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1855104 mm/mm 'dir.



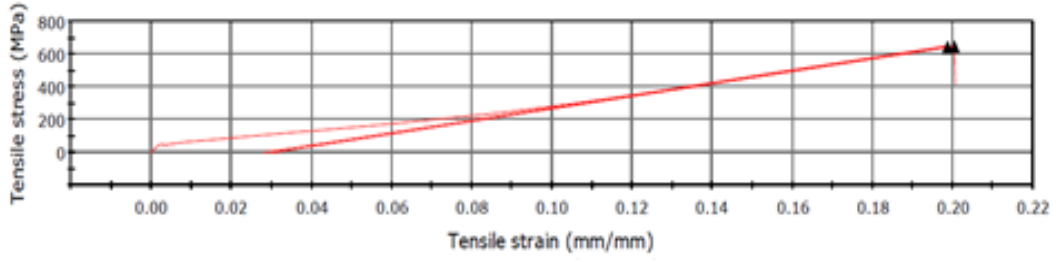
Şekil 8.31. DT2 Numune 21 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.31'deki grafiğinin çekme değeri 643,91547 MPa, kopma değeri 648,41888 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1954944 mm/mm 'dir.



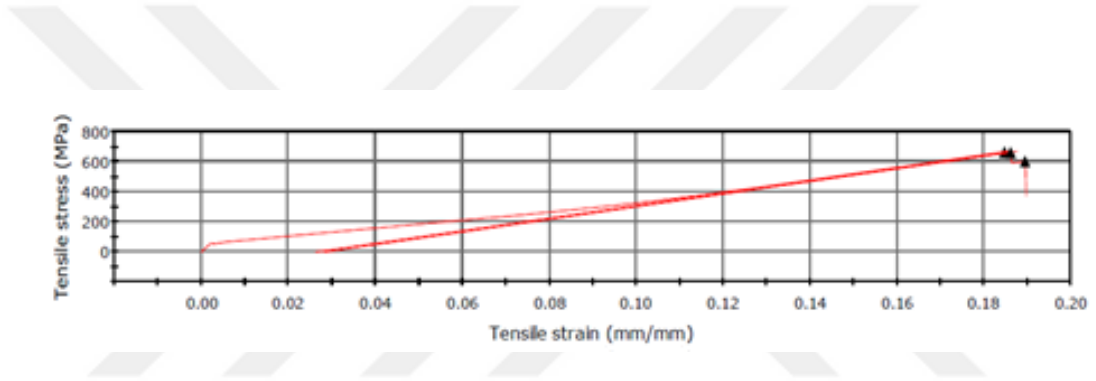
Şekil 8.32. DT4 Numune 22 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.32'deki grafiğinin çekme değeri 647,25854 MPa, kopma değeri 647,25854 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,2117289 mm/mm 'dir.



Şekil 8.33. DT4 Numune 23 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.33'deki grafiğinin çekme değeri 640,27911 MPa, kopma değeri 645,14514 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1985545 mm/mm 'dir.



Şekil 8.34. DT4 Numune 24 Çekme, Kopma ve Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.34'deki grafiğinin çekme değeri 659,18414 MPa, kopma değeri 598,72168 MPa, şekil değiştirme büyüklüğü 0,1846246 mm/mm 'dir.

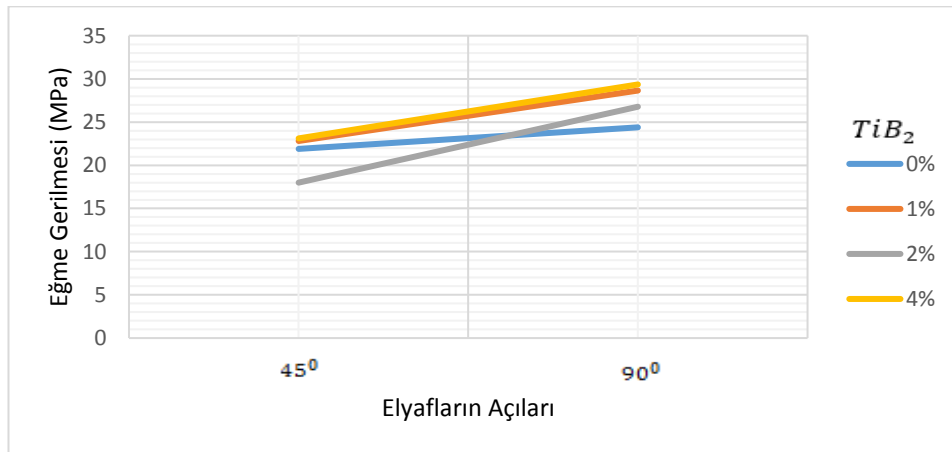
8.5. Eğme Testi Sonuçları

Bu deneyde üretilen kompozitlerin maksimum eğme gerilmesiyle şekil değiştirmeleri incelenmiştir. Eğme deneyi eğilme gerilmeleri Çizelge 8.4.'de verilmiştir.

Çizelge 8.4. Eğme Testi Maksimum Eğilme Gerilmeleri

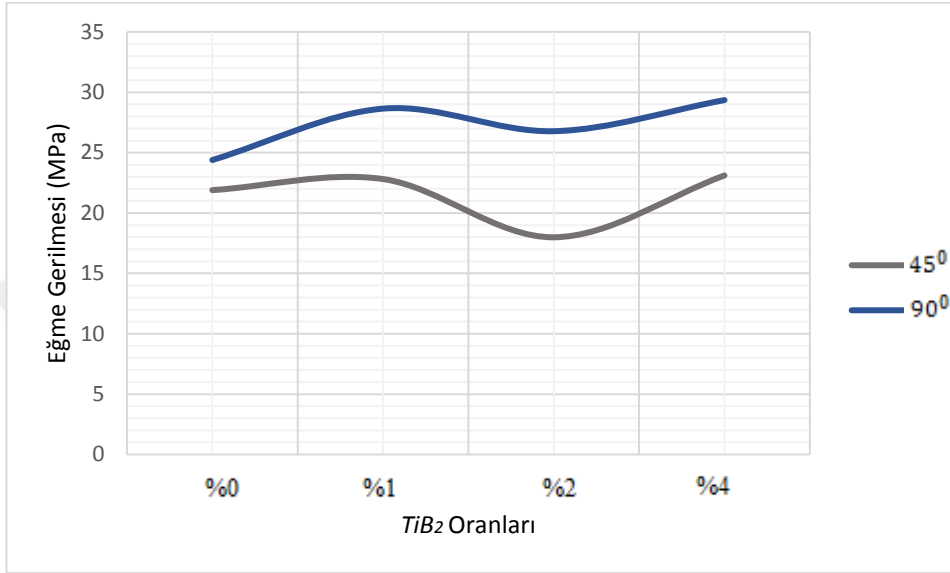
Açı	TiB_2	Eğme Gerilmesi (MPa)			
45°	%0	17,17631	18,42615	26,58620	25,39653
	%1	23,86830	24,26707	22,76354	20,35318
	%2	16,59576	17,94068	18,74874	18,67896
	%4	22,30297	24,01212	23,94037	27,33876
90°	%0	13,87517	31,59608	25,09987	26,99344
	%1	29,91425	24,85269	20,93695	38,89280
	%2	21,40237	28,46624	27,34189	29,90230
	%4	25,1919	39,7042	23,1151	29,4082

Eğme deneyi sonuçlarının maksimum gerilme grafikleri takviye malzemesi olarak elyaf ve dolgu malzemesi olarak TiB_2 'ün üretilen kompozitlere etkilerini Şekil 8.35.'de verilmiştir. Şekil 8.36.'da Elyafların açılara göre etkilerini gösteren eğme gerilmesi grafiğinde etki elemanların ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Numuneleri tek tek gösteren maksimum eğme gerilmesi ve şekil değiştirme grafikleri grafikler başlığı altında gösterilmiştir.



Şekil 8.35. TiB_2 Oranlarına Göre Maksimum Eğme Gerilme Grafiği

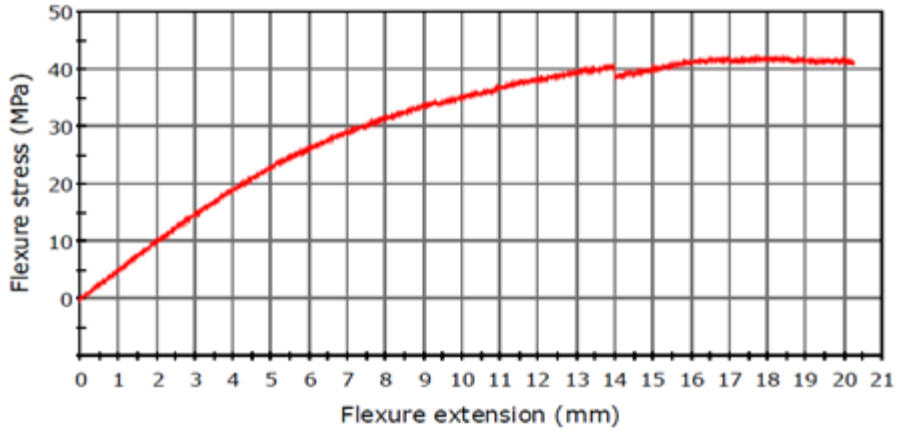
Şekil 8.35.'deki grafiği incelendiğinde maksimum eğme gerilmeleri en yüksek değerleri TiB_2 %1 ve %4 'de olduğu görülmektedir. En düşük maksimum gerilme ise TiB_2 'ün %2 olduğu numunelerde görülmektedir. Genel olarak bakıldığında TiB_2 oranındaki artışlar maksimum eğme gerilmelerini arttırmakta olduğu görülmektedir.



Şekil 8.36. Açılara Göre Maksimum Eğme Gerilme Grafiği

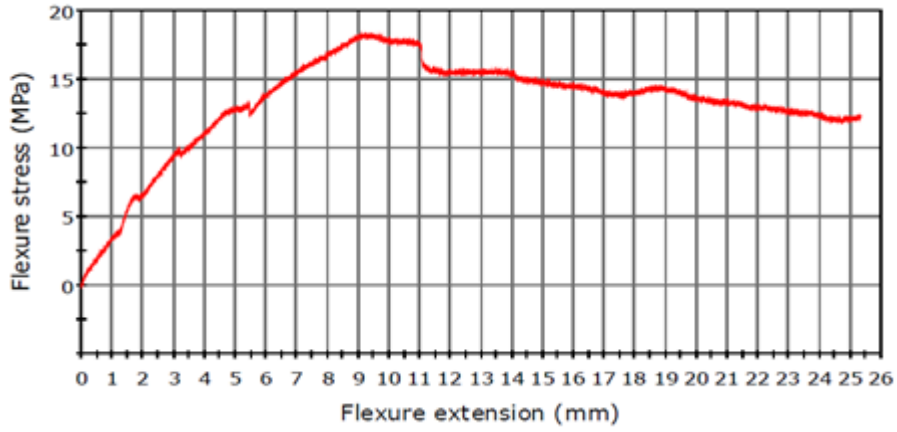
Şekil 8.36.'daki grafiğinde TiB_2 oranlarındaki artışlar 45° numunelerin 90° numunelere göre maksimum gerilmelerinde genelde daha az bir artış olduğu görülmektedir. En yüksek maksimum gerilmeler 90° numunelerinde görülmektedir.

Eğme Testi Grafikleri;



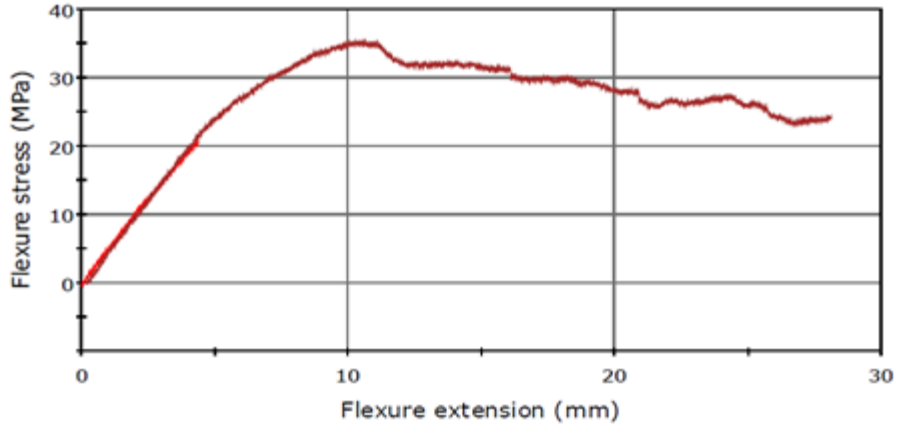
Şekil 8.37. KT0 Numune 1 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.37.'deki grafiğinin eğme gerilmesi 42,07533 MPa'dır.



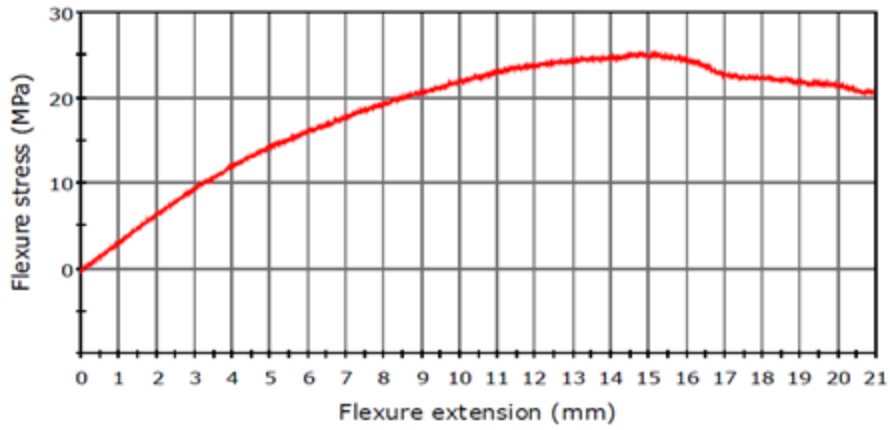
Şekil 8.38. KT0 Numune 2 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.38.'deki grafiğinin eğme gerilmesi 18,42615 MPa'dır.



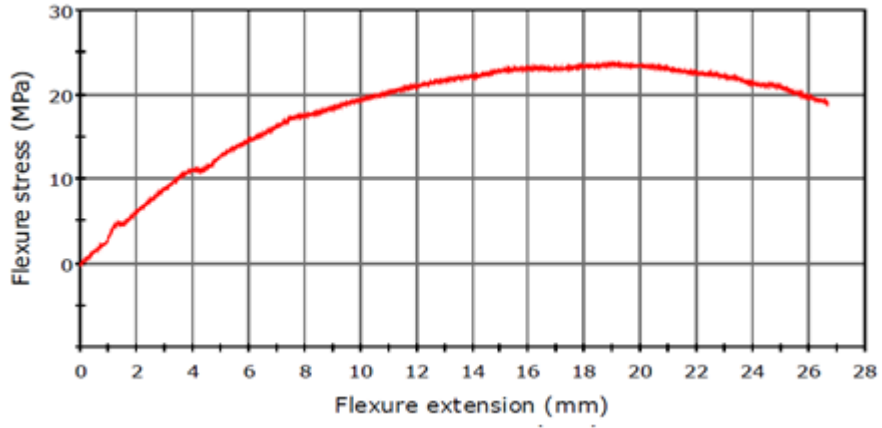
Şekil 8.39. KT0 Numune 3 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.39.'daki grafiğinin eğme gerilmesi 26,58620 MPa'dır.



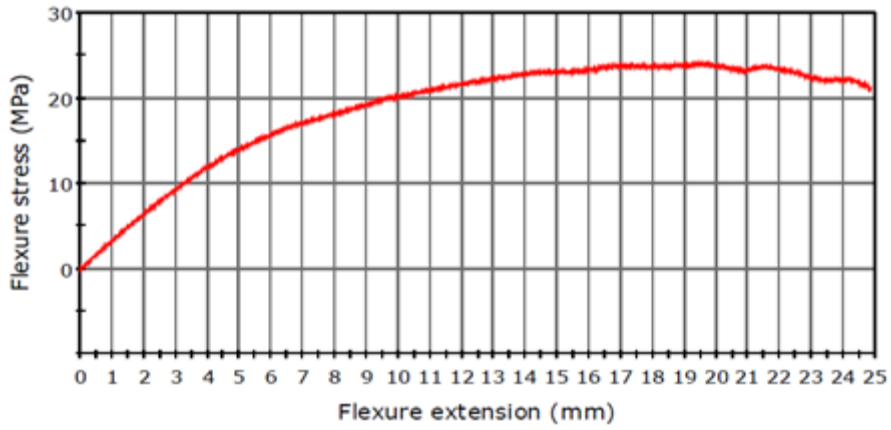
Şekil 8.40. KT0 Numune 4 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.40.'daki grafiğinin eğme gerilmesi 25,39653 MPa'dır.



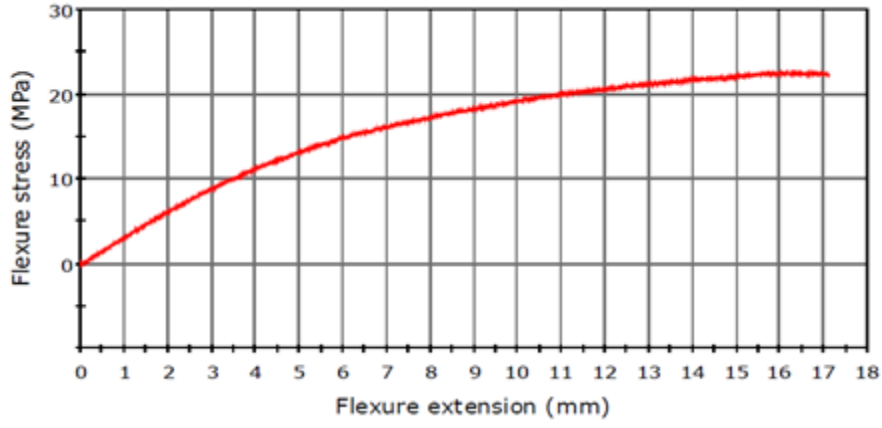
Şekil 8.41. KT1 Numune 5 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.41.'deki grafiğinin eğme gerilmesi 23,86830 MPa'dır.



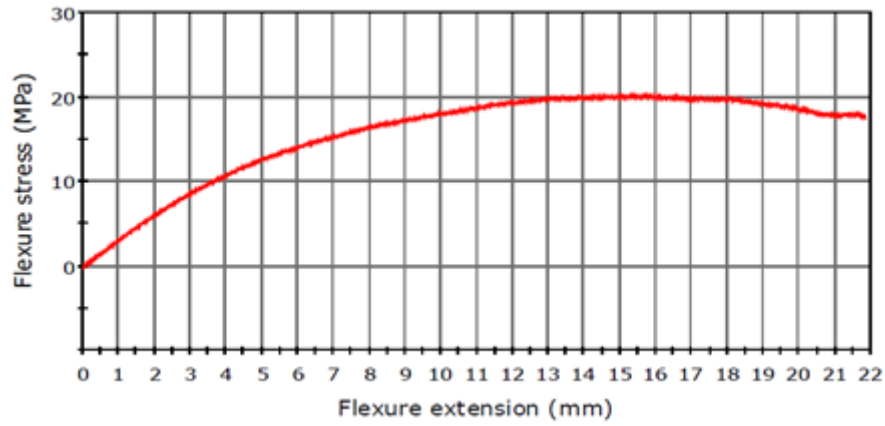
Şekil 8.42. KT1 Numune 6 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.42'deki grafiğinin eğme gerilmesi 24,26707 MPa'dır.



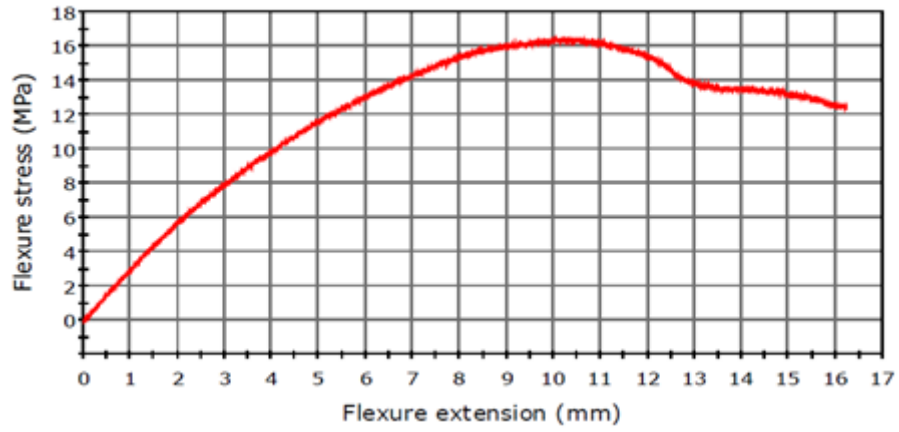
Şekil 8.43. KT1 Numune 7 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.43'deki grafiğinin eğme gerilmesi 22,76354 MPa'dır.



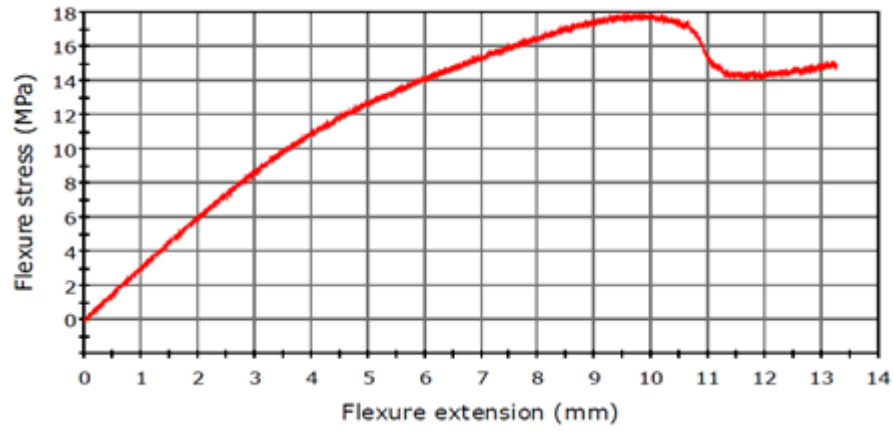
Şekil 8.44. KT1 Numune 8 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.44'deki grafiğinin eğme gerilmesi 20,35318 MPa'dır.



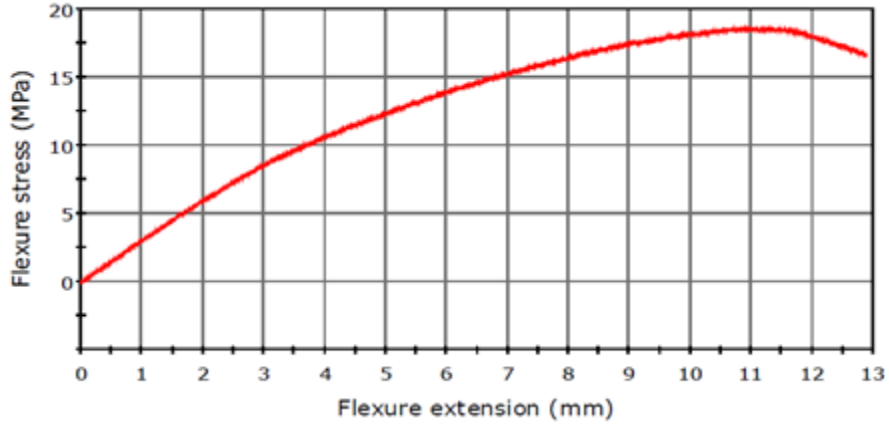
Şekil 8.45. KT2 Numune 9 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.45'deki grafiğinin eğme gerilmesi 16,59576 MPa'dır.



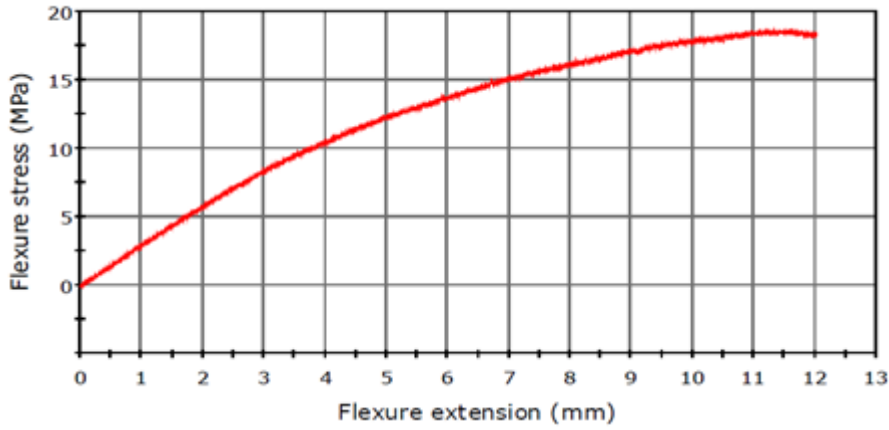
Şekil 8.46. KT2 Numune 10 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.46'daki grafiğinin eğme gerilmesi 17,94068 MPa'dır.



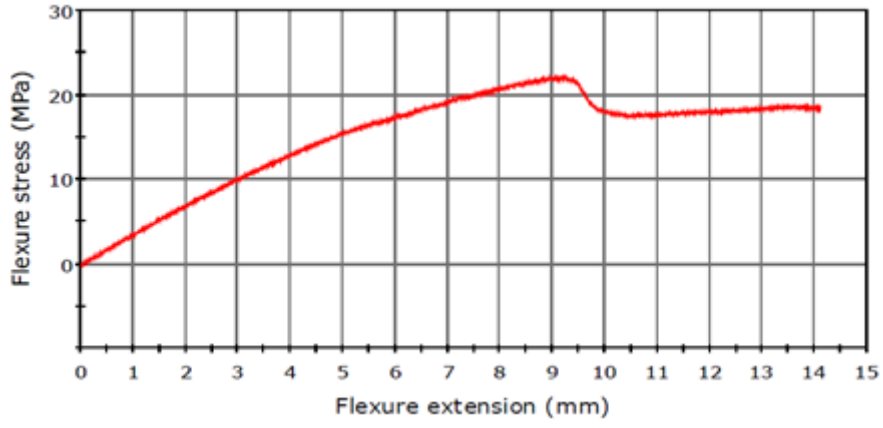
Şekil 8.47. KT2 Numune 11 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.47'deki grafiğinin eğme gerilmesi 18,74874 MPa'dır.



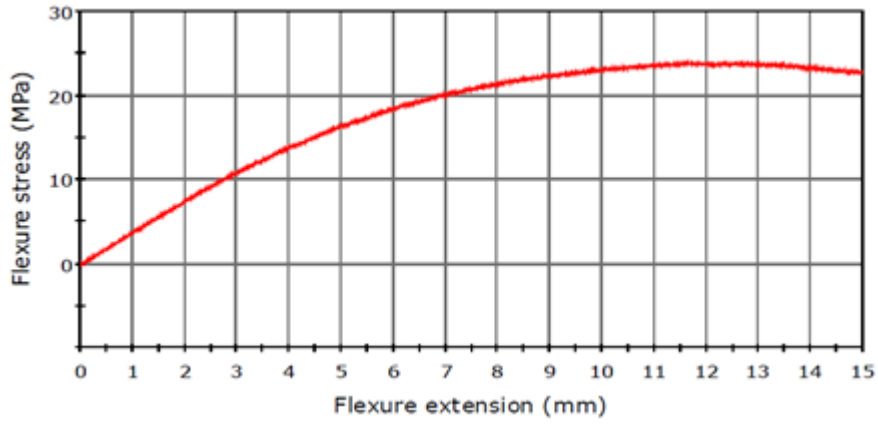
Şekil 8.48. KT2 Numune 12 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.48.'deki grafiğinin eğme gerilmesi 18,67896 MPa'dır.



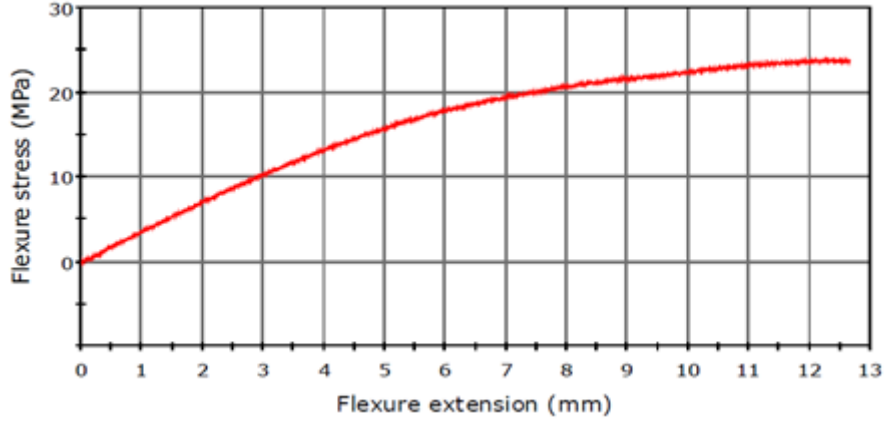
Şekil 8.49. KT4 Numune 13 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.49'daki grafiğinin eğme gerilmesi 22,30297 MPa'dır.



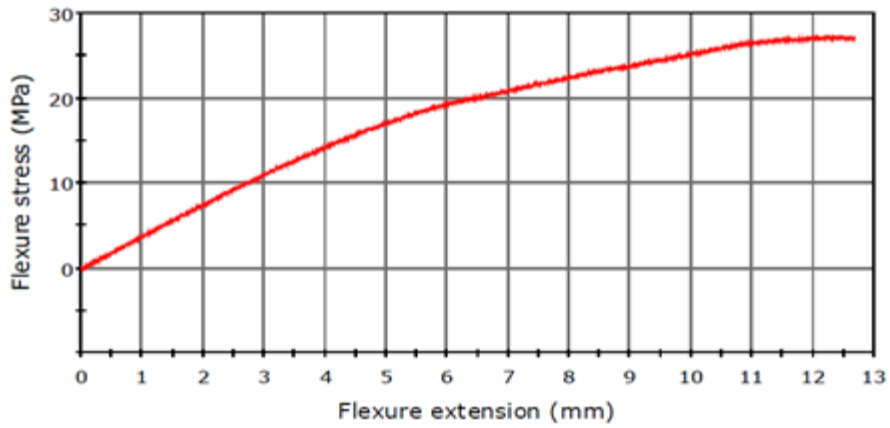
Şekil 8.50. KT4 Numune 14 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.50'deki grafiğinin eğme gerilmesi 24,01212 MPa'dır.



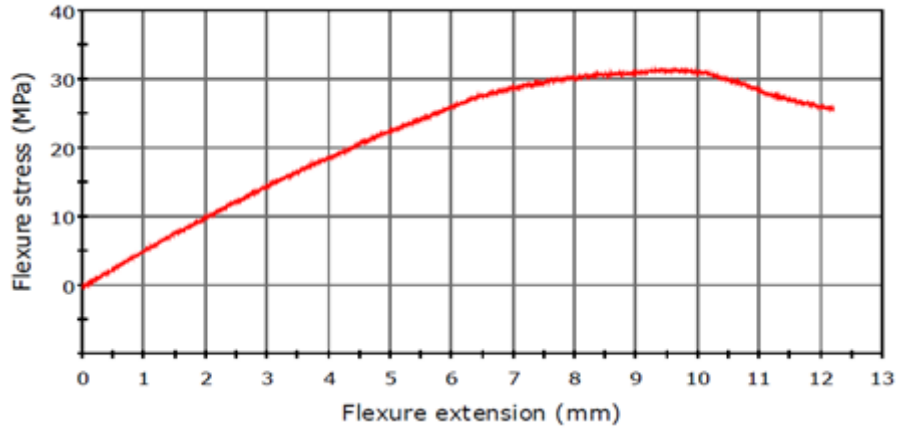
Şekil 8.51. KT4 Numune 15 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.51'deki grafiğinin eğme gerilmesi 23,94037 MPa'dır.



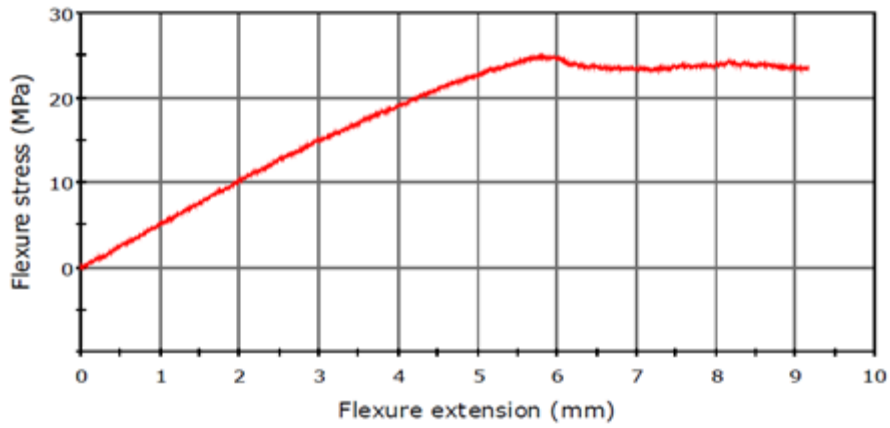
Şekil 8.52. KT4 Numune 16 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.52.'deki grafiğinin eğme gerilmesi 27,33876 MPa'dır.



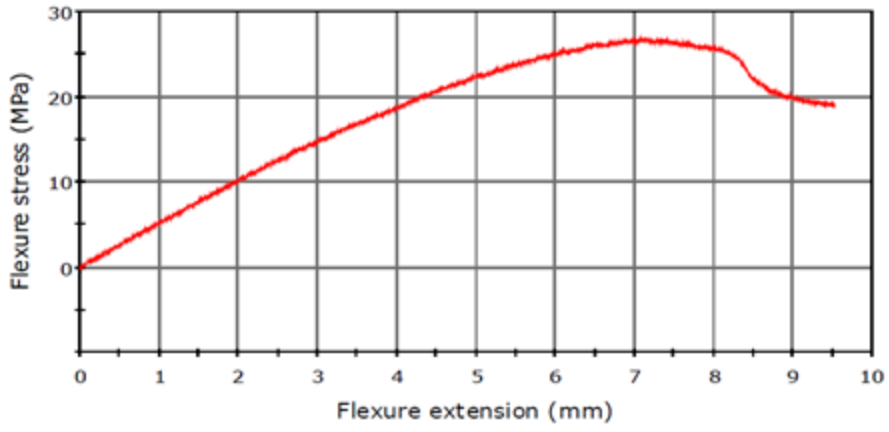
Şekil 8.53. DT0 Numune 17 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.53'deki grafiğinin eğme gerilmesi 31,59608 MPa'dır.



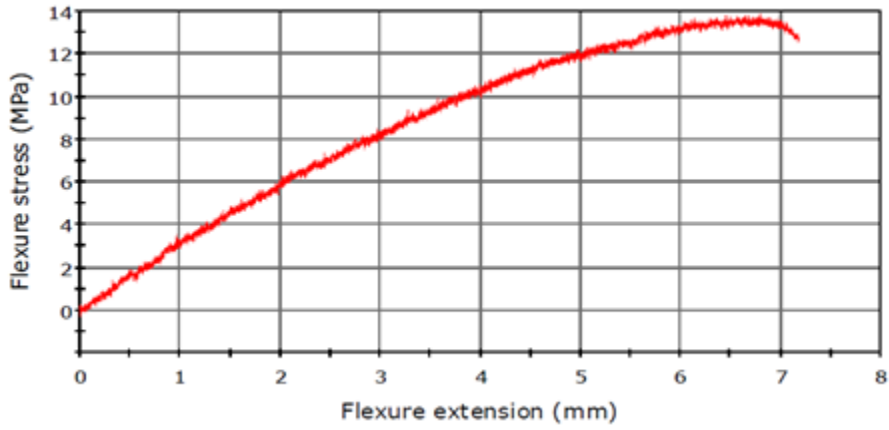
Şekil 8.54. DT0 Numune 18 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.54.'deki grafiğinin eğme gerilmesi 25,09987 MPa'dır.



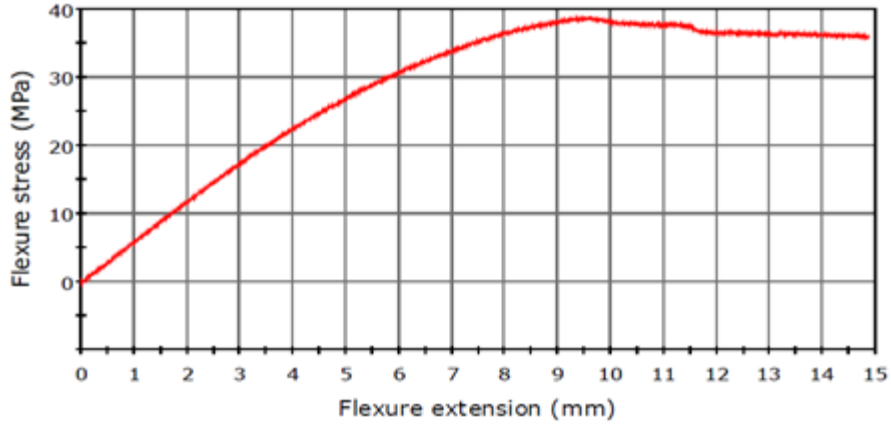
Şekil 8.55. DT0 Numune 19 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.55'deki grafiğinin eğme gerilmesi 26,99344 MPa'dır.



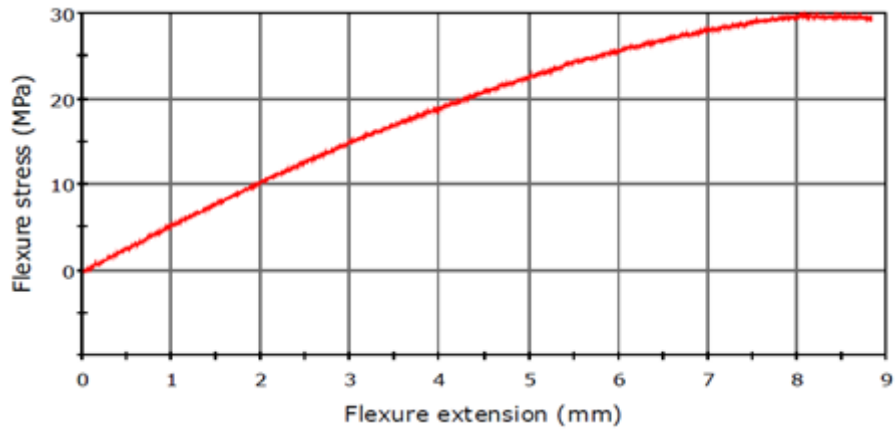
Şekil 8.56. DT0 Numune 20 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.56'deki grafiğinin eğme gerilmesi 13,87517 MPa'dır.



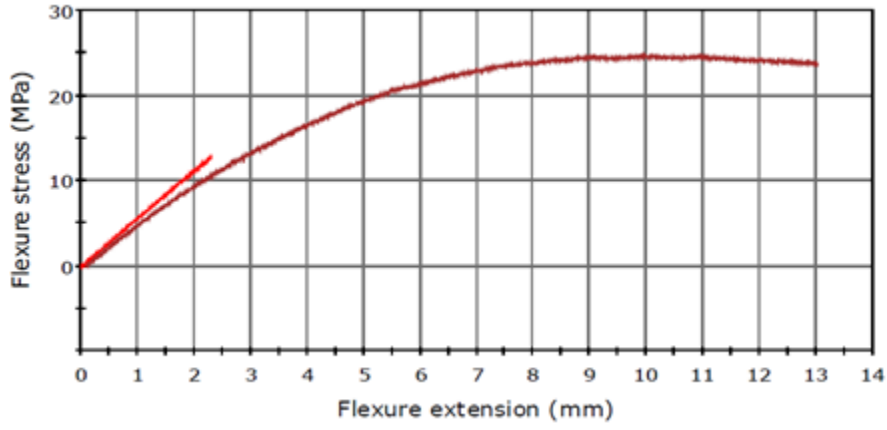
Şekil 8.57. DT1 Numune 21 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.57'deki grafiğinin eğme gerilmesi 38,89280 MPa'dır.



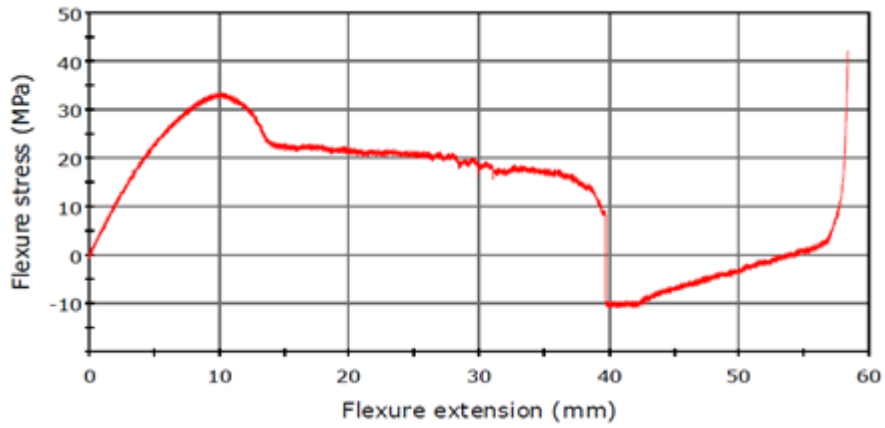
Şekil 8.58. DT1 Numune 22 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.58'deki grafiğinin eğme gerilmesi 29,91425 MPa'dır.



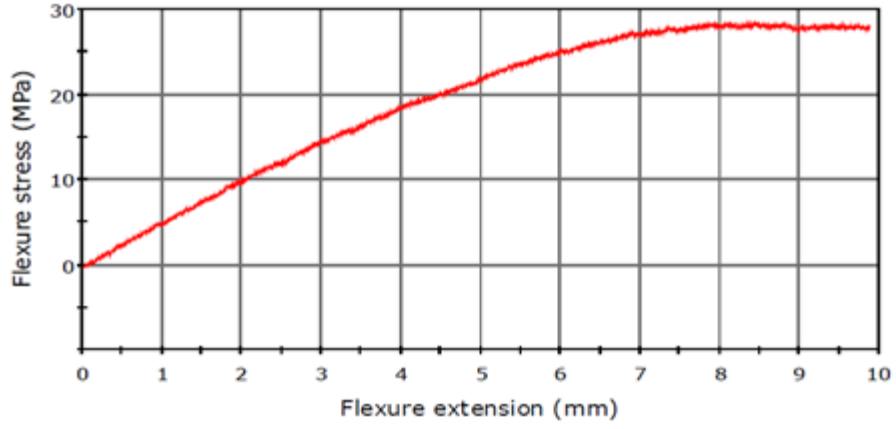
Şekil 8.59. DT1 Numune 23 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.59'daki grafiğinin eğme gerilmesi 24,85269 MPa'dır.



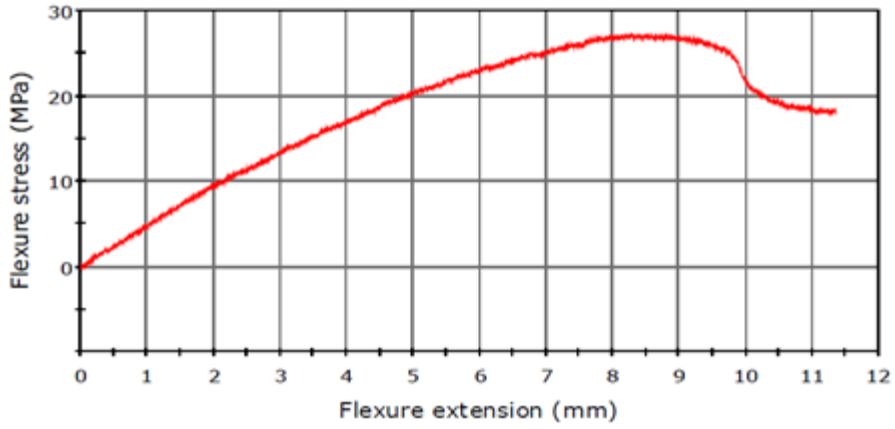
Şekil 8.60. DT1 Numune 24 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.60.'daki grafiğinin eğme gerilmesi 20,93695 MPa'dır.



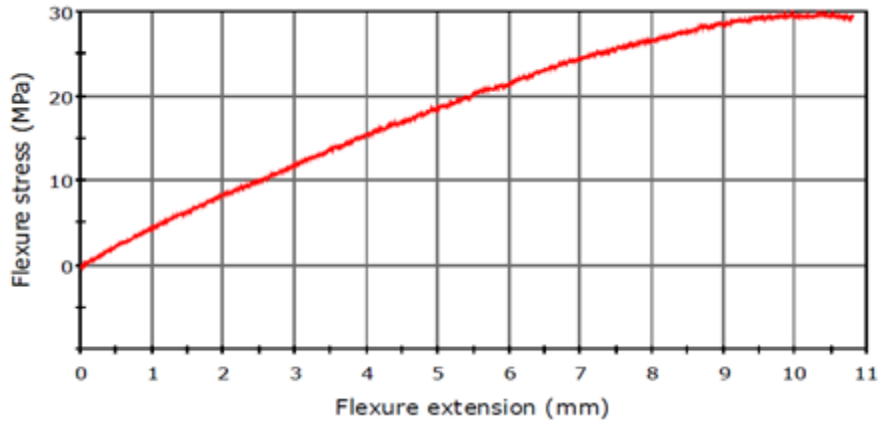
Şekil 8.61. DT2 Numune 25 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.61'deki grafiğinin eğme gerilmesi 28,46624 MPa'dır.



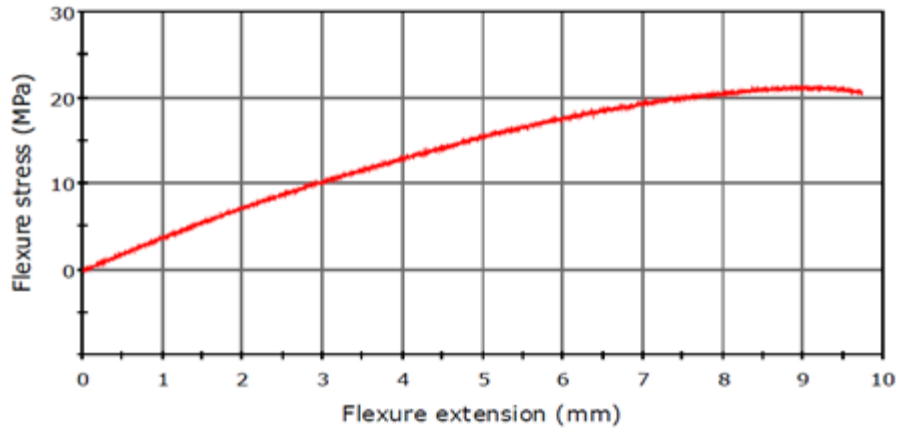
Şekil 8.62. DT2 Numune 26 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.62'deki grafiğinin eğme gerilmesi 27,34189 MPa'dır.



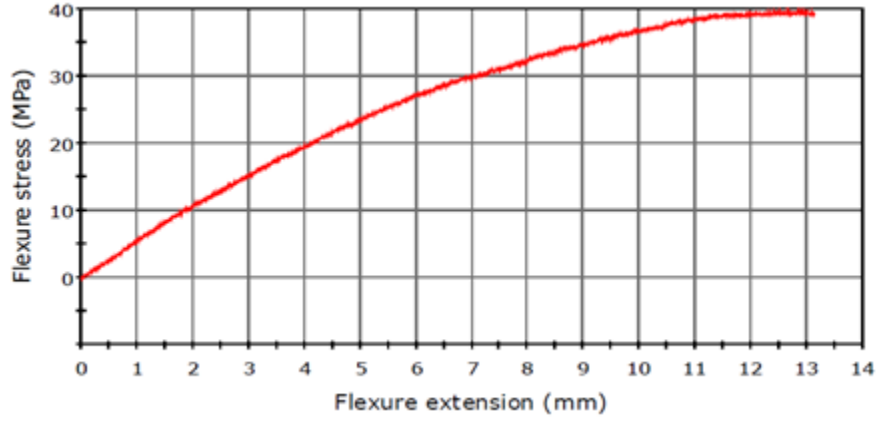
Şekil 8.63. DT2 Numune 27 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.63'deki grafiğinin eğme gerilmesi 29,90230 MPa'dır.



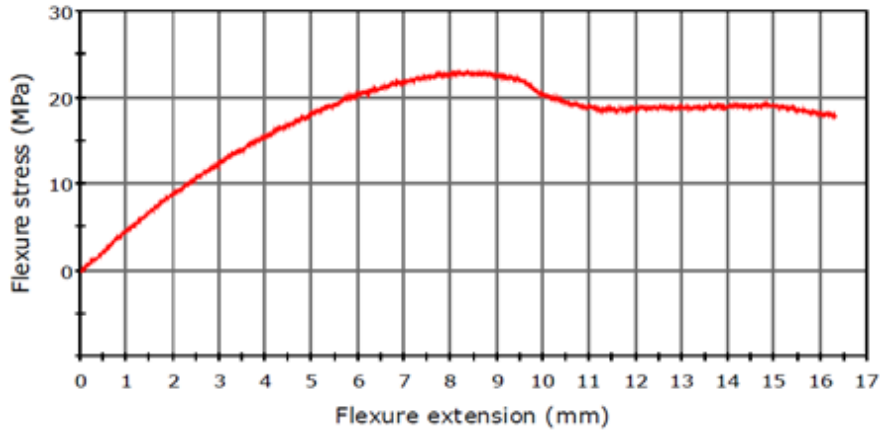
Şekil 8.64. DT2 Numune 28 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.64'deki grafiğinin eğme gerilmesi 21,40237 MPa'dır.



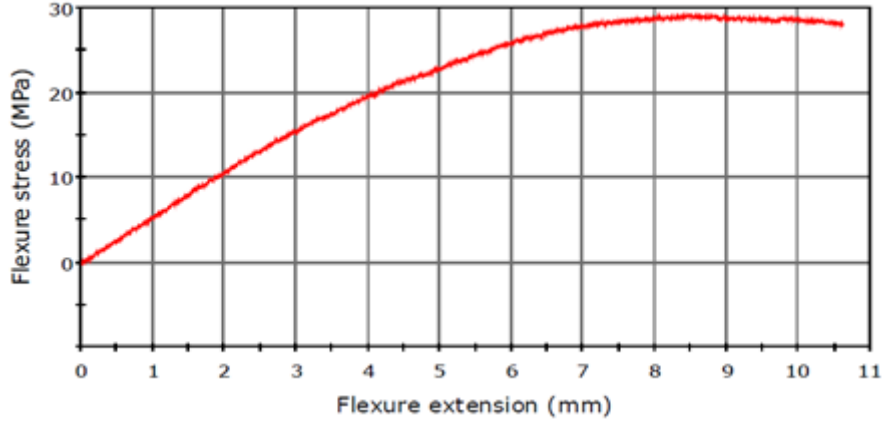
Şekil 8.65. DT4 Numune 29 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.65'deki grafiğinin eğme gerilmesi 39,70415 MPa'dır.



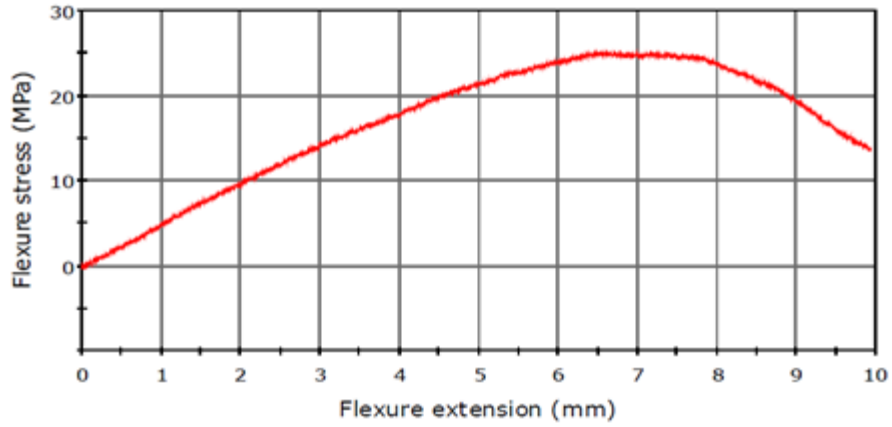
Şekil 8.66. DT4 Numune 30 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.66'deki grafiğinin eğme gerilmesi 23,11514 MPa'dır.



Şekil 8.67. DT4 Numune 31 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.67'deki grafiğinin eğme gerilmesi 29,40819 MPa'dır.



Şekil 8.68. DT4 Numune 32 Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 8.68'deki grafiğinin eğme gerilmesi 25,19193 MPa'dır.

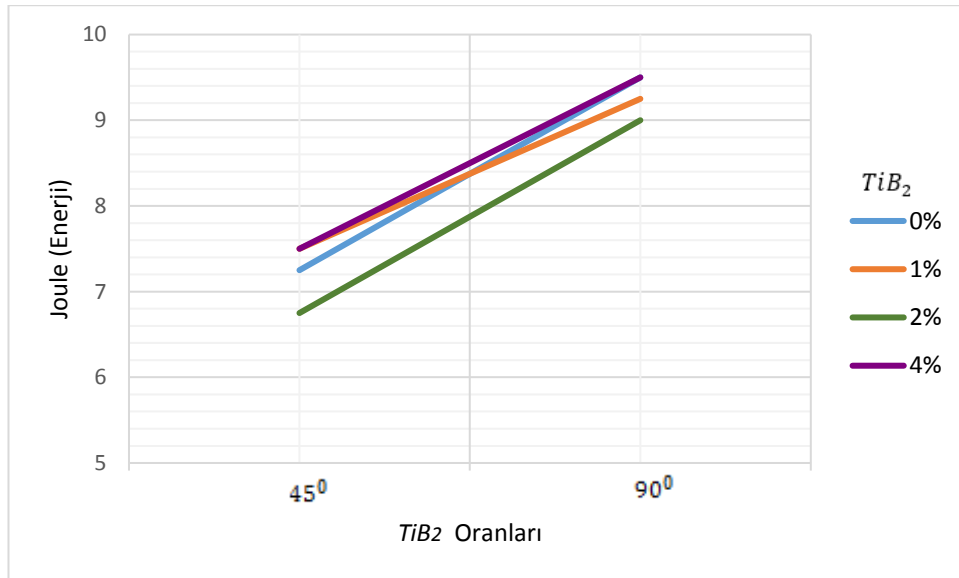
8.6. Darbe Testi Sonuçları

Bu deneyde, takviye ve dolgu oranlarına göre gruplandırılan numunelere yapılan darbe deneyi sonuçları Çizelge 8.5.'de verilmiştir.

Çizelge 8.5. Darbe Testi Sonuçları

Açı	45 ⁰				90 ⁰			
TiB_2	Joule				Joule			
%0	6	8	8	7	10	10	10	8
%1	8	7	7	8	10	10	10	7
%2	7	8	6	6	9	10	9	8
%4	7	8	8	7	10	10	10	8

Darbe testi sonuçlar grafiği TiB_2 oranlarına göre 45⁰ ve 90⁰ açılara göre durumları Şekil 8.69.'da gösterilmiştir.



Şekil 8.69. Takviye ve Dolgu Oranlarına Göre Belirlenen Darbe Testi Grafiği

Şekil 8.69'daki grafiği incelendiğinde dolgu oranları artıkça hem 45^0 hemde 90^0 olanlarda enerji emilimlerinde genel bir artış olduğu görülmektedir. En yüksek enerji sönümlemesi 90^0 %4 TiB_2 'de görülürken, en düşük enerji sönümlemesi ise 45^0 %2 olanlarda görülmektedir.

8.7. Balistik Testi Sonuçları

Kırıkkale MKE silah fabrikasında yapılan, 8 kat aramid plakaya 9 mm mermi kullanılarak Canik Tabancayla yapılan atışlar neticesinde elde edilen mermi hızı ve değerleri Çizelge 8.6'da verilmiştir. Balistik deney öncesi numunelerin en, boy, kalınlık ve ağırlık incelenip Çizelge 8.7'de verilmiştir.

Çizelge 8.6. Aramid Plakalara Yapılan Atış Test Sonuçları

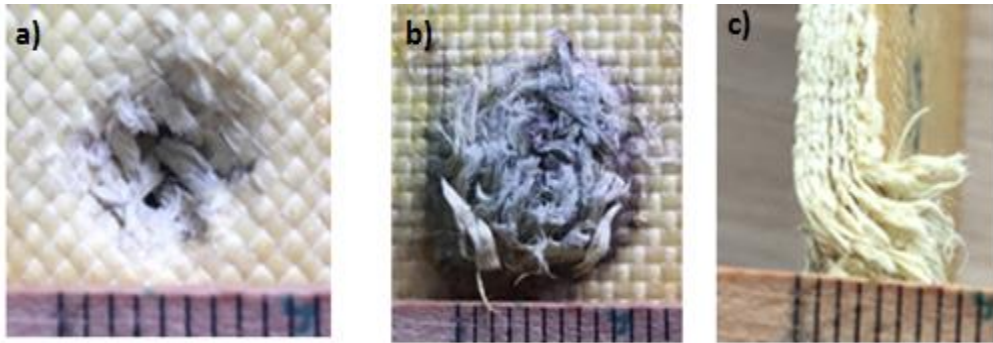
Numune	V_0 (m/s)	MGÇ (mm)	MÇÇ (mm)	NY Y (mm)	Değerlendirme
45^0 %0 J	353	8	11	8	Delinme Var
45^0 %1 J	356	7	10	7	Delinme Var
45^0 %2 J	355	7	10	6	Delinme Var
45^0 %4 J	354	7	12	7	Delinme Var
90^0 %0 J	356	8	10	5	Delinme Var
90^0 %1 J	356	8	-	6	Delinme Yok
90^0 %2 J	356	8	-	8	Delinme Yok
90^0 %4 J	356	8	10	6	Delinme Var
45^0 %0 S	355	8	10	5	Delinme Var
45^0 %1 S	357	7	15	9	Delinme Var
45^0 %2 S	354	7	9	6	Delinme Var
45^0 %4 S	354	7	12	6	Delinme Var
90^0 %0 S	353	8	10	6	Delinme Var
90^0 %1 S	356	9	13	8	Delinme Var
90^0 %2 S	357	9	12	12	Delinme Var

(Numune arkasına konulan malzemeler,” J: Balistik Jel”,” S: Seramik Köpük”)

Çizelge 8.7.Numunelerin En, Boy, Kalınlık ve Ağırlıkları

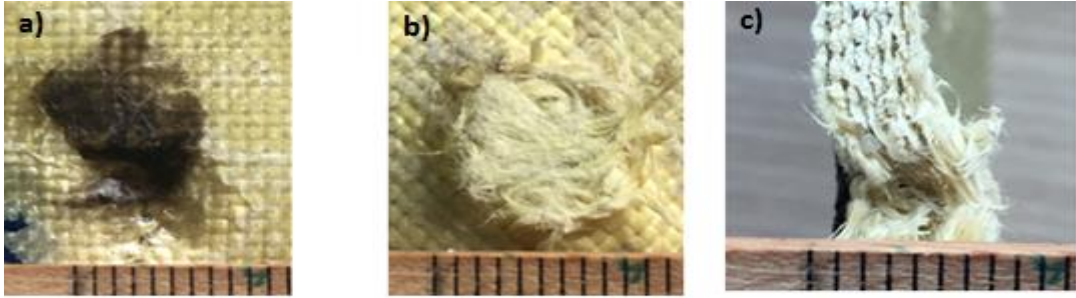
Numune	N.K (mm)	N.E.B (cm x cm)	N. A (g)
45 ⁰ %0	2,5	10x10	24,61
45 ⁰ %1	2,5	10x10	26,79
45 ⁰ %2	2,5	10x10	27
45 ⁰ %4	2,5	10x10	26,71
90 ⁰ %0	2,5	10x10	25,78
90 ⁰ %1	2,5	10x10	27,79
90 ⁰ %2	2,5	10x10	26,15

Aşağıda gösterilen şekiller, atışları yapılan her bir numunenin deformasyonlarına bakılıp tek tek görüntüleri alınmıştır. Atış esnasında ilk 8 tanesinin arkasında balistik jel, diğer 8 tanesinin arkasına seramik köpük konulmuştur.



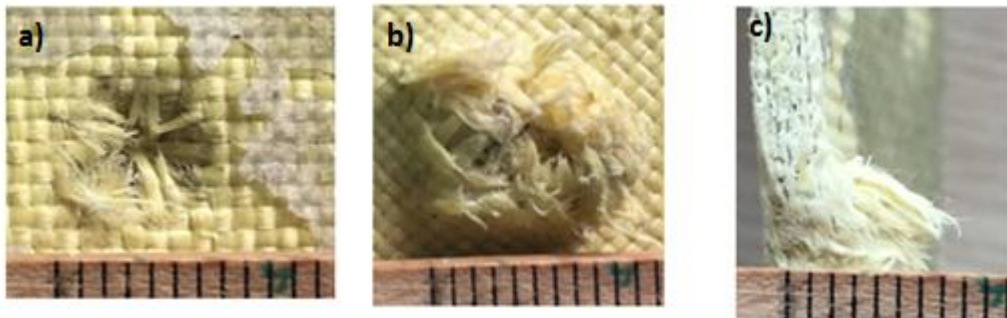
Şekil 8.70. KT0 Jel Numune 1 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.70.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 11 mm ve yarıлма yüksekliği (c) ise 8 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



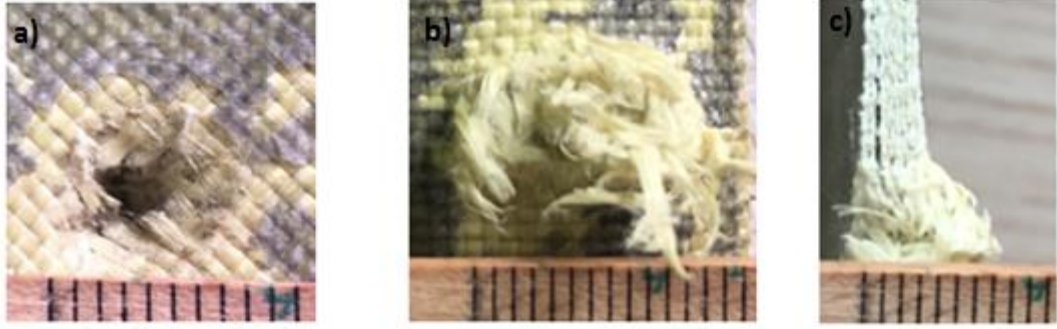
Şekil 8.71. KT1 Jel Numune 2 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.71.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 7 mm, mermi çıkış çapı (b) 10 mm ve yarıлма yüksekliği (c) ise 7 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



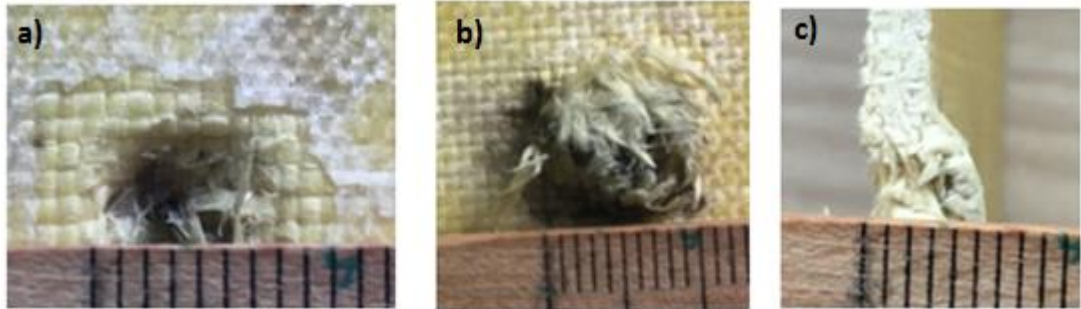
Şekil 8.72. KT2 Jel Numune 3 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.72.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 7 mm, mermi çıkış çapı (b) 10 mm ve yarıлма yüksekliği (c) ise 6 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



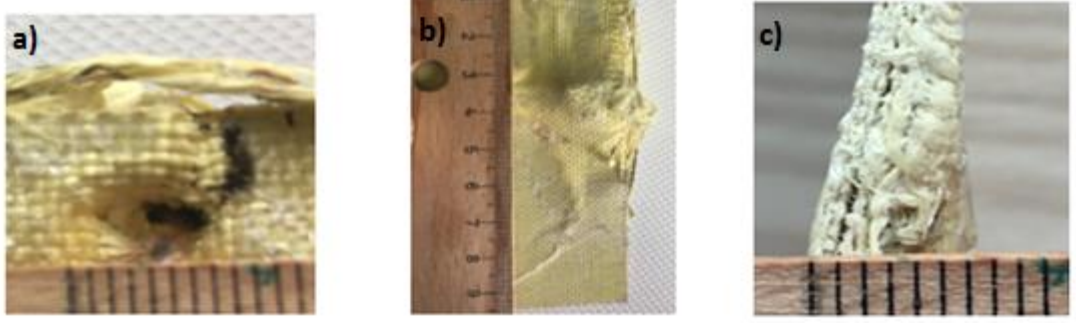
Şekil 8.73. KT4 Jel Numune 4 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.73.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 12 mm ve yarıлма yüksekliği (c) ise 7 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



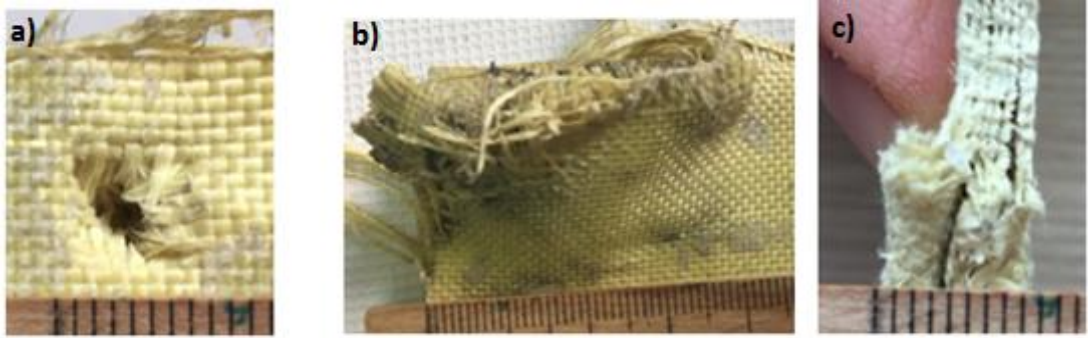
Şekil 8.74. DT0 Jel Numune 5 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.74.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 10 mm ve yarıлма yüksekliği (c) ise 5 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



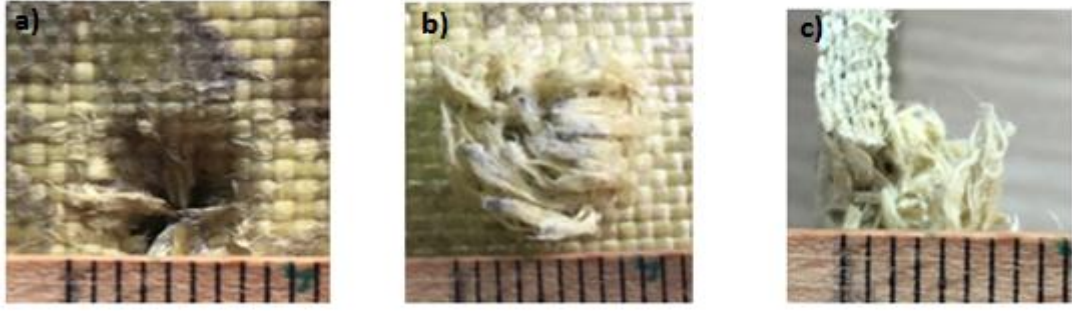
Şekil 8.75. DT1 Jel Numune 6 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.75.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış yok (b) (delinme yok) ve yarıлма yüksekliği (c) ise 6 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



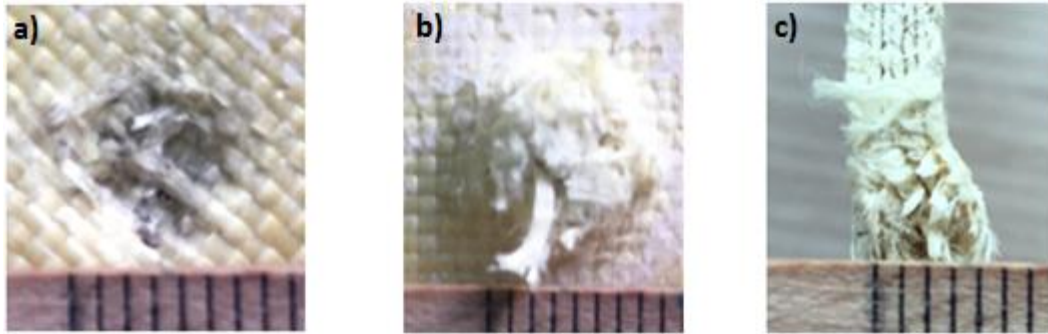
Şekil 8.76. DT2 Jel Numune 7 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.76.'daki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış yok (b) (delinme yok) ve yarıлма yüksekliği (c) ise 8 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



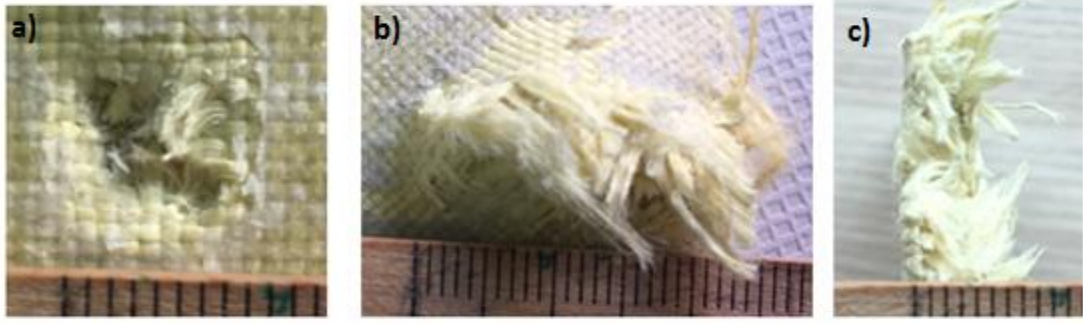
Şekil 8.77. DT4 Jel Numune 8 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.77.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 10 mm ve yarılmaya yüksekliği (c) ise 6 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında balistik jel konulmuştur.



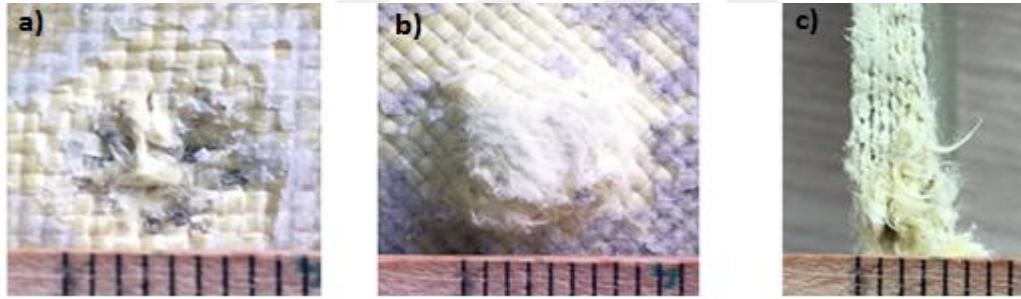
Şekil 8.78. KT0 Seramik Numune 1 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.78.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 7 mm, mermi çıkış çapı (b) 10 mm ve yarılmaya yüksekliği (c) ise 5 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



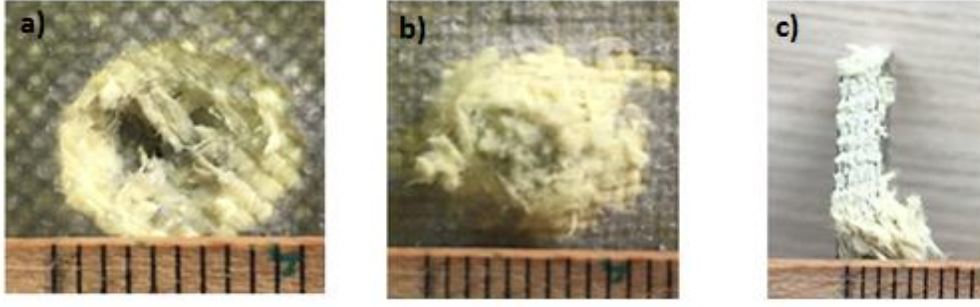
Şekil 8.79. KT1 Seramik Numune 2 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.79'daki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 9 mm, mermi çıkış çapı (b) 15 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 9 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



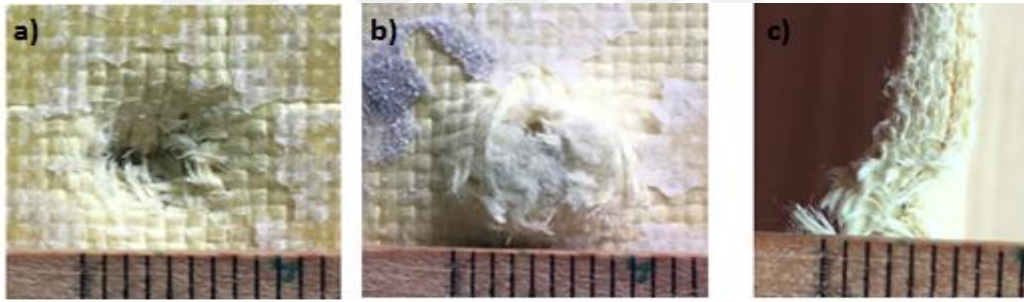
Şekil 8.80. KT2 Seramik Numune 3 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.80.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 9 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 6 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



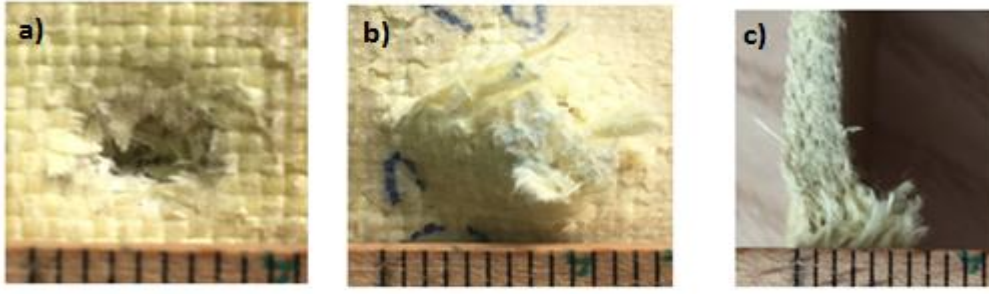
Şekil 8.81. KT4 Seramik Numune 4 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.81.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 10 mm, mermi çıkış çapı (b) 12 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 6 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



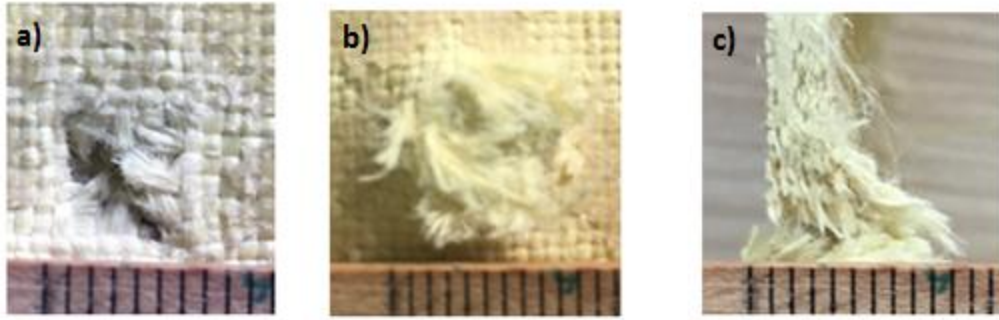
Şekil 8.82. DT0 Seramik Numune 5 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.82.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 10 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 6 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



Şekil 8.83. DT1 Seramik Numune 6 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.83'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 9 mm, mermi çıkış çapı (b) 13 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 8 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



Şekil 8.84. DT2 Seramik Numune 7 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.84.'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 9 mm, mermi çıkış çapı (b) 12 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 12 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.



Şekil 8.85. DT4 Seramik Numune 8 Deformasyon Görüntüleri

Şekil 8.85'deki görüntülerde mermi giriş çapı (a) 8 mm, mermi çıkış çapı (b) 11 mm ve yarıma yüksekliği (c) ise 10 mm olarak ölçülmüştür. Atış yapılan bu numunenin arka kısmına atış esnasında seramik köpük konulmuştur.

8.8. İstatistiksel Sonuçlar

8.8.1. Yoğunluk Deneyinin İstatistiksel Analizi

Yoğunluk deneyinden alınan verilerle istatistiksel SPSS analiz sonuçları Çizelge 8.8'de verilmiştir. TiB_2 oranlarının açılara göre porozite grafiği Şekil 8.86., deneysel yoğunlukları grafiği Şekil 8.87., teorik yoğunlukları grafiği ise Şekil 8.88.'de verilmiştir.

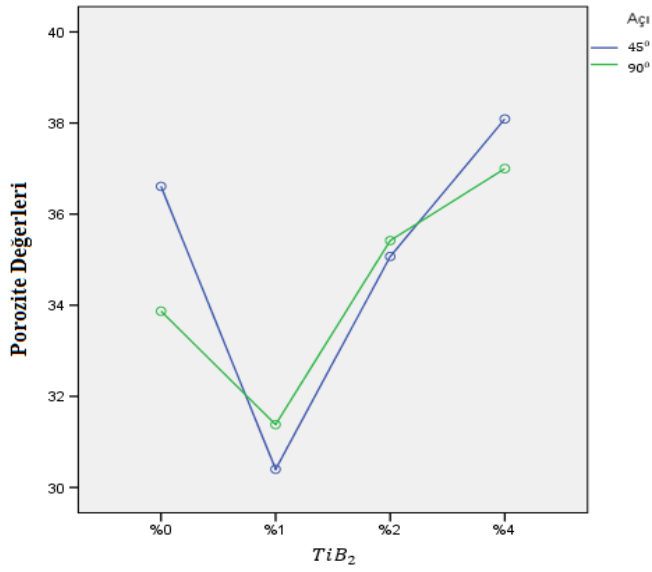
Çizelge 8.8. Yoğunluk Testi SPSS Analiz Sonuçları

Betimsel İstatistik

	Porozite	Deneysel Yoğunluk	Teorik Yoğunluk
N Geçerli	8	8	8
Eksik	0	0	0
Ortalama	34,730	0,9181625	1,4081125
Medyan	35,245	0,9229500	1,3962000
Standart Sapma	2,7065	0,0621498	0,0337316
Minimum	30,400	0,8545000	1,3392000
Maksimum	38,090	0,9573000	1,5000000

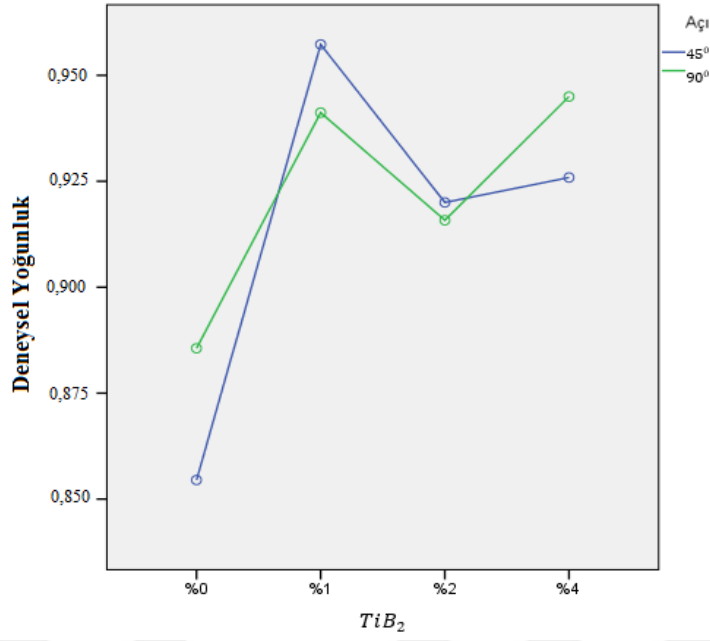
Çizelge 8.8.'deki tablo incelendiğinde;

- Gözenek miktarlarının ortalama değeri 34,730, ortanca değeri 35,245, minimum değeri 30,400 ve maksimum değeri 38,090 olduğu görülmektedir.
- Deneysel yoğunluklarının ortalama değeri 0,9181625, ortanca değeri 0,9229500, minimum değeri 0,8545000 ve maksimum değeri 0,9573000 olduğu görülmektedir.
- Teorik yoğunluklarının ortalama değeri 1,4081125, ortanca değeri 1,3962000, minimum değeri 1,3392000 ve maksimum değeri 1,5000000 olduğu görülmektedir.
- Standart sapma değerleri porozite için 2,7065, deneysel yoğunluk için 0,0621498, teorik yoğunluk için 0,0337316'dır.



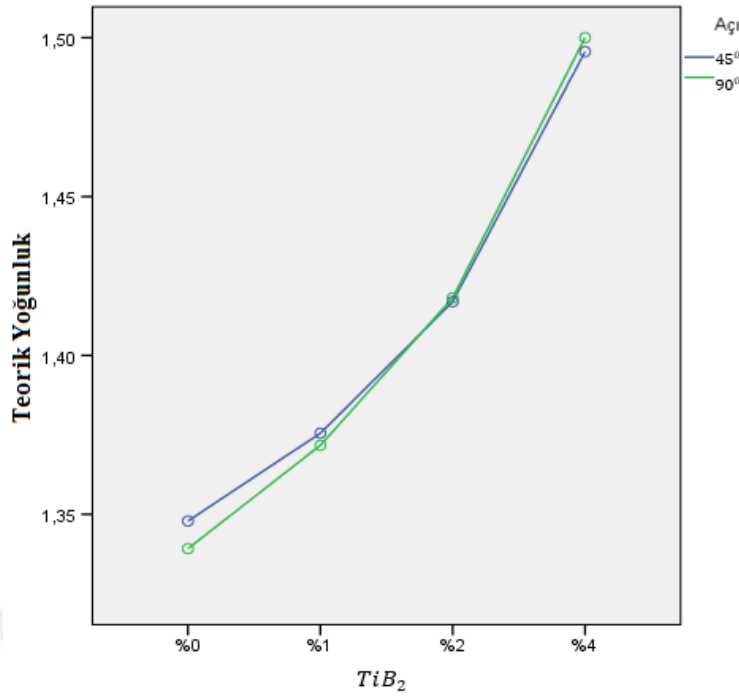
Şekil 8.86. TiB_2 Oranlarının Açılara Göre Porozite Grafiği

Şekil 8.86.'daki grafiği incelendiğinde TiB_2 oranları artıkça elyaf açısı 45^0 olanlarda önce azalıp sonra artış gösterdiği görülmektedir. Elyaf açısı 90^0 olanlarında da TiB_2 oranları artıkça gözenek miktarı önce azalıp sonra tekrar artış göstermektedir. Genel olarak bakıldığında 90^0 'ye sahip numunelerde gözenek miktarı daha az olduğu görülmektedir. Gözenek miktarları ağırlıkça en az %1 TiB_2 olanlarda olurken en fazla %4 TiB_2 olanlarda olduğu görülmektedir.



Şekil 8.87. TiB_2 Oranlarının Açılara Göre Deneysel Yoğunluk Grafiği

Şekil 8.87.'deki grafiği incelendiğinde TiB_2 oranları artıkça elyaf açısı 45^0 olanlarda önce artış gösterdiği sonra ise az miktarda azalma gösterdiği görülmektedir. Elyaf açısı 90^0 olanlarında ise TiB_2 oranlarında ki artış yoğunluk değerinde önce artış sonra tekrar küçük bir azalma gösterirken sonra tekrar artış göstermektedir. Geneline bakıldığında yoğunluk miktarlarında bir artış olduğu görülmektedir.



Şekil 8.88. TiB_2 Oranlarının Açılara Göre Teorik Yoğunluğu Grafiği

Şekil 8.88.’deki grafiği incelendiğinde teorik yoğunluklarında TiB_2 oranlarında ki artış 90° açıda olan numunelerde daha oransal olarak daha yüksek bir artış olduğu görülmektedir. TiB_2 Oranları arttıkça elyaf açısı 45° olanlarda artış gösterdiği görülmektedir. Elyaf açısı 90° olanlarında da TiB_2 oranlarındaki artış yoğunluk değerlerinde artış gösterdiği görülmektedir. Genel olarak bakıldığında TiB_2 ‘deki oranlarında ki artış teorik yoğunluklarında da artış gösterdiği görülmektedir.

8.8.2. Sertlik Deneyinin İstatistiksel Analizi

Sertlik deneyinden alınan verilerle elde edilen istatistiksel SPSS analiz sonuçları Çizelge 8.9’de verilmiştir. TiB_2 oranlarının açılara göre grafikleri Şekil 8.89., kürlü-kürsüz grafiği Şekil 8.90. ve TiB_2 oranlarına göre kürlü-kürsüz grafiği Şekil 8.91.’de verilmiştir.

Çizelge 8.9. Sertlik Testi SPSS Analiz Sonuçları

İç İçe Tasarımlı Varyans Analizi

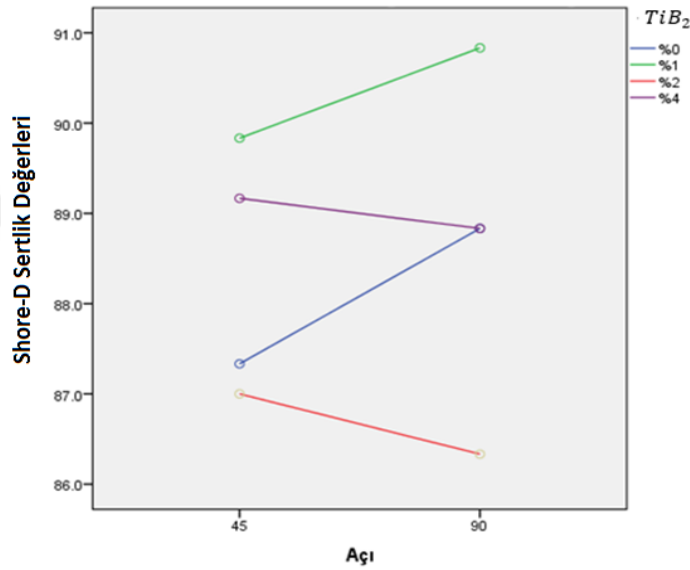
Bağımlı Değişken: Sertlik Değerleri

Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	107,979 ^a	15	7,199	7,199	0,000
Açı	1,688	1	1,688	1,688	0,203
TiB ₂	85,729	3	28,576	28,576	0,000
Kür	7,521	1	7,521	7,521	0,010
Açı * TiB ₂	9,729	3	3,243	3,243	0,035
TiB ₂ * Kür	1,563	3	0,521	0,521	0,671
Açı * Kür	0,021	1	0,021	0,021	0,886
Açı * TiB ₂ * Kür	1,729	3	0,576	0,576	0,635
Hata	32,000	32	1,000		
Toplam	376265,000	48			
Düzeltilen Toplam	139,979	47			

Çizelge 8.9.'daki matematiksel model (%95 Güvenirlikle, 0,05) %5 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde;

- Açılar için $P = 0,203$ 'dür. $P > 0,05$ olduğundan dolayı açıların etkisi önemsiz olduğu görülmektedir. Açıların sertliğe etkisi yoktur denilebilir. Yani açıların sertliğe etkisi anlamsızdır.
- TiB₂ Oranları için $P = 0,000$ 'dır. $P < 0,05$ olduğundan açıların sertliğe olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. TiB₂ Oranı arttığında sertlik değerlerindedeki artış olabilir. TiB₂ 'ün tek başına sertliğe etkisi anlamlıdır.
- Kür için $P = 0,010$ 'dür. $P < 0,05$ olduğundan olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. Kürlenen numuneler tek başına sertliğe etkisi anlamlıdır.
- Açı ve TiB₂ için $P = 0,035$ 'dir. $P < 0,05$ olduğundan sertliğe olumlu yönde etkisi vardır. Açılı numunelere TiB₂ ilavesi önemli anlamda etkisi vardır. Sertlik değerlerini arttırabilir.
- Kür ve TiB₂ için $P = 0,671$ 'dir. $P > 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Kür ve TiB₂ beraberken etksi anlamsızdır.

- Açı ve Kür için $P = 0,886$ 'dır. $P > 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açı ve Kür beraberken etkisi anlamsızdır.
- Açı, Kür ve TiB_2 için $P = 0,635$ 'dir. $P > 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açı, Kür ve TiB_2 üçü beraberken etkisi anlamsızdır.

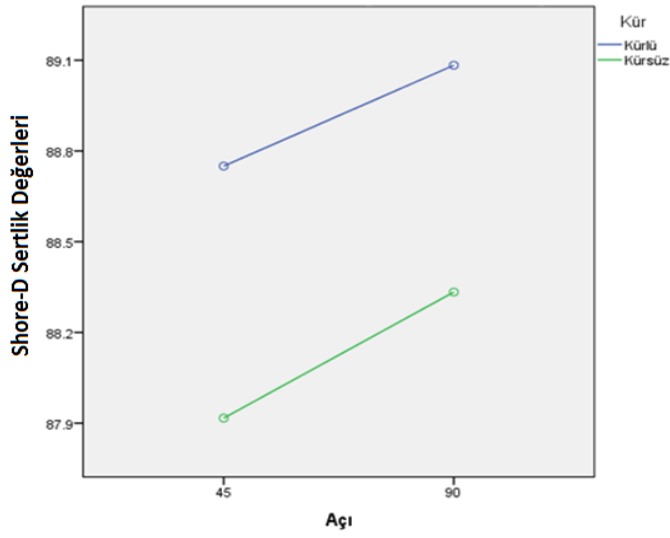


Şekil 8.89. TiB_2 Oranlarının Açılara Göre Sertlik Grafiği

Şekil 8.89.'daki grafiği incelendiğinde, TiB_2 Oranlarına göre bir sıralama yapıldığında sertlik değerlerinin en yüksek değerlerden en küçük değerlere doğru bir sıralama yapıldığında $\%1 > \%4 > \%0 > \%2$ olduğu görülmektedir. TiB_2 Oranlarında artış olduğunda genel olarak sertlik değerlerinde de bir yükselme olduğu görülmektedir.

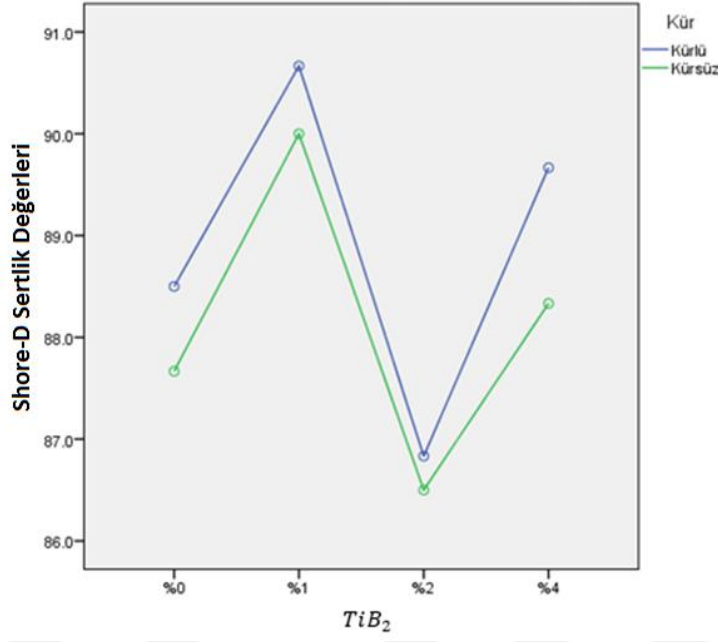
- TiB_2 Oranı ağırlıkça %0 olup elyaf açısı 45^0 olan numuneler 90^0 olanlara göre ortalama olarak daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir.
- TiB_2 Oranı ağırlıkça %1 olup elyaf açısı 45^0 olan numuneler 90^0 olanlara göre ortalama olarak daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

- TiB_2 Oranı ağırlıkça %2 olup elyaf açısı 45^0 olan numuneler 90^0 olanlara göre ortalama olarak daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir.
- TiB_2 Oranı ağırlıkça %4 olup elyaf açısı 45^0 olan numuneler 90^0 olanlara göre ortalama olarak daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 8.90. Sertlik Testi Açılara Göre Kürlü Kürsüz Grafiği

Şekil 8.90.'daki grafik incelendiğinde hem kürlü hem de kürsüz olan numunelerin elyaf açısı 45^0 olan numuneler 90^0 olanlara göre ortalama olarak daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Kürlü olan numuneler ise kürsüz olan numunelere göre daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 8.91. Sertlik Testi TiB_2 Oranlarına Göre Kurlu Kirsüz Grafiği

Şekil 8.91.'deki grafiği incelendiğinde, TiB_2 oranlarında ki artış sertlik değerlerinde artış sonra düşme ve sonra tekrar arttığı görülmektedir. TiB_2 Oranlarına göre sertlik değerlerinin en yüksek olandan en düşük olana bir sıralama yapıldığında kurlu ve kirsüz olanlarda $\%1 > \%4 > \%0 > \%2$ olduğu görülmektedir. Kurlu olan numuneler kirsüz olan numunelere göre daha yüksek değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

8.8.3. Çekme Deneyinin İstatistiksel Analizi

Çekme deneyinden elde edilen verilerle istatistiksel analizleri yapılan çekme, kopma ve uzama miktarları için yapılan analizler SPSS analiz sonuçları Çizelge 8.10., Çizelge 8.11. ve Çizelge 8.12.'de verilmiştir. Grafikleri Şekil 8.92., Şekil 8.93. ve Şekil 8.94.'de verilmiştir.

Çizelge 8.10. Çekme Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları

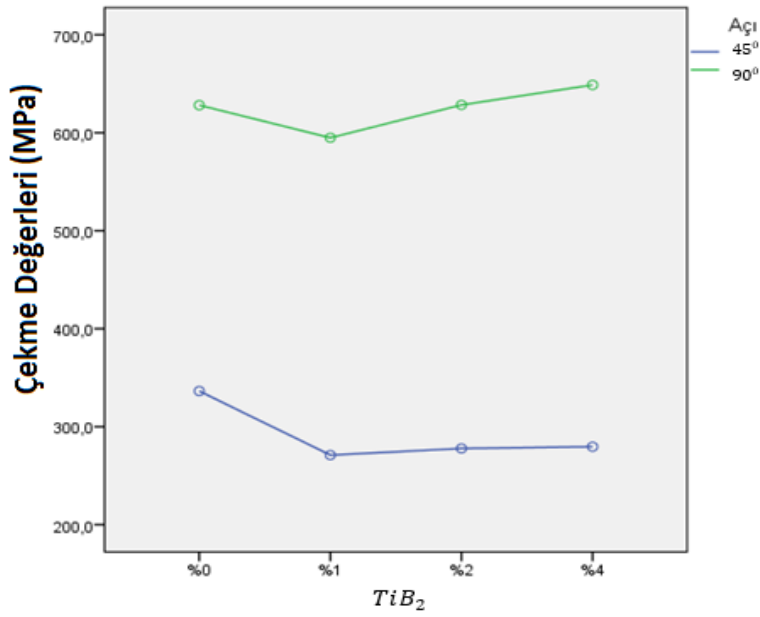
Faktöriyel Varyans Analizi

Bağımlı Değişken: Çekme Değerleri

Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	681567,065 ^a	7	97366,724	267,618	0,000
TiB_2	7657,858	3	2552,619	7,016	0,003
Açı	668801,707	1	668801,707	1838,241	0,000
TiB_2 * Açı	5107,500	3	1702,500	4,679	0,016
Hata	5821,233	16	363,827		
Toplam	5724839,180	24			
Düzeltilen Toplam	687388,298	23			

Çizelge 8.10.'deki matematiksel model (%95 Güvenirlikle, 0,05) %5 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde;

- TiB_2 için $P = 0,003$ 'dür. $P < 0,05$ olduğundan açıların çekme değerlerine olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. TiB_2 Oranı arttığında sertlik değerlerindedir artış olabilir. TiB_2 'ün tek başına çekme değerlerine etkisi anlamlıdır.
- Açılar için $P = 0,000$ 'dır. $P < 0,05$ olduğundan açıların çekme değerlerine olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. Açılarının tek başına çekme değerlerine etkisi anlamlıdır.
- Açı ve TiB_2 için $P = 0,016$ 'dır. $P < 0,05$ olduğundan çekme değerine olumlu yönde etkisi vardır. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi önemli anlamda çekme değerlerine etkisi vardır.



Şekil 8.92. Elyafların Açılı ve TiB_2 Oranlarına Göre Çekme Değerlerinin Grafiği

Şekil 8.92.'deki grafiği incelendiğinde, çekme değerlerinde TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45° numunelerinde azalma olduğu görülmektedir. Elyaf açısı 90° olanlarda ise hafiften bir azalma gösterirken sonra tekrar arttığı görülmektedir.

Çizelge 8.11. Kopma Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları

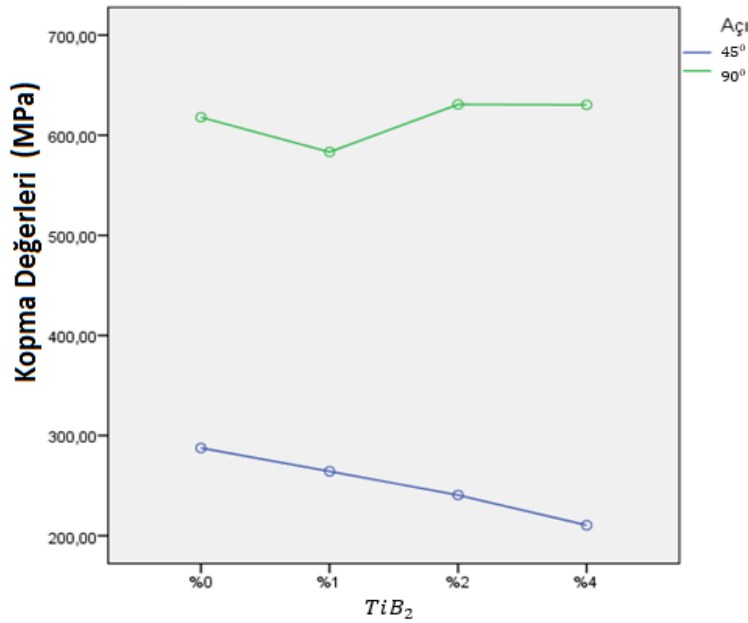
Faktöriyel Varyans Analizi

Bağımlı Değişken: Kopma Değerleri

Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	813041,330 ^a	7	116148,761	85,401	0,000
TiB_2	3854,465	3	1284,822	0,945	0,442
Açılı	798729,620	1	798729,620	587,284	0,000
TiB_2 * Açılı	10457,245	3	3485,748	2,563	0,091
Hata	21760,647	16	1360,040		
Toplam	5337396,230	24			
Düzeltilen Toplam	834801,976	23			

Çizelge 8.11.'deki matematiksel model (%95 Güvenirlikle, 0,05) %5 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde;

- TiB_2 için $P = 0,442$ 'dir. $P > 0,05$ olduğundan TiB_2 'ün kopma değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB_2 'ün tek başına kopma değerlerine etkisi anlamsızdır.
- Açılar için $P = 0,000$ 'dır. $P < 0,05$ olduğundan açıların kopma değerlerine olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. Açıların tek başına kopma değerlerine etkisi anlamlıdır.
- Açıl ve TiB_2 için $P = 0,091$ 'dür. $P > 0,05$ olduğundan kopma değerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesinin kopma değerlerine etkisi anlamsızdır.



Şekil 8.93. Elyafların Açıl ve TiB_2 Oranlarına Göre Kopma Değerlerinin Grafiği

Şekil 8.93.'deki grafiği incelendiğinde, kopma değerlerinde TiB_2 oranındaki artış elyaf açısı 45^0 numunelerinde azalma olduğu görülmektedir. Elyaf açısı 90^0 olanlarda ise hafifden bir azalma gösterirken sonra tekrar arttığı görülmektedir.

Çizelge 8.12. Uzama Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları

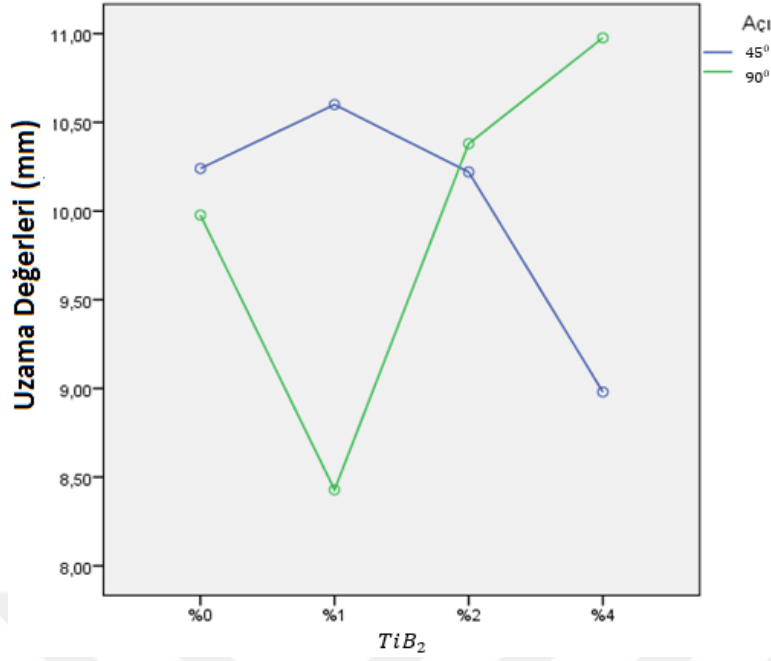
Faktöriyel Varyans Analizi

Bağımlı Değişken: Uzama Değerleri

Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	15,211 ^a	7	2,173	3,554	0,017
TiB_2	2,015	3	0,672	1,099	0,378
Açı	0,029	1	0,029	0,047	0,831
$TiB_2 * Açı$	13,167	3	4,389	7,178	0,003
Hata	9,783	16	0,611		
Toplam	2413,169	24			
Düzeltilen Toplam	24,994	23			

Çizelge 8.12.'deki matematiksel model (%95 Güvenirlikle, 0,05) %5 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde;

- TiB_2 için $P = 0,378$ 'dir. $P > 0,05$ olduğundan TiB_2 'ün uzama değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB_2 'ün tek başına uzama değerlerine etkisi anlamsızdır.
- Açılar için $P = 0,831$ 'dir. $P > 0,05$ olduğundan açıların uzama istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılarının tek başına uzama değerlerine etkisi anlamsızdır.
- Açı ve TiB_2 için $P = 0,003$ 'dür. $P < 0,05$ olduğundan uzama değerine olumlu yönde etkisi vardır. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi önemli anlamda uzama değerlerine etkisi vardır.



Şekil 8.94. Elyafların Açı ve TiB_2 Oranlarına Göre Kopma Değerlerinin

Şekil 8.94.'deki grafiği incelendiğinde, uzama değerlerinde TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45^0 olan numunelerde azalma olduğu görülmektedir. Elyaf açısı 90^0 olanlarda ise azalma gösterirken sonra tekrar arttığı görülmektedir.

8.8.4. Eğme Deneyinin İstatistiksel Analizi

Eğme deneyinden alınan verilerle elde edilen istatistiksel SPSS analiz sonuçları Çizelge 8.13’de ve grafiği Şekil 8.95.’de verilmiştir.

Çizelge 8.13. Maksimum Eğme Gerilmesinin SPSS Analiz Sonuçları

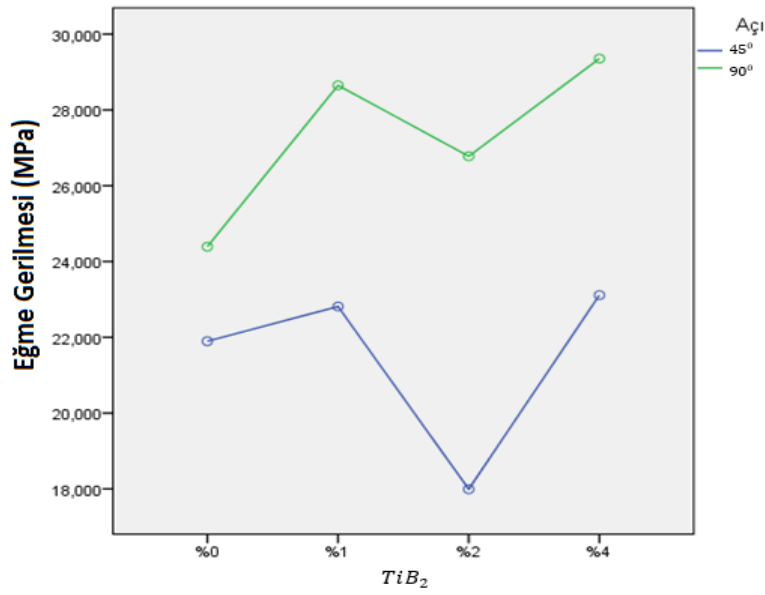
Faktöriyel Varyans Analizi

Bağımlı Değişken: Maksimum Eğme Gerilmesi

Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	399,101 ^a	7	57,014	2,141	0,078
Açı	272,851	1	272,851	10,244	0,004
TiB_2	86,174	3	28,725	1,078	0,377
Açı * TiB_2	40,075	3	13,358	0,502	0,685
Hata	639,232	24	26,635		
Toplam	20048,191	32			
Düzeltilen Toplam	1038,333	31			

Çizelge 8.13.’deki matematiksel model (%95 Güvenirlikle, 0,05) %5 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde;

- Açılar için $P = 0,004$ ’dür. $P < 0,05$ olduğundan açıların eğme gerilme değerine olumlu yönde etkisi vardır. Açılarının tek başına eğme gerilmesi değerlerine etkisi anlamlıdır.
- TiB_2 için $P = 0,377$ ’dir. $P > 0,05$ olduğundan TiB_2 ’ün eğme gerilmesi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB_2 ’ün tek başına eğme gerilmesi değerlerine etkisi anlamsızdır.
- Açı ve TiB_2 için $P = 0,685$ ’dir. $P > 0,05$ olduğundan eğme gerilme değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi eğme gerilme değerlerine etkisi anlamsızdır.



Şekil 8.95. Elyafların Açısı ve TiB_2 Oranlarına Eğme Gerilmesi Grafiği

Şekil 8.95.'deki grafiği incelendiğinde, eğme gerilmelerinde TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45° olan numunelerinde önce artış sonra azalma ve sonra tekrar artış olduğu görülmektedir. Elyaf açısı 90° olanlarda ise artış gösterirken sonra hafiften azalma gösterirken tekrar arttığı görülmektedir. Eğme gerilmesine genel olarak bakıldığında elyaf açısı 90° olanların, elyaf açısı 45° olan numunelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

8.8.5. Darbe Testinin İstatistiksel Analizi

Darbe testinden alınan verilerle elde edilen istatistiksel SPSS analiz sonuçları Çizelge 8.14’de ve grafiği Şekil 8.96.’da verilmiştir.

Çizelge 8.14. Darbe Değerlerinin SPSS Analiz Sonuçları

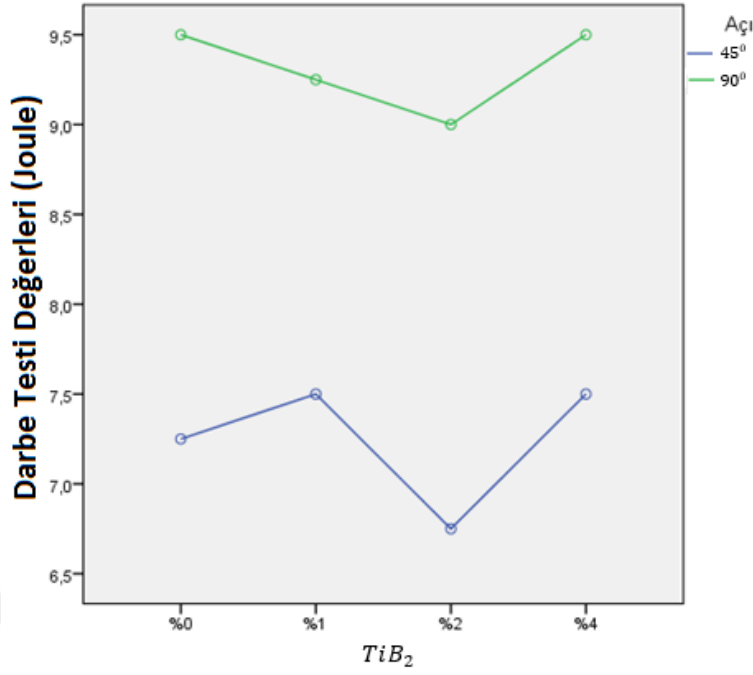
Faktöriyel Varyans Analizi

Bağımlı Değişken: DarbeTesti

Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	36,219 ^a	7	5,174	5,581	0,001
Açı	34,031	1	34,031	36,708	0,000
TiB ₂	1,844	3	0,615	0,663	0,583
Açı * TiB ₂	0,344	3	0,115	0,124	0,945
Hata	22,250	24	0,927		
Toplam	2253,000	32			
Düzeltilen Toplam	58,469	31			

Çizelge 8.14.’deki matematiksel model (%95 Güvenirlikle, 0,05) %5 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde;

- Açılar için $P = 0,000$ ’dür. $P < 0,05$ olduğundan açıların darbe testi değerine olumlu yönde etkisi vardır. Açılarının tek başına darbe testi değerlerine etkisi anlamlıdır.
- TiB₂ için $P = 0,583$ ’dür. $P > 0,05$ olduğundan TiB₂’ün darbe testi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB₂’ün tek başına darbe testi değerlerine etkisi anlamsızdır.
- Açı ve TiB₂ için $P = 0,945$ ’dir. $P > 0,05$ olduğundan darbe testi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı numunelerle beraber TiB₂ ilavesi darbe testi değerlerine etkisi anlamsızdır.



Şekil 8.96. Elyafların Açısı ve TiB_2 Oranlarına Darbe Testi Grafiği

Şekil 8.96'daki grafiği incelendiğinde, darbe değerlerinde TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45° olan numunelerinde inişli çıkışlı bir yol izlerken elyaf açısı 90° olanlarda ise önce azalıp sonra tekrar artış gösterdiği görülmektedir. Darbe değerlerine genel olarak bakıldığında elyaf açısı 90° 'li numunelerin, 45° olan numunelere göre daha yüksek değerler aldığı görülmektedir.

8.8.6. Balistik Deneyinin İstatistiksel Analizi

Balistik deneyinden alınan verilerle elde edilen istatistiksel SPSS analiz sonuçları Çizelge 8.15.'de verilmiştir. Grafikleri Şekil 8.97., Şekil 8.98. ve Şekil 8.99.'da verilmiştir.

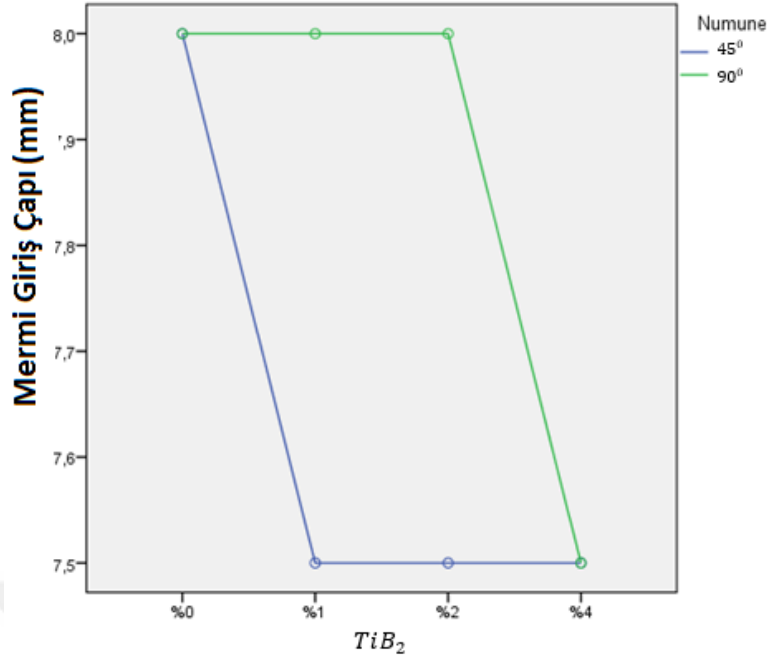
Çizelge 8.15. Balistik Deneyi SPSS Analiz Sonuçları

Betimsel İstatistik

		Mermi Hızı V_m (m/s)	Numune Mermi Giriş Çapı (mm)	Numune Mermi Çıkış Çapı (mm)	Numune Yarılma Çapı (mm)
N	Geçerli	16	16	16	16
	Eksik	0	0	0	0
Ortalama		355,19	7,75	9,63	7,19
Medyan		355	8,00	10,00	6
Minimum		353	7	0	5
Maksimum		357	9	14	12

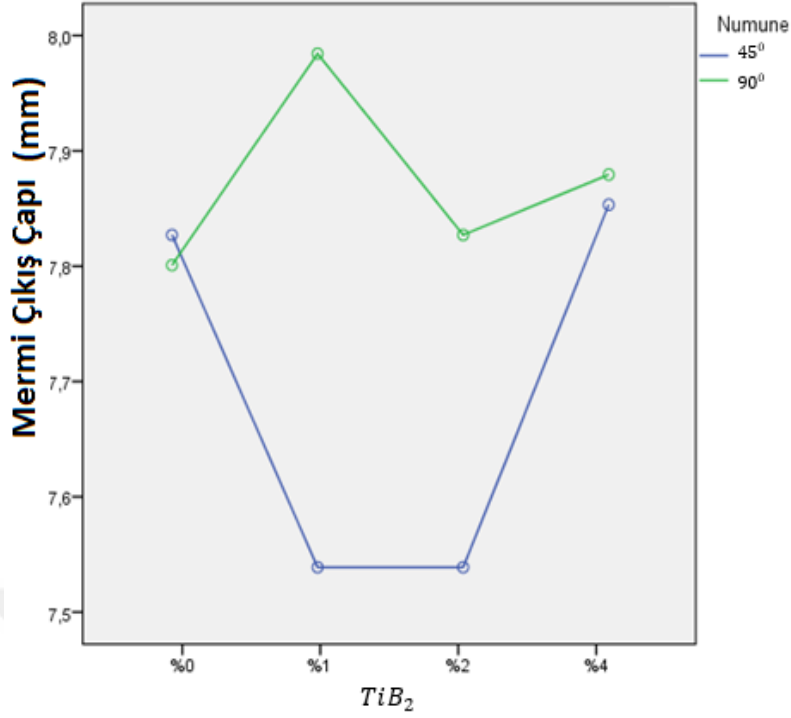
Çizelge 8.15.'deki tablo incelendiğinde;

- Mermi hızlarının ortalama değeri 355,19 V_m (m/s), ortanca değeri 355 V_m (m/s), minimum değeri 353 V_m (m/s) ve maksimum değeri 357 V_m (m/s) olduğu görülmektedir.
- Mermi giriş çaplarının ortalama değeri 7,75 mm, ortanca değeri 8 mm, minimum değeri 7 mm ve maksimum değeri 9 mm olduğu görülmektedir.
- Mermi çıkış çaplarının ortalama değeri 9,63 mm, ortanca değeri 10 mm, minimum değeri (delinmeyen numunelerden dolayı) 0 mm ve maksimum değeri 14 mm olduğu görülmektedir.
- Numunelerin yarılma yüksekliğinin ortalama değeri 7,19 mm, ortanca değeri 6 mm, minimum değeri 5 mm ve maksimum değeri 12 mm olduğu görülmektedir.



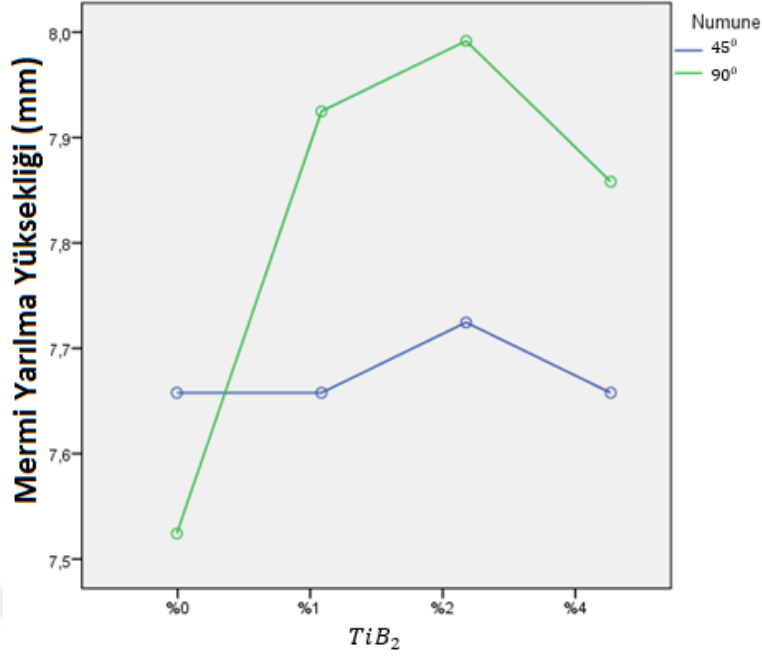
Şekil 8.97. Elyafların Açısı ve TiB_2 Oranlarına Mermi Giriş Çapı Grafiği

Şekil 8.97.'deki grafiği incelendiğinde, TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45° olan numunelerde çap öncesinde küçülme varken sonrasında sabit bir yol izlediği görülmektedir. Elyaf açısı 90° olanlarda ise önce sabit değerler sonrasında küçülme görülmektedir.



Şekil 8.98. Elyafların Açısı ve TiB_2 Oranlarına Mermi Çıkış Çapı Grafiği

Şekil 8.98.'deki grafiği incelendiğinde, TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45° olan numunelerde çap küçülürken sonrasında artış göstermiştir. Elyaf açısı 90° olanlarda ise önce artış sonra azalma gösterirken sonrasında hafiften bir artış görülmektedir. Genel olarak bakıldığında elyaf açısı 90° olanların, elyaf açısı 45° olan numunelere göre çapları daha büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 8.99. Elyafların Açı ve TiB_2 Oranlarına Mermi Yarılma Yüksekliği

Şekil 8.99.'daki grafik incelendiğinde, TiB_2 oranlarındaki artış elyaf açısı 45^0 olan numunelerde büyüyüp küçülüp yani inişli çıkışlı bir yol izlerken birbirlerine yakın değerlerdir. Elyaf açısı 90^0 olanlarda ise çapta önce artış sonra tekrar bir artış varken sonrasında küçülme olduğu görülmektedir. Genel olarak bakıldığında elyaf açısı 90^0 olanların, elyaf açısı 45^0 olan numunelere göre çapları daha büyük olduğu görülmektedir.

8.9. YSA Sonuçları

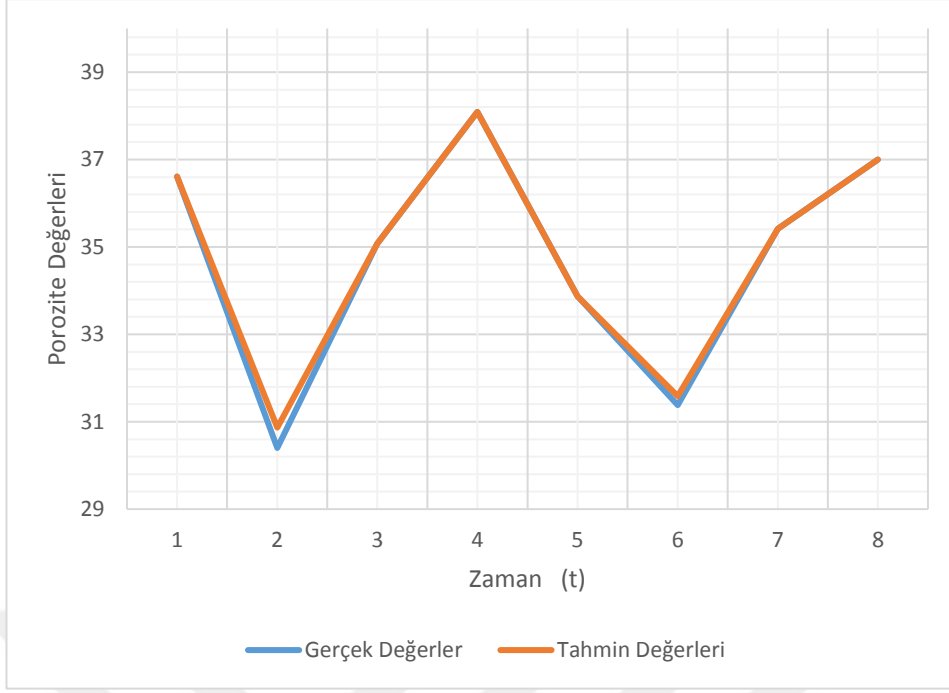
8.9.1. Yoğunluk Testi YSA Sonuçları

Elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.16.'de verilmiştir.

Çizelge 8.16. YSA Yoğunluk Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

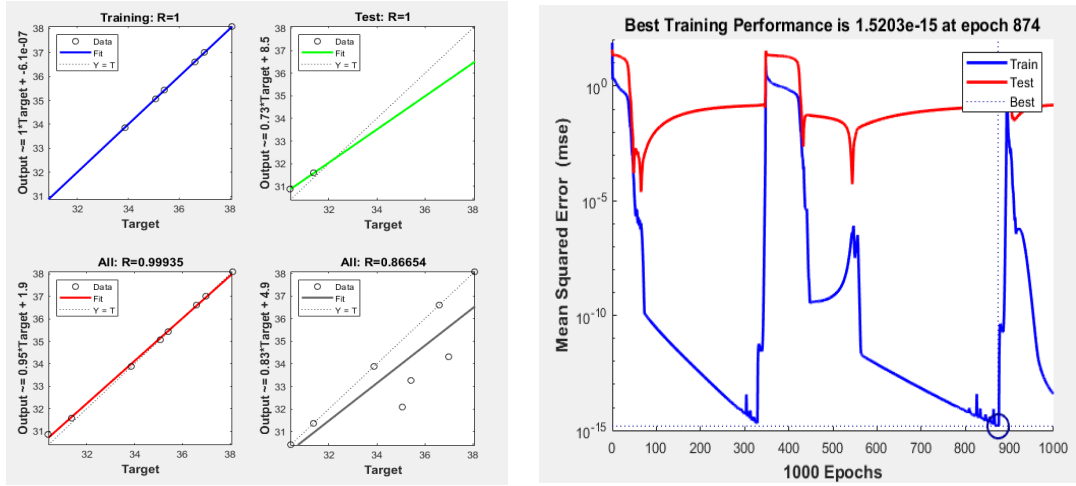
GİRDİLER				ÇIKTI	TAHMİN
TiB_2	Açı	DeneySEL Y.	Teorik Y.	Porozite	Porozite
0	45	0,8545	1,3479	36,6100	36,6100
1	45	0,9573	1,3755	30,4000	30,8666
2	45	0,9200	1,4169	35,0700	35,0699
4	45	0,9259	1,4956	38,0900	38,0902
0	90	0,8856	1,3392	33,8700	33,8701
1	90	0,9412	1,3717	31,3800	31,5865
2	90	0,9158	1,4181	35,4200	35,4199
4	90	0,9450	1,5000	37,0000	37,0001

Bayesian Regularization algoritmasıyla 1000 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 0,032, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,03 olarak bulunmuştur. Porozite tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.100., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.101. ve Şekil 8.101.'de verilmiştir.



Şekil 8.100. Porozite Tahmini Verilerle Gerçek Verilerin Karşılaştırılması

Şekil 8.100.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,03 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.101. Porozite Regresyon Grafiği **Şekil 8.102.** Porozite Performans Grafiği

Şekil 8.101.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler eğitim aşamasındayken regresyon çizgisine ne kadar yaklaşırsa verilerin doğru tahmin oranı o kadar iyi olur.

Regresyon değerine çok yakın bir doğru izlediği görülmektedir. Yoğunluk testi için regresyon değeri $R: 0,99935$ olduğu görülmektedir.

Şekil 8.102.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 171 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir. (Epochs: eğitimde öğrendiği en iyi zaman dilimi)

8.9.2. Sertlik Testi YSA Sonuçları

Elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.17.'de verilmiştir.

Çizelge 8.17. YSA Sertlik Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

GİRDİLER			ÇIKTI	TAHMİN
TiB_2	Açı	Kür	Sertlik D.	Sertlik D.
0	45	0	87	86,23409
1	45	0	90	88,74803
2	45	0	87	87,48060
4	45	0	87	88,43764
0	45	1	87	87,93300
1	45	1	90	92,10835
2	45	1	88	87,91343
4	45	1	90	90,29119
0	45	0	85	86,23409
1	45	0	89	88,74803
2	45	0	88	87,48060
4	45	0	90	88,43764
0	45	1	89	87,93300
1	45	1	91	92,10835
2	45	1	86	87,91343
4	45	1	89	90,29119
0	45	0	88	86,23409

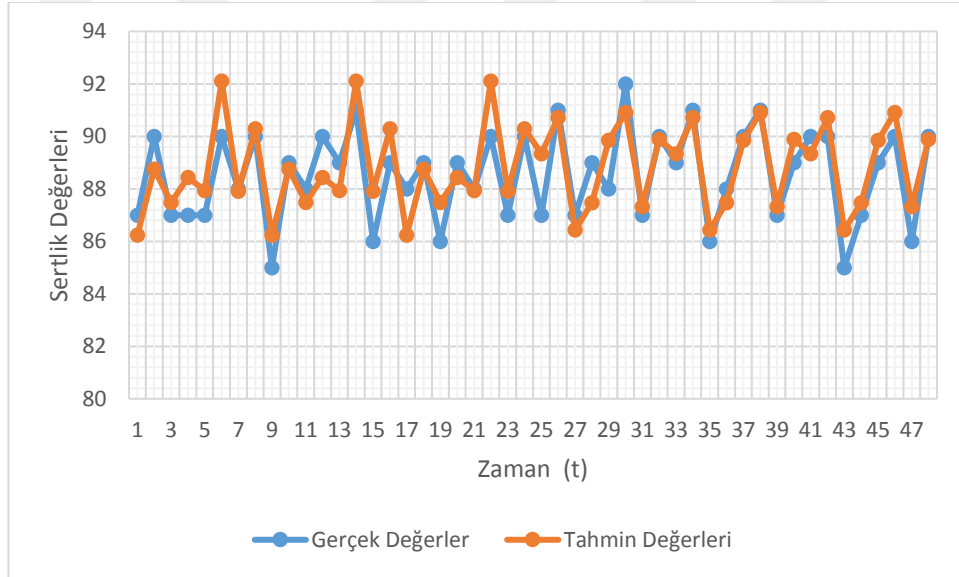
Çizelge 8.17. (devam) YSA Sertlik Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

1	45	0	89	88,74803
2	45	0	86	87,48060
4	45	0	89	88,43764
0	45	1	88	87,93300
1	45	1	90	92,10835
2	45	1	87	87,91343
4	45	1	90	90,29119
0	90	0	87	89,34015
1	90	0	91	90,71328
2	90	0	87	86,43300
4	90	0	89	87,47565
0	90	1	88	89,85608
1	90	1	92	90,91785
2	90	1	87	87,32711
4	90	1	90	89,88516
0	90	0	89	89,34015
1	90	0	91	90,71328
2	90	0	86	86,43300
4	90	0	88	87,47565
0	90	1	90	89,85608
1	90	1	91	90,91785
2	90	1	87	87,32711
4	90	1	89	89,88516
0	90	0	90	89,34015
1	90	0	90	90,71328
2	90	0	85	86,43300
4	90	0	87	87,47565
0	90	1	89	89,85608
1	90	1	90	90,91785

Çizelge 8.17. (devam) YSA Sertlik Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

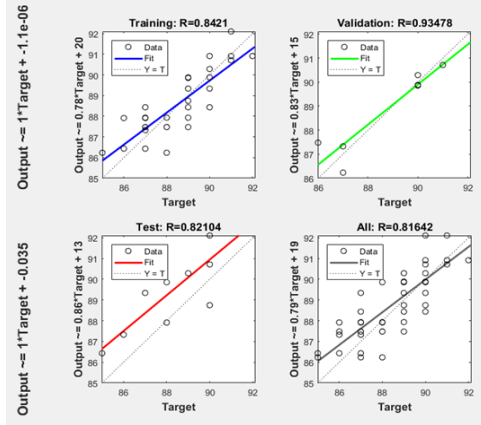
2	90	1	86	87,32711
4	90	1	90	89,88516

Lavenberg-Marquardt Algoritması algoritmasıyla 10 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 0,92, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,02 olarak bulunmuştur. Sertlik testi tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.103., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.104. ve Şekil 8.105.'de verilmiştir.

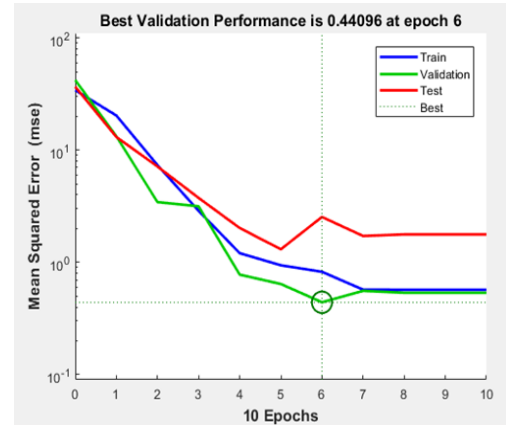


Şekil 8.103. Sertlik Testi Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin Grafiği

Şekil 8.103.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,02 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.104. Sertlik Regresyon Grafiği



Şekil 8.105. Sertlik Performans Grafiği

Şekil 8.104.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler eğitim aşamasındayken regresyon çizgisine ne kadar yaklaşırsa verilerin doğru tahmin oranı o kadar iyi olur. Regresyon çizgisine yaklaştığı görülmektedir. Sertlik testi için regresyon değeri $R: 0,82104$ olduğu görülmektedir.

Şekil 8.105.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 6 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

8.9.3. Çekme Deneyi YSA Sonuçları

- a) Çekme değerleri için elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.18.'de verilmiştir.

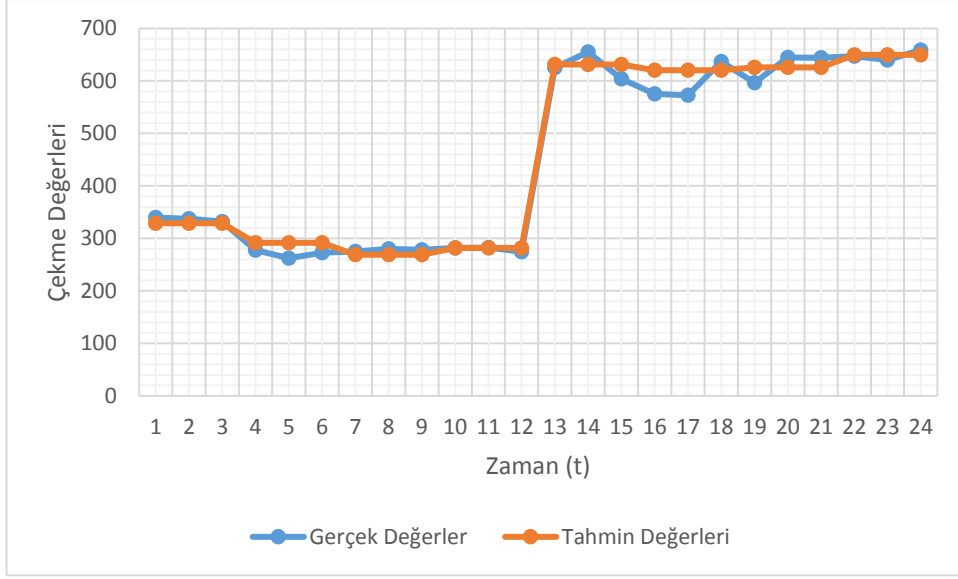
Çizelge 8.18. YSA Çekme Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

GİRDİLER		ÇIKTI	TAHMİN
TiB_2	Açı	Çekme D.	Çekme D.
0	45	340,0	328,8790813
0	45	337,2	328,8790813
0	45	331,9	328,8790813
1	45	277,9	291,7814077
1	45	262,5	291,7814077
1	45	272,8	291,7814077

Çizelge 8.18. (devam) YSA Çekme Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

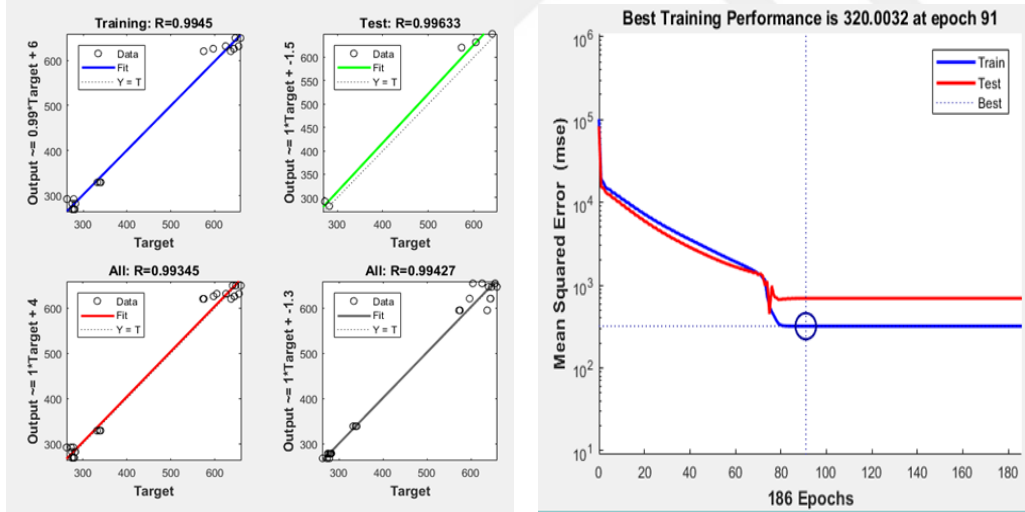
2	45	274,9	268,8662365
2	45	280,3	268,8662365
2	45	278,2	268,8662365
4	45	282,0	281,9132506
4	45	282,5	281,9132506
4	45	274,3	281,9132506
0	90	625,3	631,6800772
0	90	654,9	631,6800772
0	90	604,2	631,6800772
1	90	575,0	620,4546852
1	90	572,9	620,4546852
1	90	636,8	620,4546852
2	90	596,9	626,0348878
2	90	644,5	626,0348878
2	90	643,9	626,0348878
4	90	647,2	649,7761193
4	90	640,2	649,7761193
4	90	659,1	649,7761193

Bayesian Regularization algoritmasıyla 186 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 397,87, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,14 olarak bulunmuştur. Çekme tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.106., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.107. ve Şekil 8.108.'de verilmiştir.

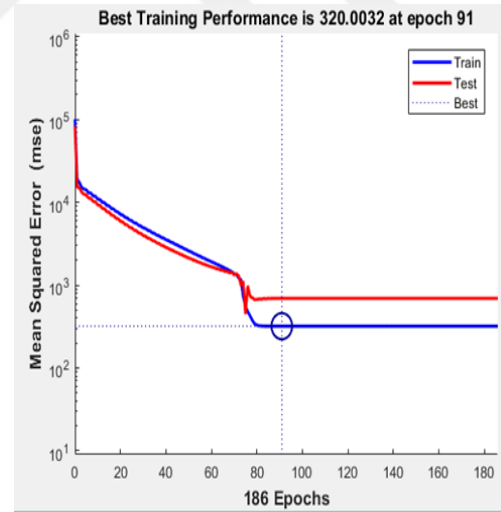


Şekil 8.106. Çekme Değerlerinin Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin

Şekil 8.106.'da görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,14 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.107. Çekme Regresyon Grafiği



Şekil 8.108. Çekme Performans Grafiği

Şekil 8.107.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Çekme değerleri için regresyon değeri $R: 0,99345$ olduğu görülmektedir.

Şekil 8.108.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 90 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

- b) Kopma değerleri için elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması
Çizelge 8.19.'de verilmiştir.

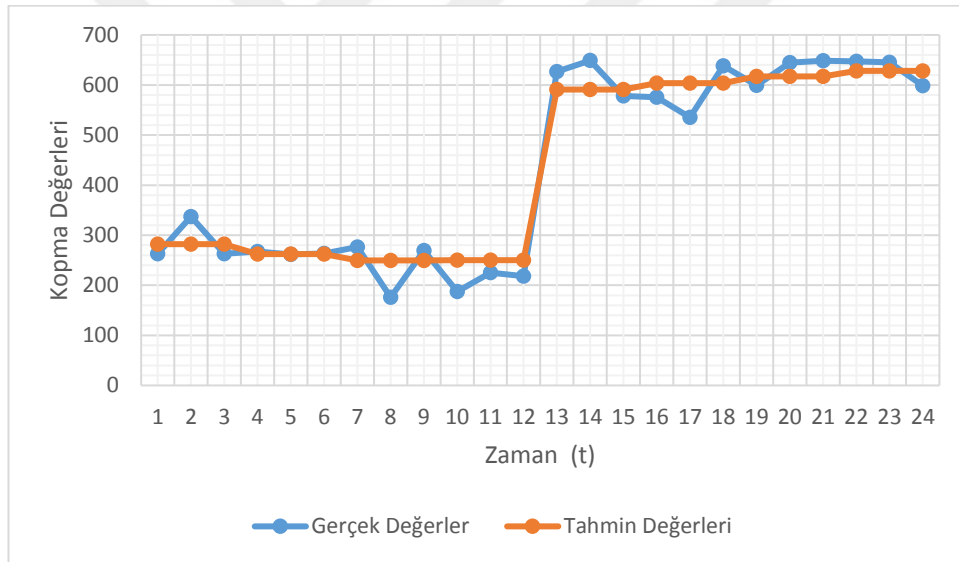
Çizelge 8.19. YSA Kopma Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

GİRDİLER		ÇIKTI	TAHMİN
TiB_2	Açı	Kopma D.	Kopma D.
0	45	262,8	282,1198743
0	45	337,2	282,1198743
0	45	262,8	282,1198743
1	45	267,5	262,6184686
1	45	261,4	262,6184686
1	45	263,9	262,6184686
2	45	276,1	249,6846659
2	45	176,0	249,6846659
2	45	269,5	249,6846659
4	45	187,6	249,9117237
4	45	225,3	249,9117237
4	45	218,4	249,9117237
0	90	626,9	591,2176004
0	90	648,9	591,2176004
0	90	578,0	591,2176004
1	90	575,8	603,827159
1	90	535,6	603,827159
1	90	638,3	603,827159
2	90	599,4	617,4803615
2	90	644,5	617,4803615
2	90	648,4	617,4803615

Çizelge 8.19. (devam) YSA Kopma Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

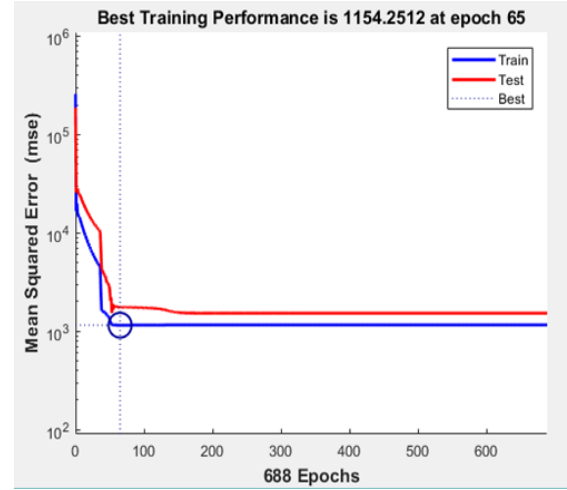
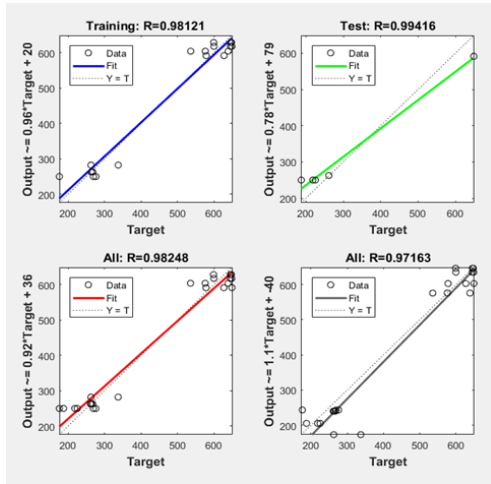
4	90	647,2	628,3213352
4	90	645,1	628,3213352
4	90	598,7	628,3213352

Bayesian Regularization algoritmasıyla 688 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 1280,87, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,28 olarak bulunmuştur. Kopma değerleri tahmin ve gerçek verilerinin grafiği Şekil 8.109., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.110. ve Şekil 8.111.'de verilmiştir.



Şekil 8.109. Kopma Değerlerinin Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin

Şekil 8.109.'da görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,28 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.110. Kopma Regresyon Grafiği **Şekil 8.111.** Kopma Performans Grafiği

Şekil 8.110.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Kopma değerleri için regresyon değeri $R: 0,98248$ olduğu görülmektedir.

Şekil 8.111.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 80 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

- c) Uzama değerleri için elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması
Çizelge 8.20.'de verilmiştir.

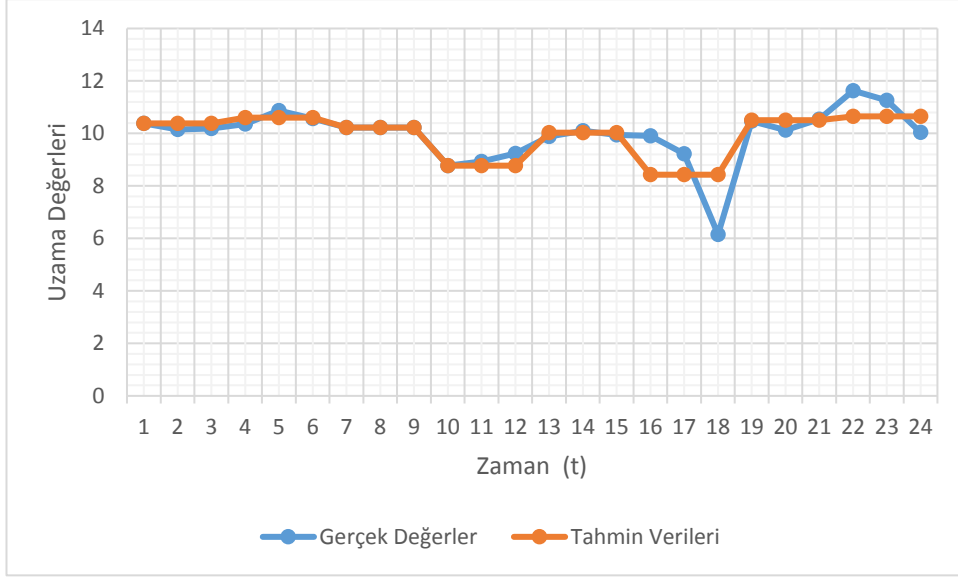
Çizelge 8.20. YSA Uzama Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

GİRDİLER		ÇIKTI	TAHMİN
TiB_2	Açı	Uzama D.	Uzama D.
0	45	10,38	10,38
0	45	10,15	10,38
0	45	10,19	10,38
1	45	10,36	10,60
1	45	10,87	10,60
1	45	10,57	10,60

Çizelge 8.20. (devam) YSA Uzama Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

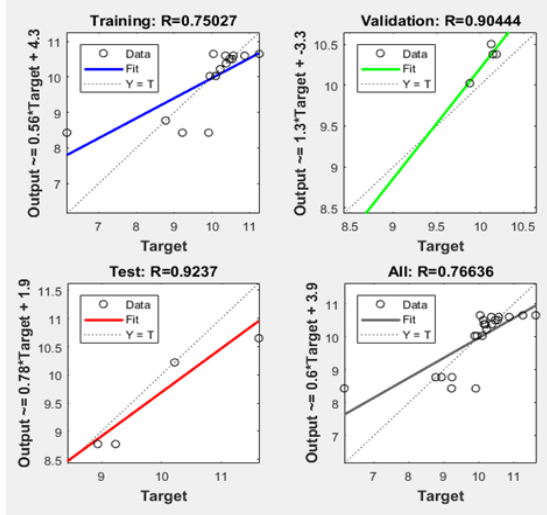
2	45	10,22	10,22
2	45	10,22	10,22
2	45	10,22	10,22
4	45	8,77	8,77
4	45	8,93	8,77
4	45	9,23	8,77
0	90	9,88	10,02
0	90	10,10	10,02
0	90	9,95	10,02
1	90	9,91	8,42
1	90	9,21	8,42833
1	90	6,15	8,42833
2	90	10,47	10,505
2	90	10,13	10,505
2	90	10,54	10,505
4	90	11,63	10,65
4	90	11,26	10,65
4	90	10,04	10,65

Lavenberg-Marquardt Algoritması algoritmasıyla 5 iterasyonda sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 0,4311, ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,14 olarak bulunmuştur. Uzama değerleri tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.112., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.113. ve Şekil 8.114.'de verilmiştir.

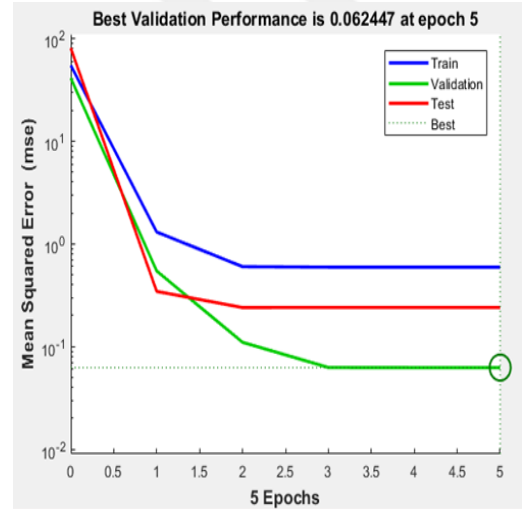


Şekil 8.112. Uzama Değerlerinin Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin

Şekil 8.112.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,14 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.113. Uzama Regresyon Grafiği



Şekil 8.114. Uzama Performans Grafiği

Şekil 8.113.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine yaklaştığı görülmektedir. Uzama değerleri için regresyon değeri $R: 0,9237$ olduğu görülmektedir.

Şekil 8.114.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 5 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

8.9.4. Eğme Testi YSA Sonuçları

Elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.21.'de verilmiştir.

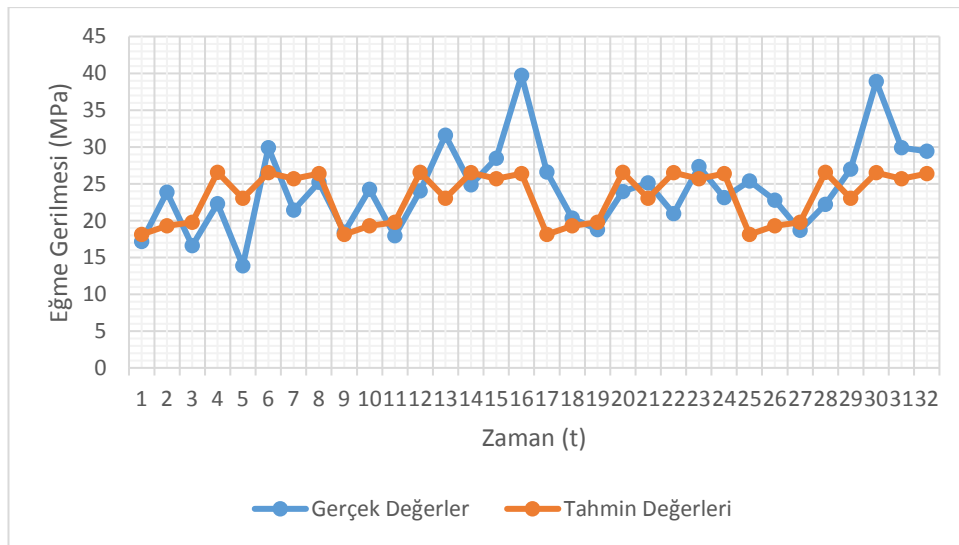
Çizelge 8.21. YSA Eğme Testinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

GİRDİLER		ÇIKTI	TAHMİN
Açı	TiB_2	Eğme D.	Eğme D.
0	45	17,1763	18,11757655
1	45	23,8683	19,28731750
2	45	16,5958	19,78238707
4	45	22,303	26,56434668
0	90	13,8752	23,02531131
1	90	29,9143	26,52141299
2	90	21,4024	25,66796840
4	90	25,1919	26,37998608
0	45	18,4262	18,11757655
1	45	24,2671	19,28731750
2	45	17,9407	19,78238707
4	45	24,0121	26,56434668
0	90	31,5961	23,02531131
1	90	24,8527	26,52141299
2	90	28,4662	25,66796840
4	90	39,7042	26,37998608
0	45	26,5862	18,11757655
1	45	20,3532	19,28731750
2	45	18,7487	19,78238707
4	45	23,9404	26,56434668

Çizelge 8.21. (devam) YSA Eğme Testinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

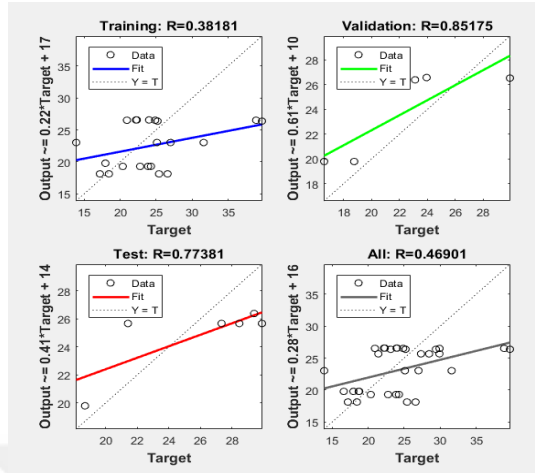
0	90	25,0999	23,02531131
1	90	20,937	26,52141299
2	90	27,3419	25,66796840
4	90	23,1151	26,37998608
0	45	25,3965	18,11757655
1	45	22,7635	19,28731750
2	45	18,679	19,78238707
4	45	22,1955	26,56434668
0	90	26,9934	23,02531131
1	90	38,8928	26,52141299
2	90	29,9023	25,66796840
4	90	29,4082	26,37998608

Scaled Conjugate Gradient algoritmasıyla 9 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 27,2644, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,53 olarak bulunmuştur. Eğme testi tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.115., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.116. ve Şekil 8.117.'de verilmiştir.

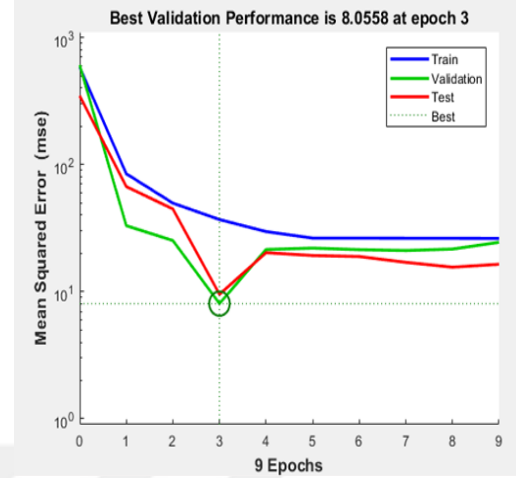


Şekil 8.115. Eğme Değerlerinin Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin Grafiği

Şekil 8.115.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,53 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.116. Eğme Regresyon Grafiği



Şekil 8.117. Eğme Performans Grafiği

Şekil 8.116.'da grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine yakalamaya çalıştığı görülmektedir. Eğme değerleri için regresyon değeri R : 0,77381 olduğu görülmektedir.

Şekil 8.117.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 3 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

8.9.5. Darbe Testi YSA Sonuçları

Elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.22.'de verilmiştir.

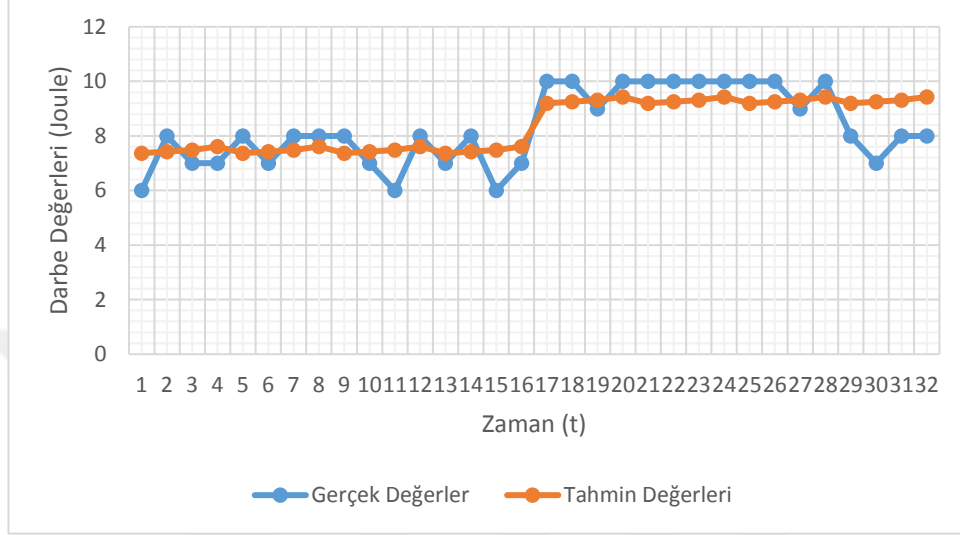
Çizelge 8.22. YSA Darbe Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

GİRDİLER		ÇIKTI	TAHMİN
TiB_2	Açı	Darbe Testi	Darbe Testi
0	45	6	7,36924882
1	45	8	7,428365411
2	45	7	7,487807872

Çizelge 8.22. (devam) YSA Darbe Testi Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

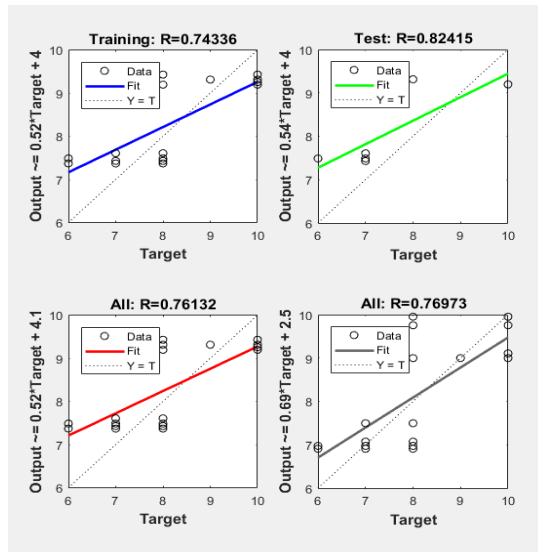
4	45	7	7,607585791
0	45	8	7,36924882
1	45	7	7,428365411
2	45	8	7,487807872
4	45	8	7,607585791
0	45	8	7,36924882
1	45	7	7,428365411
2	45	6	7,487807872
4	45	8	7,607585791
0	45	7	7,36924882
1	45	8	7,428365411
2	45	6	7,487807872
4	45	7	7,607585791
0	90	10	9,195663256
1	90	10	9,254446511
2	90	9	9,312864033
4	90	10	9,428524357
0	90	10	9,195663256
1	90	10	9,254446511
2	90	10	9,312864033
4	90	10	9,428524357
0	90	10	9,195663256
1	90	10	9,254446511
2	90	9	9,312864033
4	90	10	9,428524357
0	90	8	9,195663256
1	90	7	9,254446511
2	90	8	9,312864033
4	90	8	9,428524357

Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 6 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 0,7916, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,29 olarak bulunmuştur. Darbe testi tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.118., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.119. ve Şekil 8.120.'de verilmiştir.

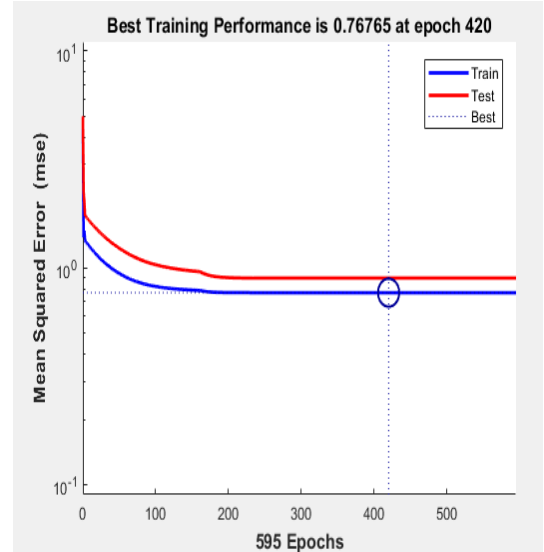


Şekil 8.118. Darbe Testi Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin Grafiği

Şekil 8.118.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,29 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.119. Darbe T. Regresyon Grafiği



Şekil 8.120. Darbe T. Performans Grafiği

Şekil 8.119.'da grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine yaklaşan değerler aldığı görülmektedir. Darbe değerleri için regresyon değeri $R: 0,76132$ olduğu grafikte görülmektedir.

Şekil 8.120.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 430 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

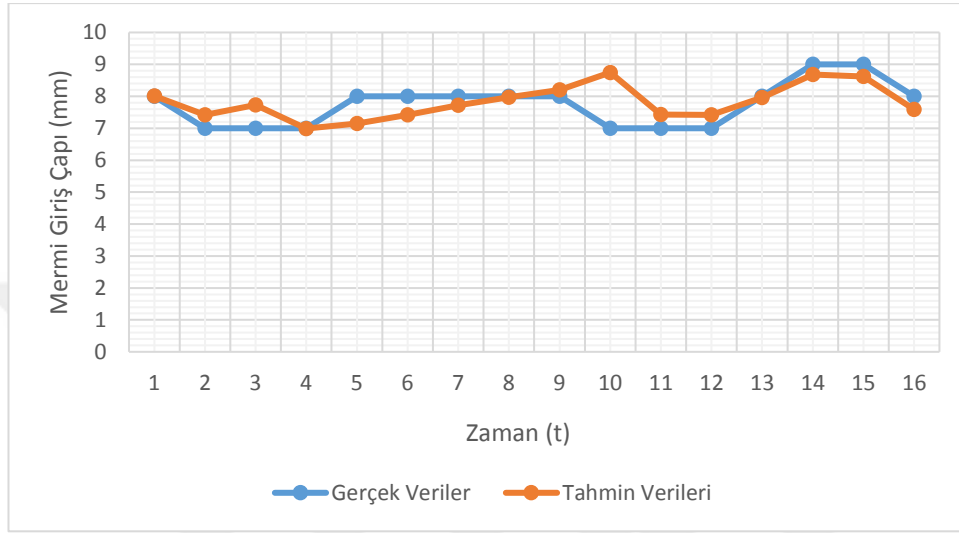
8.9.6. Balistik Testi YSA Sonuçları

- a) Mermi giriş çapı için elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.23.'de verilmiştir.

Çizelge 8.23. YSA MGÇ Değerlerinin Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

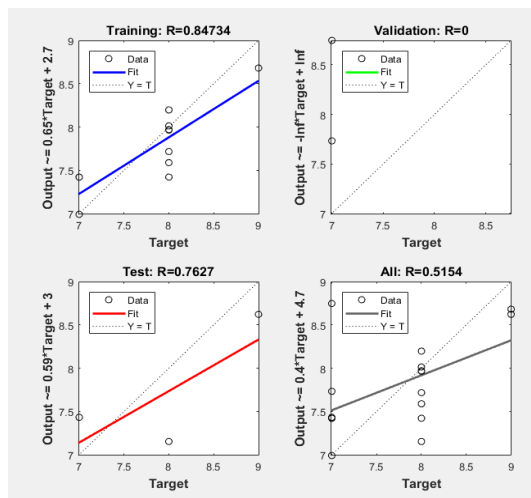
GİRDİ			ÇIKTI	TAHMİN
Mermi İlk Hızı	TiB_2	Açı	MGÇ	MGÇ
353	0	45	8	8,013676
356	1	45	7	7,421608
355	2	45	7	7,732369
354	4	45	7	6,991356
356	0	90	8	7,153396
356	1	90	8	7,421608
356	2	90	8	7,717098
356	4	90	8	7,969357
355	0	45	8	8,197212
357	1	45	7	8,746698
354	2	45	7	7,432218
354	4	45	7	7,420678
353	0	90	8	7,964357
356	1	90	9	8,681122
357	2	90	9	8,621861
355	4	90	8	7,588760

Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 6 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 0,3572, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,34 olarak bulunmuştur. Mermi giriş çapı (MGÇ) tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.121., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.122. ve Şekil 8.123.'de verilmiştir.

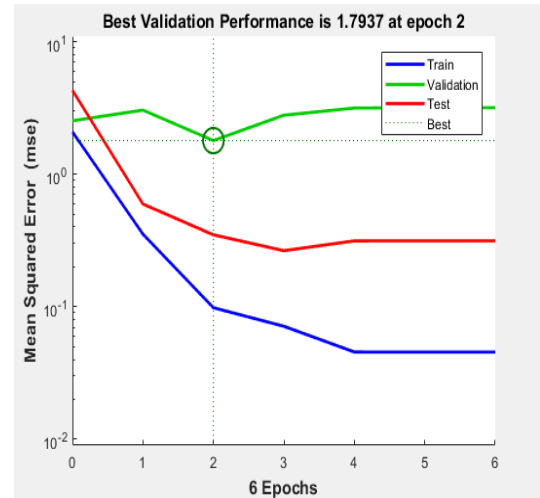


Şekil 8.121. MGÇ Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin Grafiği

Şekil 8.121.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,34 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.122. MGÇ Regresyon Grafiği



Şekil 8.123. MGÇ Performans Grafiği

Şekil 8.122.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine yakalamaya çalıştığı görülmektedir. MÇÇ değerleri için regresyon değeri $R: 0,7627$ olduğu grafikte görülmektedir. Şekil 8.123.'de grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 2 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

- b) Mermi çıkış çapı için elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması
Çizelge 8.24.'de verilmiştir.

Çizelge 8.24. YSA MÇÇ Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

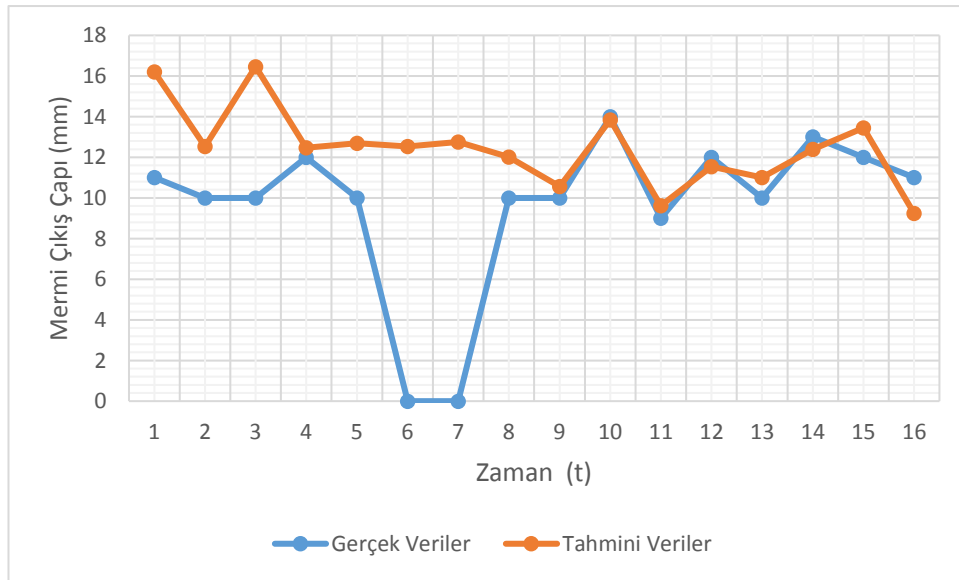
GİRDİLER			ÇIKTI	TAHMİN
Mermi İlk Hızı	TiB_2	Açı	MÇÇ	MÇÇ
353	0	45	11	16,2048
356	1	45	10	12,53707
355	2	45	10	16,46229
354	4	45	12	12,47617
356	0	90	10	12,68472
356	1	90	0	12,53707
356	2	90	0	12,75175
356	4	90	10	12,01634
355	0	45	10	10,5633
357	1	45	14	13,83529
354	2	45	9	9,613821
354	4	45	12	11,54401
353	0	90	10	11,00971
356	1	90	13	12,38955
357	2	90	12	13,45292
355	4	90	11	9,240706

Çizelge 8.24’de incelen 2 değerde hatalı tahminler çıktığı görülmektedir. Veri sayısından çok az olmasından kaynaklandığından dolayı hatalı veri tahminlerinde bulunduğu düşünülmektedir.

Çizelge 8.25. Hatalı YSA MÇÇ Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

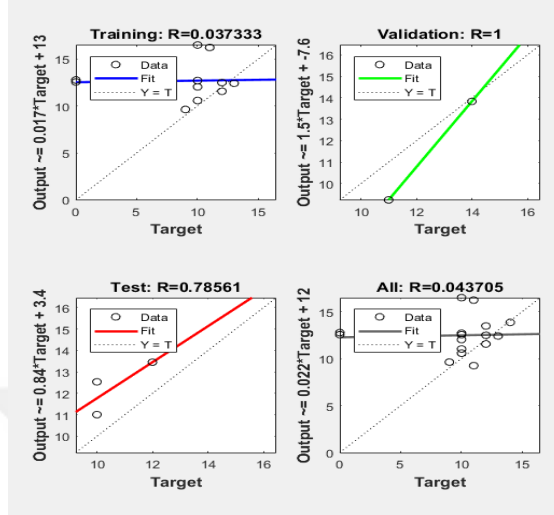
GİRDİLER			ÇIKTI	TAHMİN
Mermi İlk Hızı	TiB_2	Açı	MÇÇ	MÇÇ
356	1	90	0	12,53707
356	2	90	0	12,75175

Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 7 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 25,8813, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 33,32 olarak bulunmuştur. Mermi çıkış çapı (MÇÇ) tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.124., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.125. ve Şekil 8.126.’da verilmiştir.

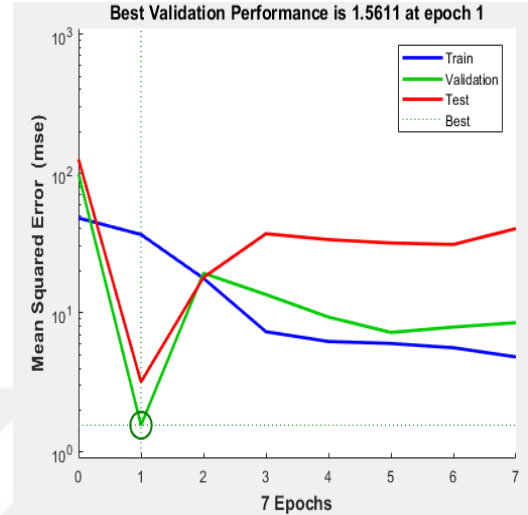


Şekil 8.124. MÇÇ Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin Grafiği

Şekil 8.124.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine paralel değerler alırken 2 veri istenilen tahminlere ulaşamamıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %33,32 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.125. MÇÇ Regresyon Grafiği



Şekil 8.126. MÇÇ Performans Grafiği

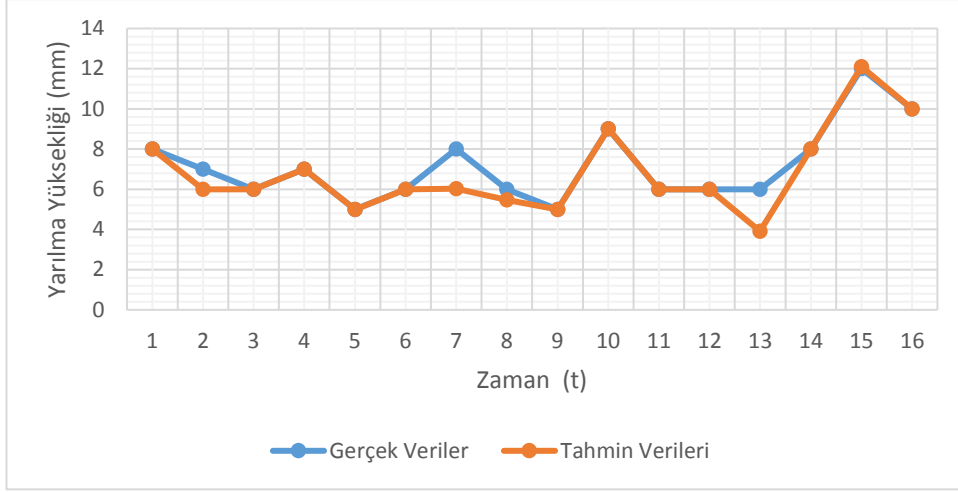
Şekil 8.125.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine yaklaştırmaya çalıştığı görülmektedir. MÇÇ değerleri için regresyon değeri $R: 0,78561$ 'dir. Şekil 8.126.'da grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 1 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

- c) Numune yarıлма yüksekliği için elde edilen YSA tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.26.'de verilmiştir.

Çizelge 8.26. YSA NYY Girdi, Çıktı ve Tahmin Değerleri

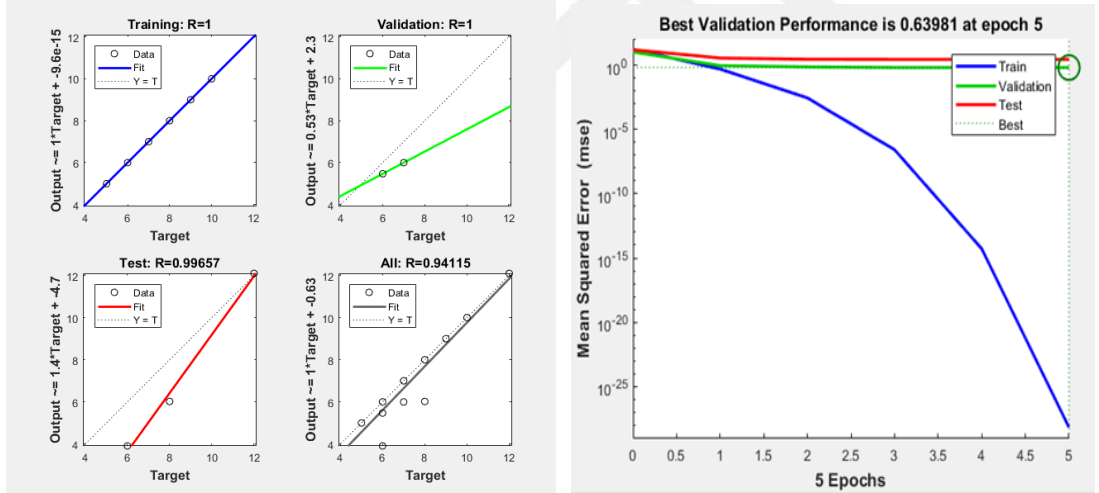
GİRDİLER			ÇIKTI	TAHMİN
Mermi İlk Hızı	TiB_2	Açı	NYY	NYY
353	0	45	8	8
356	1	45	7	6
355	2	45	6	6
354	4	45	7	7
356	0	90	5	5
356	1	90	6	6
356	2	90	8	6,0209
356	4	90	6	5,4712
355	0	45	5	5
357	1	45	9	9
354	2	45	6	6
354	4	45	6	6
353	0	90	6	3,91228
356	1	90	8	8
357	2	90	12	12,1007
355	4	90	10	10

Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 5 iterasyonda sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Ortalama hata karesi (MSE) 0,5978, Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) 0,30 olarak bulunmuştur. Numune yarıлма yüksekliği (NYY) tahmin ve gerçek verilerin grafiği Şekil 8.127., regresyon ile performans grafikleri Şekil 8.128. ve Şekil 8.129.'da verilmiştir.



Şekil 8.127. NYY Tahmin Verileri ile Gerçek Verilerin Grafiği

Şekil 8.127.'de görüldüğü gibi gerçek değerlerle tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Sistemin başarısı (MAPE) %0,30 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.128. NYY Regresyon Grafiği

Şekil 8.129. NYY Performans Grafiği

Şekil 8.128.'de grafiğinde renklerle belirtilen çizgiler incelendiğinde regresyon çizgisine yaklaşan bir doğru olduğu görülmektedir. NYY değerleri için regresyon değeri $R: 0,99657$ olduğu görülmektedir. Şekil 8.129.'da grafiğinde eğitim aşamasındayken öğrenme performansını gösteren grafikdir. Değerlerin en iyi tahmini 5 epochs değerinde yakaladığı görülmektedir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada polimer matrisli kompozit olarak kürlü kürsüz 45^0 ve 90^0 açılarla aramid elyaf takviyeli, ağırlıkça %0, %1, %2 ve %4 TiB_2 ilaveli malzemelerin mekanik özellikleri, istatistiksel analizleri ve yapay sinir ağları sonuçları olarak 3 farklı grupta incelendi.

9.1. Mekanik Deney Sonuçları

1. Hem teorik hem de deneysel yoğunluklarında ağırlıkça TiB_2 oranlarındaki artış kevların yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Gözenek miktarının (porozite) ise azaldığı görülmüştür. Gözenek miktarları 90^0 açılarla üretilen kevların ortalama olarak daha azdır. En düşük porozite değerlerine ve en iyi homojen dağılım ağırlıkça TiB_2 oranı %1 olan kevlar numunelerinde elde edilmiştir.
2. Mikroyapı sonucunda kürlü ve kürsüz olarak a TiB_2 %1, %2, %4 oranlarına sahip numunelerin ağırlıkça TiB_2 %0 olanlara göre siyah noktaların daha çok olduğu görülmektedir. Numunelerde matris elemanının başarılı bir şekilde verildiği görülmektedir. Fakat topaklar halinde toplanan partiküllerden anlaşıldığı üzere tam bir homojenlik sağlanamadığı görülmektedir.
3. Elyafın açısı 90^0 olanlar 45^0 'li olanlara göre daha yüksek sertlik değerlerine sahip oldukları görülebilir. Kürlü kürsüz durumuna bakıldığında ise kürlü olan numunelerin sertlik derğerleri daha yüksek olduğu görülmektedir. Ağırlıkça TiB_2 oranlarında artış oldukça genelde sertlik değerleri artmaktadır. 90^0 açılı numuneler 45^0 açılı numunelere göre daha yüksek değerlerin aldığı görülmektedir. Kırleme yapılan numunelerinde sertlik değerlerinin yine arttığı görülmektedir.
4. 90^0 Kevların çekme değerleri 45^0 kevlarlara göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Kevlar 45^0 ve 90^0 açılıya sahip numunelerde ağırlıkça TiB_2

oranına göre en yüksek çekme değerleri %0 numunelerinde olduğu görülmektedir. Kevlar 45⁰ ve 90⁰ açığa sahip numunelerde ağırlıkça TiB_2 oranına göre en yüksek kopma değerleri %0 numunelerinde olduğu görülmektedir. 90⁰ Kevların kopma değerleri 45⁰ kevlarlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Kevlar 45⁰ açığa sahip numunelerde ağırlıkça TiB_2 oranına göre en yüksek uzama değerleri ağırlıkça TiB_2 %1 numunelerinde olduğu görülmektedir. Kevlar 90⁰ Açığa sahip numunelerinde ise ağırlıkça TiB_2 %4 olan numunelerde olduğu görülmektedir. 90⁰ Kevların uzama değerleri 45⁰ kevlarlara göre ortalama olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Ağırlıkça TiB_2 oranı artığında uzama değerleri 45⁰ kompozitlerde azaldığını, 90⁰ kompozitlerinde ise değerlerin arttığı görülmektedir. En büyük şekil değiştirme kevlar 90⁰ kompozitlerinde olup ağırlıkça %4 TiB_2 değerlerinde olduğu görülmektedir.

5. Maksimum eğme gerilmeleri en yüksek değerleri ağırlıkça %0, %1 ve %4 TiB_2 oranlarına sahip numunelerde olduğu görülmektedir. En yüksek değer ise ağırlıkça %4 TiB_2 kevlar 90⁰ açığa sahip numunede olmuştur. Genel olarak bakıldığında ağırlıkça TiB_2 oranındaki artışlar maksimum eğme gerilmelerini arttırmakta olduğu görülmektedir. 45⁰ Elyafalarda TiB_2 oranlarının artışlarında çok azda olsa olumlu yönde etkisi olduğu görülebilirken, 90⁰ Elyafalarda artışların daha etkili olduğu görülmektedir. 45⁰ Elyafalarının maksimum eğme gerilmeleri 90⁰ Elyafalara göre daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek değerler 90⁰ elyafalarda görülmektedir.
6. Ağırlıkça TiB_2 oranları artıkça elyaf açısı 45⁰ olanlarda enerji emilimlerinde genel bir artış olduğu görülmektedir. Elyaf açısı 90⁰ olanlarda ağırlıkça TiB_2 oranları artıkça çok etkili olmadığı görülmektedir. Darbe enerji emilimlerine 90⁰ açığa sahip olan numuneler, 45⁰ açığa sahip numunelere göre daha yüksek değerler elde edilmiştir.
7. Yapılan atışlarda kevlar 90⁰ açığa, ağırlıkça %1 ve %2 TiB_2 oranına sahip ve numune arka kısmında balistik jel olan numunelerinde delinme olmamıştır.

Kevlar 45⁰ arka kısmında jel olan numunelerde her birinde delinme olmuştur. Numunelerin arka kısmında seramik köpük olanların tamamında delinme meydana gelmiştir. Numunelerde incelenen deformasyonlara göre kevlar 90⁰ olanlarda kevlar 45⁰ olanlara göre balistik ve mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görülmektedir.

9.2. İstatistiksel Analizler

1. Dolgu malzemesi TiB_2 yoğunlukları artırırken gözenek miktarların azalmasında etkili olmuştur. Porozite değerinin en düşük olduğu durum ağırlıkça TiB_2 oranı %1 olan numunelerde elde edilmiştir.
2. Sertlik testinde açıların etkisi önemsiz olduğu görülmektedir. TiB_2 oranları sertliğe olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. TiB_2 tek başına sertliğe etkisi anlamlıdır. Kütleme işlemi olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. Kürlenmiş numuneler tek başına sertliğe etkisi anlamlıdır. Açık ve TiB_2 'le beraber sertliğe olumlu yönde etkisi vardır. Açık numunelere TiB_2 ilavesi önemli anlamda etkisi vardır. Kür ve TiB_2 için istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Kür ve TiB_2 beraberken etkisi anlamsızdır. Açık ve Kür için olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açık ve Kür beraberken etkisi anlamsızdır. Açık, Kür ve TiB_2 istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB_2 oranlarında artış olduğunda genel olarak sertlik değerlerindedir bir artış olduğu görülmektedir.
3. TiB_2 için açıların çekme değerlerine olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. TiB_2 tek başına çekme değerlerine etkisi anlamlıdır. Açıların çekme değerlerine olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. Açılarının tek başına çekme değerlerine etkisi anlamlıdır. TiB_2 kopma değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB_2 tek başına kopma değerlerine etkisi anlamsızdır. Açılarının kopma değerlerine olumlu yönde etkisi olduğu görülmektedir. Açılarının tek başına kopma değerlerine etkisi anlamlıdır. Açık ve

TiB_2 kopma değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi kopma değerlerine etkisi anlamsızdır. TiB_2 uzama değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılıların uzama değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılıların tek başına uzama değerlerine etkisi anlamsızdır. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi önemli anlamda uzama değerlerine etkisi vardır.

4. Açılıların eğme gerilme değerine olumlu yönde etkisi vardır. Açılıların tek başına eğme gerilmesi değerlerine etkisi anlamlıdır. TiB_2 eğme değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TiB_2 tek başına eğme değerlerine etkisi anlamsızdır. Açılı ve TiB_2 eğme değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi eğme değerlerine etkisi anlamsızdır.
5. Açılıların darbe testi değerine olumlu yönde etkisi vardır. TiB_2 darbe testi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı ve TiB_2 darbe testi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Açılı numunelerle beraber TiB_2 ilavesi darbe testi değerlerine etkisi anlamsızdır.
6. Mermi giriş çaplarının ortalama değeri 7,75 mm, ortanca değeri 8 mm, minimum değeri 7 mm ve maksimum değeri 9 mm olduğu görülmektedir. Mermi çıkış çaplarının ortalama değeri 9,63 mm, ortanca değeri 10 mm, minimum değeri (delinmeyen numunelerden dolayı) 0 mm ve maksimum değeri 14 mm olduğu görülmektedir. Numunelerin yarılma yüksekliğinin ortalama değeri 7,19 mm, ortanca değeri 6 mm, minimum değeri 5 mm ve maksimum değeri 12 mm olduğu görülmektedir.

9.3. Yapay Sinir Ağları

1. Porozite tahmini değerler birbirlerine çok yakın değerlerdir. Bayesian Regularization algoritmasıyla 1000 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları

tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,03 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.

2. Sertlik testleri Lavenberg-Marquardt Algoritması algoritmasıyla 10 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,02 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.
3. Çekme testi Bayesian Regularization algoritmasıyla 186 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,14 hata ile çalıştığı belirlenmiştir. Kopma değerleri Bayesian Regularization algoritmasıyla 688 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,28 hata ile çalıştığı belirlenmiştir. Uzama değerleri Lavenberg-Marquardt Algoritması algoritmasıyla 5 iterasyonda sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,14 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.
4. Eğme testi Scaled Conjugate Gradient algoritmasıyla 9 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,53 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.
5. Darbe testi Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 6 iterasyonda sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,29 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.
6. MGÇ değerleri Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 6 iterasyon sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,34 hata ile çalıştığı belirlenmiştir. MÇÇ girdi, çıktı ve tahmin değerleri 2 değerde hatalı tahminler çıktığı görülmektedir. Veri sayısının çok az olmasından kaynaklandığından dolayı hatalı veri tahminlerinde bulunduğu düşünülmektedir. MÇÇ Lavenberg-Marquardt algoritmasıyla 7 iterasyonda sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %33,32 hata ile çalıştığı belirlenmiştir. NYI değerleri Lavenberg-Marquardt

algoritmasıyla 5 iterasyonda sonrasında tahmin sonuçları tamamlanmıştır. Sistemin başarısı (MAPE) %0,30 hata ile çalıştığı belirlenmiştir.

9.4. Öneriler

1. Dolgu malzemesi olarak kullanılan TiB_2 ile birlikte farklı partiküller kullanılabilir.
2. Kevların katman sayısı 12 ya da farklı kombinasyonları üzerine çalışmalar geliştirilebilir.
3. İstatistik ve YSA analizleri için veri sayısı artırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Turan M., “Tabakalı Kompozit Malzemelerde Yüksek Hızlı Darbe Hasarı”, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendis ve Makine 48 (575), ss. 3–8, 2007.
- [2] Barut C., “Aramid Esaslı Kompozit Malzemelerin Balistik Performanslarının ve Mekanik Davranışlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi , Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [3] Şahin İ., “Yapay Sinir Ağları ile Al/SiC Kompozit Malzemenin Yüzey Pürüzlülüğünün Tahmini”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 29 (1), ss. 209–216, 2014.
- [4] Durmuş F, Soykasap Ö. ve Ekrem M., “Kürleştirme Basıncının Hava Araçlarında Kullanılan Karbon Elyaf Takviyeli Epoksi Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisi”. S. El-Cezerî J. Sci. Eng, 3(1), 55-65., 2015.
- [5] Gören A. ve Kayacan M.Y., “Kürleme Metoduna Dayalı Optimum Kürleme Süresinin Belirlenmesi”, <https://www.researchgate.net/publication/269328038>, 2015. (Erişim tarihi: 11.10.2008)
- [6] Aksöz S., “Nikel-Titanyum Şekil Bellekli Alaşımın Toz Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi ile Üretimi ve Üretim Parametrelerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [7] Çiçek M.A., “Basıncın Cu-Bazlı Şekil Hafızalı Alaşımlarda Karakteristik Dönüşüm Sıcaklıkları Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2017.
- [8] Çadır S., “Piroklastik Kayaçlarda Mikro-Yapının Fiziksel ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
- [9] Ünal H. ve Yetgin S. H., “Poliamid 6 Polimeri ile Poliamid 6/Vaks Karışımının Kendi Üzerlerinde Çalışması Durumundaki Tribolojik Davranışlarının İncelenmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 31(2), ss. 457–463, 2016.

- [10] Öztürk Ö., “Poliüre Matris Malzemesi ve Cam, Aramid, Karbon Elyaf Kumaş Takviyeleri Kullanılarak Üretilen Kompozit Malzemelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2015.
- [11] Yıldızhan H., “Polimer Matrisli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [12] Çoban O., “Polimer Kompozitlerde Çevresel Etkilerin Darbe Yüklemeleri Altındaki Davranışlarına ve Kırılma Morfolojisine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [13] Yanen C., “Tabakalı Hibrit Kompozitlerin Bireysel Zırh Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [14] Yılmaz H., “Üç Fazlı Elyaf Tabakalı Karma Kompozit Yapının Balistik Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [15] Değirmenci E., “Yüksek Sıcaklığa ve Dinamik İç Basınca Maruz Kompozit Destekli Boru Tasarımı”, Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2010.
- [16] Daban Y., “Kompozit Plakalarda Farklı Tabaka Sayısı, Farklı Yapı ve İstifleme Sırasına Bağlı Optimum mekanik Özelliklerin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [17] İnternet: Aramid, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Aramid>, The in-Text Citation Formation Would be (Wikipedia, 2006). (Erişim tarihi: 11.05.2018)
- [18] Maraşoğlu D., “Titanyum Diborür (TiB_2) Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [19] Kurtoğlu K., “Titanyum Diborürün Karbotermik Redüksiyon Yöntemi ile Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [20] Acar T. ve Öğretmen T., “Çok Düzeyli İstatistiksel Yöntemler ile 2006 PISA Fen Bilimleri Performansının İncelenmesi”, Eğitim ve Bilim, 37 (163), 2012.

- [21] Ercan E., Bek Y., ve Şahin M., “SPSS’te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler 2”, Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi (BAUM), S.10. ss. 1–214, 2000.
- [22] Kürşad M.Ş., “Sıklıkla Kullanılan Kayıp Veri Yöntemlerinin Betimsel İstatistik, Güvenirlik ve Geçerlik Açısından Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [23] Peker K.Ö. ve Bacanlı S., “Dairesel Verilere Uygulanan Tanımlayıcı İstatistiksel Yöntemler ve Meteorolojik Bir Uygulama”, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (2), ss. 343–349, 2004.
- [24] Gedik İ., “İç-İçe Tasarımlarda Dayanıklı Analiz ve Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [25] Karatepe M., “Sivas İli Genelindeki Orta Öğretim Kurumlarının İç İçe Varyans Analizi Yöntemiyle Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2018.
- [26] Özkurt Ö., “Deney Tasarımları ve İstatistiksel Veri Analizleri” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
- [27] Güzeller C.O. ve Aksu G. “Matlab Yapay Zekâ ve İstatistik Uygulamaları”, Maya Akedemi Yayını Kitabı, 2018.
- [28] Kubat C., “Matlab Yapay Zekâ ve Mühendislik Uygulamaları”, Abaküs Yayını Kitabı, 2017.
- [29] Arifoğlu U., “Matlab Simulink ve Mühendislik Uygulamaları”, AlfaYayını Kitabı, 2016.
- [30] Rashevsky N., “Contribution to The Mathematical Biophysics of Visual Perception With Special Reference to The Theory of Aesthetic Values of Geometrical Patterns”, C.Psychometr, 3(4), 253-271,1938.
- [31] McCulloch W., Pitts W. S, “A Logical Calculus of The Ideas İmmanent İn Nervous Activity. The Bulletin of Mathematical Biophysics”, C. The Bullet. S. 5(4), 115-133., 1943.
- [32] Wiener N., “Cybernetics”, C. Scientific, Sayı Scientific American, 179 (5) (November 1948), ss. 14–19, 1948.
- [33] Hebb D. O., “The Organization of Behavior”, 1949.
- [34] Hopfield J. J., “Neural Networks and Physical Systems With Emergent Collective Computational Abilities ”, C. Proceeding, 1982.

- [35] Rumelhart R. J. W., David E., vd. “Learning Representations By Back-Propagating Errors”, 323 (6088), 533, 1986.
- [36] Akarslan E., “Yapay Sinir Ağları ile Mermer Kesme Makinesinde Spesifik Enerjinin Spesifik Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2009.
- [37] İmer O., “Kodeinin HPLC Tayini VE Optimizasyon Sürecinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2014.
- [38] Ongun A., “Karbon Nanotüp ve Nanokil Katkılı, Karbon Fiber / İncelenmesi, Epoksi Kompozitlerin Düşük Hız Darbe Testiyle Enerji Absorbsiyon Davranışlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2015.
- [39] Koruvatan A., “Farklı Kür Sıcaklığı ve Sürelerinde Üretilen Tabakalı Kompozit Plakaların Pimli/Civatalı Bağlantılarının Hasar Analizinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bİlimleri Enstitüsü, 2008.
- [40] Er F., “Farklı Çürük Teşhis Yöntemlerinin Aproksimal Çürüklerde in Vitro Olarak Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilim. Enstitüsü, 2013.
- [41] Aydın T., “Development of Porous Lightweight Clay Bricks Using a Replication Method”, J. Aust. Ceram. Soc., 54 (1), ss. 169–175, 2018.
- [42] Aydın, T. J Therm Anal Kalorim (2018). <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7691-z> (Erişim tarihi: 17.10.2018)
- [43] Ekşi S. ve Genel K., “Comparison of Mechanical Properties of Unidirectional and Woven Carbon , Glass and Aramid Fiber Reinforced Epoxy Composites”, 132 (3) Special issue of the 3rd International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2016).
- [44] Özen M., “E-Cam/Epoksi Kompozitlerde Lif Doğrultularının Gerilme Gevşeme Davranışı Üzerindeki Etkisi”, 29 (1), ss. 219–225, 2017.
- [45] Sahu N.P., Khande D.K., Patel G.C., Sen P.K., Bohidar S.K., “Study On Aramid Fibre and Comparison With Other Composite Materials”, International Journal for Innovative Research in Science & Technology, 1 (7), ss. 303–306, 2014.

- [46] Alpyıldız T., “Tekstil Kompozitleri Üzerine Bazı Çalışmalar”, Yüksek Lisans Tezi , Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, 2010.
- [47] Şenel M.C., Gürbüz M ve Koç E. “Grafen Takviyeli Alüminyum Esaslı Kompozitlerin Üretimi ve Karakterizasyonu”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23 (8) ss. 974–978, 2017.
- [48] Taşkiran E., “Polimer Esaslı Malzemelerde Dolgu Maddelerinin Sıcak Plaka Kaynağı Mukavemetine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi , Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [49] Bayram A. ve Yazıcı M., “Partikül Takviyeli Polyester Kompozitlerin Eğilme ve Basma Özellikleri”, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1 (2–3), ss. 153–159, 1995.
- [50] Altun C., “Kompozit Dolgu Materyallerinde Son Gelişmeler”, 47(1), Gülhane Tıp Dergisi, ss. 77–82, 2005.
- [51] Wang G., Yu D., Kelkar A. D., ve Zhang L., “Emerging Reinforcing Filler in Polymer Matrix Composite Materials”, Progress in Polymer Science, 75(1) Elsevier Ltd, ss. 73–107, 2017.
- [52] Güner D. ve Öztürk H., “Püskürtme İnce Kaplamaların Mekanik Özelliklerinin Kür Süresine Göre Değişiminin İncelenmesi”, 32 (1), ss. 121–132, 2017.
- [53] Ulcay Y., Akyol M. ve Gemci R. “Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin Arabirim Mukavemeti Üzerine Farklı Kür Metotlarının Etkisinin İncelenmesi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 7 (1), ss. 93–116, 2002.
- [54] Ate E. ve Kadir Ş., “Parçacık ve Fiber Takviyeli Polimer Kompozitlerin Yoğunluk ve Basma Dayanımı Özellikleri”, 26 (2), ss. 479–486, 2011.
- [55] Gökçer B., “Mermer Tozu ve Cam Elyaf katkılı Çimento Harçlarının Aşınma, Yüksek Sıcaklık ve Donma-Çözülme Davranışlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi , Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [56] Gülan L., “Atık Mermer Tozu ve Cam Elyaf Katkısının Betondaki Karbonatlaşmaya Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.

- [57] Bölükbaş Y., “Cam Elyaf Katkılı Beton Numunelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2011.
- [58] Sezer H.K., Eren O., Börklü H.R. ve Özdemir V., “Karbon Fiber Takviyeli Polimer Kompozitlerin Ergiyik Biriktirme Yöntemi İle Eklemeli İmalatı: Fiber Oranı ve Yazdırma Parametrelerinin Mekanik Özelliklere Etkisi”. S. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2018.
- [59] Sugözü B. ve Dağhan B., “Fren Sürtünme Malzemelerinde Aşındırıcıların (Alümina, Silika, Zirkon) Tribolojik Özellikleri”, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(1), ss. 14–23, 2018.
- [60] Türken T., “Gümüş Nanopartiküller ile Kompozit İnce Boşluklu fiber (Hollow Fiber) Membran Üretimi, Karakterizasyonu ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [61] Öksüzöğlu S., “Al-Si-Mg Alaşımlarında Tane İnceltme İşleminin Mekanik Özellik ve Mikro Yapı Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
- [62] Çetin S., “Alüminyum Esaslı Seramik Takviyeli Mekanik Alaşımlama Yöntemiyle Üretilmiş Kompozit Malzemenin Mikro Yapısının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
- [63] Doğan K., “Karbon Nano Tüp ve Grafen Nano Partikül Katkılı Fenolik Reçine Matrisli Nanokompozitlerin Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
- [64] Erdem A.R. ve Uyanık N., “Mikrodalga ile Kürleştirilen Epoksi Nano Kompozitlerin Polidimetil Siloksan ile Modifikasyonu”, İTÜ Dergisi/c Fen Bilimleri 7(1), 67-76 Kasım 2009.
- [65] Bel T., Arslan C. ve Baydoğan N., “Nanokompozitin Atom Transfer Radikal Polimerizasyon Tekniği ile Üretilmesi ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2017.
- [66] Döndüren H. V. ve Karacasulu S. S., “Plastik Enjeksiyon Kalıplarında PVC (Polivinil Klorür) ve PC (Polikarbonat) İçin En Uygun Kalıp Çeliği Seçimi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (2), ss. 46–53, 2015.

- [67] Durgun I., “Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Kompozit Parça Üretimi”, Otekon’14 7. Otomotiv Teknolojileri Kongresi 26 – 27 Mayıs 2014.
- [68] Zhu D., Mobasher B., Asce M., Rajan S. D., Asce M., “Dynamic Tensile Testing of Kevlar 49 Fabrics”, Journal of Materials in Civil Engineering. ss. 230–240, 2011.
- [69] Kesarla H., Rohit K., Mohod A., Tanji S., ve Mane O., ScienceDirect Study on Tensile Behavior of Fly Ash Reinforced Hybrid Polymer Matrix Composite”, Materials Today: Proceedings, 5 (5), Elsevier Ltd, ss. 11922–11932, 2018.
- [70] Sarasini F., Tirillò J., Valente M., Ferrante L., Cioffi S., Iannace S., Sorrentino, Luigi, “Hybrid Composites Based on Aramid and Basalt Woven Fabrics : Impact Damage Modes and Residual Flexural Properties”, Materials and Design, c. 49. Elsevier Ltd, ss. 290–302, 2013.
- [71] Gümülcine T., Bekem A., Doğu M., Gemici Z., ve Ünal A., “İzoftalik Polyester Matrisli Sürekli E-Camı ve Bazalt Fiber Takviyeli Kompozitlerin Mekanik Özellikleri Üzerine Deneysel Bir Çalışma”, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, S.212, ss. 104–115, 2013.
- [72] Sayer M., “Hibrit Kompozitlerin Darbe Davranışlarının İncelenmesi”, Doktora Tezi ,Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [73] Esendemir Ü. ve Caner A.Y., “Tabakalı Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (1), ss. 207–215, 2018.
- [74] Metin M., “E-Camı/Epoksi Tabakalı Kompozitlerde Düşük Hızlı Darbe Hasarının Burkulma Özelliklerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi , Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [75] Bora M. Ö., “Polimer Kompozitlerin Tekrarlı Darbe Yüklemeleri Altındaki Davranışı”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [76] Kayacan M. C., Delikanlı Y. E., Duman B., ve Özsoy K., “Ti6Al4v Toz Alaşımı Kullanılarak SLS ile Üretilen Geçişli (Değişken) Gözenekli Numunelerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, 1 (1), ss. 127–143, 2018.

- [77] Kumar A., Chavan V. V., Ahmad S, ve Alagirusamy R., “International Journal of Impact Engineering Ballistic Impact Response of Kevlar Reinforced Thermoplastic Composite Armors”, International Journal of Impact Engineering, c. 89. Elsevier Ltd, ss. 1–13, 2016.
- [78] Haro E. E., Szpunar J. A., ve A. G. Odesi, ““Ballistic Impact Response of Laminated Hybrid Materials Made of 5086-H32 Aluminum Alloy , Epoxy and Kevlar Ö Fabrics İmpregnated With Shear Thickening Fluid”, Composites Part A, c. 87. Elsevier Ltd, ss. 54–65, 2016.
- [79] Korkmaz M., “Aramid Kumaş Özelliklerine Bağlı İplik Çekme (Yarn Pull–Out) Testi ile Çok Katlı Dikişli Yapıların Balistik Performansının Deneysel Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [80] Alarçin S., “Savunma Sanayiinde Kullanılan Kompozit Malzemelerin Balistik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi , Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [81] Karakan G., “Yüksek Performanslı Liflerin Balistik Amaçlı Kullanımı”, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, S.2, ss. 67–73, 2008.
- [82] Memiş Ö., “Balistik Amaçlı Fiber Takviyeli Polimer Matriksli Kompozitler”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [83] Yalçın E.B., “Farklı Kumaş ve Farklı Yöntemlerle Üretilmiş CTP Kompozitlerin Balistik Davranışlarının İncelenmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [84] Atasoy M.H., “Beton Basınç Problemlerinin Çözümlerinde SPSS ve YSA Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [85] Yıldırım A., “İstatiksel Deney Tasarım Çalışması ile Akrilonitril Bütadien Stiren(ABS) Yüzeylere Uygulanabilir, Uv Kürlenebilir Kaplama Formülasyonu Geliştirme”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [86] Sungur M. A., Ankaralı H., ve Cangür Ş., “Faktöriyel Varyans Analizi ve Etkileşim Etkisinin Çoklu Karşılaştırma Yöntemi ile İncelenmesi”, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(1), ss. 13–20, 2017.

- [87] Demir L., “İstatistiksel Deney Tasarımı Yöntemi ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [88] Aykan B., “Kalsit Ocaklarında Patlatılan Kayacın Parça Boyutunun Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmin Edilebilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [89] Durmuş H., Kahraman F., Karadeniz Ö., “Plazma Nitrürlenmiş Wiroloy Nikel-Krom Alaşımının Sertlik Değişiminin Yapay Sinir Ağları ile İncelenmesi”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 2009.
- [90] V. M. K. Ndesendo vd., “Optimization of a Polymer Composite Employing Molecular Mechanic Simulations and Artificial Neural Networks for a Novel Intravaginal Bioadhesive Drug Delivery Device”, *Pharmaceutical Development and Technology*, 17(4), 407–420, 2012.
- [91] Ataseven B., “Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi”, *Öneri* 10 (39), 101-115, 2013.
- [92] Yadav A.K., Malik H., Mittal A. P., “Artificial Neural Network Fitting Tool Based Prediction of Solar Radiation for Identifying Solar Power Potential”, *J. Electr.*, 1-5, Eng 2015.
- [93] Yazıcı M., “Poli (Etilen-Oksit) (PEO)/KİL Nanokompozit Malzemelerin Isısal ve Termomekanik Özelliklerinin Deneysel Olarak Saptanması ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi ,On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [94] Zhang Z. ve Friedrich K., “Artificial Neural Networks Applied to Polymer Composites”, *C. Composites*. ss. 2029–2044, 2003.
- [95] Karnik S. R., Gaitonde V. N., Rubio J. C., Correia A. E., Abrão A. M., ve Davim J. P., “Delamination Analysis in High Speed Drilling of Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP) Using Artificial Neural Network Model”, *Materials*. ss. 1768–1776, 2008.
- [96] Kumar C. S., Arumugam V., Sengottuvelusamy R., Srinivasan S., ve Dhakal H. N., “Failure Strength Prediction of Glass / Epoxy Composite Laminates From Acoustic Emission Parameters Using Artificial Neural Network”, *Appl. Acoust.*, c. 115, ss. 32–41, 2017.

- [97] Artero-Guerrero J. A., Pernas-sánchez J., Martín-Montal J., Varas D., ve López-Puente J., “The Influence of Laminate Stacking Sequence on Ballistic Limit Using a Combined Experimental Artificial Neural Networks (ANN) Methodology”, *Composite Structures*, c. 183. Elsevier Ltd, ss. 299–308, 2018.
- [98] M. Kayri, “Predictive Abilities of Bayesian Regularization and Levenberg – Marquardt Algorithms in Artificial Neural Networks : A Comparative Empirical Study on Social Data”, *Mathematical and Computational Applications*, 2016.
- [99] Khaze S. R., Masdari M., ve Hojjatkhah S., “Application of Artificial Neural Networks Inestimating Participation In Elections”, *International Journal of Information Technology, Modeling and Computing (IJITMC)* 1 (3), 2013.
- [100] Islak S., Akkaş M., Kaya Ü. ve Güleç H. G., “Cu-Tic Kompozitlerin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) Modeli ile Tahmini”, *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, 12(3), 122-129, 2017.
- [101] Shafyei A., Anijdan S. H. M., ve Bahrami A., “Prediction of Porosity Percent in Al – Si Casting Alloys Using ANN”, *C. Materials*. ss. 206–210, 2006.