



T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BORAKSIN BİOTABANLI POLİMERİK KOMPOZİTLER ÜZERİNDEKİ
TERMAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Selen YAKAR

Çorum 2019

**BORAKSIN BİOTABANLI POLİMERİK KOMPOZİTLER
ÜZERİNDEKİ TERMAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Selen YAKAR

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

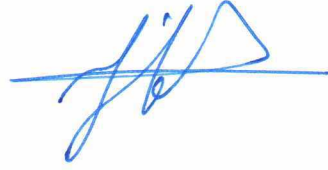
Yüksek Lisans Tezi

**TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BİLİCİ**

Çorum 2019

Selen YAKAR tarafından hazırlanan “Boraksın Biotabanlı Polimerik Kompozitler Üzerindeki Termal ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması 14/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BİLİCİ



Doç. Dr. Abdurrahman ASAN



Doç. Dr. Barış ŞİMŞEK



Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 12/07/2019 tarihli ve 2019/153.. sayılı kararı ile Selen YAKAR'ın Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.



Doç. Dr. Cengiz BAYKASOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.



Selen YAKAR

BORAKSIN BİOTABANLI POLİMERİK KOMPOZİTLER ÜZERİNDEKİ TERMAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Selen YAKAR

HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte kompozit malzeme üretimine olan ilgi de artmıştır. Bu durum aynı zamanda doğal lif destekli kompozit malzemelere olan ilgiyi artırmaktadır. Üretilen kompozit malzemelerin daha ekonomik olması için bu tür malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerin geliştirilmesi ve maliyetin düşürülmesi için çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu çalışmada atık olarak görülen ve yakılarak bertaraf edilen mobilya üretim atığı çam talaşları ile geri dönüştürülmüş polietilenin bağlayıcı olarak kullanıldığı kompozit malzeme üretilmiş ve bu kompozite boraksın etkileri incelenmiştir. Dolgu maddesi oranı, uyumlaştırıcı ve boraksın parameter olarak incelendiği çalışmada üretilen kompozitler üzerinde mekanik analizler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan malzemeler FTIR ve DSC ile karakterize edilmiştir. Elde edilen kompozitlerde ayrıca morfolojik yapı ve LOI indeksleri ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlarda atıklardan üretilen kompozit malzemelerin göstermiş olduğu mekanik ve ısıl davranışların birçok uygulama alanı olabileceği tespit edilmiştir. Daha detaylı ve sayısal modellemelerle, istenilen ürün çeşitine ve kullanım amacına göre çalışmada gerçekleştirilen biotabanlı kompozitlerin kullanılabilceği belirlenmiştir.

MagPE oranı arttıkça dayanımın arttığı söylenebilir. Dolgu oranının artmasıyla %

uzama beklendiği gibi azalma göstermiştir. Boraks katkısının ve uyumlaştırıcının (MagPE) % uzamaya fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Şişme testlerinde boraks miktarındaki artışın hacim ve kütledeki davranışı etkilemediği kaydedilmiştir. Dolgu (talaş) oranı yüksek olan numunelerde ise boraks miktarının uzamaya belirgin bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. %30 ve %50 dolgu oranına sahip numunelerde dayanım kuvvetinin daha yüksek olduğu ve boraks oranının değişmesiyle çok etkilenmediği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bio tabanlı kompozit, Boraks, Kompozit malzeme

**INVESTIGATION OF THE THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF BORAX ON BIO BASED POLYMERIC COMPOSITES**

Selen YAKAR

HITIT UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

With the development of technology, interest in composite material production has increased. This also increases the interest in natural fiber reinforced composite materials. Numerous researches have been made to improve the physical and mechanical properties of such materials and to reduce costs in order to make the composite materials more economical. In this study, composite material is produced using pine sawdust which is seen as waste and disposed of by incineration and recycled polyethylene as binder and the effects of borax to this composite were investigated. In this study, filler ratio, compatibilizer and borax were analysed as parameters and mechanical analyses were performed on the produced composites. The materials used were characterised by FTIR and DSC. Morphological structure and LOI indexes were also measured in the obtained composites.

In the results obtained, it was determined that the mechanical and thermal behaviours of composite materials produced from wastes can be used in many applications. With more detailed and numerical modelling, it was determined that biobased composites performed in the study could be used according to the desired product type and intended use.

It can be said that the strength increases as the MagPE ratio increases. With increasing filling (sawdust) rate; it is an expected result that the % elongation decreases, and so is the result. It was determined that the borax additive and the MagPE had no effect on % elongation. It was noted that the increase in the amount of borax in swelling tests did not affect the behavior in volume and mass. It was observed that borax amount did not have a significant effect on elongation in samples with high sawdust rate. It was observed that the strength was higher in the samples with 30% and 50% sawdust rate and was not affected much by the change of borax ratio.

Keywords: Bio based composites, Borax, Composite material.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın ortaya konulmasında, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren, sınırsız desteklerini ve yardımlarını gördüğüm kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Bilici'ye sınırsız teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın deney aşamasında yardımlarını gördüğüm başta Arş. Gör. Beytullah Öz olmak üzere tüm HÜBTUAM personeline teşekkür ederim.

Benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, eğitim hayatım ve tez çalışmam süresince yine sonsuz desteklerini gördüğüm sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
KISALTMALAR.....	xv
2.1. Polietilen (PE).....	8
2.1.1. PE Özellikleri.....	9
2.1.3. PE Kullanım Alanları.....	11
2.2. Boraks.....	14
2.2.1. Boraksın Özellikleri.....	15
2.2.2. Boraksın Sınıflandırılması.....	16
2.2.3. Boraksın Kullanım Alanları.....	17
2.3. Literatür Çalışmaları.....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	35
3.1.1. Boraks.....	35
3.1.2. Polietilen.....	35
3.1.3. Uyumlaştırıcı.....	35

3.1.4. Dolgu Malzemesi	35
3.2. Kullanılan Cihazlar	35
3.2.1. Mikser	35
3.2.2. Parçalayıcı	36
3.2.3. Laboratuvar Tipi Mini Enjeksiyon Kalıp Hazırlama Cihazı	37
3.3. Yöntem	37
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	41
4.1. Geri Dönüştürülmüş Polietilen (rPE) FTIR ve DSC Analizleri	41
4.4. Sertlik Testi	44
4.5. Çekme Testi	48
4.6. Şişme Testi.....	58
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	65
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları	18
Çizelge 3.1. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve miktarları	40
Çizelge 4.1. Şişme Deneyi Ölçüm Sonuçları	63
Çizelge 4.1.(Devam) Şişme Deneyi Ölçüm Sonuçları	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Geri dönüştürülmüş polietilen (rPE) FTIR analizleri	41
Şekil 4.2. Geri dönüştürülmüş polietilen (rPE) DSC analizleri	42
Şekil 4.3. Karışık kompozit örnek plastogramı.....	44
Şekil 4.4. A tipi cihazla ölçülen sertlik değerleri ve standart sapmaları	45
Şekil 4.5. D tipi cihazla ölçülen sertlik değerleri ve standart sapmaları	45
Şekil 4.6. Çekme sonuçları – gerilmeye etkileri	48
Şekil 4.7. Çekme sonuçları – uzamaya etkileri	49
Şekil 4.8. Boraks katkısız numunelerde uyumlaştırıcının % uzamaya etkisi	50
Şekil 4.9. Boraks katkısız numunelerde uyumlaştırıcının kuvvet etkisi	50
Şekil 4.10. %3 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının % uzamaya etkisi	51
Şekil 4.11. %3 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının kuvvet etkisi	51
Şekil 4.12. %5 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının % uzamaya etkisi	52
Şekil 4.13. %5 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının kuvvet etkisi	52
Şekil 4.14. Uyumlaştırıcı katkısız numunelerde boraksın % uzamaya etkisi	53
Şekil 4.15. Uyumlaştırıcı katkısız numunelerde boraksın kuvvete etkisi	53
Şekil 4.16. %3 Uyumlaştırıcı katkılı numunelerde boraksın % uzamaya etkisi	54
Şekil 4.17. %3 Uyumlaştırıcı katkılı numunelerde boraksın kuvvete etkisi	54
Şekil 4.18. %5 Uyumlaştırıcı katkılı numunelerde boraksın % uzamaya etkisi	55
Şekil 4.19. %5 Uyumlaştırıcı katkılı numunelerde boraksın kuvvete etkisi	55
Şekil 4.20. Boraks katkısız numunelerde harcanan enerji	56
Şekil 4.21. %3 Boraks katkılı numunelerde harcanan enerji	56
Şekil 4.22. %5 Boraks katkılı numunelerde harcanan enerji	57

Şekil	Sayfa
Şekil 4.23. Boraks katkısız numunelerde 48 saat sonra kütle değişimi	58
Şekil 4.24. Boraks katkısız numunelerde 48 saat sonra hacim değişimi	59
Şekil 4.25. %3 Boraks katkılı numunelerde 48 saat sonra kütle değişimi	60
Şekil 4.26. %3 Boraks katkılı numunelerde 48 saat sonra hacim değişimi	60
Şekil 4.27.%5 Boraks katkılı numunelerde 48 saat sonra kütle değişimi	61
Şekil 4.28. %5 Boraks katkılı numunelerde 48 saat sonra hacim değişimi	61

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Kompozit malzemenin takviye ediciye göre sınıflandırılması	5
Resim 2.2. Tabakalı kompozit malzeme kesiti.....	7
Resim 2.3. Polietilen granülleri.....	10
Resim 2.4. Polietilen levha, çubuk ve granül olarak bulunur	11
Resim 3.1. Brabender / W50 EHT + Plastograph EC Plus Mikse	36
Resim 3.2. Retsch kesmeli öğütücü SM 100.....	36
Resim 3.3. Thermo Scientific HAAKE Minijet II Kalıp Hazırlama Cihazı	37
Resim 3.4. Karıştırma işleminde kullanılan mikser	38
Resim 3.5. Kırma işleminde kullanılan Retsch parçalayıcı ve parçalanmış numune .	38
Resim 3.6. Kalıplama işleminde kullanılan Haake minijet II	39
Resim 3.7. Kalıp sonucu elde edilen çekme numunesi	39
Resim 4.1.a. Çam kerestesi talaşı SEM görüntüleri.....	43
Resim 4.1.b. Çamkerestesi talaşı ayrıntılı SEM görüntüleri	43
Resim 4.2.a. Kompozitlerin yüksek gerilimde SEM görüntüsü.....	47
Resim 4.2.b. Kompozitlerin düşük gerilimde SEM görüntüsü	47

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

AA	Asetik Anhidrit
APK	Ahşap Polimer Kompozitler
AYPE	Alçak Yoğunluklu Polietilen
BO	Bütülen Oksit
CSA	Hindistan cevizi kabuğu külü
DMA	Dinamik mekanik analiz
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSC	Diferansiyel tarama kalorimetrisi
FR	Alev geciktirici
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
GE	Cam Epoksi
GFRP	Cam elyaf takviyeli polimer
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Poli Etilen
HDT	Isı saptırma sıcaklığı
IPBC	3-iodo-2-propenil bütül karbamat
LOI	Limit Oksijen İndeksi
M.Ö.	Milattan önce
M.S.	Milattan sonra
MagPE	Maleik anhidritle aşılınmış polietilen
MAPE	Ortalama mutlak yüzde hata
MMC	Metal Matrisli Birleşik Malzemeler

MOE	Elastikiyet modülü
MOR	Kopma modülü
PE	Polietilen
PO	Propilen Oksit
PP	Polipropilen
PVA	Polivinil Alkol
PVC	Polivinil
PVA	Polivinil alkol
PVC	Polivinil klorür
rPE	Geri dönüştürülmüş polietilen
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
TGA	Termogravimetrik Analiz
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TS	Kalınlık şişmesi
UV	Ultra Viyole
WA	Su emme
WF	Odun unu
WPC	Ağaç plastik kompozitler
A-Al ₂ O ₃	Alfa Alumina
YYPE	Yüksek Yoğunluklu Poli Etilen

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, birbirinden değişik özelliklere sahip iki ya da ikiden fazla malzemenin birleştirilmesiyle oluşturulur. Kompozit malzemeye eşsiz özelliklerini kazandırmak için farklı malzemeler bir arada çalışır, fakat kompozit malzeme içerisindeki farklı malzemeleri ayırt etmek kolaydır. Birbirleri içinde çözünmezler veya birbirlerine karışmazlar.

Birleştirmedeki amaç, bileşenlerin hiçbirinde yalnız haldeyken bulunmayan bir özelliğın oluşturulmasıdır. Bileşenlerin bir araya gelerek kendilerinden daha üstün niteliklere sahip olan bir malzeme oluşturması hedeflenmektedir. Kompozit malzemeler çekirdeğı oluşturan bir fiber malzeme, çekirdeğın etrafında hacimsel yoğunluk oluşturan bir matris malzemedden oluşur. Bir araya gelip kompoziti oluşturan bu malzemelerden, çekirdeğı meydana getiren fiber malzeme kompozitin dayanıklılık ve yük taşıma özelliğini, matris malzeme ise deformasyona geçişte görülebilecek çatlak ilerlemesinin önüne geçici vazife almakta ve oluşan kompozit malzemeye kopma geciktirmesi kazandırmaktadır. Matris oluşmasını sağlayan malzemenin bir görevi de fiber malzemelerin yük uygulandığında bir arada kalmasını sağlamak ve yükün lifler arasındaki dağılımını homojenize etmektir (Onat, 2015)

2. KURAMSAL BİLGİLER

Kompozit Malzemelerin Özellikleri

Hafiflik en başta gelen özelliklerindedir ve polimer kompozitler genellikle 1,5 ila 2 gr/cm³ yoğunluğundadırlar. Metal kompozitler, 2,5 ila 4,5 gr/cm³ arasındadır. Genleşme katsayıları düşüktür, sert ve güçlüdür aynı zamanda sağlam boyut kararlılığı gösterir. Gelişmiş mekanik özellikler gösterirler. Çekme, basma, yorulma, darbe mukavemetleri çok iyidir. Kimyasal dayanımları yüksektir. Kompozitler pek çok kimyasal maddeye, asitlere, alkalilere, çözücülere ve açık hava koşullarına oldukça yüksek mukavemet gösterirler. Kimya tesislerinde çoğunlukla kullanılan malzemelerdir. Isı dayanımları yüksektir. Kompozitlerdeki ısı mukavemeti katkısız plastiklere oranla daha iyidir. Kompozitlerin elektriksel özellikleri ihtiyaca göre ayarlanabilir. Metal Matrisli Birleşik Malzemeler (MMC)'ler iletkenidir (Alsaran,) Kompozitler doğada bulunurlar. Odun, lignin adı verilen daha güçsüz bir madde ile tutulan karmaşık bir nişasta olan uzun selüloz lifleri ile bir kompozit oluşturur. Selüloz bununla birlikte pamuk ve ketende de vardır, fakat odunun bir pamuk lif demetinden çok daha güçlü olmasını sağlayan ligninin bağlanma gücüdür (Anonim).

Vücudumuzda bulunan kemikler de kompozitlere güzel bir örnektir. Esas olarak kalsiyum fosfat yapıda olan hidroksiapatit olarak adlandırılan sert ve kırılğan bir materyalden ve bir protein olan kollajen olarak adlandırılan yumuşak ve esnek bir materyalden yapılmıştır. Kollajen ayrıca saç ve tırnaklarda da bulunur. İskelette kendi başına bulunması çok fazla kullanışlı olmazdı, ancak hidroksiapatit ile birleşerek vücudu desteklemek için kemiğe gerekli olan özellikleri verir (Anonim).

İnsanlar binlerce yıldır kompozit malzemeleri kullanmışlardır. Örneğin çamurdan yapılan tuğlaları değerlendirirsek, kurutulmuş çamurdan oluşan bir pastayı bükmeye çalışırsak hemen kırılır, fakat ezmeye ya da sıkıştırmaya tabi tuttuğumuzda güçlüdür. Bir parça samanı ele aldığımızda, germe uygulursak güçlüdür, ama kırıp ufaladığımızda neredeyse hiç gücü yoktur. Çamur ve samanı bir blokta birleştirdiğimizde, iki malzemenin özellikleri de birleşmiş olur ve hem sıkma hem de

yırılma veya bükülmeye karşı güçlü bir tuğla elde edilir. Daha teknik olarak hem iyi sıkıştırma mukavemeti hem de iyi çekme mukavemetine sahip olur (Williams, 2015).

İyi bilinen bir başka kompozit ise betondur. Burada küçük taşlar veya çakıllar çimento ile birbirine bağlanır. Beton, sıkıştırma altında iyi bir mukavemete sahiptir ve kompozit malzemeye metal çubuklar, teller, ağlar veya kablolar ekleyerek gerilim altında daha güçlü hale getirilebilir (böylece betonarme elde edilir) (Williams, 2015) Metal bakır ile kombine edilmiş grafen adı verilen bir karbon formundan yapılmış kompozitler kendi başına bakırdan 500 kat daha güçlü bir malzeme üretmiştir. Benzer şekilde, bir grafen ve nikel kompoziti nikelden 180 kat daha büyük bir kuvvete sahiptir (Williams, 2015).

Cam elyafı ise, filamentler veya cam elyafı ile takviye edilmiş plastikten yapılmıştır. Bu filamentler birlikte paketlenmiş ve dokuma bir hasır halinde, ya da bazen kısa boylarda kesilmiş rasgele yönlendirilmiş halde plastik matris içinde bulunabilir (Williams, 2015).

Termoplastik tabanlı polimer kompozitlerin üretilmesinde ise lignoselülozik materyaller ile polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC) benzeri plastik malzemeler kullanılmaktadır. Termoplastik tabanlı polimerlerin lignoselülozik materyaller ile karıştırılmasıyla üretilen malzemelere ahşap-polimer kompozitleri (APK) adı verilir. Bu kompozitler pek çok organik ve inorganik dolgu maddesi kullanılarak üretilebilirler. Araştırmacılar ve endüstriyel işletmeler kalsiyum sülfat, alüminyum silikat, kalsiyum karbonat ve titanyum dioksit gibi inorganik dolgu maddelerinin makina parçalarında oluşturduğu aşınma ve pahalı olmalarından dolayı alternatif dolgu maddeleri araştırmaktadırlar. İnorganik dolgu materyaline alternatif olarak öne sürülen buğday sapı, orman endüstri atıkları, odun tozu ve yıllık bitkiler gibi organik dolgu maddelerinin doğadan elde edilebilmeleri ve pahalı olmamaları nedeniyle avantajlar yaratmaktadırlar. Organik dolgu maddeleri kompozit malzemelerin maliyetine katkı sağladığı gibi performanslarını da arttırmaktadır. APK üretiminde saf (bakır) plastik veya geri dönüşümle elde edilen plastiklerde kullanılabilir (Kaymakçı, 2012).

Kompozit malzemeler bina ve yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozitlerin endüstriyel metotlarla üretilebilmeleri yapı sektöründe kullanılmasını kolaylaştırmıştır. Yapılardaki faydalı bölümler artırılmakta, ısı, ses ve nem yalıtımı gibi fiziksel problemler ortadan kaldırılmakta, bakım ve tamirat için gerekli maliyetleri azaltılmaktadır (Uzer, 1996).

Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Yapılarında birçok malzeme bulunduran kompozit malzemelerin sınıflandırılması çok farklı şekillerde yapılabilir. En yaygın olarak kullanılan sınıflandırma şekli, yapısında bulundurduğu matris ve takviye malzemesi dikkate alınarak yapılmaktadır.

Matris malzemeye göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Matris malzemeler, kompozitlerin kullanım alanı ve üretim yöntemleriyle ilgili olarak seramik, metal veya polimer malzemelerden meydana gelebilir. (Seydibeyoğlu, 2012).

Metal matrisli kompozit malzemeler; türlü metal ve metal alaşımı malzemeler esas alınarak oluşturulan kompozitlerdir. Metal esaslı kompozit malzemeler takviye edildikleri malzemelerin cinsiyle orantılı olarak daha güçlü özellikler kazanırlar. Seramik malzemelerin yüksek elastikliği ile metal malzemelerin şekil değiştirmesi kombinlenerek gerilme ve aşınma dayanımı güçlü olan malzemeler oluşturulabilir (Seydibeyoğlu, 2012).

Seramik matrisli kompozit malzemeler; seramik malzemeler hafif ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı oldukları ($d= 1,5 - 3,0 \text{ gr/cm}^3$) için çok kullanışlıdır. Yüksek sıcaklıklarda çalışılacak parçalarda genel olarak seramik tabanlı kompozit malzemeler kullanılır. Sert ve kırılabilirlikleri yüksek olduğu için çok düşük süneklik ve toklukları vardır ve termal şoklara karşı dayanıklı değildirler. Dolayısıyla genellikle liflerle takviye edilirler. Bununla birlikte çok yüksek elastiklik modülü ve çok yüksek çalışma sıcaklıkları vardır. Seramik kompozitler, yüksek sıcaklıklara çok dayanıklı oldukları gibi rijit ve gevrek bir yapıları vardır. Elektriğe karşı çok güçlü

yalıtkandırlar (Seydibeyoğlu, 2012).

Polimer matrisli kompozit malzemeler; polimer matrisli kompozitler çoğunlukla petrokimya tabanlı malzemelerdir ve kullanım alanları çok yaygındır. Polimerik kompozitler aşınmaya dayanıklı, uzun ömürlü, kolay işlenebilen, şekillendirilebilen, birim kütle başına yük kapasitesi yüksek malzemelerdir (Vasiliev ve Morozov, 2001).

Polimer matrisli kompozitler, termoset ve termoplastik matrisli kompozitler olarak ikiye ayrılır.

Termoset matrisler; sıvı olarak bulunurlar ve katılaştırıcı eklenerek jel ve daha sonra katı hale geçerler. Lif takviyeli kompozit oluşumunda daha yaygın olarak kullanılır. Termoset malzemeler izotropiktirler. Düşük viskoziteli halleri lif takviyeli kompozit yapımında daha kullanışlıdır. Poliamidler, plastikler arasında şekil verilebilen, sıcaklığa dayanımı en yüksek polimerlerdir. (Itoh ve ark., 2002).

Termoplastik matrisler; genel olarak sünek yapıdırlar ve sıcaklık etkisiyle eritilebilir ve soğutarak katılaştırılabilirler ve bu durum malzemeye şekil alabilme özelliği kazandırır. Termoplastikler amorf veya yarı kristalin yapıda olabilirler. Amorf termoplastiklerde moleküller rastgele dizili bir yapıdadır. Kristalin kısımdaysa moleküller sıkı paketlenmiş düzenli bir yapıdadır (Kaya, 2015).

Takviye malzemeye göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması



Resim 2.1. Kompozit malzemenin takviye ediciye göre sınıflandırılması (Vasiliev ve Morozov, 2001)

Elyaf takviyeli kompozitler; kompozit malzemelerin en yaygın türüdür. Takviye malzemesi olarak en çok cam kullanılmaktadır. Matris malzeme olarak da plastik

reçineler kullanılmaktadır ve ucuz olması nedeniyle polyeşter en çok kullanılanıdır. Lif takviyeli kompozit malzemelerde bir araya getirilen malzemeler, birbirlerinden farklı moleküler boyutlardadır ve mekanik olarak birbirinden ayrılabilirler. Matris malzeme (reçineler) termoset veya termoplastik olabilir. Takviye lifleri, uzun ve kısa lifler, dokuma kumaş gibi farklı şekillerde olabilirler. Her birisi farklı özellikler meydana getirir. Oluşturulan kompozit malzemenin özellikleri, liflerin kompozit malzeme içerisinde nasıl dizildiğine bağlıdır (Vasiliev ve Morozov, 2001).

Parçacık takviyeli kompozitler; takviye malzemesinin boyutları, kullanılan takviye malzemesinin özelliklerinin, kompozit malzemeye olan katkısını belirler. Parçacıklar, genel olarak kompozitin sertliğini artırır ancak mukavemetini fazla artıramazlar. Parçacık dolgular, fiziksel ve mekanik özellikleri güçlendirmek için kullanılmakla birlikte çok yaygın olarak maliyeti düşürmek için kullanılırlar. Parçacık dolgulu kompozit malzemenin performansını etkileyen çok farklı nedenler vardır. Bunların içinde, parçacık boyutları, boyut dağılımları, yüzey enerjileri, hacimsel oranlar, homojen dağılıp dağılmadıkları, eksen oranı kompozit özelliklerini etkiler (Kaya, 2016).

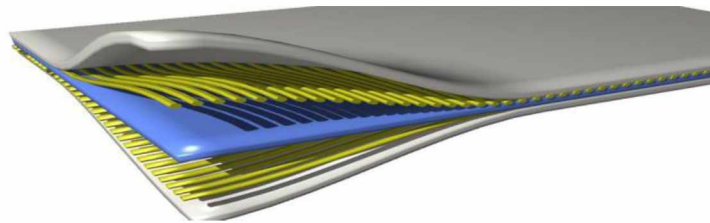
Tabakalı kompozitler; farklı elyaf dizilmelerine sahip tabakaların birleşimi ile çok yüksek dayanıklılık değerleri elde edilir. Sıcaklık ve neme karşı dayanıklı yapılar oluşturulur. Metallerle oranla hafiftir ve yüksek dayanıklılık göstermeleri nedeniyle tercih edilirler. Katmanlı kompozit malzemeler düşük maliyetle elde edilip yüksek mukavemet ya da hafiflik gösterirler, bununla birlikte korozyon direnci, gelişmiş görünüm ve harika ısı genleşme yapısına sahiptirler (Kaya, 2016).

Karma kompozitler; aynı kompozit yapıda iki ya da daha fazla cinsten takviye elemanının bulunabildiği kompozitlerdir. Bu kompozitlere “hibrid kompozitler” adı verilir. Yeni kompozit cinslerinin keşfedilmesine uygun bir alandır. Kevlar maliyetsiz bir elyaf cinsidir fakat basma dayanıklılığı düşüktür. Grafit ise; düşük toklukta, masraflı fakat iyi basmadayanımı olan bir elyaftır. Bu iki elyafın birlikte kullanıldığı hibrid kompozit grafit kompozitten iyi tokluğa, kevlar elyafı kompozitten yüksek basma dayanıklılığına sahiptir ve daha ucuza mal edilmektedir

(Kaya, 2016).

Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Gelişen teknoloji ve güvenlik korkusuyla, uzun ömürlü, aşınmaya dayanıklı, güçlü ısı özelliklerine sahip, hafif, maliyeti düşük malzemelere gereksinim artmıştır. Gereksinim duyulan malzemeye daha hızlı ulaşılabilirlik istenmesi yeni gereksinimleri öne sürmüştür. Bir roket, sıcaklıktaki düşüşler ve sürtünmeden kaynaklanan aşınmaların etkisinde kalacaktır. Roketin tasarımı yapılırken ısıya ve aşınmaya dirençli malzeme gereklidir. Gereklilik yüksek hızları yapabilmek için, bulunmuş en iyi en dayanıklı malzemeye gereksinim vardır. Yüksek hızla çalışan trenler rüzgarın etkisiyle çok kuvvetli basınç değerlerine maruz kalır. Kuşların tren camına çarpma riskleri yüksektir. Dolayısıyla tren camının maruz kalma ihtimali olan güçlere karşı dayanıklı malzemeden yapılmış olması gerekmektedir. Kurşun geçirmez yelekler, uçakların kanatları ve pek çok alanda kullanılacak malzemelerde dayanım aranmaktadır. Askeri araçlarda ve silahlarda, gemilerde de gelişmiş malzemelere gereksinim olmaktadır. Kompozitlerin bugün istenen pek çok özelliği karşılayan sunulabilecek tek malzeme seçeneği olduğu düşünülmektedir. Kompozitler üzerindeki araştırma ve geliştirme çalışmaları birçok ülkede devam etmekte ve gelişen sanayiyle birlikte daha güçlü özellikler kazanmaya devam etmektedir. Kompozit malzemelerin kıyaslanabilecek diğer malzeme gruplarına oranla daha dirençli ve hafif olmaları onları daha değerli hale getirmektedir (Çakmak, 2016).



Resim 2.2. Tabakalı Kompozit malzeme kesiti (Giryana, 2018)

Kompozit malzemelerin kullanım alanlarının sınıflandırılması:

1- Polimer kompozitler; bağlayıcı malzeme olarak polyester ve epoksi kullanılır. Kullanım alanları yaygındır. Takviye malzemeler cam fiber, karbon fiber, bor fiber olarak sıralanabilir. Denizcilik ve otomotiv sanayisinde kullanılmaktadır.

2- Seramik kompozitler; seramik malzemeler kullanılır (SiC_2 , Si_3N_4 , TiB, TiN vs.). Uzay araçları, askeri araçlarda kullanılır.

3- Metal kompozitler; uzay ve havacılık endüstrisinde kullanılır.

Gelişen teknolojiyle metal kompozitlerin kullanımı artmaktadır. Özellikle havacılık ve denizcilik endüstrisinde (deniz motorsikleti, kanolar, motorlu tekneler vs.), otomotiv sektörü (kaportalar, kamyon panelleri, trafik levhaları vs.), inşaat sektörü (binalardaki kaplamaları, çatıların kaplanması ve köprüler vs.), gıda ve tarım sektörü (seralar, sulama kanalları, depolama tankları vs.), savunma sanayinde, tıbbi cihazların imalatında, kimya sanayinde metal kompozitler kullanılmaktadır (Çakmak, 2016).

Dayanıklı ve hafif olmaları en büyük avantajlarıdır. Güçlü yalıtım sağlayabildikleri için elektrik-elektronik sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil alabilirlikleri nedeniyle malzemeye istenilen şeklin verilmesi ve istenilen alan için tasarlanıp uygulanması kolaydır. Kimyasal dayanımı nedeniyle korozyona oldukça mukavemettir. Şeffaf renklidir denilebilir. Neredeyse cam kadar ışık geçirme özelliğine sahiptir. Yüksek sıcaklığa ve UV ışınlarına dayanıklıdır. Tamir edilebilmesi mümkündür (Çakmak, 2016).

2.1. Polietilen (PE)

Polietilen birbirlerinden değişik ürünlerde kullanılan yarı geçirgen, şekil değiştirebilen ve mukavemetli bir termoplastiktir. İsmi monomer haldeki etilenden gelmiş olup, etilen kullanılarak polietilen üretilir. Adının kısaltması plastik endüstrisinde PE'dir. Polietilen molekülü en sade durumuyla, iki hidrojen atomuyla kovalent bağ ile birleşen ikili karbon atomlarının birbirleriyle bağ yapmasıyla meydana gelen bir polimerdir. C_2H_4 etilen molekülü, kimyasal ikili bağ yapmış iki CH_2 'den meydana gelir. ($CH_2=CH_2$). Etilen polimerizasyon yaparak polietileni oluştur. Polimerizasyon

yöntemi, radikal polimerizasyon, anyonik polimerizasyon, iyon koordinasyon polimerizasyonu ve katyonik polimerizasyon yöntemleri ile olabilir. Bu yöntemleri kullanarak değişik polietilen üretimi olur (Anonim, 2008).

2.1.1. PE Özellikleri

PE kimyasal mukavemeti yüksek bir malzeme olup, düşük yoğunluğa sahip, sürtünme katsayısı düşük, kaygan bir malzemedir. Su veya nem emme özelliği sıfıra yakın değerdedir. Poliporilen ve PVC'ye oranla daha az rijit ve daha yumuşak malzemedir. Molekül ağırlığı polietilen'i karakterize eden bir unsurdur. Düşük moleküler ağırlık, yüksek moleküler ağırlık ve ultra high moleküler ağırlık olarak üç gruba ayrılır. Özellikle çok iyi aşınma dayanımına sahip olup metallerle sürtünme çalışmasında mükemmel dayanım gösterir. Polimerleşme derecesi 'n' şeklinde tanımlanıp 100 -250000 arası monomer maddenin biraraya gelmesi ile ortaya çıkar. Düşük monomerli polietilenler 8-100 arası monomer bileşkesinden meydana gelir. Düşük monomerli (8-100 monomerli) polietilenler çoğunlukla macunsu kıvama sahiptir. Polietilen maddenin yoğunluğu dallanma fonksiyonunu belirler. Dallanma yükseldiğinde, yoğunluk azalarak macuna benzer kıvama gelir ve muma benzeyen macun kıvamındaki polietilenin yoğunluğu düşüktür (Anonim, 2008).

2.1.2. PE Sınıflandırılması

Polietilenler yoğunluk ile kimyasal özellikleri dikkate alınarak çeşitli gruplara ayrılırlar. Mekanik özellikleri, moleküler ağırlığı, dallanma tipi, kristal yapısına bağlıdır.

(YYPE) Yüksek Yoğunluklu PE (Polietilen)

Polietilenin dallanma fonksiyonu ile hammaddesinin yoğunluğu ters orantılıdır. Dallanma az ise yoğunluk fazladır. $0,94-0,97 \text{ gr-cm}^3$ yoğunluğa sahip polietilen yüksek yoğunluklu polietilendir. Yoğunluk arttıkça sertlik artar (Anonim, 2008).

(AYPE) Alçak Yoğunluklu PE (Polietilen)

Dallanma fazla ise yoğunluk azdır. Hammadde oluştururken, kristalleşme aşamasında, dallanmalar oluşarak düşük yoğunluklu polimerlere neden olabilmektedirler. Bütil ve etil gruplara ayrılan dallanmalar, kimi zaman zincirleme dallanmalara yol açar. Alçak yoğunluklu polietilen oluşumunda yoğunluk 0,90-0,94 gr/cm³ civarındadır. Alçak Yoğunluklu – Çizgisel Polietilen Ana hatta ve rasgele meydana gelen çizgisel polietilendir. Alkali gruba bağlı olup yoğunluğu ise 0,90-0,94 gr/cm³'tür. Yumuşak malzeme üretiminde kullanılmaktadır (Anonim, 2008).

Çok Alçak Yoğunluklu Pe (Polietilen)

Kısa zincirli dallanmanın daha çok gerçekleştiği polietilendir. Yoğunluğu 0,86-0,90 gr/cm³ 'tür. İkincil Polimer, Etilen-Vinyl Ester Üretim biçimi alçak yoğunluklu PE ye benzer. Üretim aşamasında yüksek basınç kullanılır. Dallanmalar daha uzun olmasına rağmen kısa zincirlerden meydana gelir. Asetatlar ana hatlarda bulunur. İyonomer Polietilen Akriklik asitin metal tuzu, nötrleştirilmiş olarak, etilen polietilenin, ikincil polimerleştirilmesiyle meydana gelir (Anonim, 2008).



Resim 2.3.Polietilen granülleri
(<http://www.ilkeplastik.net/index.php/urunlerimiz/polietilen>)

Özellikleri çeşitleriyle ilgili olarak farklılaşmasına rağmen harici şartlar ve neme karşı iyi direnç, esneklik, zayıf mekaniksel kuvvet ve üstün kimyasal direnç genel özellikleri olarak kabul edilebilir. Kaplar, kutular, kaplamalar, boru ve tüpler, mutfak eşyaları, oyuncaklar, kablolarda yalıtkan tabakalar, paketleme ve ambalaj filmleri gibi çok kullanım alanı bulunmaktadır ve maliyeti düşüktür (Anonim, 2008).

2.1.3. PE Kullanım Alanları

Dünyada yaygın olarak tercih edilen plastiklerden olup endüstrideki alanları oldukça fazladır. PE, uzun raf ömrüne sahip gıdaların, güvenli olarak teslimatı yapılacak kimyasalların, ülkenin her yerine temin edilecek temiz suların, çizilmelere karşı korunacak yeni arabaların ve bunun gibi yararlı uygulamaların düşük bir maliyetle paketlenmesini sağlar. Kömür depolarında konveyör sistemlerinde, oluklarda, gıda endüstrilerinde, çimento ve kireç sistemlerinde, asit pompalarında, filtre sistemlerinde kullanılır. Levha ve çubuk olarak bulunur (Anonim, 2008).



Resim 2.4. Polietilen levha, çubuk ve granül olarak bulunur
(<https://seridokum.com/urun/polietilen/>)

Evlerde en sık tercih edilen plastik çeşididir. Çamaşır suyu, deterjan ve şampuan şişeleri, motor yağı şişeleri, çöp torbaları gibi çok fazla alanda yararlanılır. (Anonim, 2008).

Çok çeşitli ürün yapımında kullanılan polietilen bir termoplastiktir. Adını monomer haldeki etilenden almış olup, etilenin kullanılmasıyla polietilen oluşturulur. Plastik endüstrisinde kısaltılarak PE şeklinde adlandırılır. Etilenin polimerizasyonu ile oluşturulan polietilen, polimerizasyon metodunun çeşitine göre (radikal polimerizasyon, iyon koordinasyon polimerizasyonu, anyonik ve katyonik polimerizasyon) farklı tipte oluşmaktadır (Anonim, 2008).

James M. Eagan ve arkadaşları, polietilen ve polipropilen içeren atıkların yeniden plastik üretiminde kullanılabilmesini sağlayan bir katkı maddesi bulmuştur.

Geliştirilen katkı malzemesi de polietilen ve polipropilen gibi polimer yapısına sahiptir ve tekrarlayan kısımlardan meydana gelmektedir. Coates, polietilen ve polipropilen içeren atık malzemeleri %1 oranında katkı maddesi ekleyerek geri dönüştürebildiklerini belirtmiştir. Bunun sonucunda meydana gelen yeni plastik çok güçlü bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla katkı maddesini, geri dönüşümün yanında yeni plastiklerin üretiminde kullanmanında mümkün olduğu görülmüştür. (Cornell Üniversitesi, Ocak, 2017).

Nanokompozit lif yapıları ile lifler modifiye edilebilirler. Polimer matris veya kaplamaya katılan nanopartiküller farklı optik performans, yüksek sürtünme dayanımı, kolay temizlenebilme özellikleri kazandırabilirler ve boya alma kapasitelerini arttırabilirler. Nanokompozit teknolojisi, yapılarına katılan çevreci nanoparçacıklarla polimerik malzemelerin yanma/tutuşma davranışına zorlaştırıcı yönde etki edebilirler. Polyester, naylon ve polietilen matrislerine, %5 ile %20 ağırlık oranı arasında karbon nanopartikül ilavesi ile elde edilen kompozitlerin, adı geçen polimer matrislerin kimyasal dayanım ve elektrik iletkenliğini arttırdıkları bulunmuştur (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Yoğun miktarda tercih edilen, piyasada kullanılan çeşit özellikle şeffaf yapıdakilerdir. Şeffaflık derecesi yoğunlukla ilgili olup yoğunluk arttıkça şeffaflık oranı yükselir, şeffaflık oranı yükseldikçe de sertlik ve mukavemet artmakta, yumuşama sıcaklığı da yükselmekte ve bu türlere gaz ve sıvı maddelerin etki etmesi de zorlaşmaktadır. Piyasada, farklı yoğunlukta polietilen çeşitleri mevcuttur. Yüksek yoğunluklu polietilenler kırılmaya, kopmaya ve parçalanmaya karşı direncini kaybettiği için bunların kalıplanabilmesi için yüksek sıcaklık ve basınç gerekir (Anonim, 2015).

Polietileni meydana getiren etilen petrolde yüksek miktarda bulunan alifatik

hidrokarbonların parçalanması ile ve düşük miktarda, etanolün katalitik dehidrogenasyonu ile oluşur. Orta ve düşük yoğunluktaki polietilen, saf etilenin 20.000-35.000 psi basınç altında, 150-250 °C'de ve oksijenin yüksek miktarda bulunduğu yerlerde polimerize edilerek oluşturulur. 50-150 °C arasında da yüksek yoğunluklu, 150 °C civarında orta yoğunluklu, 200 °C civarında düşük yoğunluklu polietilen eldesi sağlanır. Yoğunluğun yüksek eldesi için reaksiyon sıcaklığı düşürülürken basınç da düşürülür. Düşük yoğunluktaki polietilenin yumuşama sıcaklığı 105-115 °C'ler arasında olup bu polietilen 75 °C'ye kadar dayanıklıdır ve bu dereceye kadar olan sıcaklıklarda sürekli kullanılabilir. Yüksek yoğunluklu polietilen için kullanılma sıcaklığı 25 ile 40 °C arasında olup çok uzun zincir halindeki yapıya sahip yüksek yoğunluklu polietilenler %85-95 oranında şeffaftır. Düşük yoğunluklu polietilenler çeşitli sınıflara ayrılmıştır ve %50-85'i şeffaftır (Anonim, 2015).

PE dış darbelere ve neme dayanıklı olup dallanma özelliğine bağlı olarak sert ya da yumuşak üretilebilir, nem içeren alanlarda ve uygulamalarda kullanılabilir. Özellikle, sıvı maddeleri ambalajlamada, tuzruhu ve çamaşır suyu gibi tahriş edici temizlik kimyasallarının ambalajlanmasında kullanılır. Dayanıklı ve sert olanlar, tahriş gücü yüksek kimyasallar için tercih edilir. Birincil plastik olarak isimlendirilen polietilen maddeler, artık plastik olarak isimlendirilen, dönüşümlü plastiklere oranla daha canlı durur ve daha sağlamdır. Birincil plastik yani polietilen maddeden elde edilmiş malzemeler, geri dönüşüm sektöründe, geri dönüştürülebilir madde olarak tanımlanır. (Anonim, 2008).

Oyuncak sektöründe, birincil plastik olarak üretilen oyuncaklar, daha pahalı ve daha kalitelidir. Temizlik malzemelerinin ambalajları da birincil plastik yani polietilen maddeden elde edilmiş olup oyuncaklar gibi, bu ambalajlarda kaliteli yapıdadır. Otomotiv, mutfak eşyaları, (kova, leğen vb.) gibi eşyalar, polietilen maddesi ile imal edilir (Anonim, 2008).

Dayanıklı ambalajlar, yüksek yoğunluklu polietilenden üretilip, sıvı maddelere ve

özellikle tahriş edici kimyasal temizlik malzemelerinin ambalajlanmasında kullanılmakta, daha yumuşak malzemelerin gerektiği alanlarda ise alçak yoğunluklu polietilen maddeler kullanılmaktadır. Dallanmanın fazla olması ile polietilen maddenin yoğunluğu düşer ve böylece daha esnek yapı meydana gelir. Saydam ve cam benzeri yapıdaki polietilen, züccaciye ve çeşitli sektörlerde kullanılmakta olup, kırılabilirliği fazla olan yerlerde, polietilen maddeden yapılan saydam malzemeler üretilir. Böylece kullanışlılığı daha fazladır. Polietilen maddesinde dallanmaya malzemenin yoğunluğu ayarlanabilir; önemli olan, yoğunluğun üretilecek malzeme için yeterli olmasıdır. Kullanım alanına göre üretilen malzemeler, sert veya yumuşak olarak üretilmektedir. Bu sebeple polietilen maddeler, malzemenin kullanım alanına göre kimyasal işlemlerden geçirilmektedir (Anonim, 2008).

2.2. Boraks

Boraks, tuzlu göl sularının evaporasyonu ile meydana gelen bir mineraldir. Evaporitik ortamlarda oluşur. Karbonatlar, sülfatlar ve halit gibi diğer evaporasyon mineralleri ile bir arada bulunur (Anonim, 2018).

Bor, doğal olarak meydana gelen toprakta bulunan ve yeryüzündeki minerallerden kaynaklanan, doğal olarak oluşan bir elementtir. Bor adının Arapça Buraq veya Farsça Burah kelimesinden türediği düşünülmektedir. Bor altın oluşturmak için ilk kez Babilliler tarafından kullanılmıştır. Tibet göllerinden çıkarılarak Himalayalar'ı geçerek Hindistan ve Mezopotamya'dan geçen yollar üzerinden ithal edilen Boraks'dan faydalanmışlardır. Bor bileşikleri Yunanlılar ve Romalılar tarafından temizlik maddesi olarak kullanılmıştır. Arap doktorlar M.S 875 senesinde ilaç olarak kullanmışlardır. (Moseman, 1994).

Bor mineralleri yapılarında farklı oranlarda bor oksit (B_2O_3) bulundurulur. Türkiye'de çoğunlukla rastlananları Tinkal, Kolemanit ve Üleksit'dir. En önemli tinkal yatakları Kırka, Emet ve Bigadiç, kolemanit yatakları Emet, Bigadiç ve Küçükler, üleksit yatakları ise Bigadiç, Kırka ve Emet çevresinde bulunmaktadır (Yenmez, 2009).

Borun oksijen ile bileşik yapmış halleri çoğunlukla Türkiye, ABD, Arjantin, Rusya, Kazakistan, Çin, Bolivya, Peru ve Şili'de ekonomik boyutlardaki bor yatakları bulunmaktadır (Kılıç, 2004).

Bor madenleri, topraktan çıkarılıp (tüvenan cevher) kırma, eleme, yıkama ve öğütme işlemleri yapıldıktan sonra, ilgili sanayilerde kullanıma hazır hale getirilmektedir. Arapça'da boraks manasına gelen "baurach" kelimesi İran ve Arabistan'daki 2000 yıl kadar önceden kalma el yazmalarında görülmektedir. Tinkal Boraks dekahidrat kimyasal bileşiğinin doğal durumudur ve Sanskritçe'de boraks manasına gelen Tincana'dan türemiştir. Boratların M.Ö. 300 yıllarından kalan Çin işi seramiklerde ve Babil uygarlığı döneminden önce altın ergitici olarak kullanıldığı bilinmektedir. Marco Polo 13. yüzyıl sonlarında Avrupa'ya Tibet'ten boraks getirmiş ve o dönemlerde lehimleme ve sırlamada kullanılmıştır. Türkiye'deki boratlar 13. yüzyıldan beri bilinmesine karşı günümüze kadar sık kullanılmamıştır. Doğal borik asit olan sasolit minerali 1772 senesinde İtalya Tuscany'de sıcak su kaynaklarında bulunmuştur. Sonrasında Şili ve Arjantin'deki boratlar 1836 senesinde bulunmuş ve bu yataklar 19. yüzyılın sonlarına kadar dünyada bor elde edilen en büyük kaynaklar durumuna gelmiştir. 1864 senesinde de ABD'nin California ve Nevada eyaletlerindeki bor madeni yatakları keşfedilmiştir. (Konuk ve Yersel, 1993; Cebi ve Yersel, 1994; Özkan, 1994; Lyday, 1995; Roskill, 1995).

Tinkal veya doğal boraks dekahidrat ticari bor minerallerinin en önemlilerindedir. Genel olarak doğada şeffaf ve saydam olarak bulunur ve yapısındaki diğer bileşenlerin etkisiyle pembe veya gri tonlarda da bulunabilir (Buluttekin, 2008).

2.2.1. Boraksın Özellikleri

Bor, periyodik cetvelde B sembolüyle ifade edilen, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81, yoğunluğu 2.84 gr/cm³, ergime noktası 23°C ve kaynama noktası 25.50°C olan, metal ve ametal arası yarı iletken bir elementtir. Doğada genel olarak diğer elementlerle bileşikler halinde bulunur. Doğada 23° civarında bor minerali vardır. Oksijenle kolay bağ oluşturduğu için doğada oldukça fazla bor-oksijen bileşimleri bulunmaktadır ve bunlar genel olarak boratlar olarak adlandırılır (Yılmaz, 2002)

Kimyasal bileşimi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 'dir. Kristal sistemi monoklinikdir. Kristal biçimi kısa prizmatik kristalli, bazen levhamsıdır. İkizlenme: $\{100\}$ Yüzeyinde nadiren. Sertlik 2-2.5 civarındadır. Özgül Ağırlığı 1.715 tir. Dilinimi $\{100\}$ mükemmeldir. Renk ve şeffaflığı; renksiz, beyaz, grimsi, yeşilimsi, mavimsi; şeffaf-yarışeffaftır. Çizgi rengi beyazdır. Parlaklığı; camsı, bazen toprağımsıdır. Ayırıcı özellikleri; kristal şekli, düşük özgül ağırlığı ve suda çözünübilirliğidir (Anonim, 2018).

2.2.2. Boraksın Sınıflandırılması

Dünyada 40 üzerinde bor cevheri bulunmasına rağmen az bir bölümü uygun çalışma şartları gösterir, önem sırasına göre; Kolemanit, Tinkal, Razorit, Ulexsit, Pandemit

1.Kolemanit: $2 \text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Teorik olarak %51 B_2O_3 , %27 CaO ve %22 H_2O içerir. CaO safsızlığı, Na_2CO_3 ve NaHCO_3 ile CaCO_2 çamuru olarak bağlanır ve boraks, H_3SO_4 ile işleme sokularak CaSO_4 olarak bağlanır ve asitborik meydana gelir. Ülkemiz çok önemli rezervlere sahiptir. Kütahya çevresinde Etibank'a ait EMET yatakları ve Bigadiç bölgesi kolemanit yatakları yüksek rezervlere sahiptir (Taneri, 1968).

2.Tinkal: (Tabi Boraks) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ Hindistan'da Tibet'te bulunmuştur. Bilinen en eski bor filizidir ve genel olarak renksiz, nadiren sarı veya yeşil renkte yağlı kil halinde ve sabun sertliğinde ham borakstır. İçinde %20 civarında suda çözünmeyen maddeler dışında NaCl , Na_2SO_4 , CaSO_4 gibi safsızlıklar da taşır. Tabu Boraks rafine edilerek saf boraks elde edilir. Bugün sadece Tibet ve Hindistan'da işlenen bir filizdir. Ayrıca Kaliforniya, Nevada ve Güney Amerika'da da bulunmaktadır (Taneri, 1968).

3.Razorit: $\text{NaB}_4\text{O}_7 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ İçindeki gayri safiyetler için çok küçük miktarda NaHCO eklenecek sulu boraks meydana gelir. Kimi zaman, yüksek miktarda organik madde ve kil içerdiğinde işlenmesi sırasında süzerken zorluk oluşturabilir. Ülkemizde Eskişehir çevresinde yüksek rezervler bulunmaktadır (Taneri, 1968).

4.Üleksit: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 0.2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ Kuzey ve Güney Amerika ile ülkemizde Bigadiç havzasında bulunur. %7,6 Na_2O , %13,8 CaO , %43 B_2O_3 ve %35,6 H_2O içerir. Yapısındaki Na, asitborik üretimine uygun olmasa da boraks üretimi için uygundur. Beyaz renkli ve lifimsi özelliktedir (Taneri, 1968).

5.Pandermit: Kafi bir formülü yoktur, $4 \text{CaO} \cdot 5 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} - 2 \text{CaO} \cdot 3 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ arasında değişen bir bileşim gösterir. Beyaz renkli mermere benzer görünümündedir, kırılması veya öğütülebilmesi zordur. Bor tuzlarını üretmek için yararlanılan diğer cevherlere oranla kırılıp dökülme ve fazla alkali ve buhar harcaması nedeniyle masraflı sayılabilirler. Kırılıp öğütüldükten sonra Na^+CO ve NaHCO_3 ile işleme sokularak aşağıdaki reaksiyonla boraks oluşturulur;

$$2 (4 \text{CaO} \cdot 5 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 6 \text{Na HCO}_3 + 33 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 8 \text{Ca CO}_3 + 5 (\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$

Bahsedilen cevherler haricinde, Rusya'da ve Kazakistan'da bulunan AŞARİT ($\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) İtalya Toskana'da volkanik kraterlerden çıkan su buharından yoğunlaşan ve tabii borikasit olan SASSOLİN (H_3BO) ve Mg havi diğer bir bor filizi olan BORASİT ($5 \text{MgO} \cdot 7\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgC}_{13}$) mevzii olan ve bor tuzlarından elde edilen minerallerdir. Ülkemiz, Amerika ve Rusya'dan sonra Bor cevheri bakımından en zengin ve en çeşitli rezervleri taşımaktadır. Adını ihraç edildiği liman olan Bandırma'dan alan Pandermit, Susurluk civarında Sultançayıri mevkiinde, çok eskiden beri işletilmekteydi (Taneri, 1968).

2.2.3. Boraksın Kullanım Alanları

Bor kimyasallarının düşük ergime noktaları, camsı yapı oluşmasına ve sıcaklık mukavemetine destek olma, leke çıkartma, temizleme ve ağartma, alev geciktirme, korozyon dayanımı, antiseptik ve antibakteriyel özellikleri, asitlik ve alkali seviyelerini dengeleme, güçlü iletkenlik ve nötron emme kapasiteleri ve metabolizmaya etkileri gibi temel özellikleri bor kimyasallarının yaygın olarak ve pek çok alanda kullanılmalarını sağlamaktadır. (TMMOB Bor Sektör Raporu, 2016).

Tinkal (sodyum tetraborat-boraks) yüzyıllar öncesinden bu yana kullanılmaktadır. Sümerler ve Hititliler metal üzerindeki oksit tabakasını çözebilirliği nedeniyle altın, gümüş işlemeciliğinde, lehimlemede, Mezopotamyalılar ve Mısırlılar antiseptik

olarak, Çinliler cam, seramik üretiminde, Romalılar dezenfektan olarak ve cam üretiminde, Araplarda da doktorların boraksı ilaç olarak kullandığına dair verilere ulaşılmıştır. Bor bileşenlerinin Tibet'ten getirildiği bildirilmiştir fakat Romalıların Anadoludaki kaynakları da değerlendirmiş olma ihtimalleri yüksektir (Güyağüler, 2001).

Çizelge 2.1. Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları (Anonim, 2003)

Ürün	Kullanım Alanları
Amorf ve Kristal Bor	Nükleer silahlar, güç reaktörlerinde muhafaza, metallerde alaşım elemanı ve deoksidan, bakır ve alaşımlarında gaz giderici, Alüminyum dökümlerinde tane rafinasyonu, yarı iletkenlerde vb.
Bor Esterleri	Yangın geciktiricileri, polimerizasyon reaksiyonları için katalizör.
Bor Flamentleri	Havacılık ve spor malzemeleri için kompozitler.
Bor Halidleri (Tuzları)	İlaç sanayii, elektronik parçalar, fiber optikler
Bor Karbid	Kesme ekipman bileyicileri, endüstriyel yataklar, çok yüksek sıcaklıklarda korozyon ve oksitlenme direnci gerektiren ekipmanlar
Bor Karbür	Asken araçlarda zırh plakaları, uzay mekiklerinde dış yüzey koruyucu, aşındırıcılar, yüzey parlaticılar
Borazon	Yüksek hızlı kesiciler
Borik Asit	Antiseptikler, göz damlaları, yangın geciktirici, naylon, fotoğrafçılık, tekstil, dericilik, gübre, emaye, nikel kaplama
Kalsiyum Bor Cevheri (Kolemanit)	Tekstil kalite cam elyafı, bor alaşımları, cüruf yapıcılar
Özel Sodyum Boratlar	Fotoğrafçılık kimyasalları, tekstil, deterjan ve temizlik malzemeleri, gübreler ve zirai araçlar
Sodyum Bor Cevheri (Uleksit ve Probertit)	Yalıtım cam elyafı
Sodyum Bor Hidrürleri	Özel kimyasalları saflaştırma, kağıt hamurunu beyazlaştırma, metal yüzeylerin temizlenmesi
Sodyum Metaborat	Yapıştırıcı, deterjan, zirai ilaçlama, fotoğrafçılık, tekstil
Sodyum Pentaborat	Yangın geciktirici, gübre
Sodyum Perborat	Deterjan ve beyazlatıcı, tekstil
Sodyum Tetraborat (Boraks)	Lehim ve kaynak işlerinde, metal yüzeylerin temizlenmesi, seramikler, sırlama, yüksek mukavemetli camlar vb
Susuz Boraks	Gübre, cam, emaye, sır, yangın geciktirici
Trimetil Boraks	Kaplama solüsyonları, sodyum bor hidrürler, fluoborat tuzlar

Boraks; kozmetik sanayinde şampuanlarda ve krem içeriklerinde, çimentoya kazandırdığı dayanıklılık nedeniyle inşaat sanayisinde, atık sanayide, deterjan sanayisinde ve enerji sektöründe kullanılır.

Cam sanayinde ısıya dayanıklı camlarda ve laboratuvar cam malzemelerinin yapımında kullanılmaktadır. Boraks camın kırılma indisini büyütür ve camın sıcaklığın etkisiyle genişmesini düşürür. Bor, ergimiş haldeki cam ara ürününe katıldığında akıcılığını, yüzey sertliğini ve mukavemetini geliştirdiğinden, sıcaklığa karşı yalıtımın gerektiği cam ürünlerinde kullanılmaktadır. (Aguiar ve Kroeker, 2007; Choi ve ark. 2007).

Yüksek sıcaklıklarda emayeye akıcılık verir ve bu nedenle emaye yapımında kullanılır. Emaye paslanmayı önlediği içinçelik, alüminyum, bakır, altın ve gümüşkaplama yapılır, asitlere karşı da mukavemeti artırır ve görünümü güzelleştirir. Mutfak aletleri, banyolar, kimya sanayi aletleri, su tankları ve silahlarda emaye kullanılmaktadır (Shishonok ve ark., 2007). Metalürjide metal oksitlerin temizlenmesinde, lehim ve kaynak yapımında kullanılır. Bor bileşikleri, elektrolit oluşturulması ve kaplanması proseslerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Borik asit, nikel kaplamada; fluoboratlara ve fluoborik asitler ise, kalay, kurşun, bakır, nikel gibi demir dışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır. Alaşımlarda, özellikle çeliğin sertliğini yükseltici olarak kullanılmaktadır ve bu konuda ferrobora oldukça önem kazanmıştır (Titova, 2007). Tekstil sanayisinde liflerin yanma dayanıklılıklarının güçlendirilmesi için ve dericilikte kullanılır. Nişastalı yapıştırıcıların akıcılığının ayarlanmasında, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde ve deri üretiminde kireç çöktürücü madde olarak kullanılır (Titova, 2007).

Sodyum sülfat ile suya %3 ağırlığındaki boraks dekahidrat eklenerek oluşturulan kimyasal karışım termal depolama pillerinde kullanılan karışımdır ve gün içinde güneş enerjisini depolayarak gece ısıtma aracı olarak faydalanılır. İnşaatlarda tavan materyaline eklendiğinde güneş ışınlarını absorbe ederek, evlerin ısınmasında faydalanılmaktadır (DPT, 2000).

Tarımda bor mineralleri, bitki örtüsünün gelişmesini sağlamak veya önlemek için kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor; sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da tarım sektöründe tercih edilmektedir (Zaijun ve ark., 2005).

2.3. Literatür Çalışmaları

Çavdar, Mengeloğlu ve Karakuş (2014), emprenyeli ladin boron bazlı yangın geciktiricilerin ve lif yüklenmesinin odununu (WF) dolgulu yüksek yoğunluklu polietilen kompozitler üzerindeki mekanik, yangın ve ısı performanslarına etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, odununu (WF) dolgulu yüksek yoğunluklu polietilen kompozitleri borik asit, boraks ve bunların karışımları ile emprenyelemişler ve kompozit imalatından önce kurutmuşlardır. Ayrıştırmanın BbFR'li numunelerin sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) seviyeleri üzerindeki etkisini de incelemişlerdir. Test sonuçlarına göre borakslı örnekler borik asitli örneklerle kıyasla daha iyi mekanik özellikler göstermişlerdir. Ayrıca kontrol örneklerine kıyasla %40 fiber yüklemesi için gerilme modülünde %19 iyileşme gösterdikleri gözlemlenmiştir. Ek olarak, BbFR(alev geciktirici bor bileşikleri)'ler LOI seviyelerini ve kömürleşmeyi arttırmış ve yanma hızını %50 azaltmıştır.

Miller (2018), üç tip doğal fiber tekstil ile güçlendirilmiş biyo-türevi polimer matrisin kullanımını incelemiştir. Hızlandırılmış test yoluyla zaman stres süper konumu uygulaması yapılmış ve sürünme davranışını yakalamayı amaçlamıştır. Uzun vadeli sürünme deformasyonu yakalamak için umut verici bir araç olduğunu görmüştür. Bu çalışmanın sonuçları, tekstil takviyeli biyo-bazlı kompozitlerin çeşitli konvansiyonel inşaat malzemelerine benzer mekanik özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Bu biyo bazlı kompozitlerin mekanik özellikleri ve çevresel etkilerinin kombine karşılaştırmaları sonucu, geleneksel malzemelere çevresel açıdan elverişli alternatifler sunabileceği önerilmiştir.

Behzad, Ashori, Tarmian ve Tajvidi (2012), anti-mikrobiyal ajanlarla işlenmiş ağaç-plastik kompozitlerin (WPC) fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Ağırlığı %60 odun unu (WF) olan örnekler, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE, ağırlıkça% 38) ve üç farklı katkı maddesi, yani maleik anhidrit aşılantısı polietilen (ağırlıkça% 2), birleştirme maddesi olarak 3-iyodo-2-propinil bütüilkarbamat (IPBC, Mantarisit olarak ağırlıkça% 0,3, 0,6 ve 0,9) ve 2-tiyazol-4-yl-IH-benzoimidazol (Irguard,% 0,3, 0,6 ve% 0,9) ile karıştırılarak fungusit olarak hazırlanmışlardır. Numunelerin statik mekanik özellikleri (kopma modülü - MOR ve elastikiyet modülü - MOE) statik bükülme testleri kullanılarak değerlendirilmiş ve bununla birlikte izod darbe testleri uygulanırken darbe dayanımı (IS) incelenmiştir. Fiziksel özellikler, yani su emme (WA) ve kalınlık şişmesi (TS) de belirlenmiştir. Genel olarak, test sonuçları, anti-mikrobiyal ajanların eklenmesinin, numunelerin hem fiziksel hem de mekanik özelliklerini azaltma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın ilk bulgularına dayanarak, örneklerin MOR, MOE ve IS'leri, formülasyonlara yukarıda detaylandırılan koruyucu kimyasallar ilave edildiğinden önemli ölçüde azalmıştır. Ek olarak, mantar ilacı içeriği ağırlıkça %0.3'ten %0.9'a yükseltildiğinde, WA ve TS önemli ölçüde artmıştır. Sonuçlar ayrıca Irguard'ın IPBC ile karşılaştırıldığında fiziko-mekanik özellikler üzerinde daha olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Bu tür bir davranış için önerilen olası neden, mantar ilacı ajanların varlığında MAPE ve WF arasında zayıf arayüzey yapışması olabileceği öngörülmüştür. Başka bir nedenin, kristal yapıyı kolayca parçalayabilen ve selülozun amorf bölgelerinde şişebilen ve WF'de daha fazla boşluğa neden olan DMSO çözücüsü olduğu ve kompozit içindeki ekstra boşluklar da su emilimine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir.

Vaisanen, Das ve Tomppo (2017), polimerlerde doğal liflerin dahil edilmesinin, konvansiyonel kompozit malzemelerle karşılaştırılabilir özelliklere sahip malzemeler üretmek için üstesinden gelmesi gereken aşırı su emilimi ve zayıf termal özellikleri gibi çeşitli zorluklar sunduğunu tespit etmişlerdir. Bu söz konusu zorlukları ortadan kaldırmak için oldukça pahalı kimyasal ve fiziksel modifikasyon yöntemlerini kullanmak yerine, atık, kalıntı ve doğal fiber polimer kompozitlerin (NFPCs) yan mamulünün kullanılmasının NFPCs özelliklerini sürdürülebilir kılacağı ve önemli

gelişmeler getirebileceğini belirtmişlerdir. NFPCs 'deki birden fazla türdeki atık malzemelerin, kalıntıların veya yan ürünlerin etkileri eleştirel olarak incelemişlerdir ve NFPC bileşenlerinin potansiyelini değerlendirmişlerdir.

Zivkovic, Pavlovic ve Fragassa (2015), ahşap termoplastik kompozitler alanında yüzey işleme, yanıcılık, matris / güçlendirme modeli, geri dönüşümlü polimer matrislerin özellikleri ve uygulamaları açısından yapılan gelişmelere odaklanmışlardır. Kompozit malzemelerde takviye olarak lignoselülozik elyafların kullanılmasının, elyaf ve matris arasında iyi biçimlendirilmiş bir arayüz gerektirdiğini görmüşlerdir. Takviye ve matris bileşenlerinin farklı yapıları nedeniyle, fiber matris yapışmasını geliştiren bazı fiziksel ve kimyasal muamele yöntemlerinin yanı sıra lignoselülozik elyafların ve termoplastik polimer matris bazlı elyafların yanıcılık özelliklerinin iyileştirildiğinde gözlemlenmiştir. Bu fiziksel ve kimyasal işlemlerin, lignoselülozik liflerin hidrofilik karakterini etkilediğini ve bu nedenle fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirdiğini tespit etmişlerdir.

Sudha, Kalita, Mohanty ve Nayak (2017), Biyoesaslı epoksi, diglycidyl eter Bisfenol A (dgeba) ve epoksioksal Hint yağı (ECO) 80:20 oranında sentezlemişlerdir. Karbon fiber (CF) kompozitleri biyoesaslı epoksi matris olarak kullanmışlardır. Epoksi ve biyoesaslı epoksi kompozitlerin mekanik, termal ve morfolojik özellikleri incelemişlerdir. Mekanik test sonuçları, beş kat kullanılarak hazırlanan kompozitlerin sırasıyla üç katlı ve bir kata sahip olandan daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu fenomen, yüksek mukavemeti ve yüksek çapraz bağları nedeniyle karbon lifinin güçlü takviye etkisini ortaya koymuştur. Kompozitler; temiz epoksi ve biyoesaslı epoksi karışımı ile karşılaştırıldığında yüksek sönümlenme davranışını göstermişlerdir. Kat sayıları artan kompozitlerin termal özelliklerinin de gelişme gösterdiği tespit edilmiştir. Kompozitlerin SEM mikrografileri, biyoesaslı epoksinin karbon lifine tamamen yapışmış olduğunu, böylece CF/Epoxy Matrix arasında güçlü bir arayüz temsil ettiğini tasvir etmiştir.

Mokhothu ve John (2017), yaptıkları çalışmada, alev geciktirici uygulanmış doğal lifler ve fenolik reçine içeren kompozitlerin su sorpsiyonu azaltılması için biyo bazlı

kaplamalar kullanmışlardır. Bunun için kompozitler üzerinde polyfurfuril alkol reçine (PFA) ve poliüretan (PU) olmak üzere iki tür kaplama uygulamışlardır ve su geçirmez piyasa ürünü ile karşılaştırmalar yapmışlardır. Kaplanmamış ve kaplanmış numuneler 90 °C ' de üç gün boyunca %90 bağıl neme maruz bırakılarak şartlandırılmıştır. Şartlandırma sonrası nem içeriği ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca şartlandırılan numunelerin kilo kaybı değişiklikleri de termogravimetrik analiz ile incelenmiştir. Kaplamalı laminatların nem difüzyon özelliklerini de su daldırma koşullarında oda sıcaklığında incelemişlerdir. PFA kaplamalı numuneler, uzun süreli çevresel yaşlanmayla maruz kaldığında diğer biyo bazlı kaplamalardan daha iyi nem direnci ve mekanik performans gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Buyle, Schueren, Beauson, Goutianos, Schillani ve Madsen (2018), Kendi kendine güçlendirilmiş polimer kompozitlerde (SRPC) aynı polimer malzeme hem takviye fiber ve matris aşamasını oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Bu projede polilaktik asit (PLA) kullanarak bu kompozitler için biyoesaslı bir alternatif geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bununla birlikte takviye liflerinin geliştirilmesi, kompozitlerin modelleme ve üretimini incelemişlerdir. PLA filamın sertliği, ekstrüzyon sırasında işleme parametrelerini optimize ederek 9 GPa 'ya yükseltilmiştir. Kompozitlere konsolidasyon sonrası, PLA SRPC 'nin sertliği su anda kullanılan ticari kendinden güçlendirilmiş Polipropilen kompozitlerin (CA 4GPa) gerekliliklerine uygun olduğunu gösteren umut verici sonuçlar elde etmişlerdir

Ibach ve Clemons (2002), odun-plastik kompozitlerin biyolojik bozunumunda nemin rolünü incelemişlerdir. Güney çam ağacı lifi ve ponderosa çam ağacı unu asetik anhidrit (AA), bütülen oksit (BO) veya propilen oksit (PO) kullanılarak kimyasal olarak değiştirmiştir. Bir 50:50 yüksek yoğunluklu polietilen ve kimyasal olarak modifiye edilmiş fiber veya un veya işlenmemiş fiber veya un karışımını harmanlamışlar ve sıkıştırma ile kalıplamışlardır. 2 haftalık suya batırılması veya 5 günlük bir kaynama / kuru döngü ile ön koşullandırmadan sonra, brownrot mantarı *Gloeophyllum trabeum* ile modifiye edilmiş bir toprak blok testi yapmışlardır. Kilo kaybı, nem içeriği ve mekanik özellikler 12 haftalık mantar maruziyetinden sonra

ölçmüşler ve denge nem içeriğini %30, %65 ve %90 bağıl nemde ve 27 °C olarak belirlemişlerdir. Sonuçlar nem ve bozulma arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Çürüme sonucu kilo kaybı, artan numune nem içeriği (MC) ile artmıştır. Örneklerin en düşük kilo kaybı ve MC'den en yükseğe sıralaması şöyledir: AA <BO <Kontrolü <PO. Bu, kimyasal olarak modifiye edilmiş ahşap-plastik kompozitlerin etkinlik mekanizmasının, hücre duvarı nem içeriğinin mikroorganizma saldırısı için gerekli seviyenin altına düşürülmesi ile olabileceğini göstermiştir.

Kaseem, Hamad, Deri ve Ko (2015), polietilen / odun kompozitlerinin bozulma davranışının yanı sıra termal, reolojik ve mekanik özelliklerle ilgili son gelişmelerini gözden geçirmişlerdir. Ayrıca, yangın özellikleri ve kompozitlerin su geçirmezliğini de gözlemlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada polietilen / ahşap kompozitlerin potansiyel uygulamaları da vurgulanmaktadır. Farklı özelliklerin tartışılması, ahşap katkı maddelerinin, endüstriyel uygulamalar için polietilen malzemelerin performansını arttırmada etkili bir yöntem olabileceğini göstermiştir.

Arab ve Islam (2013), maun ağacından (*Swietenia macrophylla*) elde edilen kereste atıklarını ve düşük yoğunluklu polietileni kullanarak ahşap-plastik kompozit panel üretmişlerdir. Karışım oranı, yangın geciktirici (%) ve presleme süresi (dak) dahil olmak üzere kompozit levha üretimindeki proses parametrelerini optimize etmek için çoklu yanıt optimizasyonunu kullanmışlardır. Bu üç işlem parametresinin kompozit levhanın mekanik ve fiziksel özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Daha sonra, Box-Behnken tasarımı, optimum karışım oranı, ateşe dayanıklılık ve presleme süresi (dak) seviyesine ulaşmak için arzu edilebilirlik fonksiyonlarına sahip cevap yüzey metodolojisi olarak yapılmıştır. Maksimum esneklik modülü ve kopma modülü, 60:40'lık ahşap plastik karışım oranı, 9 dakikalık presleme süresi ve sıfır ateş geciktirici yüzdesinin optimal koşullarında elde edildiğini görmüşlerdir. Optimize edilmiş MOR ve MOE, sırasıyla 13.12 ve 1.781.0 N mm⁻² olarak tespit etmişlerdir.

Manning, Lloyd ve Ascherl (2002), Pestisit miktarda kalsiyum borat içeren lignoselülozik esaslı ahşap lifli plastik kompozit ürünler, ahşap tahrip edici mantar ve böceklerin saldırılarına karşı dayanıklıdır. Önceden eritilmiş kalsiyum boratlar,

yaklaşık 2:3'lük bir CaO:BO molar oranına ve bir CaO.B.O., 1:3 oranına sahip kalsiyum heksabo oranlarına sahip olan kalsiyum polytriboratlardır. Kalsiyum boratı, lignoselülozik madde parçacıkları ve termoplastik reçine bağlayıcısı ile birleştirilerek ve elde edilen karışımı bir kalıba koyarak ısıtıp sıkıştırarak kompozit ürünü oluşturmak için kompozitler üretilebildiğini tespit etmişlerdir.

Wolcott ve ark. (2002), odun-plastik kompozit (WPC) malzeme gelişimi dışında, bu araştırma WPC formülasyonlarının mantar çürümesine ve biyosit süzülmesine karşı direncini değerlendirmiştir. Doğrudan kahverengi-çürük ve beyaz-çürüklü mantarlara maruz kalan küçük WPC örnekleri kullanan laboratuvar testlerinde, çoğu formülasyonda çürümeden kaynaklanan ağırlık kaybı olmadığını görmüşlerdir. Nispeten yüksek odun içerikli ve çinko borat ile korunmayan formülasyonlar orta derecede ağırlık kayıpları sergilemiştir. Mantar büyümesini destekleyen WPC örneklerinin taramalı elektron mikroskopisi, örnek yüzeyine yakın ahşap ve termoplastik bileşen arasındaki arayüzey boşluklarında yoğunlaşmış miselyum olduğunu göstermiştir. Her malzeme bileşeninin WPC'nin çürümeye karşı direnci üzerindeki nispi etkisi simpleks analiz ile analiz etmişlerdir. Çeşitli bileşen terim etkileri arasında en etkili olanının kompozit ahşap içeriği ile ilgili olduğunu görmüşlerdir. Talk konsantrasyonundaki artışların aynı zamanda daha fazla kilo kaybına neden olduğu gözlemlenmiştir. Formülasyondaki yüksek yoğunluklu polietilendeki bir artışın, hızlandırılmış bozulma testi sırasında kilo kaybına karşı duyarlılığı azalttığını görmüşlerdir. Test edilen en düşük seviye olan yüzde 2 konsantrasyondaki çinko boratın, herhangi bir ağırlık kaybını önlediğini tespit etmişlerdir. Sonuç, çinko boratın dahil edilmesinin veya WPC'nin ahşap içeriğinin sınırlandırılmasının, mantar çürümelerini etkili bir şekilde önleyebileceğini tespit etmişlerdir. Testlerle çinko boratın malzemedan tamamen çözünmesi ve sızması için en az 20 yıl alacağını görmüşlerdir. Sonuç olarak, dikkatli malzeme tasarımının, WPC'nin mantar maruziyetini şiddetli maruz kalmalar altında bile önleyebileceğini görmüşlerdir.

Gökdağ, Akpınar ve Guru (2017)'nin yaptıkları çalışmanın amacı; üç çeşit bor minerali olarak boron oksit, boraks pentahidrat, boraks dekahidrat ve atık tavuk

tüylerinden geri dönüştürülmüş lifler ile takviye edilmiş üstün polyester bazlı kompozit malzemeler üretmektir. Dolgu malzemelerinin farklı doldurma oranlarının kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelemiştir. En iyi mekanik sonuçlara sahip kompozitlerin alev geciktirici özelliklerini incelemiştir. Hazırlama işlemi ile döküldükten sonra, nihai ürünlerin su emme ve şişirme kalınlıkları, ayrıca yoğunluk, eğilme dayanımı, eğilme modülü, sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI), TGA (Termogravimetrik Analiz) ve SEM analizi yapmışlardır. En iyi özelliklere sahip reçetelerin ve şartların karıştırılması belirlenmiştir. Mekanik, fiziksel ve alev geciktirici analizine göre, tavuk tüyü ve bor bileşiklerinin tek başına bor bileşikleri / tavuk tüyü kullanmak yerine bileşik malzemede birlikte kullanıldığında iyi bir sinerjik etkiye sahip olduğu sonucuna varılabileceğini gözlemlemiştir.

Kompozit laminat özellikleri üzerindeki parçacık etkileri hakkında genel çalışmalar: Lancaster ve ark. (1972), karbon epoksi kompozitlerde tribolojik özellikleri incelemiştir. Materyallere karşı sürtünme ve aşınma işlemlerinde, karşı yüzün topografyayı transfer, aşınma veya korozyonun bir sonucu olarak değiştirerek önemli bir rol oynadığını gözlemlemiştir.

Skandani ve ark. (2012), çift katmanlı karbon fiber-ZnO nanoçubuk epoksi kompozitleri hazırlamışlardır ve dinamik mekanik analizi ile titreşim azaltımları incelemiştir. Çinko oksit nanoçubuklarının karbon elyafın üstünde büyümesinin, amortisman verimliliğini yaklaşık %50 arttırdığını ve depolama modülü üzerinde hafif bir düşüşe (~%7) neden olduğu belirlenmiştir.

Wetzel ve ark. (2001), bir epoksi matris içindeki takviye dolguları olarak mikro ve nanoboyutlu (SiC, 5 µm; TiO₂, 300nm) seramik partiküllerin kompozitlerin mekanik ve tribolojik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. SiC içeren mikro-kompozitlerin, düzgün matrisin altında önemli ölçüde azaltılmış darbe dayanımları sergilediği belirtilmiştir. Ayrıca 5 µm boyutlarındaki SiC partikülleri kompozit materyalin kırılma dayanımını güçlü bir şekilde arttırdığını, bunun sebebinin homojen olmayan partikül şekline bağlı olduğu bulunmuş ve TiO nano kompozitlerin darbe

dayanımları, özellikle de 7.5 voltluk düşük bir dolgu içeriğinde dikkate değer ölçüde iyileştirilmiştir.

McGrath ve ark. (2008), alümina (α - Al_2O_3) dolgulu epoksi reçinelerinin dolgu maddesinin bir fonksiyonu olarak kırılma dayanıklılığını araştırmışlardır. Reçine çapraz bağlanma yoğunluğu ve dolgu içeriğinin en önemli değişkenler olduğu tespit edilmiştir.

Gülsoy ve Taşdemir (2006), demir partikülleri, polimer kompozitlerle güçlendirilmiş kompozitlerde mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemiştir. PP'deki demir (Fe) çentikli İzod darbe mukavemetini azalttığı bulunmuştur. Fe'nin katılmasının, PP'nin esneklik, sertlik (Shore D) ve ısı saptırma sıcaklığı (HDT) değerlerini artırdığı tespit edilmiştir.

Özsoy ve ark. (2015), epoksi kompozitlerin mekanik özellikleri üzerinde mikro ve nano-dolgu içeriğinin etkisini incelemiştir. Mikro dolgu maddeleri olarak Al_2O_3 , TiO_2 ve uçucu kül; nano dolgu maddeleri olarak ise Al_2O_3 , TiO_2 ve kil kullanılmıştır. Test örnekleri açık tip bir kalıp ucu kullanılarak hazırlanmış ve çekme, sertlik ve üç nokta eğilme testlerine tabi tutulmuştur. Kompozit malzemelerin kopma mukavemeti, eğilme mukavemeti arttıkça, gerilme ve eğilme katsayısının artan mikro ve nanodolgu maddeleri ile arttığı gözlenmiştir.

Hoysala ve ark. (2015), dolgu maddesi olarak silisyum dioksit (SiO_2) jüt lif takviyeli epoksi kompozit malzemelerin dinamik davranışı üzerindeki etkisini incelemiştir. Malzemenin dinamik davranışı, malzemenin doğal frekansı, sönüm ve mod şekilleri anlamına gelir. SiO_2 'in, jüt fiber takviyeli kompozitlerin eğilme ve gerilme modülü ile titreşim özelliklerini artırdığını belirtmişlerdir.

Nagesh ve Manjunath (2015), boraks ve grafit bazlı Al-6061 kompozitlerin mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Takviye ekleme seviyesi ağırlıkça %3'lük adımda %3-9 arasında değişmiş, grafit ve bor takviyeleri yapısal sertliği ve kilo vermeyi arttırmak için kullanılmıştır. Çekme mukavemeti, basma

mukavemeti ve elastisite modülü gibi mekanik özelliklerin azalıp, partiküllerin eklenmesiyle uzama yüzdesinin arttığı ve gerilme yüküne karşı malzeme tarafından sağlanan direncin azaldığı gözlenmiştir.

Wang ve ark. (2010), poliüretan / epoksi reçine aşırı interpenetran polimer ağ kompozit materyalleri ile doldurulmuş kısa bir karbon fiber ve mikro oyuk cam kordonun sönümlenme özellikleri, termal stabilitesi, gerilme ve darbe dayanımı üzerinde çalışmışlardır. Sonuçlar, iyi sönümlenme özelliklerinin, iyi termal stabilitenin ve nispeten iyi mukavemetin, %3 oyuk cam boncuk ve %5 karbon elyafı içeren kompozit malzemeler tarafından gösterildiğini ortaya çıkarmıştır. Bu durum bu kompozit malzemelerin yapı malzemelerinin sönümlenmesinde, ses ve titreşimi azaltmakta kullanılabileceğini göstermiştir.

Rajoria ve Jalili (2005), titreşim yapısal uygulamalarında kullanılmak üzere karbon nanotüp-epoksi kompozit malzemelerin rijitlik ve sönümlenme özelliklerini incelemişlerdir. Tek duvarlı ve çok duvarlı nanotüp-epoksi kompozit malzemelerin her ikisi de çeşitli nanotüp oranlarıyla hazırlanmış, doğal frekans ve sönüm oranını elde edilen verilerden çıkarmak için bu numuneler üzerinde serbest ve zorlanmış titreşim testleri gerçekleştirilmiştir. Karbon nanotüp takviyesinden yararlanıldığında sönümlenme oranının geliştirilmesinin sertlikteki gelişmeden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Imoisili ve ark. (2012), Hindistan cevizi kabuğu külü (CSA) konsantrasyonunun epoksi kompozitin gerilme özelliklerine etkisini araştırmışlardır. CSA miktar oranları 5, 10, 15, 20 ve 25% arasında değişen kompozitler imal edilmiş, test sonuçları incelendiğinde %15 dolgu içeriğinde, diğer dolgu maddesi konsantrasyonlarına kıyasla maksimum gerilme mukavemetinin elde edildiği gözlemlenmiş, dolgu konsantrasyonunda artış ile uzama yüzdesi ve kopma yükünün azaldığı tespit edilmiştir.

Takashima ve ark. (2004), ekstrüzyonla kalıplama yoluyla poli vinil alkol (PVA) elyaf takviyeli çimentolu kompozitlerin kırılma özelliği üzerine perlit ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. PVA fiber kompozit malzemelerin doğrudan gerilim

testleri, perlit eklenmesinin özellikle kompozit gerinim kapasitesini geliştirmede etkili olduğunu göstermiştir.

Chen ve ark. (2006), magnezyum hidroksit (MH) ile doldurulmuş polipropilen kompozit materyallerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Artan MH içeriğiyle kopma mukavemetinin ve kopma uzamasının azaldığı belirlenmiş ve çekme özelliklerinde azalmanın en büyük nedeninin dolgu maddesi partikülleri ile PP / MH kompozit materyallerdeki matris arasındaki uyumsuzluktan kaynaklandığı gözlenmiştir.

Sahraeian ve ark. (2013), düşük yoğunluklu polietilen LDPE ve nano perlit (2, 4, 6 ve 9 ağırlık oranlarına sahip) parçacıklarına dayanan nano kompozitleri hazırlamış ve örneklerin dinamik özelliklerini belirlemek için dinamik mekanik analiz (DMA) testleri yapmışlardır. Sonuçlar, işlem gören nano-perlit ve LDPE matrisi arasındaki etkileşimlerin temelini sağladığını göstermiştir. Depolama modülü, artan frekans ve perlit yüklemesi ile artmıştır, bunun nano-perlitin elastik doğası ile ilgili olduğu belirtilmiştir.

Sreedhar ve ark. (2005), boraks ile (2, 2.5 ve 3 %) nişasta-poli vinil alkol (PVA) harmanları hazırlamış, artan gerilme mukavemeti ve kopmada uzama, artan boraks konsantrasyonu ile azalmıştır. Nişasta-PVA harmanlarının mekanik özellikleri boraks ile muamele edildikten sonra geliştirilmiş ve saf karışımlarınkinden daha yüksek olduğu ve karışımların gerilme mukavemeti, karışımlardaki boraks konsantrasyonu arttıkça uzamayı düşürerek artırdığı belirtilmiştir.

Mridha ve ark. (2007), dokuma cam elyaf takviyeli epoksi kompozit malzemelerin darbe mukavemeti üzerine dolgu maddesi olarak OPWF (250 μ m'den daha az partikül boyutu) kullanılmasının etkisini araştırmışlardır. Hibrit kompozitlerin üretimi, elle yerleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış ve 196N (20 kg) 'lık bir sıkıştırma yükü altında oda sıcaklığında sertleştirilmiştir. Numunelerde çeşitli sıcaklıklarda gerçekteştirilen darbe testi, epoksi matrisin termal genleşmesinin cam elyafından 10 kat daha yüksek olduğunu göstermiştir. Termal iletkenlik varyasyonu

kompozit numunelerde basınç gerilmeleri oluşturmuş, bu stresin matriks ve fiber arayüz arasında daha fazla kilitlenme yarattığı ve böylece kırılması için ek enerji talep ettiği varsayılmıştır.

Srivastava ve Hogg (1998), aralıklı yarı-izotropik cam elyaf takviyeli polyester reçine kompozit materyallerde sertleştirme mekanizmalarını belirlemiştir. Alüminyum tri-hidrat $Al(OH)_3$ ve polietilen parçacıkları, dokuma E-cam elyafı bez ile lamine edilmeden önce polyester reçine ile karıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, cam elyaf takviyeli polyester reçine kompozit malzemelerin interlaminar tokluğunun (GIc ve GIIC), absorbe edilen enerji ve artık basınç dayanım değerlerinin partikül oranının artmasıyla arttırmıştır.

Detomi ve ark. (2014), mikro-seramik dolgu partiküllerinin cam elyaf kompozit materyallerin eğilme davranışı üzerindeki etkisi üzerinde çalışmışlardır. Cam elyaf kompozitlerinin ağırlık bölümünün, yer ve tiplerinin, modülün esneklik mukavemeti ve kütle yoğunluğu üzerindeki etkisini belirlemek için bir dizi deney yapılmış, deney sonuçlarına göre, kompozitlerde en yüksek mekanik performansı elde etmek için, numunenin üst tarafındaki %10'luk silika mikro partiküllerinin en iyi mikromekanik konfigürasyon olarak kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Çallıoğlu ve ark. (2011), artan etki enerjilerine maruz kalan %0 (doldurulmamış), %10 ve %20 (SiC) seramik dolgulu dokuma G / polyester-matriks kompozit malzeme plakaları için darbe davranışını incelemiştir. Parçacıkların reçineye ilave edilmesinin, belirli bir orana kadar, dokunmuş cam / poliesterin delinme (kopma) eşiklerini arttırdığı gözlenmiş, %10 doldurulmuş kompozitin delinmesi (yırıtığı), %20 dolgulu kompozitinkinden yaklaşık %37 ve %0 (temiz) dolgulu kompozit numunelerinkinden %6 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Suresha ve Chandramohan (2007), GE kompozitlerinde E-cam-epoksi (GE) ve grafit dolgu malzemelerinin sürtünme ve aşınma özelliklerini çeşitli yüklerde ve kayma hızlarında bir disk üzerinde pin-set kullanarak incelemiştir. %7,5 oranında grafit dolgulu GE kompozitin GE kompozit sistemine oranla en düşük sürtünme katsayısı ve en yüksek aşınma direncine sahip olduğu gözlenmiştir.

Asi (2009), Al_2O_3 partiküllerinin çeşitli içerik oranlarıyla doldurulmuş cam elyaf takviyeli epoksi kompozitin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Sonuçlar, Al_2O_3 partiküllerinin içeriğinin artmasıyla kompozitlerin nihai çekme mukavemeti ve kayma mukavemetinin azaldığını göstermiştir.

Manjunatha (2010), bir silis nano-parçacık modifiye cam elyaf takviyeli epoksi kompozitin gerilme yorgunluğu davranışını araştırmıştır. Bir anhidrit ısıyla sertleşen epoksi polimeri ağırlıkça %10'luk iyi dağılmış 20 nm çaplı silis nanopartikülleri ile birleştirerek modifiye edilmiştir. Bu kompozitin yorulma ömrünün, sade epoksi matrisine sahip GFRP'ninkinden (glass fiber reinforced polymer) yaklaşık üç ila dört kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Cao ve Cameron (2006), cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin üretilmesi için yeni bir yöntem sunmuşlar, bu amaca ulaşmak için, örnekleri dört farklı yoldan hazırlamışlardır: A yöntemi, takviye olarak sade GE (glass epoxy - cam epoksi) kullanılarak (diğer bir deyişle, elyafa herhangi bir modifikasyon veya ilave bir muamele olmadan); B yöntemi, kompozit sistemde uygulanmadan önce GE'nin yüzeyini silika parçacıkları ile modifiye edilerek; C yöntemi, kompozitin sertleştirme prosedürü sırasında düzgün GE'ye öngerilme uygulanması ile ve D yöntemi, kompozitin sertleştirme prosedürü sırasında silika modifiye GF'ye öngerme uygulanarak. Sonuçlar, D yöntemiyle hazırlanan kompozitlerin esneme modülü ve kesme modülünün B ve C yöntemi ile elde edilen örneklerin sonuçları toplamından daha büyük olduğunu göstermiştir. Temel üretim koşulu (A Yöntemi) ve yeni sunulan D yöntemiyle hazırlanan kompozitlerin çarpma özelliği kıyaslandığında D yöntemiyle hazırlanan kompozitlerin %100'e kadar daha iyi olduğu ve diğer iki yönteme (B ve C) göre de A'ya oranla daha az fark olsa da önemli miktarlarda daha iyi olduğu gözlenmiştir.

Patnaik ve ark. (2010), uçucu kül, alümina Al_2O_3 ve silisyum karbür SiC'nin E-cam polyester kompozit materyallerin erozyon özelliklerine etkisi üzerine karşılaştırmalı bir çalışma sergilemiştir. Bu çalışma, uçucu kül, Al_2O_3 ve SiC gibi sert partikül

dolgu maddelerinin ilave edilmesinin cam-polyester kompozitlerin erozyon direncini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

Nayak ve ark. (2014), epoksi reçinesindeki farklı seramik tozlarının (Al_2O_3 / SiO_2 / TiO_2) cam elyafı hibrit kompozit malzemelerin mekanik etkinliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. SiO_2 modifiye epoksi kompozitin diğer dolgu maddelerine göre daha esnek olduğu ve bükülme mukavemeti ile eğilme katsayısı gibi mekanik özelliklerin daha fazla olduğu fark edilmiştir. Alümina modifiye epoksi kompozit malzeme örneklerini, diğer modifiye edicilerle karşılaştırıldığında sertlik ve çarpma enerjisinin arttığı gözlenmiştir.

Reddy ve ark. (2014), uçucu kül dolgu içerik oranlarının, eğilme mukavemeti ve gerilme mukavemeti üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Uçucu kül içeriği 0, 2, 4, 6, 8 ve 10gram olarak alınmıştır. Uçucu külün 6 grama kadar artmasıyla gerilme mukavemetinin arttığı daha sonra azaldığı, esneklik ve eğilme mukavemetinin maksimum çekme modülü sırasıyla 8gram ve 4gram olduğu gözlenmiştir.

Devendra ve ark. (2012), değişen oranlarda alüminyum oksit (Al_2O_3), magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$) ve silikon karbür (SiC) ile doldurulmuş E-cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin en yüksek gerilme mukavemetini incelemişlerdir. Deneysel işlemin sonuçları, hacimce %10 $Mg(OH)_2$ ile doldurulmuş kompozitlerin, maksimum nihai gerilme mukavemetini (375.36 MPa), ancak % 0 (doldurulmamış) kompozitten (450.24 MPa) daha düşük olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, %10 hacimde Al_2O_3 doldurulan kompozitler, %10 hacimde SiC ile doldurulmuş kompozitler (285 MPa) ile karşılaştırıldığında, daha iyi bir nihai mukavemet (292.8 MPa) sergilediği belirtilmiştir.

Kumar ve ark. (2013), reçine içinde kömür külü tozu (52-75 micrometre) karıştırma yöntemi önermişlerdir. Kül takviyeli polimer kompozit malzemelerin üretimi, polimer içinde %0, %4, %8, %12, %16 ve %20 ağırlık oranlarında kömür külü kullanılarak el yatırımı yöntemi ile yapılmıştır. Kömür kül tozunun %20 oranındaki

polimer kompozitinin diğerkül oranlarına kıyasla daha iyi gerilme mukavemetine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Bhandakkar ve ark. (2014), el dizisi tekniği ile çökeltici uçucu kül içeren epoksi cam elyaf laminat kompozit materyalleri hazırlamışlardır. Parti kül takviye çökeltici uçucu kül (25 - 45 µm) epoksi matrisine ağırlıkça %10 olacak şekilde mekanik karıştırıcı ile eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar, uçucu kül takviyesinin epoksi cam elyafli mekanik özellikleri üzerine etkilerinin ve laminat kompozitin doğrusal kırılma dayanımının etkilerinin uçucu kül takviyesinin %10 (ağırlıkça) ilavesiyle %49.43 oranında arttığını göstermiştir. Uçucu kül / cam elyaf takviyeli epoksi kompozit numunelerin çekme mukavemeti, cam elyaf-epoksi GE kompozitlerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Sankar ve ark. (2010), doğal kauçuk parçacıkları eklenmiş epoksi dolgulu cam elyaf kompozitlerin mekanik ve sönümlenme özelliklerini incelemişlerdir. Farklı boyutlarda doğal kauçuk parçacıklarının eklenmesi ile numuneler hazırlamışlardır. Kauçuk partikülleri içeren cam elyaf takviyeli epoksi reçine kompozit numunelerin gerilme testi sırasında kırılma yüzeyinin SEM mikrografları, matriks içindeki kauçuk partiküllerinin dağılımı net olarak gözlemlenmiş, lastik parçacık büyüklüğünün artmasıyla gerilme ve eğilme modülünün azaldığı gözlenmiştir. Parçacık büyüklüğünün rezonans frekansı üzerindeki etkisinin büyük olmadığı ve gerçekleştirilen tüm test koşullarında artan rezonans frekansıyla sönümlenmenin azaldığı gözlenmiş ve kauçuk parçacık boyutu düzensizliğinin de bunda etkisi olduğu belirtilmiştir.

Datta ve Włoch (2014), her iki partikül türü için çeşitli mikron altı ölçekli dolgu maddelerinin (çinko oksit ZnO ve silikon dioksit %2 ve%4) oranlarının, cam elyaf takviyeli epoksi matriks kompozitlerin mekanik ve termo-mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kontrol numunelerine kıyasla ağırlıkça %2 oranında SiO₂ eklenmesinin, bükülme mukavemetinde %23.3 ve depolama modülünde %23.9'luk bir maksimum gelişme gösterdiği gözlenmiştir. Ağırlıkça %4 ZnO içeren kompozitler, esneklik modülünde en büyük (%31.8) iyileşmeyi

sergilemiştir. Dinamik mekanik analiz, depolama modülü ve kayıp modülünün artışı göstermiştir.

Sankar ve ark. (2013), partikül kauçuk ilavesiyle cam elyafı epoksi kompozit malzemelerin malzeme sönümlemesinin geliştirilmesini incelemiştir ve farklı frekans ve sıcaklıklarda parçacık büyüklüğünün sönümleme ve sertlik parametrelerine etkisi üzerinde deneysel olarak çalışmışlardır. Sertlikte önemli bir azalma olmaksızın düşük partikül boyutlarında sönümlemede önemli ölçüde artış gözlemlenmiştir. Hem eğilme hem de kesme modlarındaki sönümleme özelliği, tüm parçacık boyutları arasında 0.254 mm kauçuk parçacıkları olanda daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Cerbu ve ark. (2011), bir hibrid kompozit malzeme üretmek için geri dönüştürülmüş kauçuğun dolgu maddesi olarak kullanılma yöntemini önermiştir. Epoksi reçine GE'ye dayanan dokunmuş cam elyaf takviyeli kompozitlerin dinamik ve mekanik özellikleri üzerindeki parçacık etkisi analiz edilmiştir. Geri dönüştürülmüş kauçuk parçacık dolgusu ile güçlendirilmiş cam elyaf / epoksi matriks, hem bükülme testinde hem de çekme testinde iyi mekanik özellikler göstermiştir.

Chandradass ve ark. (2007), kısa lifli kıyılmış iplik matının, vinil ester bazlı organik modifiye edilmiş kil içerik oranı (0, 1, 3 ve 5 ağırlık %) ile takviye edilen hibrit nano kompozit laminatların serbest titreşim ve sönümleme özellikleri ile ilgili çalışmayı sunmuşlardır. Bu çalışma ayrıca titreşim ve sönümleme özelliklerini araştırmak için kullanılmıştır. Dinamik sonuçlar, matriks ve E-cam fiberdeki ikinci faz nano ölçekli dispersiyona bağlı olarak hibrit kompozitlerin içsel sönümleri için önemli ölçüde gelişmeler göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Boraks

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında Eti Bor AŞ den temin edilen Boraks kullanılmıştır.

3.1.2. Polietilen

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında geri dönüştürülmüş Polietilen (rPE) kullanılmıştır. Geri dönüşümlü polietilen, Guangzhou Lushan New Materials Co., Ltd. tarafından elde edilmiş ve bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

3.1.3. Uyumlaştırıcı

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında uyumlaştırıcı olarak Sigma Aldrich tarafından tedarik edilen MagPE (Maleik anhidrit grafted Polietilen) kullanılmıştır.

3.1.4. Dolgu Malzemesi

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında dolgu maddesi olarak elekaltı talaş kullanılmıştır. Çam ağacı kereste tozu, mobilya imalat fabrikası atıklarından toplanmıştır.

3.2. Kullanılan Cihazlar

3.2.1. Mikser

Marka / Model: Brabender / W50 EHT + Plastograph EC Plus

Bu mikser tipi özellikle, sürekli değişen ilginç test malzemelerinin araştırma ve geliştirme uygulamalarında kullanılmaktadır. Mikser tank hacmi 55 cm³ dür. Örnek ağırlığı, 40-70 gram civarındadır. Maksimum Tork 200 Nm'dir. Polimer, polimer karışımları, kompozit, erimiş polimer veya orta-yüksek viskoz sıvılar türünde olmalıdır. Uygulama alanları ele alındığında tüm termoplastikler için kullanılabilir.



Resim 3.1. Brabender / W50 EHT + Plastograph EC Plus Mikser

3.2.2. Parçalayıcı

Marka\Modeli; Retsch SM 100 kesmeli öğütücüdür. SM 100 ile çok fazla kuvvet uygulamadan, yumuşak, orta sert, elastik veya lifli malzemelerin öğütülmesi mümkündür. Rotar çapı 129,5mm ve rotar hızı 9,4-11,4 m/s'dir. Elek delik boyutları 0,12mm ile 20,00mm arasında olabilmektedir. Motor gücü 1,5 kw'tır. Koruma tipi IP 54'tür. Plastik, reçine, kauçuk, karton, ilaç, gıda, bitkisel ürünler, hayvan yemi, kemik, elektronik hurda, ahşap, linyit, deri, saman gibi ürünler öğütülebilmektedir.



Resim 3.2. Retsch kesmeli öğütücü SM 100

3.2.3. Laboratuvar Tipi Mini Enjeksiyon Kalıp Hazırlama Cihazı

Thermo Scientific HAAKE Minijet 5 grama kadar test numunelerinin mekanik testlerinin yapılmasını sağlar ve küçük numune hacmi sayesinde üretim sürecini optimize eder. Değiştirilebilir kalıpları, hızlı ve kolay kullanımı ile avantaj sağlar. Teknik özellikleri incelendiğinde; Enjeksiyon basıncı maksimum 1200 bar'dır. Uygulamalarına bakıldığında; reometri için numune hazırlama, optik test ve mekanik test, farmasotik testler için numune hazırlama olarak sıralanabilir.



Resim 3.3. Thermo Scientific HAAKE Minijet II Kalıp Hazırlama Cihazı

3.3. Yöntem

Yapılan çalışmada çizelge 3.1'de verilen oranlarda numuneler; rPE, MAgPE (Maleik Anhydrid grafted Poli Etilen) ve Alçıtaşı tartılarak 190 °C de ve 70 rpm'de 15 dk boyunca karıştırılarak homojen karışım elde edilmiştir.

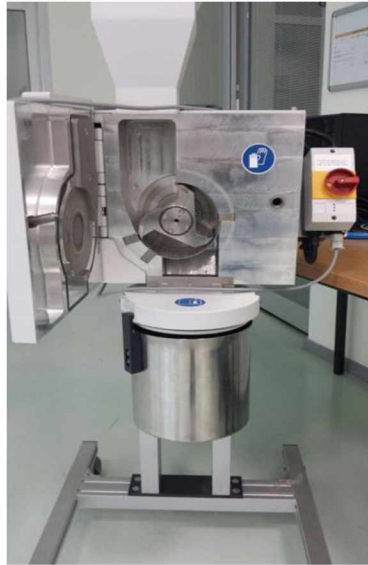
Bunun için karşılıklı dönen bıçaklarla donatılmış Brabender / W50 EHT

+Plastograph EC Plus mikser kullanılmıştır. (Resim 3.4)



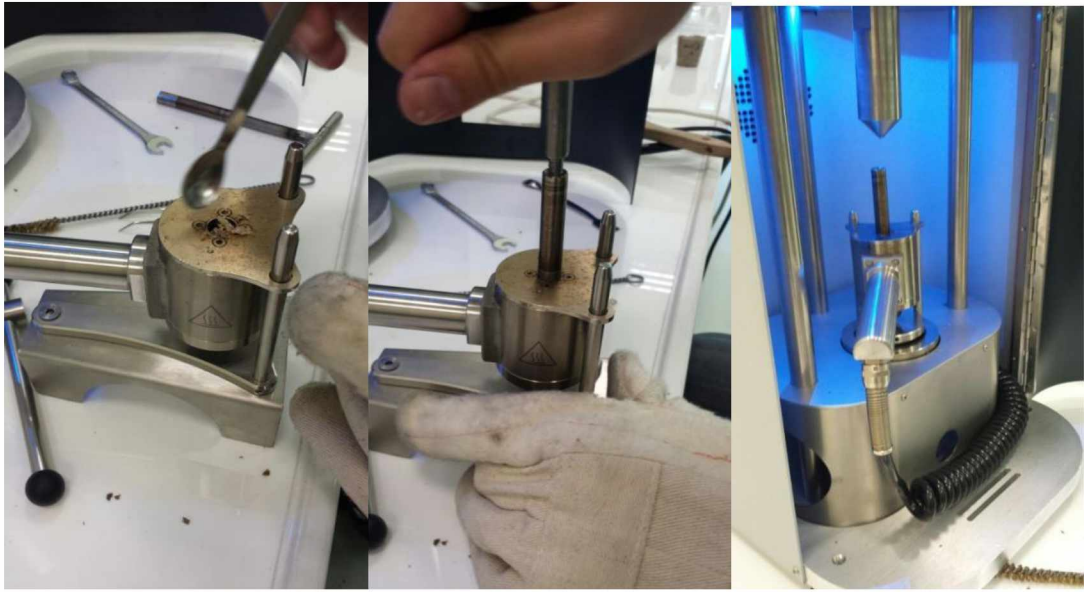
Resim 3.4. Karıştırma işleminde kullanılan mikser

Elde edilen karışımlar kırıcıdan geçirilerek homojen hale getirilmiştir. Bunun için 0-3 mm elek aralığında RETSCH kırıcı kullanılmıştır.



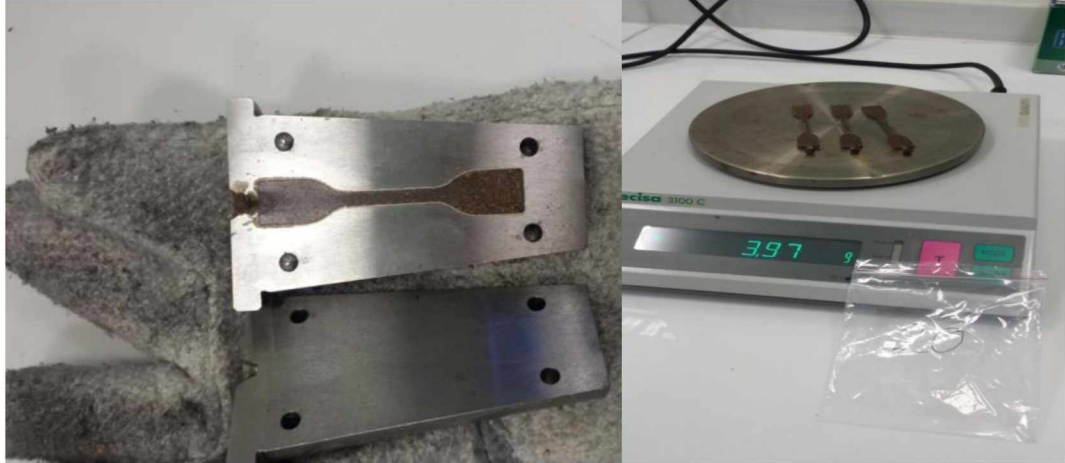
Resim 3.5. Kırma işleminde kullanılan Retsch parçalayıcı ve parçalanan numune

Daha sonra Parçalanmış olan polimer kompozitler ISO 14125'e göre numuneler, ilk olarak 800 bar'da Thermo Scientific HAAKE Minijet II Enjeksiyonu ile kalıplanmış ve 10 saniye boyunca 200 bar'da tutulmuştur. ASTM standartlarına uygun olarak çekme dayanımı ve LOI testleri için kalıplanmıştır.



Resim 3.6. Kalıplama işleminde kullanılan Haake minijet II

Kalıp sonrası elde edilen malzemeler Resim 3.7'de verilmektedir.



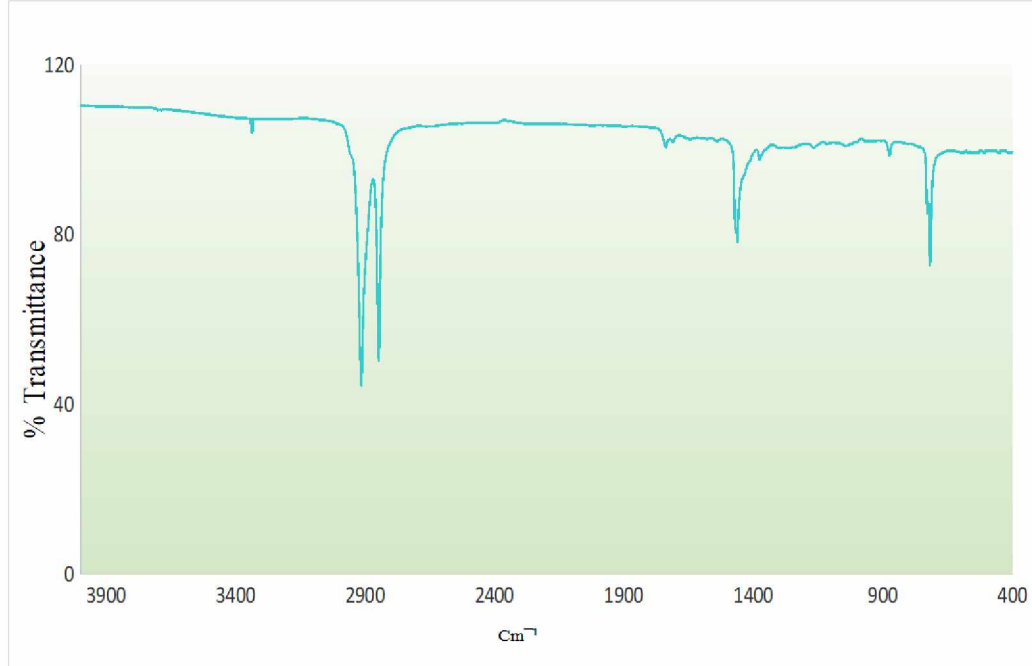
Resim 3.7. Kalıp sonucu elde edilen çekme numunesi

Çizelge 3.1. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve miktarları (kütlece %)

Numune	rPE	Dolgu Malzemesi	Boraks	Uyumlaştırıcı
				(MagPE)
1	90	10	0	0
2	70	30	0	0
3	50	50	0	0
4	87	10	3	0
5	67	30	3	0
6	47	50	3	0
7	85	10	5	0
8	65	30	5	0
9	45	50	5	0
10	87	10	0	3
11	67	30	0	3
12	47	50	0	3
13	84	10	3	3
14	64	30	3	3
15	44	50	3	3
16	82	10	5	3
17	62	30	5	3
18	42	50	5	3
19	85	10	0	5
20	65	30	0	5
21	45	50	0	5
22	82	10	3	5
23	62	30	3	5
24	42	50	3	5
25	80	10	5	5
26	79,5	15	2,5	3
27	69,5	25	2,5	3

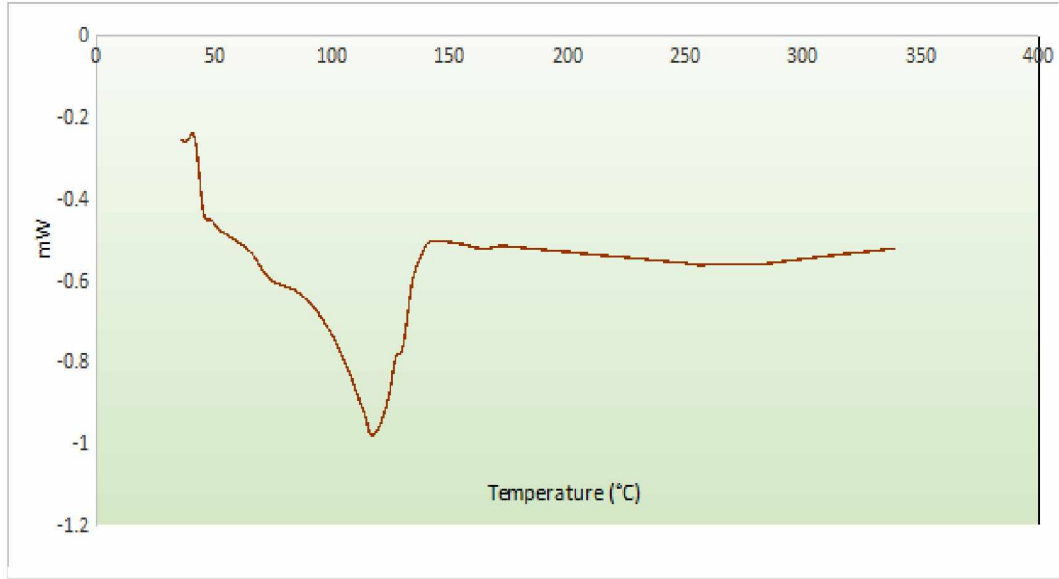
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Geri Dönüştürülmüş Polietilen (rPE) FTIR ve DSC Analizleri



Şekil 4.1. Geri dönüştürülmüş polietilen (rPE) FTIR analizleri

Şekil 4.1'deki spektrumda Guangzhou Lushan New Materials Co dan temin edilen ve ticari olarak satılan PE nin spektrumu verilmiştir. IR bölgede 2915- 2846 cm^{-1} ve 1464 cm^{-1} de üç ana pik ve 721 cm^{-1} de C-H ile C-C görülmektedir. Karbonil grubuna bağlı olarak 1740 cm^{-1} deki oksidasyon piki de görülmektedir. (Chandra ve Rustgi,1997).



Şekil 4.2. Geri dönüştürülmüş polietilen (rPE) DSC analizleri

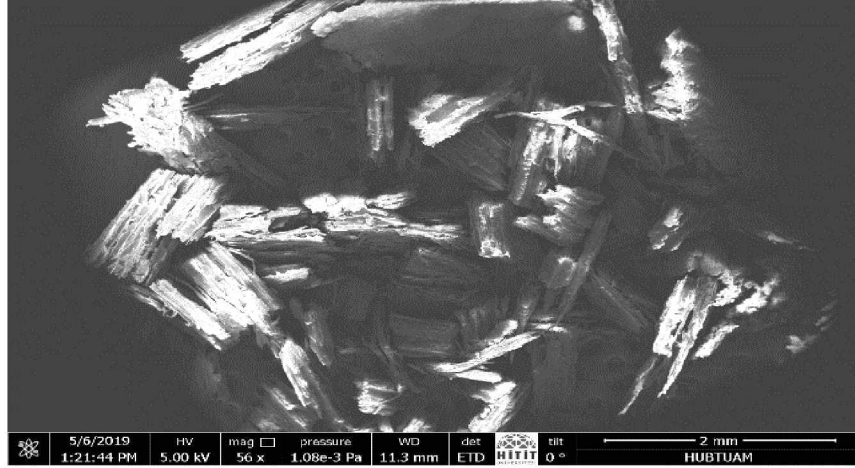
Elde edilen geri dönüştürülmüş malzemenin içeriğini tespit etmek için FTIR analizleri gerçekleştirilmiş ve kullanılan ürünün FTIR sonucu PE olduğu doğrulandıktan sonra DSC analizi ile bu Polietilenin yoğunluğu hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

Şekil 4.2'de görüldüğü üzere erime noktalarındaki pik değerleri atık polietilenin büyük bir kısmı yüksek yoğunluklu polietilen olduğu anlaşılmakla beraber yaklaşık yoğunluğu 0.949g/cm^3 civarındadır. Bunun yanında 153°C civarında ikinci bir safsızlık belirlenmiştir. STARE yazılımı ile pik hesaplanmıştır. Yüksek sıcaklıklarda moleküllerdeki serbest hareketlilik arttıkça kristallenme daha zor olacağından zamana bağlı olarak bu pik tabanındaki genişliğin davranışına göre muhtemel PP'e ait olan bu pik hakkında daha ayrıntılı çalışma yapılabilir. Fakat kontaminyasyon ileri gelen bu safsızlık ihmal edilebilir seviyededir. (Chandra ve Rustgi,1997)

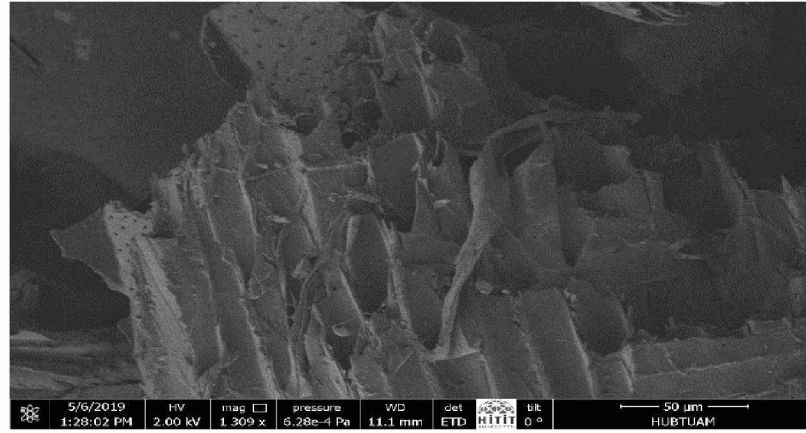
4.2. Çam Kerestesi Tozu SEM Analizleri

Resim 4.1'de Çam keresteleri testere tozu görüntüleri verilmiştir. Resim 4.1.a'da, derinliklerin yaklaşık $150\text{-}220\ \mu\text{m}$ arasında, genişliklerin yaklaşık $0.250\text{-}0.800\ \text{mm}$ ve uzunlukların yaklaşık $0.9\text{-}1.5\ \text{mm}$ olduğu görülebilir. Resim 4.1.b'de ayrıntılı SEM görüntüleri verilmiş ve bu sıradan odun dokusunu ortaya çıkarmıştır.

Odun dokusunun temel hücre yapısı, polimerler ve toz arasında kuvvetli bir yapışmanın etkisi olabilen, susuz tahrip olmuş mikro fibril birimlerinin bileşimi olduğu söylenebilir.



Resim 4.1.a. Çam kerestesi talaşı SEM görüntüleri



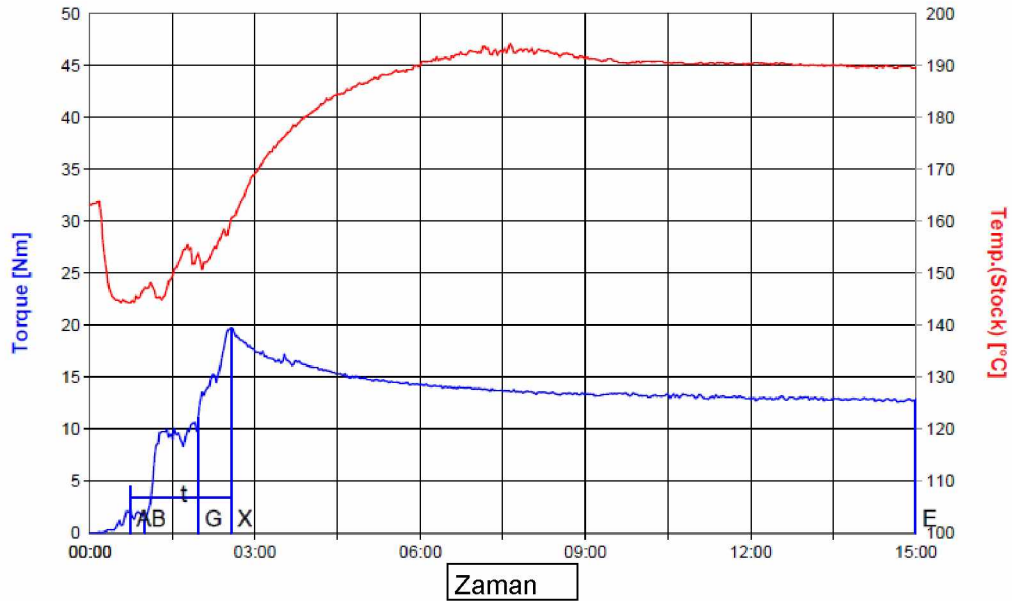
Resim 4.1.b. Çam kerestesi talaşı ayrıntılı SEM görüntüleri

4.3. Kompozitlerin Karışımlarının İncelenmesi

Şekil 4.3'te karıştırma tork-zaman grafiği verilmiştir. Bu grafikte, bükülme noktasına (X) kadar, stok sıcaklığı çarpıcı şekilde düşmüş, ardından yükleme yoğunluğundan sonra istenen oran artmıştır. 10-12 dakika sonra, karışımın hem sıcaklık hem de tork için sabit durumda olduğu açıkça görülmektedir. Karışımın tamamlandığından emin olmak için, işlem 15 dakika sürdürülmüştür. Arayüzey benzerliği kuralına göre (Lu

ve ark. 2000), MAPE polar ahşap ve polar olmayan polietilen arasındaki arayüzey bağımlı etkili bir şekilde iyileştirebileceği tespit edilmiştir.

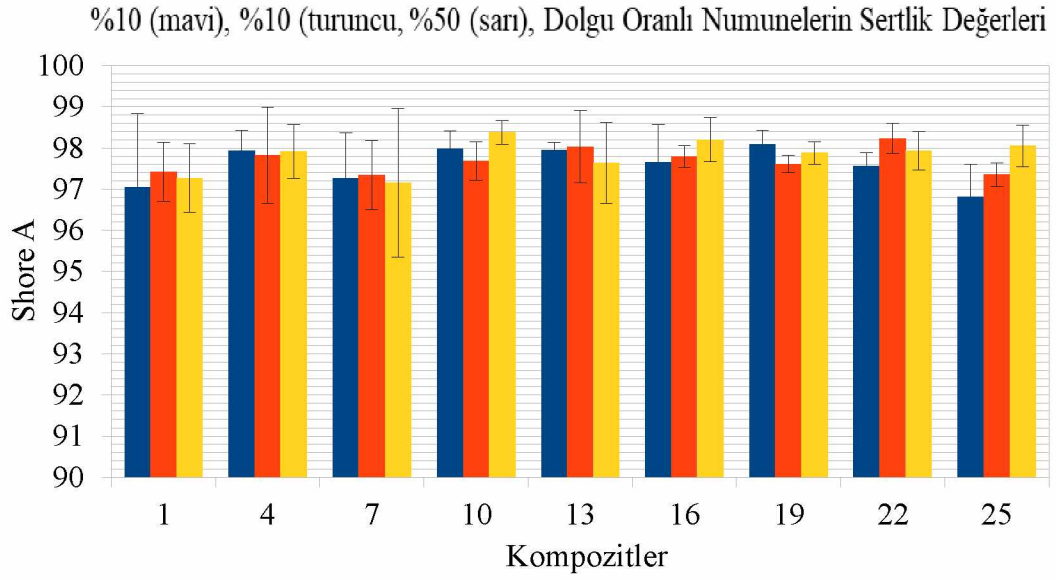
Bu nedenle, MAPE'lerin kimyasal reaksiyonunu ve arayüzey yapısını ileri kimyasal analiz teknikleriyle incelemek ve MAPE'lerin ahşap lifi-polietilen kompozitlerindeki arayüzdeki birleştirme etkisini anlamak gereklidir.



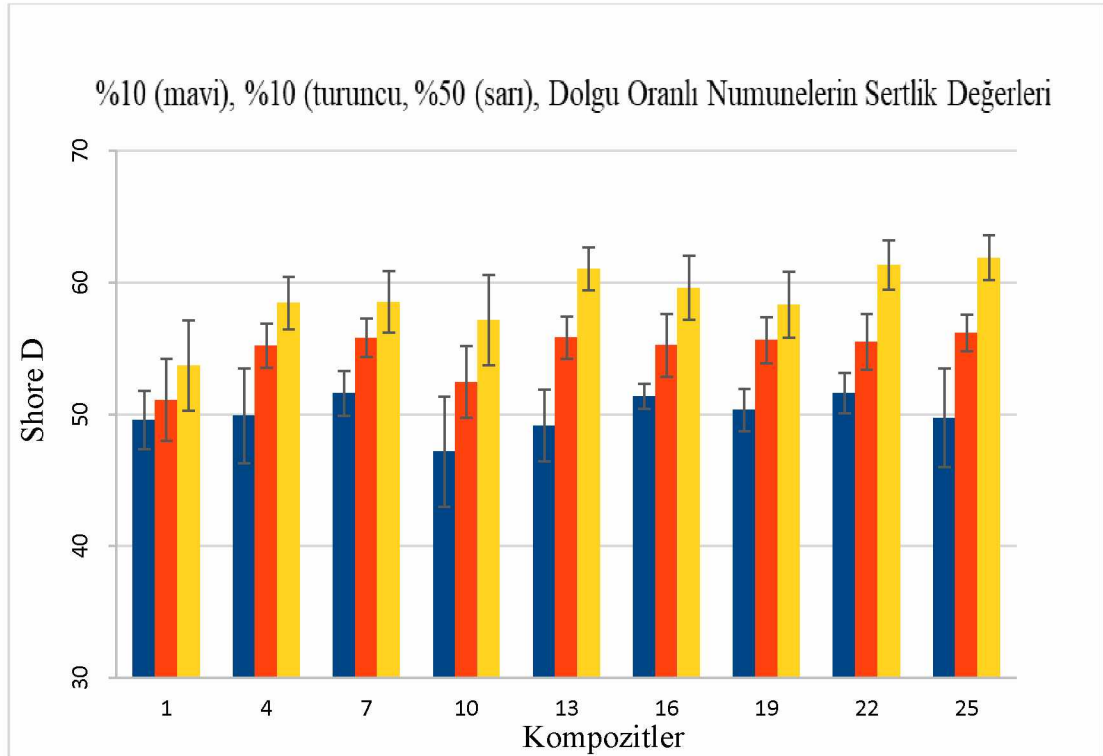
Şekil 4.3. Karışık kompozit örnek plastogramı

4.4. Sertlik Testi

Sertlik ölçümü yapmak için iki farklı tip sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Shore A değerleri 90 ve üzerinde çıktığı için ASTM standartlarına göre Shore D kullanılmıştır. Karşılaştırılması amacıyla her iki sonuç da verilmiştir. Deneylerde 10'dan fazla ölçüm alınmış ve bu değerlerin ortalamaları ile standart sapmaları grafik üzerinde belirtilmiştir.



Şekil 4.4. A tipi cihazla ölçülen sertlik değerleri ve standart sapmaları



Şekil 4.5. D tipi cihazla ölçülen sertlik değerleri ve standart sapmaları

İki grafik birlikte incelendiğinde numuneler için her bir üçlü grup numune için

boraks değerleri tekrarlamak suretiyle sırasıyla %0, %30 ve %50 olarak artmaktadır. Yani grafikte 1, 10 ve 19 ile gösterilen numune gruplarında %0 boraks kullanılmış, 4, 13, 22 ile gösterilen numune gruplarında %30 boraks kullanılmış ve 7, 16, 25 ile gösterilen numune gruplarında %50 boraks kullanılmıştır.

A tipi cihazla yapılan ölçümlerde sertlik değerleri bütün mununeler için yakın değerler vermiştir. Daha hassas olan D tipi cihazla yapılan ölçümde ise %10 dolgu oranlı numunelerin %30 dolgu oranlı numunelere oranla daha düşük sertlik değerlerine, %30 dolgu oranlı numunelerin ise %50 dolgu oranlı numunelere oranla daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu sonucu çıkarılmıştır. Dolgu oranı arttıķa numunelerdeki sertlik değerinin de yükseldiği gözlemlenmiştir.

İlk üç grupta uyumlaştırıcı miktarı %0 dır ve %10, %30 ve %50 dolgu oranlı numunelerde boraks miktar arttıķa sertlik değeri de yükselmiştir.

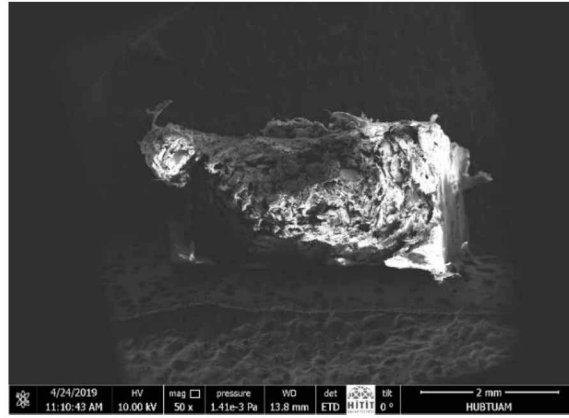
İkinci l grupta uyumlaştırıcı miktarı %30 dur ve %10 dolgu oranlı numunelerde sertlik değerleri sürekli olarak artarken, %30 ve %50 dolgu oranlı numunelerde boraks miktarının artmasıyla ilk önce artmış daha sonra dşmştir.

nc l grupta uyumlaştırıcı miktarı %50 dir ve %10 dolgu oranlı numunelerde sertlik değerleri boraksın artmasıyla birlikte önce artmış daha sonra düşüş göstermiştir, %30 ve %50 dolgu oranlı numunelerde ise boraks miktarının artmasıyla sertlik değerleri de artış göstermiştir.

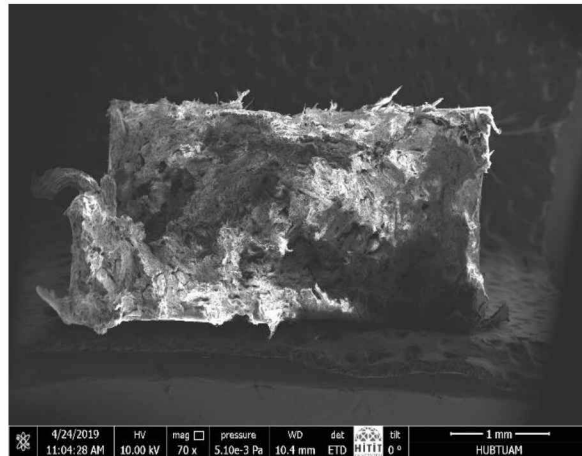
şekil 4.4'te Shore sertliği verilmiştir. Öncelikle Shore A Sertliği ölçüldü, ancak resimden görüleceği gibi Shore A değerleri birbirine yakındı.

Fiziksel olarak belirsizdi ve ek olarak, sertliğin 90'dan yüksek olduğu yerlerde Shore D sertliğinin gerçekleştirilmesi gerekiydi. şekilde, mavi, turuncu ve sarı renk sırasıyla %10, %30 ve %50 dolgu oranını temsil eder. Beklendiği gibi, dolgu sertliği ile sertlik oranının arttığı açıktır. MAgPE'nin önemli bir etkisi olmamakla birlikte, boraks katkı miktarı ile sertlik artmıştır.

Kompozitlerin SEM görüntüleri, mekanik deneylerden sonra çatlak yüzeyin enine kesitlerinden alınmıştır. Çok sayıda kompozit araştırıldı ve bunlardan yüksek ve düşük gerilimlere sahip ikisi değerlendirildi. Resim 4.2'de ilk resimde, yüksek gerilim nedeniyle şekil deformasyonu gösterilmiş, diğer taraftan düşük gerilimde ise çok katıdır ve kesitsel deformasyon olmamıştır. Morfolojik analiz sertlik sonuçları ile uyumludur. Shore sertliğine göre yumuşak kompozit belirgin bir şekilde daha fazla deformasyona uğramıştır. Şekil değiştirmeye ek olarak, matris ve dolgu maddesi arasındaki etkileşimi de iyidir. Kompozitlerin imalatının başarıyla yapıldığını ve uyumlaştırıcının işini etkilediğini, kompozitlerin içinde hiçbir boşluk olmadığını göstermiştir.



Resim 4.2.a. Kompozitlerin yüksek gerilimde SEM görüntüsü

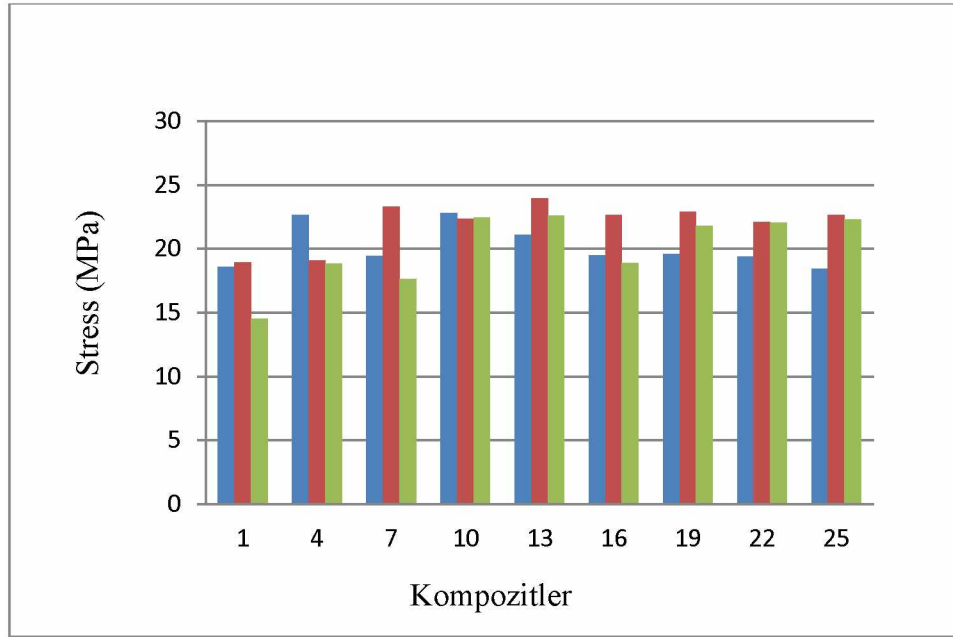


Resim 4.2.b. Kompozitlerin düşük gerilimde SEM görüntüsü

4.5. Çekme Testi

Hazırlanan numunelere çekme testi yapılmış ve kaydedilen sonuçlar dolgu oranı – uyumlaştırıcının boraks miktarının artmasıyla maksimum gerilme ve maksimum yüzde uzama değerlerine etkilerini karşılaştırabilmek için iki grafiğe aktarılmıştır.

İki grafik sertlik testlerinde de olduğu gibi birlikte incelendiğinde numuneler için her bir üçlü grup numune için boraks değerleri tekrarlamak suretiyle sırasıyla %0, %30 ve %50 olarak artmaktadır. Yani grafikte 1, 10 ve 19 ile gösterilen numune gruplarında %0 boraks kullanılmış, 4, 13, 22 ile gösterilen numune gruplarında %30 boraks kullanılmış ve 7, 16, 25 ile gösterilen numune gruplarında %50 boraks kullanılmıştır.



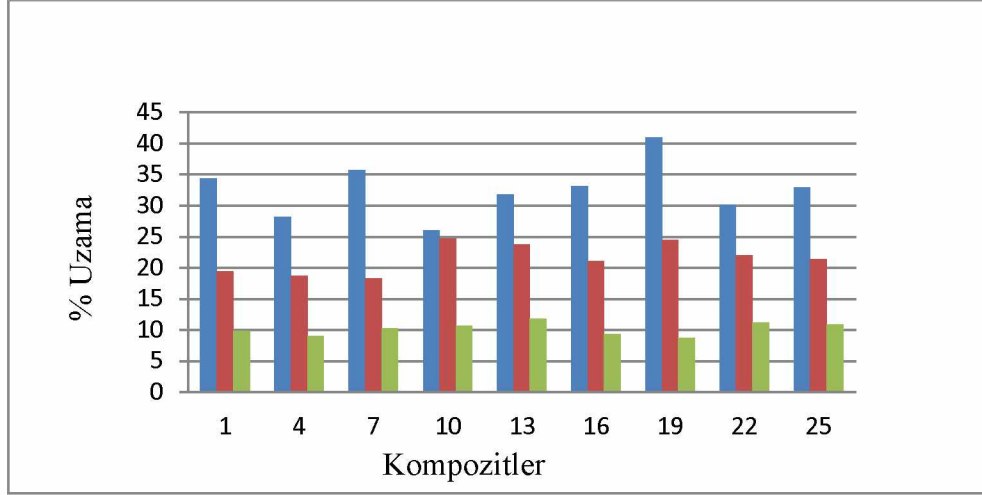
Şekil 4.6. Çekme deneyi sonuçları

İlk üç grupta uyumlaştırıcı miktarı %0 dır ve %10 ve %50 dolgu oranlı numunelerde boraks miktarının artmasıyla gerilme değeri önce yükselmiş sonra düşmüştür. %30 dolgu oranlı numunelerde ise boraks miktarının artmasıyla gerilme değeri önce yükselmiş sonra düşmüştür.

İkinci üçlü grupta uyumlaştırıcı miktarı %30 dur ve %10 dolgu oranlı numunelerde gerilme değerleri sürekli olarak düşerken, %30 ve %50 dolgu oranlı numunelerde

boraks miktarının artmasıyla ilk önce artmış daha sonra düşmüştür.

Üçüncü üçlü grupta uyumlaştırıcı miktarı %50 dir ve boraks miktarının değişmesiyle gerilme değerlerinde çok fazla bir değişiklik görülmesi de %10 dolgu oranlı numunelerde gerilme değerleri boraks miktarının artmasıyla düşmüştür.

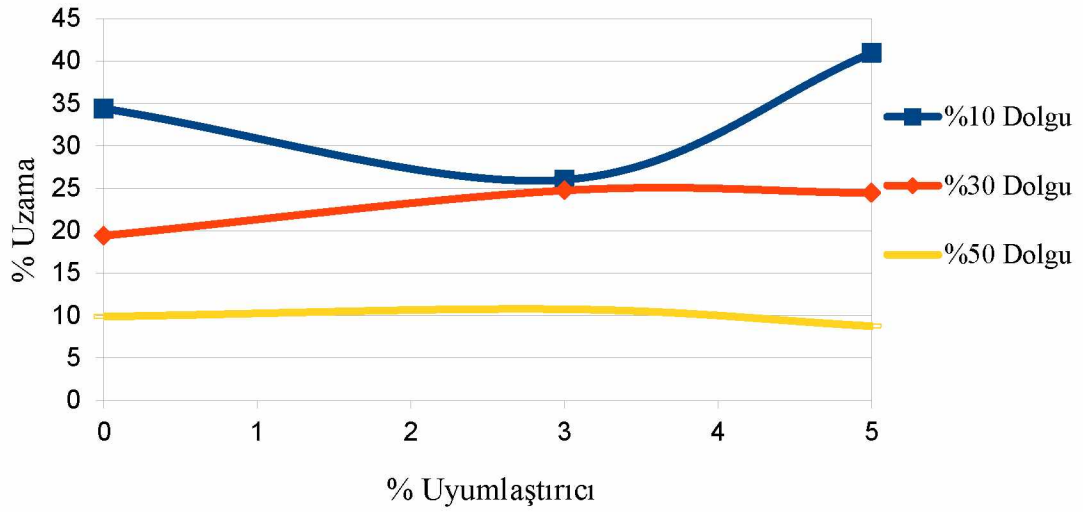


Şekil 4.7. % Uzama sonuçları

İlk üç grupta uyumlaştırıcı miktarı %0 dir ve %10 ve %50 dolgu oranlı numunelerde boraks miktarının artmasıyla yüzde uzama değeri önce düşmüş sonra yükselmiştir. %30 dolgu oranlı numunelerde ise boraks miktarının artmasıyla yüzde uzama düşmüştür.

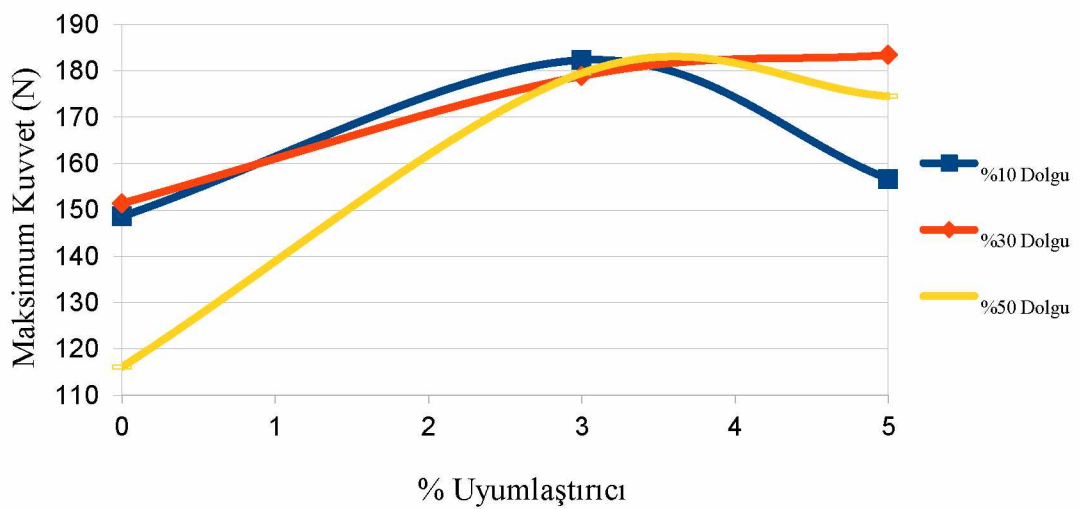
İkinci üçlü grupta uyumlaştırıcı miktarı %30 dur ve %10 dolgu oranlı numunelerde yüzde uzama değeri boraks miktarının artmasıyla yükselirken, %30 dolgu oranlı numunelerde düşmüştür ve %50 dolgu oranlı numunelerde ise boraks miktarının artmasıyla ilk önce artmış daha sonra düşmüştür.

Üçüncü üçlü grupta uyumlaştırıcı miktarı %50 dir ve boraks miktarının değişmesiyle %10 dolgu oranlı numunelerde yüzde uzama değeri boraks miktarının artmasıyla önce düşmüş daha sonra yükselmiştir. %30 dolgu oranlı numunelerde boraks miktarının artmasıyla düşmüş ve %50 dolgu oranlı numunelerde önce artmış sonra küçük bir miktar düşmüştür.



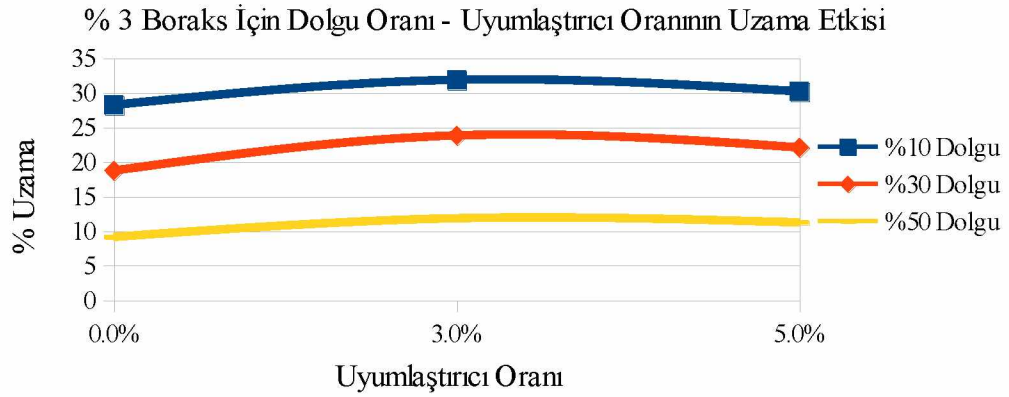
Şekil 4.8. % 0 Boraks için Uyumlaştırıcı- Dolgu Oranının % uzamaya etkisi

Dolgu oranının artmasıyla % uzamanın azaldığı beklenen bir sonuçtur ve öyle de çıkmıştır. Bu durum %3 uyumlaştırıcı için burada da söz konusudur. %3 lük değere bu kadar yakın çıkma sebebi muhtemel mikroçatlaklardır.



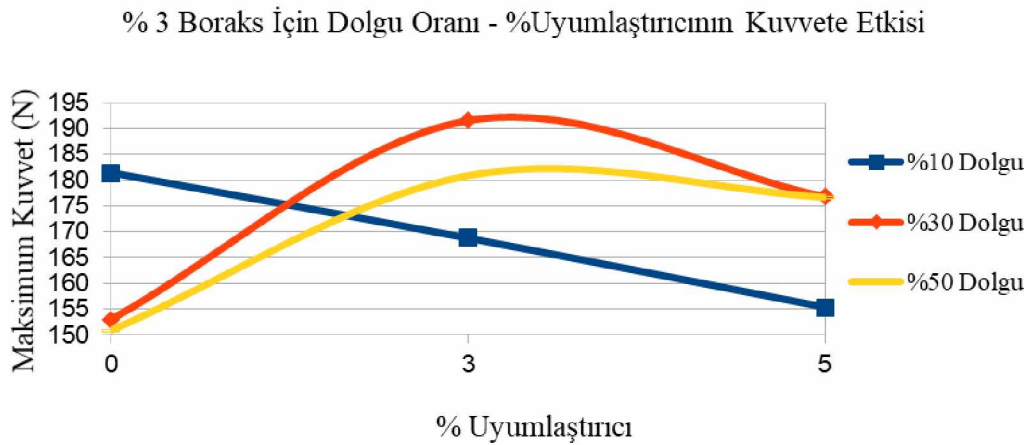
Şekil 4.9. %0 Boraks İçin Uyumlaştırıcı - Dolgu Oranının Kuvvet Etkisi

Boraks katkısı olmaksızın uyumlaştırıcının maksimum kuvvete etkisine bakıldığında genel olarak MAgPE nin maksimum dayanma kuvvetini bir miktar arttırdığı tespit edilmiştir. %10 dolgu malzemesi içeren numunede, % 5 MAgPE nin olumsuz etkisi varmış gibi görülse de istatistiksel bir değerlendirme yapılmadan bu sonuçları hakkında kesin bir şey söylenemez. Yapılacak başka çalışmalar ile bu sebep daha fazla irdelenebilir.



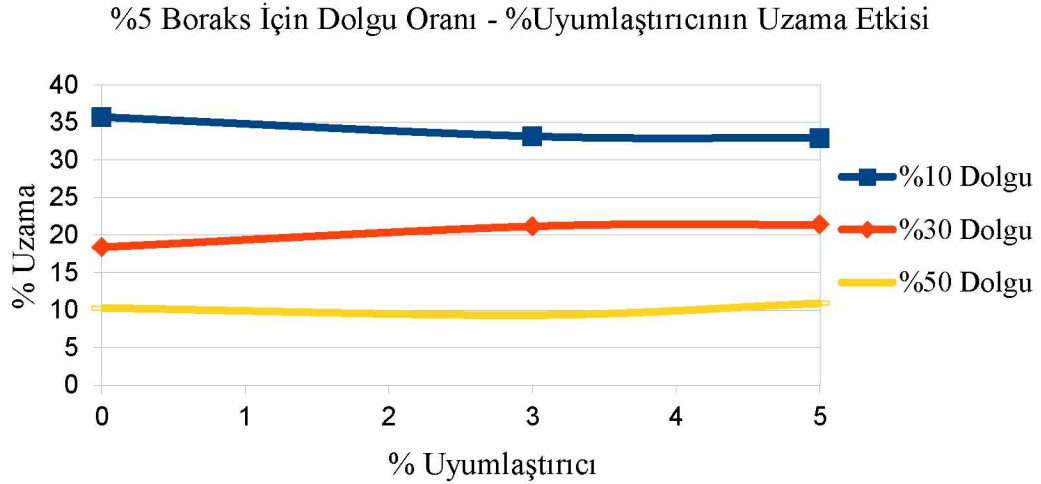
Şekil 4.10. %3 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının % uzamaya etkisi

%3 boraks içeren katkı için % uzamaya belirli bir miktar artma ya da azalma olduğu söylenemez. Dolayısıyla boraks katkısının ve uyumlaştırıcın % uzamaya fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.



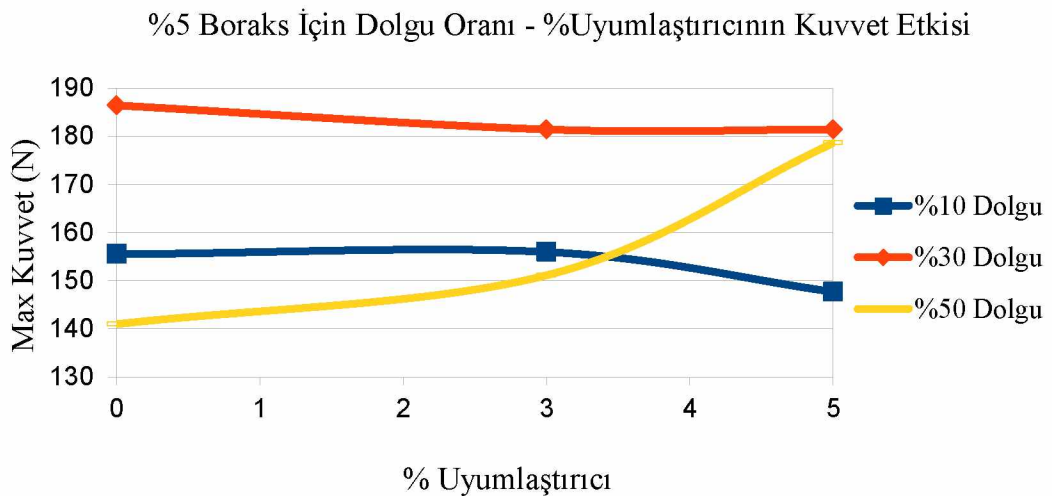
Şekil 4.11. %3 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının kuvvet etkisi

%3 Boraks içeren katkı için %10 dolgu malzemesi içeren numunede MagPE oranının artmasının numunenin dayanımını düşürdüğü belirlenmiştir. Diğer numunelerde uyumlaştırıcının kuvvete etkisi olduğu söylenemez. Dolayısıyla MagPE oranı arttıkça dayanımın arttığı söylenebilir.



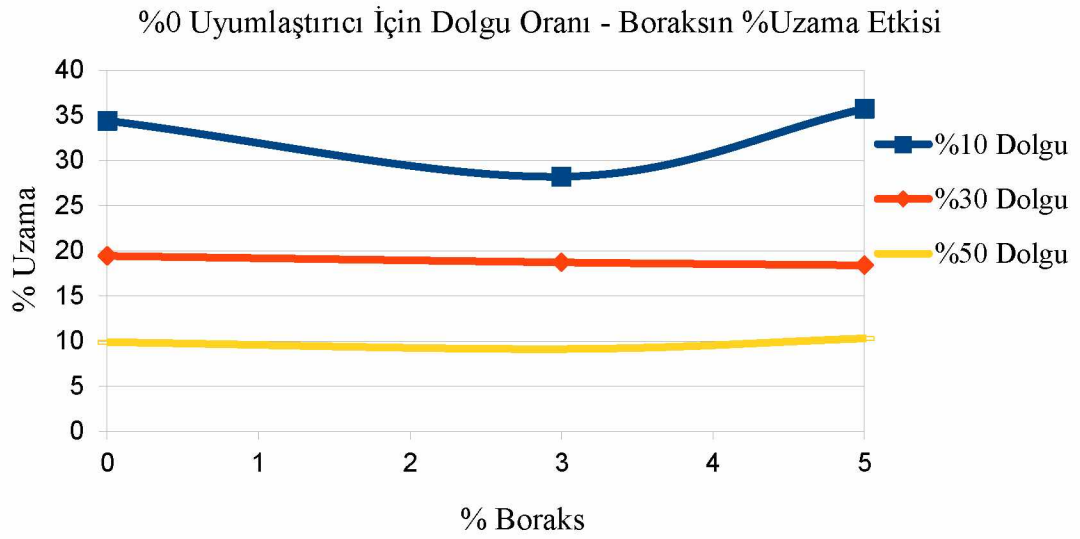
Şekil 4.12. %5 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının % uzamaya etkisi

%5 Boraks içeren katkı için Şekil 6.10'daki gibi % uzamaya belirli bir miktar artma ya da azalma olduğu söylenemez. Dolayısıyla boraks katkısının ve uyumlaştırıcının % uzamaya fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.



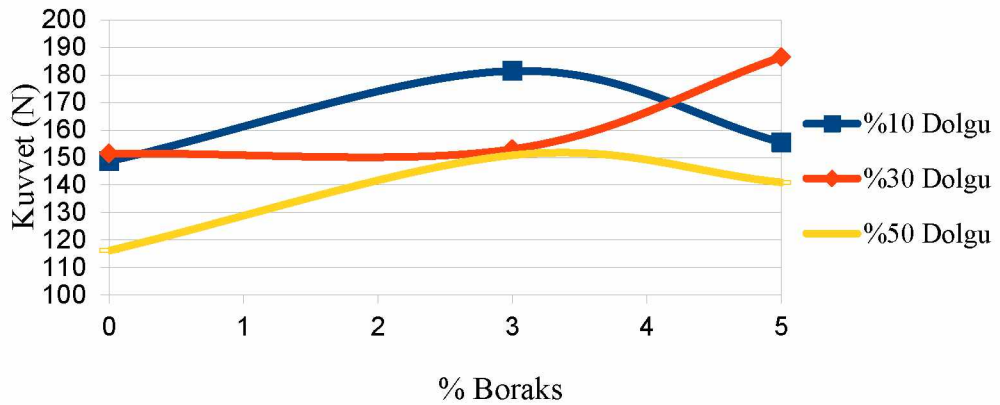
Şekil 4.13. %5 Boraks katkılı numunelerde uyumlaştırıcının kuvvet etkisi

%5 Boraks içeren katkı için uyumlaştırıcının maksimum kuvvete etkisine bakıldığında MAgPE %5 olmasının %10 dolgu maddesi içeren numunede maksimum dayanma kuvvetini bir miktar azaltırken %50 dolgu maddesi içeren numunede maksimum dayanma kuvvetini bir miktar arttırdığı tespit edilmiştir. %5 Boraks içeren numunelerde dolgu oranı ve uyumlaştırıcı artınca dayanma kuvveti artmıştır.



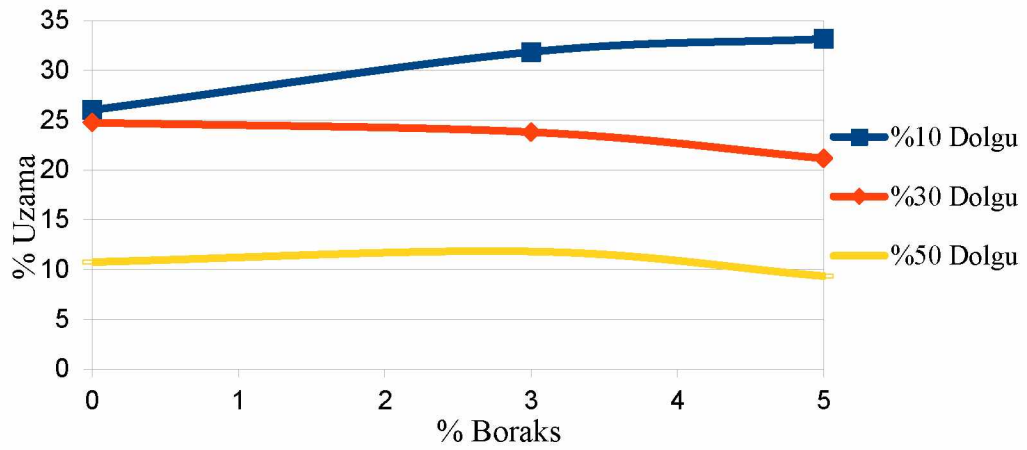
Şekil 4.14. Uyumlaştırıcı katkısız numunelerde boraksın % uzamaya etkisi

Uyumlaştırıcı katkısı olmaksızın %10 dolgu malzemesi içeren numunede uzamanın boraks miktarının artmasıyla önce düşüp daha sonra arttığı belirlenmiştir.



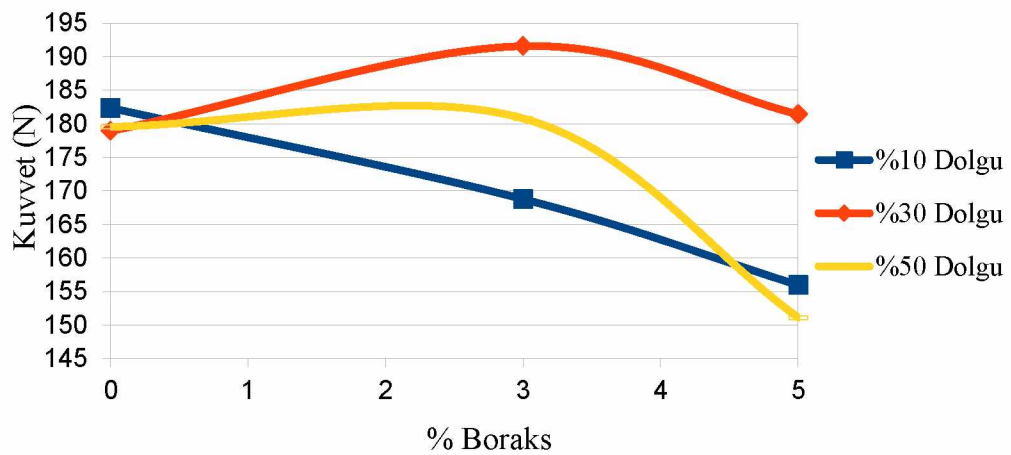
Şekil 4.15. % 0 Uyumlaştırıcı İçin Dolgu Oranı - Boraksın Kuvvet Etkisi

Uyumlaştırıcı katkısı olmaksızın %10 dolgu malzemesi içeren numunede boraksın maksimum dayanım kuvvetini önce artırırken, sonra düşürdüğü belirlenmiştir. Dolgu oranı yüksek olan numunelerde boraks miktarının artışıyla genel olarak dayanım kuvvetinde artış gözlenmiştir.



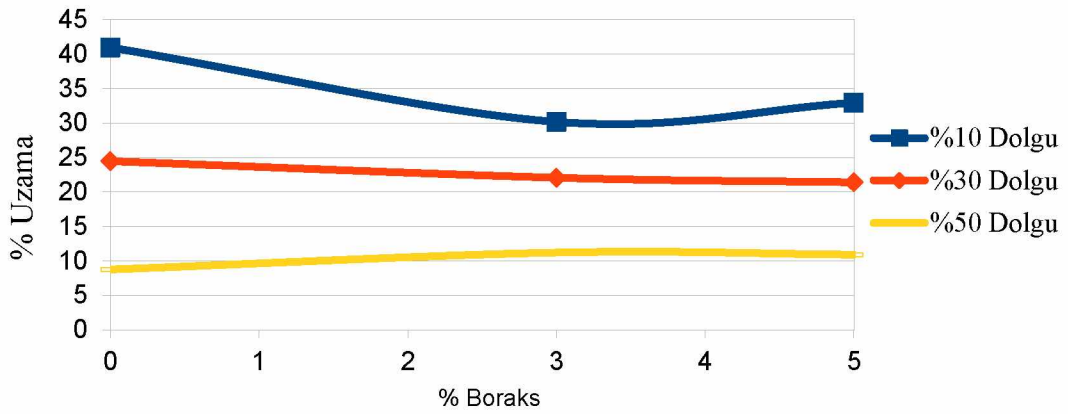
Şekil 4.16. %3 Uyumlaştırıcı İçin Boraks - Dolgu Oranı % Uzama Etkisi

%3 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunede %10 dolgu maddeli numunede boraks miktarı arttıkça % uzamada artış, %30 ve %50 dolgu maddeli numunede ise % uzamada düşüş gözlemlenmiştir. %10 dolgu maddeli numunede Boraks miktarındaki artışın %uzamayı geliştirdiği gözlemlenmiştir.



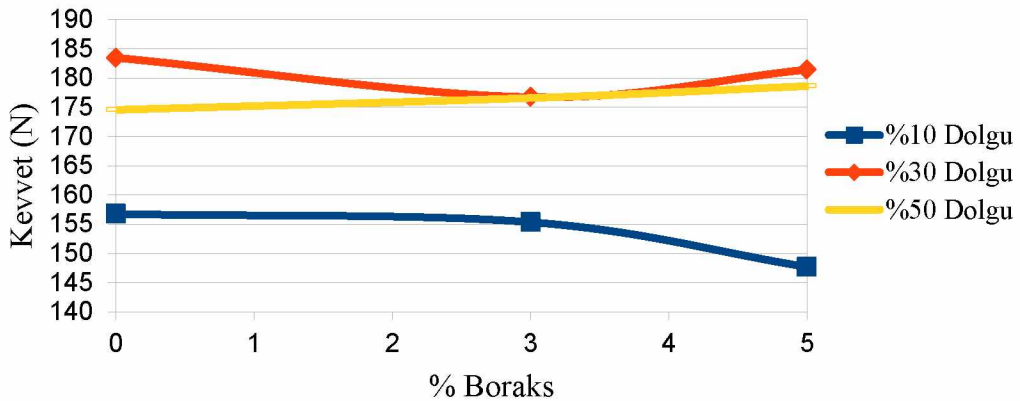
Şekil 4.17. %3 Uyumlaştırıcı İçin Boraks - Dolgu Oranı Kuvvet Etkisi

%3 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunede boraksın maksimum kuvvete etkisine bakıldığında genel olarak boraksın maksimum dayanma kuvvetini bir miktar düşürdüğü tespit edilmiştir.



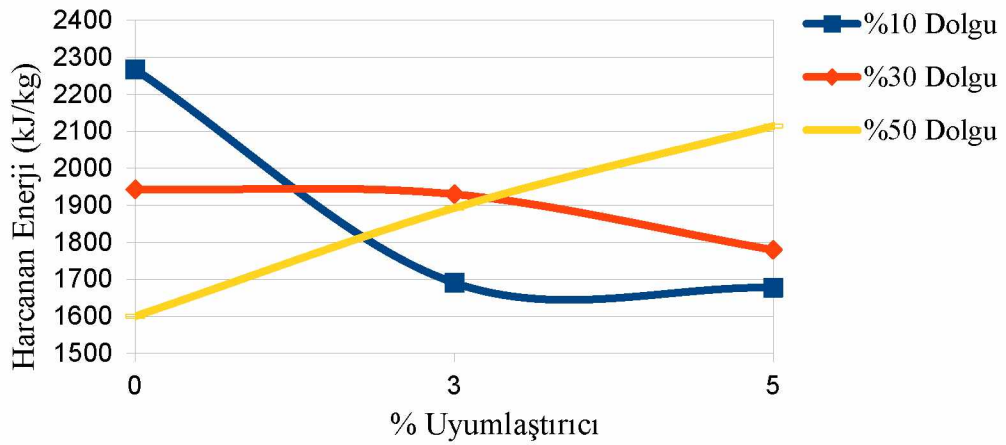
Şekil 4.18. %5 Uyumlaştırıcı İçin Boraks - Dolgu Oranı % Uzama Etkisi

%5 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunelerde boraksın %uzamaya etkisine bakıldığında %10 dolgu maddeli numunede uyumlaştırıcı kullanılmayan numenedeki aynı etki görülmüş ve % uzama önce azalmış sonra bir miktar artmıştır. Dolgu oranı yüksek olan numunelerde ise boraks miktarının uzamaya belirgin bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.



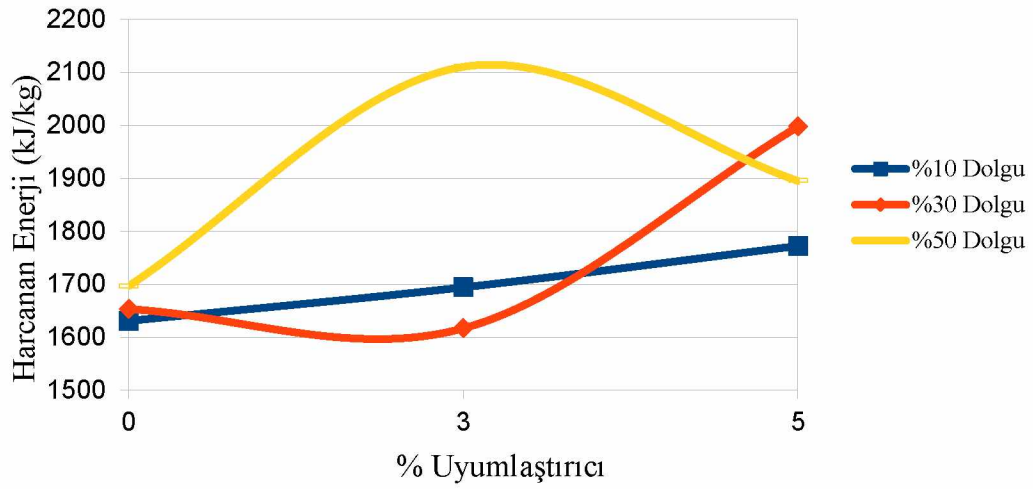
Şekil 4.19. %5 Uyumlaştırıcı İçin Boraks - Dolgu Oranı Kuvvet Etkisi

%5 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunelerde boraksın maksimum dayanıma etkisi incelendiğinde %30 ve %50 dolgu oranına sahip numunelerde dayanım kuvvetinin daha yüksek olduğu ve boraks oranının değişmesiyle çok da etkilenmediği gözlemlenmiştir.



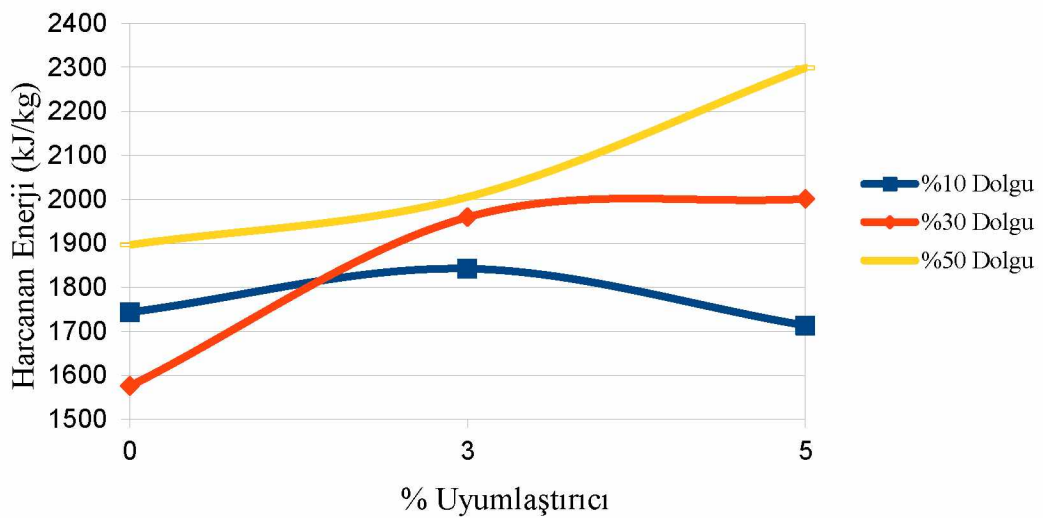
Şekil 4.20. Boraks Katkısız Numunelerde Harcanan Enerji

Boraks katkısız %10 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcı arttıkça harcanan güç miktarı azalırken %50 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcı arttıkça harcanan güç miktarı artmıştır. Bunun nedeni boraks yokluğunda %50 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcının artırılmasıyla dayanıklılığın artmasıdır.



Şekil 4.21. %3 Boraks Olan Numunelerde Harcanan Enerji

%3 boraks katkılı %30 dolgu oranlı numunelerde %3 uyumlaştırıcı miktarından sonra harcanan güçte artış gözlenmiştir. Bununla birlikte %50 dolgu oranlı numunelerde %3 uyumlaştırıcı miktarına kadar harcanan enerji miktarı arttıktan sonra uyumlaştırıcı miktarının daha fazla artmasıyla harcanan enerjide bir miktar düşüş görülmüştür. Kırılmalık artarak dayanıklılık düşmektedir.

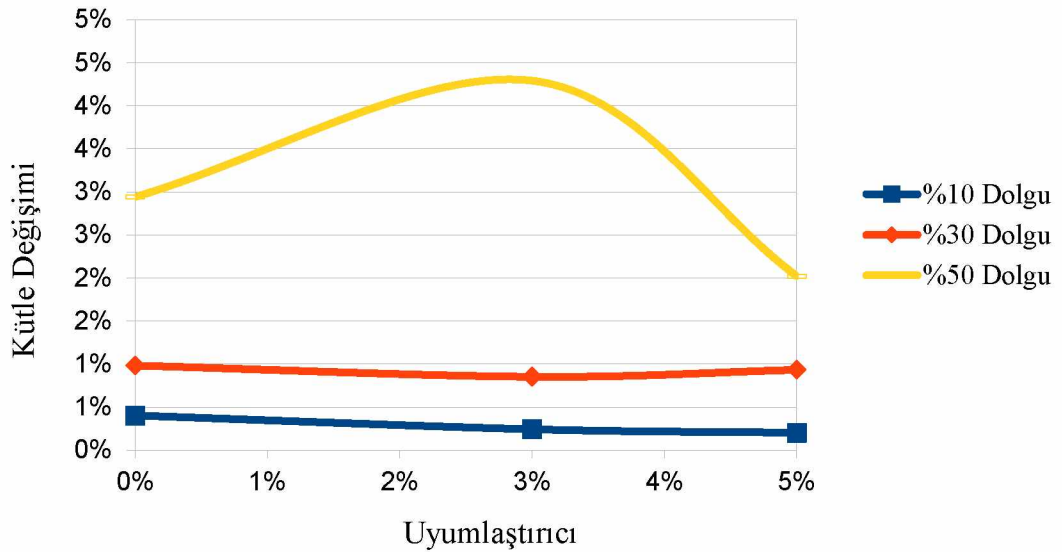


Şekil 4.22. %5 Boraks Olan Numunelerde Harcanan Enerji

%5 boraks katkılı numunelerde %3 uyumlaştırıcıya kadar harcanan enerjide artış gözlemlenmiş ve uyumlaştırıcı miktarının daha da artırılmasıyla %30 dolgu oranlı numunede harcanan enerji aynı seviyede kalırken %50 dolgu oranlı numunede harcanan enerji daha hızlı bir şekilde yükselme göstermiştir. Bunun nedeni %50 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcının da artışıyla kompozit malzeme dayanımının bir miktar daha dayanıklı hale gelmesidir.

4.6. Şişme Testi

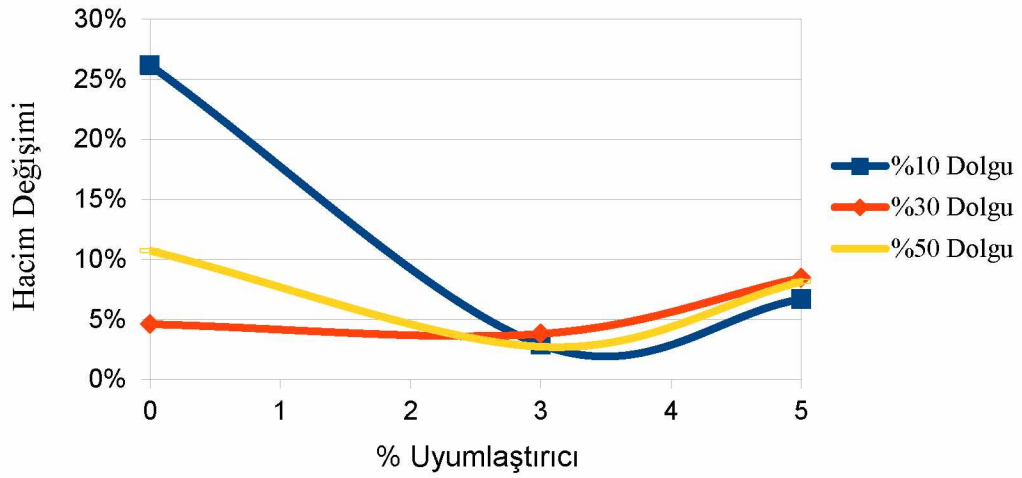
Hazırlanan numunelerden boy, en, kalınlık ölçümleri alınarak 24 saatte bir suda bekletilerek aynı ölçümler tekrarlanarak değişim oranları gözlenmiştir. Aşağıdaki grafiklerle bu verilerin sonuçları açıklanmıştır.



Şekil 4.23. %0 Boraks için 48 saat sonra Kütle Değişimi

12 saatlik kütle artışına bakıldığında %10 dolgu oranlı numunede uyumlaştırıcı miktarının artması kütle değişimini olumsuz yönde etkilemiş ve numunede kütle azalması tespit edilmiştir. %30 dolgu oranlı numunede kütle hemen hemen sabit kalırken %50 dolgu oranlı numunede uyumlaştırıcı miktarı %3'e kadar

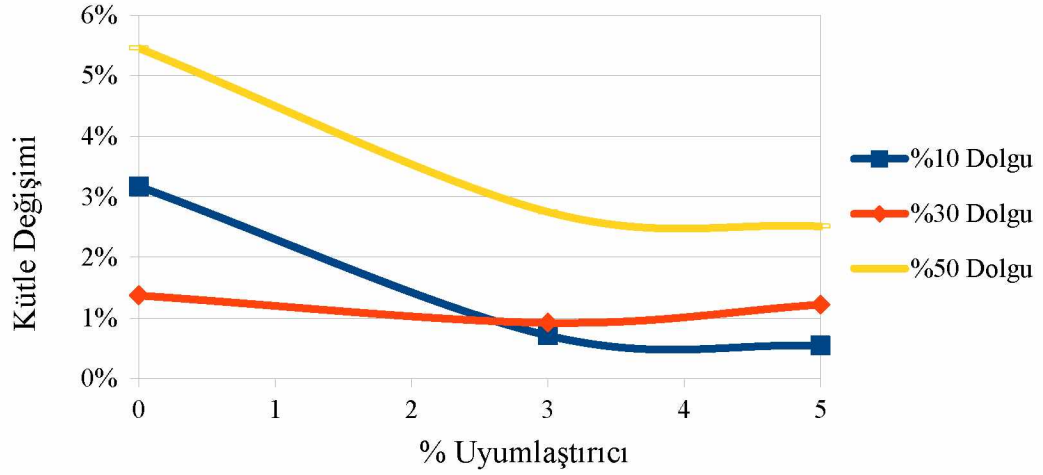
arttırıldığında kütlede artış gözlenmiş ve daha sonrasında kütle hızla düşmüştür. %10 ve %30 dolgu oranlı numunede uyumlaştırıcı miktarının artması ve bir 24 saat daha geçmesiyle kütle sabit kalırken, %50 dolgu oranlı numunede ilk 24 saatte gözlemlendiği şekilde uyumlaştırıcı miktarı %3'e kadar arttırıldığında kütlede artış gözlenmiş ve daha sonrasında kütle kaybı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.24. %0 Boraks için 48 saat sonra Hacim Değişimi

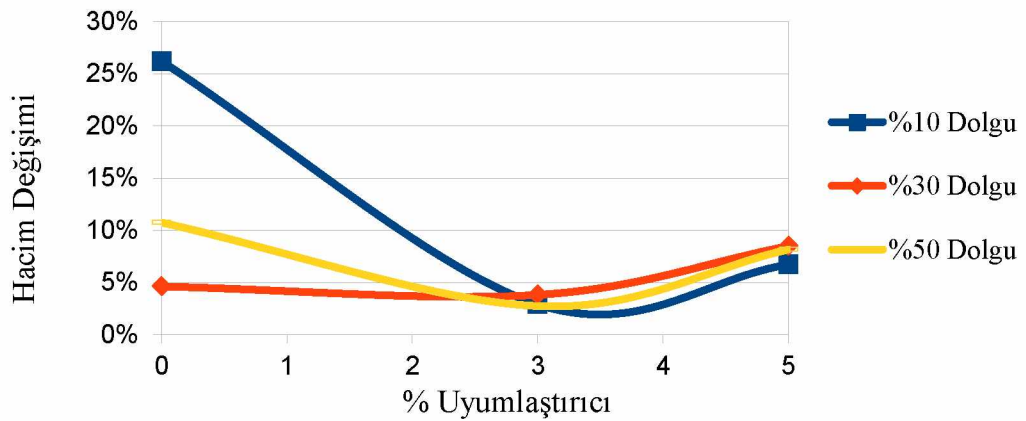
%10 dolgulu numunelerde %3 uyumlaştırıcı katkısına kadar hacimde hızlı bir düşüş gözlenirken bundan sonrasında artış görülmüştür. %30 ve %50 dolgu oranlı numunelerde de %10'luk numunedeki kadar net olmamakla birlikte aynı tepki kaydedilmiştir. Aynı numunelerde 48 saatlik ölçümler sonucunda ilk 24 saatteki davranışlarına çok benzer şekilde tepki verdikleri gözlemlenmiştir.

12 saatlik gözlem sonunda %10 ve %50 dolgu oranlı numunelerde keskin bir şekilde %3-4 uyumlaştırıcı katkısına kadar kütlede hızlı bir düşüş gözlenirken bundan sonrasında artış görülmüştür. %30 dolgu oranlı numunede bunlara çok benzer ancak daha yumuşak kütle değişimi gözlemlenmiştir. Aynı numunelerde 48 saatin sonunda aynı davranışı sergiledikleri ve zamanın tepkilerinde değişiklik oluşturmadığı gözlemlenmiştir.



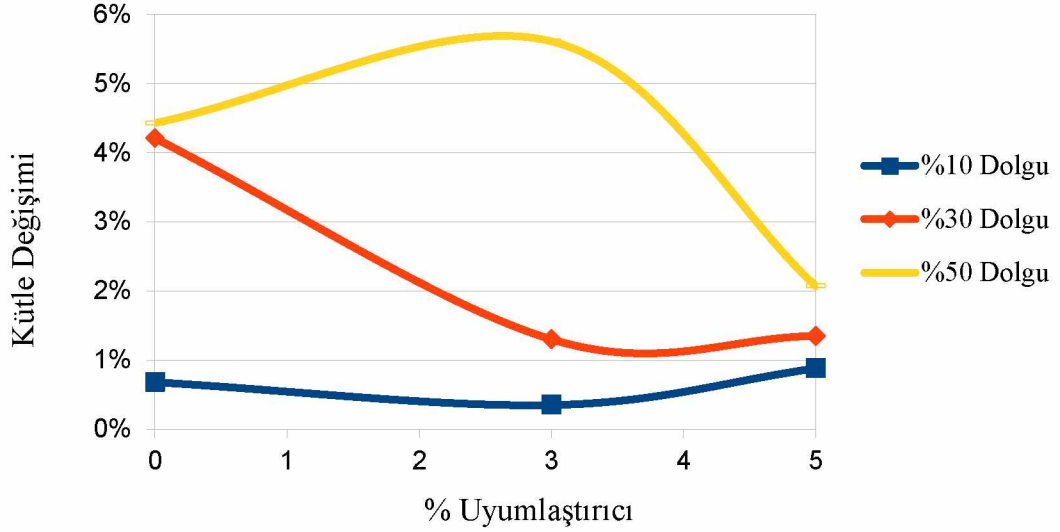
Şekil 4.25. %3 Boraks için 48 saat sonra Kütle Değişimi

%3 boraks katkıli %10 ve %50 dolgu oranlı numunelerde çok keskin bir şekilde kütlede %3-4 uyumlaştırıcı katkısına kadar hızlı bir düşüş gözlenirken bundan sonrasında sabit kalmıştır. %30 dolgu oranlı numunelerde ise %3-4 uyumlaştırıcı katkısına kadar kütlede hafif düşüş gözlenip ondan sonrasında diğer numunlerdeki gibisabit kaldığı tespit edilmiştir.



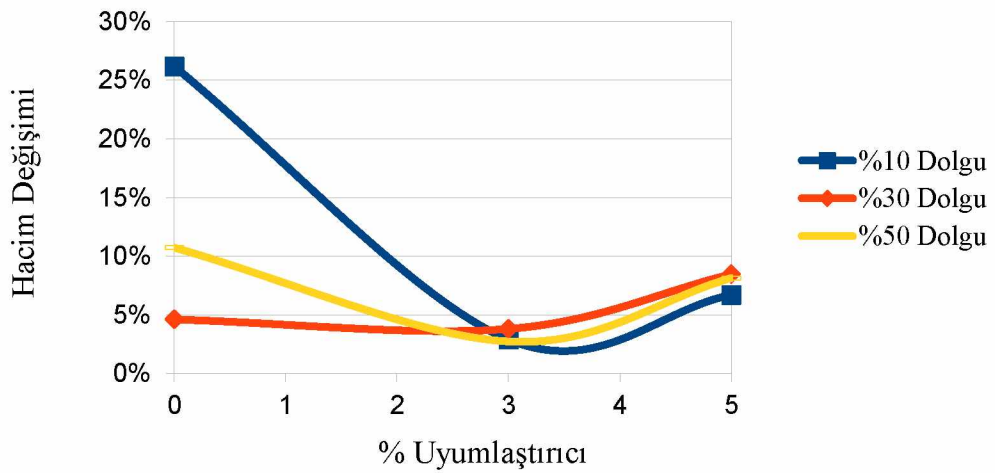
Şekil 4.26. %3 Boraks için 48 saat sonra Hacim Değişimi

48 saat suda bekletilen numunelerde boraks katkısız numunelerle aynı değişimler gözlemlenmiştir.



Şekil 4.27. %5 Boraks için 48 saat sonra Kütle Değişimi

Katkısız ve %5 boraks katkıli numunelerde şişme testlerinin ilk 24 saatinde oldukça benzer tepkiler kaydedilmiştir. 48 saatlik bir şişme testi sonunda %5 boraks ilaveli %50 dolgu maddeli numune boraks katkısız numuneyle aynı sonuçları vermiş ve kütlesi %3 uyumlaştırıcı miktarına kadar yükselirken bu seviyeden sonra hızla düşüş göstermiştir.



Şekil 4.28. %5 Boraks için 48 Saat Sonra Hacim Değişimi

%5 boraks katkılı numunelerde 48 saat şişmeye maruz bırakıldığında %3 boraks katkılı numunelerdeki birebir aynı tepkiyi verdiği kaydedilmiştir. Boraks katkısız numunelerde de oldukça yakın değerler not edilmiştir.

Sonuç olarak yapılan şişme testlerinde boraks miktarındaki artışın hacimdeki davranışı etkilemediği kaydedilmiştir.

Çizelge 4.1. Şişme Deneyi Ölçüm Sonuçları

Numune	Zaman	Kütle (mg)	% Kütle Değişimi	Boyutlar (mm)			Hacim (mm ³)	% Hacim Değişimi
				x	y	z		
1	ilk	0,2527	0,40	3,63	1,81	31,55	207,29	26,16
	24saat	0,2551		3,93	2,13	31,63	264,77	
	48saat	0,2537		3,97	2,08	31,67	261,52	
2	ilk	0,2657	0,98	3,87	2,08	31,08	250,18	4,60
	24saat	0,2678		3,96	2,08	31,88	262,59	
	48saat	0,2683		3,93	2,09	31,86	261,69	
3	ilk	0,2622	2,94	3,91	2,1	29,5	242,22	10,72
	24saat	0,2708		4,12	2,14	29,53	260,36	
	48saat	0,2699		4,09	2,21	29,67	268,18	
4	ilk	0,2715	3,31	3,84	1,99	32,36	247,28	32,03
	24saat	0,2797		3,99	2,43	32,48	314,92	
	48saat	0,2805		4,07	2,46	32,61	326,50	
5	ilk	0,2624	1,37	3,9	2,07	31,24	252,20	5,11
	24saat	0,2666		3,99	2,09	31,27	260,76	
	48saat	0,2700		3,98	2,13	31,27	265,09	
6	ilk	0,2806	5,45	3,91	2,14	30,98	259,22	10,13
	24saat	0,2962		3,99	2,16	31,05	267,60	
	48saat	0,2959		4,23	2,17	31,1	285,47	
7	ilk	0,2348	0,68	3,93	2,07	29,5	239,99	7,74
	24saat	0,2358		3,98	2,11	29,63	248,83	
	48saat	0,2364		4,13	2,12	29,53	258,55	
8	ilk	0,2492	4,21	3,66	1,99	29,54	215,15	21,93
	24saat	0,2522		3,91	2,22	30,06	260,93	
	48saat	0,2597		4,01	2,18	30,01	262,34	
9	ilk	0,2933	4,43	3,64	1,81	31,78	209,38	34,16
	24saat	0,3030		3,95	2,12	32,02	268,14	
	48saat	0,3063		4,04	2,16	32,19	280,90	
10	ilk	0,2502	0,24	3,93	2,06	31,19	252,51	2,89
	24saat	0,2506		3,97	2,08	31,36	258,96	
	48saat	0,2508		3,96	2,09	31,39	259,80	
11	ilk	0,2580	0,85	3,87	2,05	31,1	246,73	3,80
	24saat	0,2599		3,9	2,06	31,17	250,42	
	48saat	0,2602		3,91	2,1	31,19	256,10	
12	ilk	0,2891	4,29	3,93	2,13	32,22	269,71	2,73
	24saat	0,2999		3,94	2,16	32,24	274,38	
	48saat	0,3015		3,97	2,16	32,31	277,06	
13	ilk	0,2542	0,71	3,97	2,08	31,64	261,27	4,35
	24saat	0,2551		4	2,11	31,66	267,21	
	48saat	0,2560		4,02	2,14	31,69	272,62	
14	ilk	0,2610	0,92	3,9	2,11	31,03	255,35	3,24
	24saat	0,2625		3,93	2,15	31,2	263,62	

48saat	0,2634		3,95	2,17	2,19	18,77	
--------	--------	--	------	------	------	-------	--

Çizelge 4.1. (Devam) Şişme Deneyi Ölçüm Sonuçları

Numune	Zaman	Kütle (mg)	% Kütle Değişimi	Boyutlar			Hacim (mm ³)	% Hacim Değişimi
				x	y	z		
15	ilk	0,2875	2,75	3,88	2,07	32,09	257,73	4,75
	24saat	0,2946		3,92	2,12	32,13	267,01	
	48saat	0,2954		3,95	2,13	32,09	269,99	
16	ilk	0,2557	0,35	4,13	2,09	31,27	269,91	0,09
	24saat	0,2565		4,15	2,1	31,51	274,61	
	48saat	0,2566		4,02	2,13	31,55	270,15	
17	ilk	0,2842	1,30	3,92	2,08	32,89	268,17	6,20
	24saat	0,2864		3,93	2,12	32,91	274,19	
	48saat	0,2879		4,02	2,15	32,95	284,79	
18	ilk	0,2851	5,61	3,89	2,07	31,49	253,57	8,05
	24saat	0,2968		3,94	2,17	31,51	269,40	
	48saat	0,3011		4,01	2,16	31,63	273,97	
19	ilk	0,2482	0,20	3,89	2,08	30,88	249,86	2,95
	24saat	0,2486		3,97	2,09	31	257,22	
	48saat	0,2487		3,98	2,11	31,03	260,58	
20	ilk	0,2580	0,93	3,86	2,08	31,02	249,05	8,46
	24saat	0,2598		3,94	2,12	31,05	259,35	
	48saat	0,2604		4,06	2,14	31,09	270,12	
21	ilk	0,2724	2,02	3,88	2,09	31,03	251,63	8,35
	24saat	0,2764		4,02	2,13	31,29	267,92	
	48saat	0,2779		4,05	2,15	31,31	272,63	
22	ilk	0,2416	0,54	3,95	2,06	30,27	246,31	2,59
	24saat	0,2424		4,09	2,08	30,32	257,94	
	48saat	0,2429		3,93	2,12	30,33	252,70	
23	ilk	0,2622	2,94	3,87	2,1	32,19	261,61	1,32
	24saat	0,2708		3,89	2,11	32,2	264,29	
	48saat	0,2699		3,9	2,11	32,21	265,06	
24	ilk	0,2754	2,51	3,94	2,06	30,8	249,99	3,80
	24saat	0,2809		3,97	2,1	30,83	257,03	
	48saat	0,2823		3,97	2,12	30,83	259,48	
25	ilk	0,2381	0,88	3,65	1,81	29,57	195,35	28,34
	24saat	0,2401		3,92	2,09	29,84	244,47	
	48saat	0,2402		4,02	2,09	29,84	250,71	
26	ilk	0,2823	1,35	3,64	1,82	32,05	212,32	29,08
	24saat	0,2858		3,99	2,13	32,37	275,10	
	48saat	0,2861		3,97	2,13	32,41	274,06	
27	ilk	0,2268	2,43	3,88	2,06	25,7	205,41	5,01
	24saat	0,2315		3,94	2,11	25,75	214,07	

	48saat	0,2323		3,95	2,12	25,76	215,71	
--	--------	--------	--	------	------	-------	--------	--

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kompozitlerin mekanik özelliklerini etkileyen dolgu malzemesi yüzeyi, katkı maddeleri ve matris arasındaki ağırlık fraksiyonu, dağılma ve ara yüz etkileşimleri gibi faktörler vardır. Bunlar arasında, ara yüz mukavemetindeki artış, boraks hidrofobik yüzeyleri nedeniyle elde edilmesi en zor olanıdır.

Dolgu için elekaltı talaş kullanılmıştır. Doğal kaynakların tüketilmesinden ziyade, mobilya endüstrisi ürünleri atıkları ve işlenmemiş bağlayıcılar yerine atık kaynaklı bağlayıcıların kullanılması, atıkların sürdürülebilirliği yanında önemli ekonomik ve çevresel etkiye sahiptir.

Bu çalışmada, polar çam atığı ve polar olmayan polietilen bir araya gelmesine rağmen, boraks, çam ağacı, toz ve geri dönüşümlü polietilen ile kompozitler başarıyla üretilmiştir.

Boraks miktarlarıdeğiştirilen numunelerde boraks katkısı olmaksızın uyumlaştırıcının maksimum kuvvete etkisine bakıldığında; genel olarak MAgPE nin maksimum dayanma kuvvetini bir miktar arttırdığı tespit edilmiştir. %3 Boraks içeren katkı için %10 dolgu malzemesi içeren numunede MagPE oranının artmasının numunenin dayanımını düşürdüğü belirlenmiştir. Diğer numunelerde uyumlaştırıcının kuvvete etkisi olduğu söylenemez. Dolayısıyla MagPE oranı arttıkça dayanımın arttığı söylenebilir. %5 Boraks içeren katkı için uyumlaştırıcının maksimum kuvvete etkisine bakıldığında MAgPE % 5 olmasının %10 dolgu maddesi içeren numunede maksimum dayanma kuvvetini bir miktar azaltırken %50 dolgu maddesi içeren numunede maksimum dayanma kuvvetini bir miktar arttırdığı tespit edilmiştir. %5 Boraks içeren numunelerde dolgu oranı ve uyumlaştırıcı artınca dayanma kuvveti artmıştır.

Dolgu oranının artmasıyla % uzamanın azaldığı beklenen bir sonuçtur ve öyle de

çıkıştır. %3 veya %5 boraks içeren katkı için % uzamaya belirli bir miktar artma ya da azalma olduğu söylenemez. Dolayısıyla boraks katkısının ve uyumlaştırıcının % uzamaya fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Harcanan enerji grafiklerini incelediğimizde; boraks katkısız %10 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcı arttıkça harcanan güç miktarı azalırken %50 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcı arttıkça harcanan güç miktarı artmıştır. Bunun nedeni boraks yokluğunda %50 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcının artırılmasıyla dayanıklılığın artmasıdır. %3 boraks katkılı %30 dolgu oranlı numunelerde %3 uyumlaştırıcı miktarından sonra harcanan güçte artış gözlenmiştir. Bununla birlikte %50 dolgu oranlı numunelerde %3 uyumlaştırıcı miktarına kadar harcanan enerji miktarı arttıktan sonra uyumlaştırıcı miktarının daha fazla artmasıyla harcanan enerjide bir miktar düşüş görülmüştür. Kırılganlık artarak dayanıklılık düşmektedir.

%5 boraks katkılı numunelerde ise %3 uyumlaştırıcıya kadar harcanan enerjide artış gözlemlenmiş ve uyumlaştırıcı miktarının daha da artırılmasıyla %30 dolgu oranlı numunede harcanan enerji aynı seviyede kalırken %50 dolgu oranlı numunede harcanan enerji daha hızlı bir şekilde yükselme göstermiştir. Bunun nedeni %50 dolgu oranlı numunelerde uyumlaştırıcının da artışıyla kompozit malzeme dayanımının bir miktar daha dayanıklı hale gelmesidir.

Şişme grafiklerini incelediğimizde; borak katkısı ne olursa olsun, ilk 12 saatte %10 ve %50 dolgu oranlı numunelerde keskin bir şekilde %3-4 uyumlaştırıcı katkısına kadar kütlede hızlı bir düşüş gözlenirken bundan sonrasında artış görülmüştür. %30 dolgu oranlı numunede bunlara çok benzer ancak daha yumuşak kütle değişimi gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin 48 saatin sonunda aynı davranışı sergiledikleri ve zamanın tepkilerinde değişiklik oluşturmadığı gözlenmiştir. Sonuç olarak yapılan şişme testlerinde boraks miktarındaki artışın hacimdeki davranışı etkilemediği kaydedilmiştir.

Yine şişme grafiklerini incelediğimizde Katkısız ve %5 boraks katkılı numunelerde %10 ve %30 dolgu oranlı numunede uyumlaştırıcı miktarının artması ve bir 24 saat daha geçmesiyle kütle sabit kalırken, %50 dolgu oranlı numunede ilk 24 saatte gözlemlendiği şekilde uyumlaştırıcı miktarı %3'e kadar artırıldığında kütlede artış

gözlenmiş ve daha sonrasında kütle kaybı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak yapılan şişme testlerinde boraks miktarındaki belirgin artışın kütledeki davranışı etkilemediği kaydedilmiştir.

Boraks-uyumlaştırıcı oranı değiştirilen numunelerde; uyumlaştırıcı katkısı olmaksızın %10 dolgu malzemesi içeren numunede uzamanın boraks miktarının artmasıyla önce düşüp daha sonra arttığı belirlenmiştir. %3 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunede %10 dolgu maddeli numunede boraks miktarı arttıkça % uzamada artış, %30 ve %50 dolgu maddeli numunede ise % uzamada düşüş gözlemlenmiştir. %10 dolgu maddeli numunede Boraks miktarındaki artışın %uzamayı geliştirdiği gözlemlenmiştir. %5 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunelerde boraksın %uzamaya etkisine bakıldığında %10 dolgu maddeli numunede uyumlaştırıcı kullanılmayan numundeki aynı etki görülmüş ve % uzama önce azalmış sonra bir miktar artmıştır. Dolgu oranı yüksek olan numunelerde ise boraks miktarının uzamaya belirgin bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. % dolgu Maddesi 0-30 arasında artarken, 30-50 arasında azalmıştır. Dolayısıyla yapılacak başka bir çalışma ile 30-50 arasındaki değerler denenerek optimum dolgu oranı belirlenebilir. Boraks ve MAgPE ile dolgu maddesi ve bağlayıcı madde arasındaki etkileşimin daha iyi anlaşılabilmesi için matematiksel modellemeler düşünülebilir. Bu modellemeler multi objektife optimizasyon, Support vector Machine vs. olabilir

Uyumlaştırıcı katkısı olmaksızın dolgu oranı yüksek olan numunelerde boraks miktarının artışıyla genel olarak dayanım kuvvetinde artış gözlenmiştir. %3 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunede boraksın maksimum kuvvete etkisine bakıldığında genel olarak boraksın maksimum dayanma kuvvetini bir miktar düşürdüğü tespit edilmiştir. %5 uyumlaştırıcı katkısı içeren numunelerde boraksın maksimum dayanıma etkisi incelendiğinde %30 ve %50 dolgu oranına sahip numunelerde dayanım kuvvetinin daha yüksek olduğu ve boraks oranının değişmesiyle çok da etkilenmediği gözlemlenmiştir.

Özetle;

- ✓ İstenilen sertliğe ve yumuşak görünüme göre kompozit malzemelerin üretilebileceği belirlenmiştir.

- ✓ Kompozitlerin mekanik özelliklerine boraksın ve MagPE nin farklı şekillerde etki ettiği tespit edilmiştir.
- ✓ Boraksın mekanik dayanımlara MAgPE kullanılmadan katıldığında geliştirici etkisi olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Boraksın bu tür kompozitlerde de alev geciktirici olarak kullanılabilceği belirlenmiştir.
- ✓ MAgPE'nin sadece sertlik için değil gerilme dayanımı için de önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Elde edilen malzemenin mimari yapılarda, araç içi kapı panelleri ile araç tavanları gibi yerlerde kullanılabilceği öngörülmüştür.
- ✓ Kullanım alanı olarak otomobil parçaları için istenen 24 MPa'lık dayanma sınırının elde edilebileceği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Aguiar, P. M. and Kroeker, S., 2007. Boron Speciation and Non-bridging Oxygens in High-alkali Borate Glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 353, 1834–1839
- Anonim, 1986. Application Brief. DSC Measurement of Polyethylene.
- Anonim, 1989. Farm Accountancy Data Network, an A-Z of Methodology. Commission Report of the EC, Brussels, 19 s.
- Anonim, 2006. Tarım İstatistikleri Özeti. DIE Yayınları, No:12, Ankara, 22 s.
- Anonim, 2018. Boraks, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/boraks> (20.03.2018).
- Anonim, 2018. Polietilen Nedir.
- Anonim, 2018. Polietilen, <https://seridöküm.com/ürün/polietilen/> (20.12.2018)
- Anonim, 2018. Composite materials. RSC, <https://www.rsc.org/Education/Teachers/Resources/Inspirational/resources/4.3.1.pdf>
- Anonim. Polietilen, <http://www.ilkeplastik.net/index.php/polietilen-1> (12.10.2018)
- Asi, O. (2009). Mechanical Properties of Glass-Fiber Reinforced Epoxy Composites Filled with Al₂O₃ Particles. *Journal of reinforced plastics and composites*, 28(23), 2861-2867.
- Bhandakkar, A., Kumar, N., Prasad, R. C., Sastry, S. M. (2014). Interlaminar fracture toughness of epoxy glass fiber fly ash laminate composite. *Materials Sciences and Applications*, 5, 231-244.
- Buluttekin M. B., 2008. Bor Madeni Ekonomisi: Türkiyenin Dünya Bor Piyasasındaki Yeri. 2. Ulusal İktisat Kongresi, 20-22 Şubat, İzmir.
- Buyle G., Schueren L. V., Beauson J., Goutianos S., Schillani G., Madsen B., 2018. Self-reinforced biobased composites based on high stiffness PLA yarns. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 406, 12038.
- Cao, Y., Cameron, J. (2006) a. Flexural and shear properties of silica particle modified glass fiber reinforced epoxy composite. *Journal of reinforced plastics and composites*, 25(4), 347-359.

- Cao, Y., Cameron, J. (2006) b. Impact properties of silica particle modified glass fiber reinforced epoxy composite. *Journal of reinforced plastics and composites*, 25(7), 761-769.
- Cerbu, C., Teodorescu, H., Scutaru, L. (2011). Adding fillers to change the mechanical behaviour of the glass composite materials. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 3, pp. 6-8).
- Chandra, R., Rustgi, R., 1997. Biodegradation of maleated linear low-density polyethylene and starch blends. *Polymer Degradation and Stability*, 56(2), 185-202.
- Chandradass, J., Kumar, M. R., Velmurugan, R. (2007). Effect of nanoclay addition on vibration properties of glass fibre reinforced vinyl ester composites. *Materials Letters*, 61(22), 4385-4388.
- Chen, X., Yu, J., Guo, S. (2006). Structure and properties of polypropylene composites filled with magnesium hydroxide. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(5), 4943-4951.
- Choi, S. R., Bansal N. P. and GARG, A., 2007. Mechanical and Microstructural Characterization of Boron Nitride Nanotubes-reinforced SOFC Seal Glass Composite. *Materials Science and Engineering*, 460–461, 509–515
- Cakmak, M., 2016. Kompozit Malzemeler Nedir, <https://www.muhendisbeyinler.net/kompozit-malzemeler-nedir/> (03.02.2018)
- Çallıoğlu, H., Sayer, M., Demir, E. (2011). Impact behavior of particles filled-glass/polyester composite plates. *Polymer Composites*, 32(7), 1125-1133.
- Datta, J. Włoch, M. (2014). Influence of selected submicron inorganic particles on mechanical and thermo-mechanical properties of unsaturated polyester/glass composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 33(10), 935-941
- De Borbón, F., Ambrosini, D., Curadelli, O. (2014). Damping response of composites beams with carbon nanotubes. *Composites Part B: Engineering*, 60, 106-110.
- Detomi, A. C., dos Santos, R. M., Ribeiro Filho, S. L. M., Martuscelli, C. C., Panzera, T. H., Scarpa, F. (2014). Statistical effects of using ceramic particles in glass fibre reinforced composites. *Materials Design*, 55, 463-470.
- DeValve, C., Pitchumani, R. (2013). Experimental investigation of the damping enhancement in fiber-reinforced composites with carbon nanotubes. *Carbon*, 63, 71-83.
- Devendra, K., Rangaswamy, T. (2012). Determination of mechanical properties of Al₂O₃, Mg (OH) 2 and Sic filled E-glass/epoxy composites. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(5), 2028-2033.

- Devlet Planlama Teşkilatı, 2014. <http://tesam.org.tr/bor-raporu/> Özel İhtisas Komisyonu Raporu Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Fu, S. Y., Feng, X. Q., Lauke, B., Mai, Y. W. (2008). Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate-polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 39(6), 933- 961.
- Giryan, 2018. Kompozit Malzeme Nedir? Kullanım Alanları ve Avantajları Nelerdir?, Kompozit Malzeme Nedir? Kullanım Alanları ve Avantajları Nelerdir? » TechWorm (14.12.2018)
- Gülsoy, H. Ö., Taşdemir, M. (2006). Physical and Mechanical Properties of Polypropylene Reinforced with Fe Particles. *International Journal of Polymeric Materials*, 55(8), 619-626.
- Güyağüler T., 2001. Türkiye Bor Potansiyeli. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim, İzmir.
- Hossein Pol, M., Zabihollah, A., Zareie, S., Liaghat, G. (2013). Effects of NanoParticles Concentration on Dynamic Response Oflaminated Nanocomposite Beam. *Mechanics*, 19(1), 53-57.
- Hoysala V. S., Kumar K. P2, Madhusudhan T., 2015. Static and dynamic behavior of Jute reinforced epoxy composites with and without Silicon Di oxide as epoxy modifier: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(2)
- <https://tekstilsayfası.blogspot.com/2012/11/polietilen-nedir.html> (22/12/2018)
- https://www.hitachi_hightech.com/file/global/pdf/products/science/appli/ana/thermal/application_TA_026e.pdf (05.03.19)
- Imoisili, P. E., Ibegbulam, C. M., Adejugbe, T. I. (2012). Effect of concentration of coconut shell ash on the tensile properties of epoxy composites. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 13(1), 463.
- Jajam, K. C., Tippur, H. V. (2012). Quasi-static and dynamic fracture behavior of particulate polymer composites: A study of nano-vs. micro-size filler and loadinGE-rate effects. *Composites Part B: Engineering*, 43(8), 3467-3481.
- Kaya, A.İ., 1995. Atık Kâğıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kaya A. I., 2016. Kompozit Malzemeler ve Özellikleri. *Putech&Composites Dergisi*, 40.

- Kaymakçı A., 2012. Atık Alüminyum Polietilen ve Pirinç Sapı Kullanılarak Üretilen Ahşap Polimer Kompozitlerin Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi, 1(4)
- Kılıç, A. M., 2004. Bor Madeninin Türkiye Açısından Önemi ve Gelecekteki Yeri. 2. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül, Eskişehir, 31-41.
- Kumar, K. N., Kumar, M. P., Krishna, V., Rao, D. S. (2013). Experimental investigation on mechanical properties of coal ash reinforced glass fiber polymer matrix composites. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3, 250-258.
- Lancaster, J. K. (1972). Polymer-based bearing materials: the role of fillers and fibre reinforcement. *Tribology*, 5(6), 249-255.
- Manjunatha, C. M., Taylor, A. C., Kinloch, A. J., Sprenger, S. (2010). The tensile fatigue behaviour of a silica nanoparticle-modified glass fibre reinforced epoxy composite. *Composites Science and Technology*, 70(1), 193-199.
- McGrath, L. M., Parnas, R. S., King, S. H., Schroeder, J. L., Fischer, D. A., Lenhart, J. L. (2008). Investigation of the thermal, mechanical, and fracture properties of alumina-epoxy composites. *Polymer*, 49(4), 999-1014.
- Miller, S. A., 2018. Natural fiber textile reinforced bio-based composites: Mechanical properties, creep, and environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 198, 612-623.
- Mokhothu T. H., John M. J., 2017. Bio-based coatings for reducing water sorption in natural fibre reinforced composites. *Scientific Reports* 7(13335).
- Moseman, R. F., 1994. Chemical Disposition of Boron in Animals and Humans. *Environmental Health Perspectives*, 102, 113-117.
- Mridha, S., Keng, S. B., Ahmad, Z. (2007). The effect of OPWF filler on impact strength of glass-fiber reinforced epoxy composite. *Journal of mechanical science and technology*, 21(10), 1663-1670.
- Nagesh.D1, Manjunath S H. (2015). Evaluation of Mechanical Properties of Borax and Graphite Based Al-6061 Composites. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 8(4), 2319-1163.
- Nayak, R. K., Dash, A., Ray, B. C. (2014). Effect of Epoxy Modifiers ($Al_2O_3/SiO_2/TiO_2$) on Mechanical Performance of epoxy/glass Fiber Hybrid Composites. *Procedia Materials Science*, 6, 1359-1364.
- Ozsoy, İ., Demirkol, A., Mimaroglu, A., Unal, H., Demir, Z. (2015). The Influence of Micro-and Nano-Filler Content on the Mechanical Properties of Epoxy Composites. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 61(10), 601-609.

- Patnaik, A., Satapathy, A., Biswas, S. (2010). Effect of particulate fillers on erosion wear of glass polyester composites: a comparative study using taguchi approach. *Malaysian polymer journal*, 5(2), 49-68.
- Patnaik, A., Satapathy, A., Mahapatra, S. S., Dash, R. R. (2009). A comparative study on different ceramic fillers affecting mechanical properties of glass– polyester composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 28, 1305- 1318
- Rajoria, H., Jalili, N. (2005). Passive vibration damping enhancement using carbon nanotube-epoxy reinforced composites. *Composites Science and Technology*, 65(14), 2079-2093.
- Reddy, S. P., Rao, P. C. S., Reddy, A. C., Parmeswari, G. (2014, December). Tensile and flexural strength of glass fiber epoxy composites. In *International Conference on Advanced Materials and manufacturing Technologies (AMMT)*, 98-102.
- Sahraeian, R., Esfandeh, M., Hashemi, S. A. (2013). Rheological, Thermal and Dynamic Mechanical Studies of the LDPE/Perlite Nanocomposites. *Polymers Polymer Composites*, 21(4), 243.
- Sankar, H. R., Krishna, P. V., Rao, V. B., Babu, P. B. (2010). The effect of natural rubber particle inclusions on the mechanical and damping properties of epoxy-filled glass fibre composites. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials Design and Applications*, 224(2), 63-70
- Sankar, H. R., Srikant, R. R., Krishna, P. V., Rao, V. B., Babu, P. B. (2013). Estimation of the dynamic properties of epoxy glass fabric composites with natural rubber particle inclusions. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 7, 968.
- Shubham, P., Tiwari, S. K. (2013). Effect of Fly Ash Concentration and its Surface Modification on Fiber Reinforced Epoxy Composite's Mechanical Properties. *Int. J. Sci. Eng. Res.*, 4, 1173-1180.
- Skandani, A. A., Masghouni, N., Case, S. W., Leo, D. J., Al-Haik, M. (2012). Enhanced vibration damping of carbon fibers-ZnO nanorods hybrid composites. *Applied Physics Letters*, 101(7), 073111.
- Spiliotis, X. D., Ntampeglitis, K. I., Karayannis, V. G., Papapolymerou, G. A. (2015). Physico-mechanical properties of extruded sintered ceramics using pet coke and sewage sludge as admixtures. *Journal of Ceramic Processing Research*, 16(1), 11-17.

- Sreedhar, B., Sairam, M., Chattopadhyay, D. K., Rathnam, P. A., Rao, D. V. (2005). Thermal, mechanical, and surface characterization of starch–poly (vinyl 78 alcohol) blends and borax-crosslinked films. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(4), 1313-1322.
- Srivastava, V. K., Hogg, P. J. (1998). Damage performance of particles filled quasi-isotropic glass–fibre reinforced polyester resin composites. *Journal of materials science*, 33(5), 1119-1128.
- Sudha G. S., Kalita H., Mohanty S., Nayak S. K., 2017. Biobased epoxy/carbon fiber composites: Effect on mechanical, thermo-mechanical and morphological properties. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 54(10), 756-764.
- Suresha, B., Chandramohan, G., Samapthkumaran, P., Seetharamu, S. (2007). Investigation of the friction and wear behavior of glass-epoxy composite with and without graphite filler. *Journal of reinforced plastics and composites*, 26(1), 81-93.
- Takashima, H., Nishimatsu, H., Miyagai, K., Hashida, T. Effect of Perlite Addition on Fracture Properties of Discontinuous Fiber-reinforced Cementitious Composites Manufactured by Extrusion Molding. *Proceedings of the fifth international conference on fracture mechanics of concrete and concrete structures*, Colorado, USA, 12-16 April 2004.
- Taneri, A., 1968. Boraks ve Teknolojisi, http://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/fca3969be8a2e6e_ek.pdf?dergi=50 (27.03.2018).
- Titova, T. I., Shulgan N. A. and Malykhina Y. I., 2007. Effect of Boron Microalloying on the Structure and Hardenability of Building Steel. *Metal Science and Heat Treatment*, 49(1–2).
- TMMOB, 2016. Bor Raporu. https://www.tmmob.org.tr/sites/www.tmmob.org.tr/files/bor_0.pdf,(E.T: 17.05.2017).
- Ünal, O. Kompozit Malzemelerin Özellikleri ve Sınıflandırılması, <https://www.bilgiustam.com/kompozit-malzemelerin-ozellikleri-ve-siniflandirilmasi/> (25.03.2018).
- Uzer F., 1996. Ahşap Testere Talaşlı Alçı Kompozitler. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vaisanen T., Das O., Tomppo L., 2017. A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites. *Journal of Cleaner Production*, 149, 582-

596.

- Vasiliev, V. V., Morozov, E., 2001. *Mechanics and Analysis of Composite Materials*. Elsevier Science, USA.
- Wang, T., Chen, S., Wang, Q., Pei, X. (2010). Damping analysis of polyurethane/epoxy graft interpenetrating polymer network composites filled with short carbon fiber and micro hollow glass bead. *Materials Design*, 31(8), 3810-3815.
- Wetzel, B., Hauptert, F., Friedrich, K., Zhang, M. Q., Rong, M. Z. (2001). Mechanical and tribological properties of microparticulate and nanoparticulate reinforced polymer composites. *Proceedings of the ICCM-13*, ID1021, Wan Fang Digital Electronic Publishing, Beijing.
- Williams J., 2015. *The Science and Technology of Composite Materials*, <https://www.science.org.au/curious/technology-future/composite-materials> (10.02.18)
- Yenmez, N., 2009. Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerinin Türkiye İçin Önemi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 19, 59-94.
- Yılmaz, A., 2002. Her Derde Deva Hazinemiz Bor. *TÜBİTAK - Bilim ve Teknik Dergisi* Ankara, 414, 38-48.
- Zaijun, L., Zhengwei, C and Jian, T., 2005. The Determination of Boron in Food and Seed by Spectrophotometry Using a New Reagent 3.4 Dihydroxyazomethine. *Health Food Chemistry*, 310-314s.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : YAKAR, Selen
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20.08.1988 – Kütahya
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (507) 424 46 20
E-posta : yakarrselenn@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi Kimya Mühendisliği	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-2019	British Heart Foundation	Gönüllü
2018-2019	Sue Ryder	Gönüllü
2013-2014	Yolapet Petrol Akaryakıt San. Tic. Ltd. A.Ş.	Sorumlu Müdür

Yabancı Dil

İngilizce


Anabilim Dalı Kimya MÜHENDİSLİĞİ Eğitim Öğretim Yılı 2018/2019
Öğrenci No 120210005 Yarıyılı Güz () / Bahar (X)
Adı Soyadı SELEN YAKAR Tarih _____
Adres Fatih MU. Ayaz Kadın Sok. E-Posta yakarselen@gmail.com
Gümüş Apt. No: 23 Kat 6 Telefon (ev/iş) 274 271 1709
(Gsm) 507424 46 20
Tez Adı Boraksın Biyotabanlı Polimerik Kompozitler Literatürü
Termodinamik ve Mekanik Özelliklerin Araştırılması

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Tezler, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanmış olup, ciltlerin herbiri jüri üyelerine imzalatılmıştır. Mezuniyet için belirtilen gerekli evraklarla birlikte Müdürlüğüne sunulmuştur.

Gereği için bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz

Öğrenci (Ad-Soyad) Selen Yakar

İmza 

Danışman (Unvan,Ad,Soyad)

İmza

Enstitü Onayı

- 5 Adet Ciltlenmiş Tez
 3 Adet CD (PDF Dosyası Şeklinde Tezin Tamamı, Özet ve Abstract)
 1 Adet CD (Word Dosyası Şeklinde Tezin Tamamı, Özet ve Abstract)
 3 Adet YÖK Tez Veri Giriş Formu
 3 Adet Jüri üyeleri ve Enstitü Müdürlüğü tarafından imzalı onay sayfası
 İlişik Kesme Belgesi
 Öğrenci Kimliği
 4 Adet Fotoğraf
 Nüfus Cüzdanı Fotokopisi

Onaylayan (Unvan,Ad,Soyad)

İmza

Tarih