

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REAKTİF EKSTRÜZYON İLE MOBİLYA ATIĞI AHŞAP UNU/POLİPROPİLEN
KOMPOZİTLERİN SİLAN BAZLI UYUMLAŞTIRICILAR KULLANILARAK
ÜRETİLMESİ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif AYDEMİR

Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı

EKİM 2019

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REAKTİF EKSTRÜZYON İLE MOBİLYA ATIĞI AHŞAP UNU/POLİPROPİLEN
KOMPOZİTLERİN SİLAN BAZLI UYUMLAŞTIRICILAR KULLANILARAK
ÜRETİLMESİ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Elif AYDEMİR
(162081902)**

Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mahmut Ali ERMEYDAN

EKİM 2019

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162081902 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi Elif AYDEMİR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Reaktif Ekstrüzyon ile Mobilya Atığı Ahşap Unu/Polipropilen Kompozitlerin Silan Bazlı Uyumlaştırıcılar Kullanılarak Üretilmesi"başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Mahmut Ali ERMEYDAN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Oktay GÖNÜLTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yakup AYKUT
Bursa Uludağ Üniversitesi

Savunma Tarihi : 24 Ekim 2019

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi /...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Elif AYDEMİR

İmzası :

ÖNSÖZ

“Reaktif Ekstrüzyon ile Mobilya Atığı Ahşap Unu/Polipropilen Kompozitlerin Silan Bazlı Uyumlaştırıcılar Kullanılarak Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde büyük özveriyle bana destek olan ve yol gösteren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Ali ERMEYDAN’a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam sürecinde yanımda olan aileme özellikle kız kardeşim Eda ŞAHİN’e teşekkürü bir borç bilirim. Bu süreçte çalışmalarım esnasındaki desteğinden dolayı yüksek lisans arkadaşım Onur AYKANAT’a teşekkür ederim. Hayatımın her alanında olduğu gibi, tez çalışmamı hazırlarken de her aşamada bana yardımcı olan sevgili eşim Haydar AYDEMİR’e sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca bu tezin yürütülmesinde BTÜ BAP Proje No 172L16 ile destek aldığımız Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Ekim 2019

Elif AYDEMİR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç	1
1.2 Polipropilen (PP)	2
1.2.1 PP'nin özellikleri.....	2
1.2.2 PP'nin Kullanım Alanları.....	3
1.3 Ahşap Unu.....	3
1.3.1 Ahşap plastik kompozitler (APK).....	5
1.3.2 Ahşap plastik kompozitlerin özellikleri	5
1.3.3 Ahşap plastik kompozitlerin kullanım alanları	6
1.4 Biyokompozit	7
2. LİTERATÜR ÖZETİ	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1 Materyal	14
3.1.1 Polipropilen (PP).....	14
3.1.2 Atık ahşap unu	14
3.1.3 Takviye malzemeleri.....	15
3.2 Yöntem	15
3.2.1 Malzemelerin üretim için hazırlanması.....	15
3.2.1.1 Öğütme	15
3.2.1.2 Karıştırma.....	16
3.2.2 Üretim	16
3.2.2.1 Ekstrüder yardımı ile biyokompozit üretimi	16
3.2.2.2 Biyokompozitlerin laboratuvar tipi sıcak pres ile kalıplanması.....	17
3.2.2.3 Kesim işlemi	19
3.3 Biyokompozit Örneklerde Gerçekleştirilen Testler	20
3.3.1 Fiziksel testler	20
3.3.1.1 Yoğunluk.....	20
3.3.1.2 Suda bekletme sonucu su alma oranı	20
3.3.1.3 Kalınlık artışı.....	21
3.3.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesi	21
3.3.2.1 Çekme testi.....	21
3.3.2.2 Eğilme testi	22

3.3.2.3 Darbe testi	23
3.3.3 Termal özelliklerin belirlenmesi	23
3.3.3.1 Termogravimetrik analiz (TGA)	23
3.3.4 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi	24
3.3.5 Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi (FTIR) analizi	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1 Mekanik Testlere Ait Bulgular	25
4.2 FTIR Analizine Ait Sonuçlar	27
4.3 TGA Analizi Sonuçları	28
4.4 Yoğunluk Analizi	30
4.5 Su Alma Analizi	31
4.6 Kalınlık Artışı Analizi	33
4.7 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	45



KISALTMALAR

AAU	: Atık ahşap unu
APK	: Ahşap plastik kompozitler
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre
KAO	: Kalınlık artış oranı
MAPP	: Maleik anhidrit aşılınmış polipropilen
PP	: Polipropilen
PP/AAU/MAPP	: Polipropilen/atık ahşap unu/maleik anhidritpolipropilen
PP/AAU/SLN	: Polipropilen/atık ahşap unu/ vinil trimetoksi silan
SAO	: Su alım oranı
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
SLN	: Vinil trimetoksi silan
SAO	: Su alım oranı
TGA	: Termogravimetrik analiz

SEMBOLLER

d	: Yoğunluk
e_k	: Klimatize edilmiş durumdaki örneklerin kalınlığı (mm)
m	: Örneklerin kuru ağırlığı
m_y	: Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)
T_m	: Erime sıcaklığı
v	: Hacim
w_r	: Örneklerin rutubetli ağırlığı (gr)
w₀	: Örneklerin kuru ağırlığı (gr)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: APK'nın, plastik ve ahşaba göre önemli özellikleri (Bala,2018).....	6
Çizelge 1.2: APK pazarları ve uyulama tipleri (Bala, 2018).....	7
Çizelge 3.1: Ekstrüder işlem sıcaklıkları	17
Çizelge 3.2: Biyokompozitlerin ağırlık oranları.....	17
Çizelge 4.1: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin mekanik özellikleri	25
Çizelge 4.2: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin mekanik özellikleri	26
Çizelge 4.3: Biyokompozitlerin yoğunluk değerleri	31

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Polipropilen polimerizasyonu(Ezdeşir, 1999).....	2
Şekil 3.1: PP, (a) granül, (b) öğütülmüş	14
Şekil 3.2: Fritsch Pulverisette 19 markalı cihaz	15
Şekil 3.3:Mekanik karıştırıcı	16
Şekil 3.4: a) Gülnar makine 40 L/D çift vidalı ekstrüder b) Üretilen ürünler	17
Şekil 3.5: Carver marka pres	18
Şekil 3.6: Kompozitlerin preslenmesi	18
Şekil 3.7: Presten çıkan numune levhalar (20x20 cm)	19
Şekil 3.8: Kaya grup KG-960 markalı lazer kesim cihazı	19
Şekil 3.9: SHIMADZU AG-IC Üiversal Test cihazı.....	21
Şekil 3.10:Shimadzu universal test cihazı eğilme testi aparatları.....	22
Şekil 3.11: Çekme ve eğilme testi numuneleri	22
Şekil 3.12: Hitachi Hi-Tech STA7200 Cihazı.....	23
Şekil 3.13: FTIR analiz cihazı	24
Şekil 4.1: Biyokompozitlerin darbe direnci sonuçları	26
Şekil 4.2: MAPP katkılı biyokompozitlerin FTIR spektrası	27
Şekil 4.3: Silan katkılı biyokompozitlerin FTIR spektrası	28
Şekil 4.4: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin TGA analiz grafiği.....	29
Şekil 4.5: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin TGA analiz grafiği	30
Şekil 4.6: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin su alma oranı (%)	31
Şekil 4.7: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin su alma oranı (%).....	32
Şekil 4.8: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin kalınlık artışı oranı (%).....	33
Şekil 4.9: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin kalınlık artışı oranı (%).....	34
Şekil 4.10: Saf PP SEM görüntüleri	35
Şekil 4.11: PPM4 SEM görüntüleri	35
Şekil 4.12: PPM5 SEM görüntüleri	35
Şekil 4.13: PPM6 SEM görüntüleri	36
Şekil 4.14: PPS4 SEM görüntüleri	36
Şekil 4.15: PPS5 SEM görüntüleri	36
Şekil 4.16: PPS6 SEM görüntüleri	37

REAKTİF EKSTRÜZYON İLE MOBİLYA ATIĞI AHŞAP UNU/POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN SİLAN BAZLI UYUMLAŞTIRICILAR KULLANILARAK ÜRETİLMESİ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Petrol kaynaklarının hızla tükenmekte oluşu ve sentetik ürün eldesine yönelik endüstriyel etkinliklerin yarattığı çevresel sorunların küresel boyutlara ulaşması biyoürün (biyobazlı malzeme/ürün) çalışmalarının önemini arttırmıştır. Bugün bilgi teknolojilerinde, biyokimya ve mühendislik alanlarında gerçekleşen gelişmeler ile tarımsal ve diğer sürdürülebilir kaynaklardan, çevresel değerler ile uyumlu yeni ürünler elde edilebilmektedir. Türkiye’de 50-65 Mton/yıl (milyonton) bitkisel atık ortaya çıkmaktadır. Bunların çok büyük bir kısmı değerlendirilemediğinden toplanma ve imha edilme gibi ek maliyetler yaratmakta ve ekonomik bir değere dönüştürülememektedirler. Her ne kadar lignoselulozik yapıları biyokütleler olan bitkisel atıklar (tarımsal atıklar, orman atıkları, vb.) ile çalışmanın zorlukları bulunsa da, bu kompleks yapıyı oluşturan selüloz ve lignin maddeleri önemli birer polimer kaynağı olmaktadır ve kimyasal yapılarında bulundukları aromatik bileşikler ve birçok fonksiyonel grup sayesinde çeşitli kimyasalların ve ürünlerin üretimine olanak tanımaktadırlar. Geleneksel petrol türevi kompozitlerin sürdürülebilir olmayışı ve/veya doğada bozunmamaları yanında, günümüzde çevresel bilincin artması ve dünyamızın karşı karşıya kaldığı ekolojik riskler sebebiyle, alternatif olma potansiyeline sahip “biyokompozitler” konusuna ilgi ve yürütülen araştırmalar son yıllarda yoğun bir şekilde artmıştır. Bununla birlikte kullanım sonrası oluşabilecek atık sebebiyle duyulan kaygılar birçok alanda polimerik malzemelerin kullanımını kısıtlamaktadır. Hafif olmaları, iyi mekanik özellikleri, proses kolaylığı, akustik özellikleri, vb. nedeniyle biyokompozitler havacılık, otomotiv ve yapı sektörlerinden ev gereçlerine kadar geniş bir alanda kullanılabilir. Bu çalışmada polipropilen (PP) matrisli, endüstriyel atığı odun unu (AAU) takviyeli biyokompozitler üretilmiş ve performans özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmayla, ülkemizde çokça bulunan endüstriyel atığı odun unları değerlendirilerek oluşturulacak biyokompozitlerin araştırılması amaçlanmıştır. Endüstriyel atığı olarak ülkemizde bolca bulunan ahşap unu kullanılarak üretilen biyokompozitlerde, ilk defa uyumlaştırıcı olarak kullanılan silanlı bileşiği aktifleştirmek için reaktif ekstrüzyon yöntemini kullanılmış, diğer yandan PP için uyumlaştırıcı olan maleik anhidrit aşılansız polipropilen (MAPP) katkı kompozitlerle silan katkı kompozitler karşılaştırılmıştır. Biyokompozit malzemelerde PP ve atık ahşap unu farklı oranlarda katılarak değişik kompozisyonlarda numuneler elde edilmiş ve katılan malzemelerin oranlarının etkileri karşılaştırılmıştır. Biyokompozitler çift vidalı ekstruder yardımıyla üretilmiş ve üretilen biyokompozitlere mekanik özelliklerini belirlemek için çekme, eğilme ve darbe testleri yapılmıştır. Mekanik testler dışında, kimyasal bağ gerilmelerini belirlemek için FTIR analizi, termal özelliklerini belirlemek için TGA analizi yapılmıştır. Fiziksel özelliklerini belirlemek adına yoğunluk, su alma oranı ve kalınlık artışı testleri yapılmıştır. Yapılan üretim çalışmalarının ardından iç yapısını

detaylı bir şekilde incelemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Sonuçta, PP/AAU ve silan katkısı ile üretilen kompozitlerin, MAPP katkısına göre daha düşük çekme ve eğilme dayanımı gösterdiği, çekme ve eğilme modülünün isesaf PP'ye göre daha yüksek değerler gösterdiği bulunmuştur. Odun unu içeren örneklerin kimyasal yapısı sebebiyle su alım ve şişme oranlarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Uyumlaştırıcılar karşılaştırıldığında PP'nin silanlı uyumlaştırıcı ile değil maleik anhidrit aşılınmış polipropilen ile daha iyi çalıştığı anlaşılmıştır. Bu tezde mevcutta atık olarak fabrikalar tarafından yakacak olarak değerlendirilen ahşap ununun, katma değerli bir ürüne içinde takviye malzemesi olarak, geliştirilmiş mekanik ve fiziksel özelliklere sahip çevreye duyarlı biyokompozitler üretilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyokompozit, Polipropilen, Ahşap Unu, Reaktif Ekstrüzyon, Endüstriyel Atık



PRODUCTION AND PROPERTIES OF WASTE WOOD FIBERS / POLYPROPYLENE COMPOSITES BY REACTIVE EXTRUSION USING SILANE-BASED COMPATIBILIZERS

SUMMARY

Consisting running out of the petroleum and the globalization of environmental problems created by industrial activities for the production of synthetic products has increased the importance of bioproducts (biomass product) studies. Nowadays, thanks to the advances in biochemistry and engineering, new products that are compatible with environmental values taking place from agricultural and other sustainable sources. The vegetable waste, 50-65 Mtons/year (millions tonnes) is emerging in Turkey. Most of them can not be evaluated don't contribute to the economy as additional cost such as pickup and destruction. Although having difficulties in working with plant wastes (agricultural, forest, etc), which are biomasses of lignocellulosic structure, cellulose and lignin are important sources of polymers. Also chemical structure of the aromatic compounds and many functionalities are allow the production of various chemicals and product. As the traditional petroleum-derived composites are not sustainable and/or don't degrade in nature, ecological risks face in the world also environmental priority, "green composites" (composites derived from natural sources) intensely increased interest and work on green composites with the potential to be an alternative. However, concerns about waste generated after use limit the spread of polymeric materials in many areas. Green composites are used in a wide range of applications from aerospace and automotive industry to household appliances thanks to their light weight, good mechanical properties, ease of process, acoustic properties and so on. In this study, biocomposites, which contain polypropylene (PP) matrix, and factory waste wood flour (AAU) are produced and their performance characteristics are examined. The aim of this study is to investigate the biocomposites to be formed by evaluating the factory waste wood flours which are found in our country. Reactive extrusion method is tested to activate the silane compound which is used as the first step in biocomposites produced by using wood flour which is abundant in our country as factory waste, on the other hand, maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) doped composites and silane doped composites were compared for PP. The samples obtained by adding different rate of PP and waste wood flour in different compositions and the effects of the proportions of the ingredients were compared. Tensile, bending and impact tests were performed on biocomposites produced by twin screw extruder to explain mechanical properties. Besides mechanical tests, FTIR analysis was used to determine chemical bond stresses and TGA analysis was performed to determine thermal properties. In order to determine the physical properties of density, water uptake rate and thickness increase tests were conducted. Following the production studies the scanning electron microscope (SEM) was used to examine the internal structure. As a result, it was found that the composites produced with PP / AAU and silane additive had lower tensile and flexural strength than MAPP additive and the

tensile and flexural modulus showed higher values than pure PP due to the chemical structure of the samples containing wood flour water intake and swelling rates. It was determined that water intake and swelling rates were higher due to the chemical structure of the products containing wood flour. When the compatibilizers were compared, it was found that PP worked better with maleic anhydride-grafted polypropylene and not with silane compatibilizer. In this thesis, environmentally friendly biocomposites with improved mechanical and physical properties were produced as a reinforcing material of wood flour, which is currently considered as waste by factories as waste.

Keywords: Biocomposite, Polypropylene, Wood Flour, Reactive Extrusion, Factory Waste



1. GİRİŞ

Hazırlanan bu çalışma giriş, literatür özeti, materyal ve yöntem, bulgular ve tartışma, sonuç olmak üzere toplamda 5 bölümden oluşmaktadır. Çalışma kapsamındaki temel amaç endüstriyel atığı odun unlarını değerlendirerek oluşturulan biyokompozitlerin araştırılmasıdır. Üretilen biyokompozitlerde, ilk defa uyumlaştırıcı olarak kullanılan silanlı bileşiği aktifleştirmek için reaktif ekstrüzyon yöntemini kullanılmış, diğer yandan PP için uyumlaştırıcı olan maleik anhidrit aşılansız polipropilen (MAPP) katkıli kompozitlerle silan katkıli kompozitler karşılaştırılmıştır.

1.1 Amaç

Bu tezin amacı endüstriyel atığı olarak ülkemizde bolca bulunan ahşap unu kullanılarak üretilen biyokompozitte reaktif ekstrüzyon yöntemini kullanmak ve normal ekstrüzyon yöntemi ile karşılaştırmaktır. Çalışmada, polipropilen (PP) matrisli, endüstriyel atığı ahşap unu takviyeli, vinil trimetil silanın bağlayıcı olarak kullanıldığı biyokompozit malzemenin reaktif ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş ve performans testleri yapılmış ve elde edilen verilerin analiz edilmiştir. Diğer yandanyine PP matrisli ve endüstriyel atığı ahşap unu takviyeli, uyumlaştırıcı olarak MAPP(maleik anhidrit aşılansız polipropilen) kullanılan normal ekstrüzyon yöntemi ile ayrı bir grup biyokompozit üretilmiş, performans testleri yapılmıştır. Sonucunda temel amacımız olan iki yöntemin karşılaştırılması yapılmış, reaktif ekstrüzyon yöntemi başarıyla uygulanmıştır. Böylece petrol türevi malzemelere alternatif malzeme geliştirerek doğanın korunması ve bunu yaparken maliyetin düşmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca bunların yanında endüstriyel atığı odun unu gibi ülkemizde ham maddesi çokça bulunan malzemelerle çalışmalar yaparak sürdürülebilirliğin sağlanması ve bunun karşılığı olarak ülke ekonomisine katkıda bulunmak, çevre kirliliğini önlemek, doğayı korumak için biyobozunur ve geri dönüşümü yapılabilir malzemeler üretilmesine katkıda bulunmak hedeflenmiştir. PP ve endüstriyel atığı ahşap unu kompozitlerinin üretimi ve karakterizasyonu ile birlikte

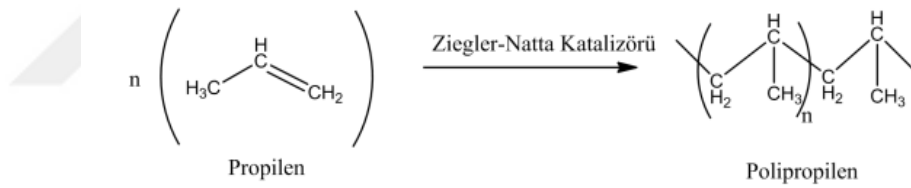
bu malzemelerin kullanılabilirliğine ilişkin veri tabanı ile literatüre ve yapılacak diğer bilimsel çalışmalara katkı sağlanmıştır.

1.2 Polipropilen (PP)

Polipropilen (PP) termoplastik polimer türlerinden biridir. Diğer benzer polimerler ile karşılaştırıldığında PP'nin maliyeti düşüktür. Tıp, otomotiv, dekorasyon ve mobilya gibi farklı sektörlerde birçok kullanım alanına sahiptir (Joel, 2003).

Giulio Natta, 1954 yılında propilen polimerizasyonu sırasında metal alkil/ metal tuzları türü katalizörlerin stereospesifik etkisini kanıtlamasıyla polipropileni bulmuştur (Roff, 1971). Propilen monomerinin yapısı $CH_2=CH-CH_3$ şeklindedir.

Polimer, $TiCl_3$ yani Ziegler-Natta katalizörü etkisiyle yapısında ki çift bağ açılarak uçlarına $-CH_3$ ve $-H$ radikalleri bağlanır. Zincirin sonuna $-H$ radikalide bağlandığında zincirin oluşumu biter. Polipropilen oluşumu Şekil 1.1'de gösterilmiştir (Ezdeşir, 1999).



Şekil 1.1: Polipropilen polimerizasyonu(Ezdeşir, 1999)

PP, polimerin uygun katalizörünün genellikle alüminyum alkil ve titanyum tetraklorür ile polimerleştirilmesiyle kolayca oluşturulur (Tripathi, 2002).

1.2.1 PP'nin özellikleri

Polipropilen yarı şeffaf, beyaz ve oda sıcaklığında katı halde bulunan bir termoplastiktir. Polipropilenin yoğunluğu 0.905 gr/cm^3 'tür. Bükülmelerden sonra dahi sertliğini korur. Isı ve ışığın etkisiyle bozulabilir. Morfolojisinin çok düzenli olması nedeni ile kolay bir şekilde renklendirilemez. Düşük su absorpsiyonuna sahiptir ve geçirgenliği azdır. İyi bir elektriksel dirence sahiptir. Hafif bir plastiktir. Mekanik özelliklerini yüksek sıcaklıklara kadar koruyabilmektedir. Darbe dayanımı yüksektir (Ezdeşir, 1999). Belli bir sıcaklık ($-9,4^\circ\text{C}$ 'nin) altında kırılğan, 60°C 'ye kadar kuvvetli asitlere ve bazlara karşı mukavemeti yüksektir. Klor, nitrik asit ve

diğer kuvvetli oksitleyicilerden etkilenir. Bakterilere ve mantarlara dayanıklıdır. Yavaş yanar ve zehirsizdir. Elverişli şekilde modifiye edildiğinde iyi bir ısı dayanımına sahip olur. Nem alma oranı düşük, fiyatı ucuz, kolay işlenebilir (Altungöz, 2012). Polipropilenin dezavantajları, hidrofobik olması (polaritesinin düşük olması) ve makro moleküllerinde üçlü karbon atomunun varlığından dolayı kolayca oksitlenebilmesidir. Fakat birçok film üreten firmalar için oksitlenme, polipropilen filmlerinin polaritesini artırmak amacıyla yüzey modifikasyon işlemlerinde avantaja dönüşmektedir. Polipropilenin fonksiyonel gruplar içeren monomerlerle kimyasal modifikasyonu gerçekleştirilerek polariteleri artırılabilen ve diğer polaritesi yüksek polimerlerle kimyasal uyumu sağlanabilmektedir. Bu da çeşitli polimerlerinkarışımı ile üstün özelliklere sahip malzemelerinin hazırlanması ve değişik alanlarda kullanılmasını sağlamaktadır (Altungöz, 2012).

1.2.2 PP'nin Kullanım Alanları

Polipropilen, özellikle araştırma, ürün geliştirme ve ticarileştirmedeki yoğun faaliyetler için en yaygın kullanılan poliolefinlerden biri haline gelmiştir. Polipropilen, ambalaj, oyuncak, elektronik, uçak ve otomotiv endüstrisi gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Polipropilen uygulamaları enjeksiyonla kalıplanmış, üfleli kalıplanmış ürünlerden, elyaflardan ve filamanlardan filmlere ve ekstrüzyon kaplamalarına kadar uzanmaktadır. Ekstrüde polipropilen lifler, halı ipliği, dokuma ve örme kumaşlar gibi ürünlerde kullanılır. Dokunmamış polipropilen kumaşlar, halı arkalıklarında, tek kullanımlık çocuk bezleri için astarlar, tek kullanımlık hastane kumaşları, yeniden kullanılabilir havlular ve mobilya toz kapakları uygulamalarında kullanılırken, yönlendirilmiş polipropilen film, sigara, atıştırma kapakları ve fonograf kayıtları gibi öğelerin üzerine sarma olarak kullanılır (Ebewele, 2000).

1.3 Ahşap Unu

Öğütülmüş olarak kullanılan ahşap unu bir destek materyalidir. Genel olarak ahşap unları polimer veya plastik kompozitlerde kullanılmak üzere tercih edilmektedir (Niska ve Sain, 2008). Lif özelliklerini kaybetmeksizin ahşap kökenli materyallerin ahşap plastik kompozit üretiminde kullanımı, önemli konulardandır. Prosesten önce lif uzunluğu veya genişliğinin ne olduğu önemli bulunmamakta, proses boyunca lif uzunluk ve genişliğini yitirmektedir. Günümüzde birçok uygulamada biyokütle

materyal (uzunluk/genişlik oranı 10'dan daha küçük), liften (uzunluk/genişlik oranı 10'dan büyük) daha çok kullanılmaktadır. Ahşabı meydana getiren temel maddeler üç ana grupta incelenir. Bunlar;

Selüloz; beyaz renkte güneş ışığı etkisi ile rengini değiştirmeyen oduna esneklik ve eğilme kabiliyeti veren maddedir. Odun içindeki oranı kuru odun ağırlığının %40-50'si kadardır. Molekül bakımından lineer bir polimer olup zincir şeklinde moleküllerden oluşmaktadır ve yapı taşı glikoz anhidrit birimleridir. Bu birimler birbiri ile 1-4~ glukozidik bağlarıyla bağlanmıştır. Asidik hidroliz sonucu reaksiyon ürünü olarak sadece glukoz, ara ürün olarak da sellobioz, sellotrioz vb. oluşmaktadır. Kâğıt üretiminin temel bileşenidir.

Lignin; selüloz liflerinin arasına yerleşmiş olan lignin maddesi selülozun aksine esneklik kabiliyeti olmayan gevrek bir maddedir ve oduna sertliğini kazandırır. Lignin odunların otsu bitkilerden ayrılmasını sağlayan madde olup odunun yapısındaki lignin miktarı % 15-25 oranındadır. Yapı taşı fenil propan ünitesidir. Suyu iten bir madde olan lignin, selülozu yarı selülozlara bağlayarak ağaçsı yapıyı ortaya çıkarır. Bu nedenle ağacın veya odunun selüloz, yarı selüloz ve ligninden meydana gelen kompozit bir yapısı bulunmaktadır. Bu haliyle lignin doğal bir polimer veya çimento olarak görülebilir. Lignin ne bir polisakkarit, ne bir lipid, ne de bir DNA veya RNA'dır. Aromatik ve alifatik işlevleri olan bir yapısı bulunmaktadır. Kaotik bir yapısı olduğu da söylenmektedir. Optik olarak pasiftirler.

Hemiselüloz; kimyasal bileşikleri itibarıyla polisakkaritlerden olan hemiselülozlar hidrolize edildikleri zaman şekere dönüşürler. Odun içerisinde % 20-35 oranında bulunurlar. Hemiselüloz, alkalin sulu çözeltilerde kolaylıkla çözünebilir ve asitlerin etkisiyle kısmen kolaylıkla hidroliz olabilen maddelerden meydana gelmektedir. Selüloz homopolisakkaritlere girerken hemiselülozlar heteropolisakkaritler grubuna girerler. Hemiselüloz tüm odun türlerinde odun kuru ağırlığının %20-%30'unu oluşturur ve dallanmış molekül zincirlerinden meydana gelir. Hemiselülozların birçoğu nişasta gibi rezerv maddesi olarak odunda yer alır. Selüloz %17.5'lik NaOH'da çözünemediği halde hemiselülozlar çözünür. Polimerizasyon derecesi daha düşüktür (Avcı, 2012).

Atık Ahşap Unu; Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre Avrupa Topluluğunda Sanayi Ürün Listesinde (PRODTR 2011) 31.00, 31.01, 31.02, 31.03 ve 32.50.30

numaralı alanlarda tanımlanan mobilya grubu ürünlerde 2010 yılı üretimimiz 6 milyar 617 milyon TL olarak gerçekleşmiştir. Türk mobilya endüstrisi, genelde çoğu geleneksel yöntemlerle çalışan atölye tipi, küçük ölçekli işletmelerin ağırlıkta olduğu bir görünüme sahiptir. Buna karşın özellikle son 15-20 yıllık süreçte küçük ölçekli işletmelerin yanısıra orta ve büyük ölçekli işletmelerin sayısı artmaya başlamıştır. Fabrikasyon üretim yapan firmaların sayısı her geçen gün artmaktadır Gün geçtikçe artan mobilya üretimi beraberinde birçok atığı meydana getirmektedir. Bu atıklar genel olarak, doğaya terk edilmektedir ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Birçok mobilya firması, üretimleri sonucunda ortaya çıkan bu atıkları imha edebilmek için bir firma ile anlaşarak bu atıklardan kurtulmaktadır. Üstelik bu atıklar için anlaşılan firmalara bir bedel ödenmektedir. Bu çalışmaya bu atıkların değerlendirilmesi amacı ile başlanmıştır. Böylece hem mobilya firmaları için hemde biyokompozit üretimi yapan firmalar için avantajlı bir duruma geçilmiş olunacaktır (Mobilya Sektör Raporu, 2018).

1.3.1 Ahşap plastik kompozitler (APK)

İki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesi ile oluşan ve çoğu zaman kendilerini oluşturan materyallerden daha üstün özelliklere sahip olan malzemelere kompozit malzeme denmektedir. Ahşap kompozitleri iki ana sınıfa ayrılmakta olup bunlar; termoset tutkallar ile üretilen ahşap kompozitleri ve termoplastik gibi materyaller ile üretilen ahşap kompozitleridir (Simonsen, 1995).

APK, lignoselülozik malzeme ile plastiklerin karıştırılması sonucunda oluşan kompozitlere verilen genel bir isimdir. Ahşap unlarının termoplastik esaslı polimerler (polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinilklorür (PVC), polisitren (PS) gibi) ile karıştırılmasıyla oluşan kompozit levhalara termoplastik esaslı kompozit malzemeler denilmektedir. Termoplastik esaslı kompozit üretiminde farklı türde ağaçlardan elde edilen unlar ya da lifler ile PE, PP, PVC ve PS gibi plastikler kullanılabilir. Bu termoplastikler, lignoselülozik yapıya sahip olan materyallerin bozunmasını önlemek için daha düşük sıcaklıklarda (150–220 °C) üretilebildiklerinden dolayı tercih edilmektedir.

1.3.2 Ahşap plastik kompozitlerin özellikleri

APK, kendisini oluşturan plastik ve ahşaba kıyasla daha üstün özelliklere sahip olması sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu

özellikler arasında plastik malzemeye kıyasla daha düşük maliyetli olmaları ve doğada daha kolay bozularak çevre dostu olmaları, ağaç malzemeye kıyasla ise daha iyi boyutsal stabiliteye sahip olmaları, istenilen boyut ve şekilde, farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri, çatlamalara, mantarlara ve böceklere karşı daha dayanıklı olmaları, geri dönüşümlü olmaları, atık malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir (Avcı, 2012).

Çizelge 1.1:APK'nın, Plastik ve Ahşaba Göre Önemli Özellikleri (Bala,2018)

ÖZELLİKLER	APK	AHŞAP	PLASTİK
Güneş ışığı ve yaşlanmaya karşı dayanıklılık	***	*	**
Doğal ahşap görünümü	***	****	*
Neme dayanıklılık	***	*	***
Su emmeye karşı dayanıklılık	***	*	****
Biyolojik zararlılara karşı dayanıklılık	****	*	****
Kolay işlenebilirlik	****	****	*
Bakım kolaylığı	***	*	**
Çivilenme kabiliyeti	**	***	*
Düşük genleşme oranı	***	***	*

*kötü **orta ***iyi ****çok iyi

1.3.3 Ahşap plastik kompozitlerin kullanım alanları

Dünya genelinde yıllık yaklaşık 1,5 milyon ton APK üretilirken bu rakamın 1 milyonu Amerika'da, 200 bin tonu Çin'de, 100 bin tonu Japonya'da ve 70 bin tonu ise Avrupa'da APK endüstrisinin ana üreticisi konumdaki Almanya'da üretilmektedir. APK'ya olan talep her yıl 80.000 ton artmaktadır. Öyle ki, yürütülen bilimsel çalışmaların sonucu olarak yeni uygulama alanlarında yer bulacak bu ürünlere talebin her geçen gün artacağı düşünülmektedir. Bunun başlıca nedeni, APK malzemelerin diğerlerine göre üstün fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin yanında geri dönüştürülebilir çevre dostu ürünler olmasıdır. Son 20 yılda APK, yapısal elemanlarda, otomobillerde, yer döşemelerinde, çitlerde oldukça sık kullanılmıştır (Akbaş, 2015).

APK, ilk olarak düşük teknikli peyzaj noktalarında; yapısal keresteler, piknik masaları, oyun alanı ekipmanları, sıra, çit, çöp kutuları vb. yerlerde uygulanmıştır. APK'in diğer uygulamaları; örneğin kapı eşiği, dış cephe kaplaması ve aksesuarları ile çeşitli diğer dış uygulamalar olmak üzere yeni ürünler geliştirilmiştir. APK pazarları ve uygulama tipleri Çizelge 1.2'de verilmiştir. Gelişmelerin tümünde uzun süreli performans, uygun görünüş ve boyutsal stabilite önemlidir. APK, pencere ve kapı imalatında, kalıp ve diğer endüstriyel parçalarda da kullanılmaktadır. Pencere uygulamalarında sıklıkla PVC karışım kullanılmakla beraber diğer termoplastik karışımlarda kullanılabilir. Odun unu dolgulu PVC, dengeli ısı stabilitesi, rutubete karşı direnci ve sertlik açısından değer kazanmıştır. Düşük bakım-onarım maliyeti; çatlak ve kıymık olmaması ve yüksek dayanıklılığı açısından desteklenmektedir. Masif dikdörtgen biçimindeki profilin yanı sıra kompleks oyuklu ve girintili çıkıntılı profil de üretilebilmektedir (Bala, 2018).

Çizelge1.2: APK pazarları ve uyulama tipleri (Bala, 2018)

Sektör	İnşaat	İç mimari/İç yüzey	Otomotiv	Bahçe/Açık hava	Endüstriyel /Altyapı	Diğer
Son Ürün Piyasa Uygulamaları	Dış cephe kaplaması	Korkuluklar	Kapı ve göğüs kaplamaları	Zemin kapması	Korkuluk	Siyah piyano tuşları
	Kapı kasaları ve bileşenleri	Perde ve panjurlar	Kablo kanalı bağlantıları	Çit ve çit bağlantıları	Endüstriyel ambalaj	
	Sundurma	Kablo kanalı bağlantıları	İç paneller	Bahçe mobilyaları	Deniz kazıkları ve bölmeleri	
	Mavna panolar	Taban döşemeleri				
	Ön işlemi bitmiş döşeme tahtaları	Dekoratif profiller	Bagajdaki raflar	Bahçe kulübeleri, barakalar vb.	Paletler ve kasalar	
	Tavan ürünleri	İç paneller				Rihtım ve iskele
	Çatı kaplaması	Mutfak dolapları	Yedek lastik kaplamaları	Park bankları	Korkuluklar	Sıcak küvetler
	Merden	Laminant parke		Çocuk oyun parkı ekipmanları	Çöp kovaları	
	Kereste	Ofis Mobilyaları				
	Pencere çerçeveleri ve bileşenleri	Raflar	Kamyon zeminle	Oyun parkı yer döşemeleri	Tabela	
Süpergelikler						
Ses yalıtımı kaplamaları						

1.4 Biyokompozit

Çevredeki gelişen teknoloji ve toplumdaki kaygılar, tükenmekte olan petrol türevleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından küreselleşmenin ve endüstrinin neden olduğu sentetik ve biyo bazlı-ürünler ilgi odağı haline gelmiş ve üretimi

artmıştır.Günümüzde ticari amaçlı kullanılan bazı lignoselülozik (bitki kaynaklı) şeker kamışı, bambu, kenaf, pamuk, pirinç sapı, pirinç kabuğu, buğday, tütün, ay çiçeği sapı, mısır sapı, kenevir, yulaf sapı, pamuk sapı, saman, çavdar, arpa, keten vb gibi bitki türevli kaynaklar üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar ile kompozit malzemeler elde edilebilmektedir. Odundan elde edilen lifler kullanılmakla birlikte odun dışı elde edilen liflerde kompozit malzemelerde hammadde olarak kullanılmaktadır.Biyokompozit malzemelerin üretiminde lif özellikli ve/veya lif özelliği bulundurmeyen bitkiler de düşük mukavemeti dikkate alınarak dolgu malzemesi olarak ilave edilebilmektedir. Polimer biyokompozit malzemelerin avantajları,rutubete karşı daha dayanıklıdır, boyutsal stabitabilitesi iyidir, mantar ve böceklere karşı oldukça dayanıklıdır. Dezavantajları ise; biyokompozit malzemenin üretiminde hammadde olarak kullanılan, dolgu maddelerinin içerisine ilave edilen unlar ya da lifler malzemenin daha kırılğan hale gelmesi ve darbelere karşı direncini azaltmaktadır (Uzun, 2016).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bengtsson ve Oksman (2006) tarafından yapılan çalışmanın odak noktası silan çapraz bağlı ahşap plastik kompozitlerin üretilmesidir. Silan çapraz bağlama, ahşap plastik kompozitlerin mekanik ve uzun vadeli özelliklerini iyileştirmenin bir yoludur. Farklı miktarlarda viniltrimetoksi silan içeren silan çapraz bağlanmış kompozitler, birlikte dönen bir çift vidalı ekstrüzyon ardından pres kullanarak bir üretilmiştir. Bileşikler bir saunada ve oda ısısında depolanarak nemliliğin çapraz bağlanmayı arttırdığı görülmüştür. Jel içeriği ve şişme deneyleri, bir saunada depolanan kompozitler içerisinde en yüksek çapraz bağlanma derecesinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Çapraz bağlanmış kompozitler tokluk, darbe mukavemeti ve silan ilavesi yapılan kompozitlerden üstün sürünme özelliklerini göstermiştir. Bükülme modülü, diğer taraftan, çapraz bağlanmış örneklerde çapraz bağlanmamış olanlardan daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bileşiklerin diferansiyel tarama kalorimetresi ölçümleri, çapraz bağlanmış numunelerde çapraz bağlanmamış olanlardan daha düşük bir kristallik göstermiştir.

Grubbström ve ark. (2013)'te reaktif ekstrüzyon yoluyla ahşap-poliyeten kompozitlerin silan-çapraz bağlanması ile ilgili çalışmıştır. Reaktif ekstrüzyon, başlatıcı olarak peroksit kullanarak eriyik fazda silanlara polietilene aşılama yapmayı amaçlamaktadır. Yüksek nem ve yüksek sıcaklıkta kürlenme, ahşap bileşiklerinin çapraz bağlanmasına neden olmaktadır. Bu yöntemin amacı, malzemenin mukavemetini, tokluğunu ve sürünme direncini arttırmaktır. Yaygın olarak kullanılan termoplastik matrislerin ahşap kompozitlerinde, uzun süreli mekanik performans özelliklerin geliştirilmesi bir sorundur. Sadece silan aşılamanın yapılması gereken ekstrüzyon prosesi, daha önce, erimiş kütle içinde istenmeyen çapraz bağlanmaya (kavurma) yol açan ve kompozitin zayıf işlenebilirliğine yol açan bir ahşap kompozit için zor görünmüştür. Bu çalışmanın amacı, süreç-yapı ilişkilerini inceleyerek ve kompozitlerin yapısı ve özellikleri arasındaki ilişkiyi anlamak suretiyle, ahşap-poliyeten kompozitleri için bu reaktif ekstrüzyon prosesinin nasıl kontrol

edilebileceğini araştırmaktı. İşlem, farklı malzeme bileşimleri, sertleştirme modları ve ekstrüzyon koşulları kullanılarak araştırılmıştır. İşlemin, kavurmanın bastırıldığı şekilde kontrol edilebileceği ve krlenmenin verimliliğinin arttırıldığı bulunmuştur. Yatak ısısı, vida hızı ve vida konfigürasyonları gibi ekstruder değişkenleri sonuçlarla ilgili önemli farklılıklar göstermiştir. Bu çalışmadaki çapraz bağlanmış bütün kompozitler, çapraz bağlanmamış bir muadili ile karşılaştırıldığında mukavemet, tokluk ve snme direncinde iyileşmiştir. Özellik iyileştirmesine yol açan mekanizmaları araştırmak için dinamik-mekanik analiz ve yapışma testleri kullanılmıştır. Ahşap ve matris polimeri arasındaki doğrudan kimyasal bağlantının makul olduğunu ancak iyileştirme mekanizmasını tanımlamadığını göstermiştir.

Chen ve ark. (2017), ilgili çalışmada, kavak ağacı liflerinin yüzeylerini, yüksek sıcaklığa sahip sıcak hava işlemi (HTHA) ve silan birleştirme ajanı kullanarak modifiye etmişlerdir. Tek faktör testi, FTIR, X-ışını kırınımı ve termoform spektroskopisi ile modifiye kavak ağacı elyaflarının performanslarını (rneğin fonksiyonel grupların değişimi, polarite, selüloz kristalitesi ve termal kararlılık) araştırmak için kullanılmıştır. Sıcaklık, giriş havası hızı ve besleme hızı gibi HTHA işlem koşullarının APK'ların performansı üzerindeki etkisi ise taramalı elektron mikroskopisi ve dinamik mekanik analiz ile araştırılmıştır. Ana bulgular, HTHA işleminin kompozitlerin hidrasyonunu arttırıp APK'ların mekanik özelliklerini iyileştirebileceğini göstermiştir. İşlem sıcaklığı, hazırlanan kompozitlerin mekanik özelliklerini ve nem adsorpsiyon özelliklerini güçlü bir şekilde etkilemektedir. İşlemden geçirilen sıcaklık ve besleme hızının artmasıyla hidroksil gruplarının sayısı, holoselüloz içeriği ve kompozitin pH'ı azalmıştır. Hazırlanan kompozitin kristallik derecesi ve termal stabilite derecesi ve depolama modülü artmıştır. Bununla birlikte, APK'ların boyutsal stabilitesi ve su emme miktarı önemli ölçüde azalmıştır. En iyi mekanik özelliklerin arttırılması, 220 °C'de işlem sıcaklığında gözlenmiştir. Bu alışma, APK retim endüstrisinde bir HTHA uygulamasının uygulanabilirliğini göstermiştir.

Clemons ve ark. (2010), 3- (trimetoksisilil) propil metakrilat ve benzoil peroksitin, jel içeriği, kristalinitesi ve doldurulmamış PP-PE harmanlarının mekanik performansı ve bunların kompozitler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Tüm malzemeler çift vidalı bir ekstrüzyondan geirilmış ve pres kalıp ile son hale getirilmıştir. Daha sonra, numuneler, herhangi bir hidrolize edilmemiş silanın çapraz bağlanması için bir

nem odasında yüksek nem ve yükseltilmiş sıcaklığa maruz bırakılmıştır. PE-PP karışımlarına ahşap eklenmesi, erken çapraz bağlanmanın artmasına neden olurken aynı zamanda jel içeriğini arttırmış olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, kompozitlerin jel içeriği hala düşüktür. PP bileşeni iyi çapraz bağlanmış gibi görünmediği ve jellerin neredeyse tamamen HDPE olduğu gözlemlenmiştir. (FTIR) spektrumları, PE-PP karışımlarında aşılı ve çapraz bağlandığına dair ek kanıt sağlamıştır. Ne yazık ki ahşap kompozitlerinin spektrumları, ahşabın FTIR spektrumlarının karmaşıklığı ve çakışması nedeniyle yorumlanmasının zor olduğu görülmüştür. HDPE bileşeni yüksek nem oranına ve yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında tavlanırken, muhtemelen düşük hareket kabiliyeti nedeniyle yüksek jel içerikli numunelerde daha az olacağı tahmin edilmiştir. Tavlama, özellikle modülün artmasıyla mekanik performansı etkilemiştir. Peroksit ve silan ilavesi, kompozitlerdeki odun unu ve matris arasındaki yapışmayı arttırdığı ancak darbe dayanımı testlerinde absorbe edilen enerji üzerinde çok az etkili olduğu görülmüştür. (Clemons ve ark., 2010)

Altungöz ve arkadaşları (2012) bu çalışmada; poliolefin (özellikle i-PP) çift yönlü gerdirilmiş nanofilmlerin, toksik ve uçucu monomerleri graflama ajanları olarak kullanmaksızın hazırlanması için temiz bir teknolojik işlem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Araya eklenmiş ve pul pul dökülmüş polimer katmanlı silikat mikro-kompozitleri (masterbatches) ve nano-kompozit filmler sırasıyla izotaktik polipropileni (i-PP) matris polimeri olarak, poli (maleik anhidrit-alt-1-oktadesen) poli (MA-alt-OD) ve PP-g-MA'yı uyumlaştırıcı olarak, oktadesil amin-montmorillonit (ODA-MMT) ve dimetil didodesil amonyum-MMT (DMDA-MMT)'i reaktif ve reaktif olmayan nano-dolgu (nanofillerler) maddeleri olarak kullanan, bununla birlikte PP-g-MA/organokil karışımlar (5, 10 ve 20 ağırlık yüzdesi) kullanan reaktif ekstrüzyonla (çift yönde gerdirilmiş film oluşturucu birim ya da granülatör ile desteklenmiş 21 mm Rondol çift vidalı bileşik oluşturucu) eriyik içerisinde hazırlanmıştır. i-PP esaslı silikat katmanlı nanokompozitleri tasarlamak ve sentezlemek için aşağıdaki formülasyonları içeren iki yaklaşım geliştirmişlerdir: (1) i-PP/ PP-g-MAO-MMT kil karışımlar ve (2) i-PP/PP-g-MA/poli (MA-alt-1-oktadecene)/O-MMT kil nanokompoziti. Birinci yaklaşım çift yönde gerdirilmiş film oluşturucu birim ile desteklenmiş çift vidalı ekstrüzyon sistemi kullanan iki basamaklı eriyik karıştırma ile hazırlanan PP esaslı mikro ve nanokompozitlerin

sentezi ve karakterizasyonunu içermektedir. Birinci basamak, farklı karışımlarla PP-g-MA/DMDA-MMT kil karışımlarının hazırlanmasını içermektedir. İkinci bir yaklaşım çeşitli i-PP/PP-g-MA-DMDA-MMT karışım bileşimlerinin karışım haline getiren eriyiği içermektedir. Yapı-özellikler (MFI, termal davranış ve morfoloji) ilişkileri ve organokilin etkisi ile iç plastikleştirici uyumlaştırıcı içeriği FTIR, XRD, DSC-TGA ve SEM analiz metotları ile incelenmiştir. Fonksiyonel kopolimerin silikat katmanları arasında kompleks oluşumu ve anhidrit birimlerinin sırasıyla amonyum katyon ve organokillerin birincil amin grupları ile olan amidizasyon reaksiyonları ile ilerlediği ve ayrıca fonksiyonel kopolimer-uyumlaştırıcının yan-zincirindeki uzun alkil (C₁₅H₃₁) grupları da nanofilmlerin işlenmesi ve oluşumunda iç plastikleştirmede rol almakta olduğu gösterilmiştir. Elde edilen ısısal özellikler, XRD parametreleri ve nanofilmlerin yüzey morfolojisi; bu önemli karakteristiklerin büyük ölçüde reaktif polimer karışımları ve organokillerin kimyasal yapıları ile fonksiyonel kopolimer reaktif uyumlaştırıcısı bileşimine bağlı olduğunu göstermiştir. (Altungöz, 2012)

Eğri (2003), bu çalışmada amacı reaktif ekstrüzyonla polipropilenin maleik anhidritle(MAH) aşılmasıdır. Ticari olarak mevcut polipropilen granülleri kullanılmıştır. Aşılama monomeri ve katalizör maleik anhidrit(MAH) ve dikünil peroksittir(DCP). Beslemedeki MAH ve DCP içerikleri, sırasıyla %1-10 ve %0.5-3 aralıklarında değiştirilmiştir. Kullanılan ekstruder 4 farklı sıcaklık bölgesi içermektedir. Bu bölgelerdeki sıcaklıkların aşılama üzerindeki etkilerinin bulunabilmesi için, şu 4 farklı sıcaklık programı uygulanmıştır: 165, 170, 170 ve 175°C; 170, 180, 180 ve 185°C; 175, 190, 190 ve 195°C; 180, 200, 200 ve 205°C. Aşılamaı değiştirmek üzere vida dönüş hızı da değiştirilmiştir. Şu beş farklı vida dönüş hızında çalışılmıştır: 7, 10.5, 14, 17.5, ve 21 devir/dak. Aşılama polimer örnekleri farklı teknikler ile karakterize edilmiştir. Polimer ana zincirindeki karboksilik asit grupları, KOH'un metanoldeki çözeltisi kullanılarak titrasyonla bulunmuştur. Polimer eriyik akış hızları bir ekstrüzyon plastometresi ile bulunmuştur. Polipropilen ana zincirine maleik anhidrit gruplarının aşılamaı FTIR spektrumları ile gösterilmiştir. Aşılama polimerlerin erime sıcaklıkları ve entalpileri ve yüzde kristaliniteleri DSC termogramlarından bulunmuştur. Beslemede MAH içeriğinin artması ile aşılama derecesi önce artmakta % 7,5 MAH değerinden sonra az da olsa bir düşme gözlenmiştir. Farklı MAH içerikleriyle üretilen

polimerlerin aşılama derecesi % 0,169-0,776 arasında değişmektedir. Beslemede MAH'ın artması ile molekül ağırlığındaki düşme (eriyik akış hızındaki artma) daha az olmuştur. FTIR spektrumları polipropilen zincirlerine MAH aşılmasının olduğunu açık bir şekilde göstermiş, özellikle yüksek MAH içeriğinde elde edilen spektrumlarda karboksilik asit pikleri de gözlenmiştir. Beklendiği gibi beslemedeki MAH içeriği arttıkça aşılama polimerin erime sıcaklığı azalmıştır. Aşılama kristallikte önemli oranda düşmeye neden olmaktadır. Beslemede katalizör içeriğinin değişmesi de elde edilen polimer özelliklerini önemli oranda değiştirmiştir, incelenen katalizör içeriği aralığında ulaşılan aşılama dereceleri ve etkinlikleri, sırasıyla %0,079-0,208 ve %3,2-11,5 aralıklarındadır. En yüksek aşılama %1 katalizör içeriği ile elde edilmiştir. FTIR spektrumları aşılama doğru değildir. Bu gruptaki deneylerde çalışma sınırları içinde eriyik akış hızı (dolayısıyla polimer molekül ağırlığı) değişimleri çok fazla değildir. Beslemedeki katalizör içeriği aşılama polimerin erime sıcaklığını da çok fazla etkilememektedir. Ancak yüzde kristalinitelerde düşme çok daha belirgindir. %45 kristallığe sahip orijinal polipropilene göre bu grupta üretilen polipropilenlerde yüzde kristalinite %8 civarına kadar düşmüştür. Uygulanan sıcaklık programlarında ulaşılan aşılama dereceleri ve etkinlikleri, sırasıyla %0,540-0,900 ve %21,6-36,0 aralıklarındadır. Uygulanan sıcaklıklar arttıkça polimer degradasyonu artmış, dolayısıyla daha yüksek eriyik akış hızı değerleri (daha düşük molekül ağırlıkları) gözlenmiştir. FTIR spektrumlarında MAH karakteristik pikleri gözlenmiştir. Tüm sıcaklık programlarında üretilen aşılama polimerlerin erime sıcaklıkları orijinal polimere göre daha düşüktür. Yüksek sıcaklık programlarında üretilen polimerlerde bulunan yüzde kristaliniteler daha düşüktür. Uygulanan vida dönüş hız aralığında ulaşılan aşılama dereceleri ve etkinlikleri, sırasıyla %0,270-0,551 ve %10,8-22,1 aralıklarındadır. Beklendiği gibi vida dönüş hızının artmasıyla (alınma süresinin azalmasıyla) aşılama düşmektedir. Çalışılan vida dönüş hız aralığında polimerde önemli degradasyon oluşmuş bunun sonucu eriyik akış hızları önemli oranda artmıştır. Artış özellikle düşük vida dönüş hızlarında daha fazladır. FTIR spektrumlarında MAH karakteristik pikleri gözlenmiştir. Tüm vida dönüş hızlarında üretilen aşılama polimerlerin erime sıcaklıkları orijinal polimere göre daha düşüktür. Özellikle yüksek vida hızlarında elde edilen polimerlerin yüzde kristaliniteleri daha düşük bulunmuştur (Eğri, 2003).

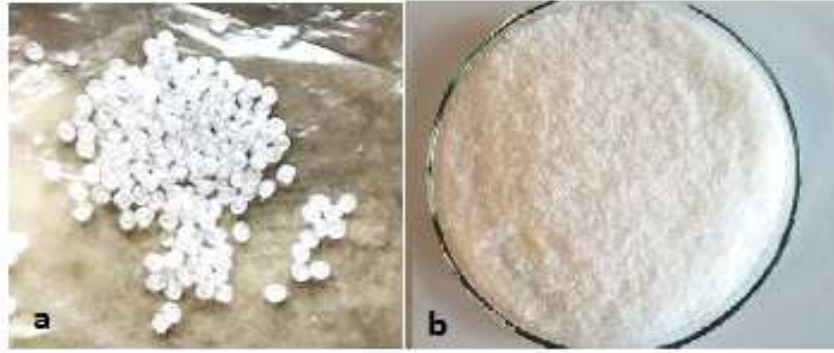
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu kısımda çalışmada kullanılan malzemeler tanıtılmıştır. Kompozitlerin üretim aşamaları ve üretilen malzemelerin özelliklerini belirlemek için yapılan test ve analizler anlatılmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 Polipropilen (PP)

Bu çalışma kapsamında matris malzemesi olarak PP kullanılmıştır. Çalışma esnasında kullanılmış olan PP, Petkim Petrokimya A.Ş. firmasında temin edilmiştir. Temin edilen PP'nin bazı tipik değerleri verilmiştir. PP'nin yoğunluğu $0,905 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Ayrıca deformasyon sıcaklığı $113 \text{ }^\circ\text{C}$, erime noktası ise $163 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir.



Şekil 3.1: PP, (a) granül, (b) öğütülmüş

3.1.2 Atık ahşap unu

Dolgu malzemesi olarak atık ahşap unu kullanılmıştır. Çalışmada Çilek Mobilya firmasında, mobilya üretimi esnasında ortaya çıkan atıklar kullanılmıştır. Bu atıkların içeriğinde yüksek miktarda ahşap unu bulunsada pvc, toz, toprak, zımpara tozları gibi anorganik maddeleri de bünyesinde bulundurmaktadır.

3.1.3 Takviye malzemeleri

Normal ekstrüzyon yöntemi ile üretilecek biyokompozitlerde MAPP(maleik anhidrit aşılanmış polipropilen) takviyesi kullanılmıştır.Reaktif ekstrüzyon yöntemi ile üretilecek biyokompozitlerde ise takviye malzemesi olarak Vinil trimetoksi silan (SLN) kullanılmıştır.Reaktif ekstrüzyon yöntemi ile üretilecek biyokompozitlerde silan için radikal başlatıcı olarak dikünil peroksit kullanılmıştır. İlgili malzemeler Sigma firmasından temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Malzemelerin üretim için hazırlanması

Bu başlık altında, çalışma esnasında hazırlanacak olan karışımların üretim esnasında kullanılacak olan ekstrüderde daha kolay çalışılmasını ve homojen olarak karışmasını sağlamak amacı ile yapılan öğütme ve mekanik karıştırma işlemleri anlatılmıştır. Öğütme ve mekanik karıştırma işlemleri, ortaya çıkacak olan biyokompozitlerin iyi değerlere sahip olabilmesi amacıyla yapılmıştır.

3.2.1.1 Öğütme

Bu çalışmada atık ahşap unu ve PP, Fritsch Pulverisette 19 (Şekil 3.2) markalı laboratuvar tipi öğütücü ile öğütülmüştür. Öğütme işleminde PP ve atık ahşap unu için 0.5 mm'lik elekler kullanılmıştır.



Şekil 3.2: Fritsch Pulverisette 19 markalı cihaz

3.2.1.2 Karıştırma

Çalışma esnasında hazırlanmış olan toz karışımların birbiri içerisinde homojen olarak karışmasını sağlama adına IKA Eurostar 20 markalı mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. Karıştırma işlemi 600 rpm’de 5 dk boyunca gerçekleştirilmiştir.



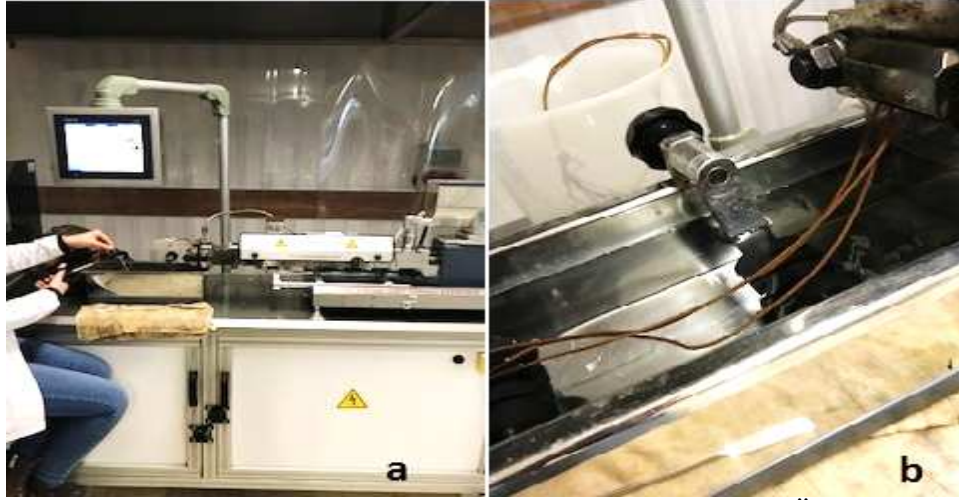
Şekil 3.3: Mekanik karıştırıcı

3.2.2 Üretim

Bir önceki bölümde elde edilen homojen karışımlar öncelikli olarak, nemi uzaklaştırmak için 70°C’de 12 saat boyunca etüvde bekletilmiştir. İlk olarak, daha önce hazırlanmış olan karışımlar ekstrüder ile üretilmiştir. Ekstrüder ile üretilen numuneler preslenmiştir. Preslenen numuneler gerekli testlerin yapılabilmesi için lazer kesim aracılığı ile istenilen boyutlarda kesilmiştir.

3.2.2.1 Ekstrüder yardımı ile biyokompozit üretimi

Etüvde bekletilen malzemeleri ekstrüderlemek için Gülnar Makina 16 mm çift vidalı ekstrüder (Şekil 3.4) kullanılmıştır. Ekstrüde Çizelge 3.1’de gösterilen sıcaklıklar altında yaklaşık 50 rpm hızında üretilmiştir. Üretilen kompozitlerdeki malzeme ağırlık oranları Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.4: a) Gülnar makine 40 L/D çift vidalı ekstrüder b) Üretilen ürünler

Çizelge 3.1: Ekstrüder işlem sıcaklıkları

Kafa	7	6	5	4	3	2	1	Besleme
190°C	195°C	200°C	200°C	195°C	190°C	180°C	90°C	25°C

Çizelge 3.2'de verilen değerlerde, örneğin PPM4'te %58 oranında PP, %38 oranında AAU ve %4 oranında MAPP kullanılmıştır. Malzemelerde karıştırılan AAU oranı yaklaşık olarak %40 civarında olduğu için PPM4 olarak isimlendirilmiştir. Diğer karışımlarda malzeme içerisinde AAU oranına bağlı olarak yaklaşık %40-50 ve 60 gibi değerlerde karıştırıldığından numune isimleri **4,5,6** şeklinde isimlendirilmiştir.

Çizelge 3.2: Biyokompozitlerin ağırlık oranları

Numune	Kontrol	1	2	3
PP:AAU:MAPP Konvansiyonel Ekstrüzyon	100:0:0 PP	58:38:4 PPM4	48:48:4 PPM5	38:58:4 PPM6
PP:AAU:SLN Reaktif Ekstrüzyon ¹	100:0:0 PP	58:38:4 PPS4	48:48:4 PPS5	38:58:4 PPS6

AAU: atık ahşap unu; PP: polipropilen, MAPP: Maleik anhidrit aşılansız polipropilen, SLN: Vinil trimetil silan

3.2.2.2 Biyokompozitlerin laboratuvar tipi sıcak pres ile kalıplanması

Sıcakpres kalıplama tekniği kullanılarak Carver marka preste (Şekil 3.5 ve 3.6) kompozit üretimigerçekleştirilmiştir. Bu kompozitlerden çekme, eğilme ve darbe

¹Reaktif ekstrüzyon yönteminde katalizör olarak monomerin %15'i kadar, dikünil peroksit kullanılmıştır.

direnç test örnekleri kesilerek mekanik testler gerçekleştirilmiştir. Ekstrüderden çıkan numuneler preslenmeden önce blender aracılığı ile kırılmış akabinde 12 saat 70°C’de etüvde bekletilmiştir. Numuneler pres makinasında 190°C’de 0.24 MPa basınç altında 5 dakika bekletilerek düz levha olarak kalıplanmış ve soğuma için bekletilmiştir (Şekil 3.7).

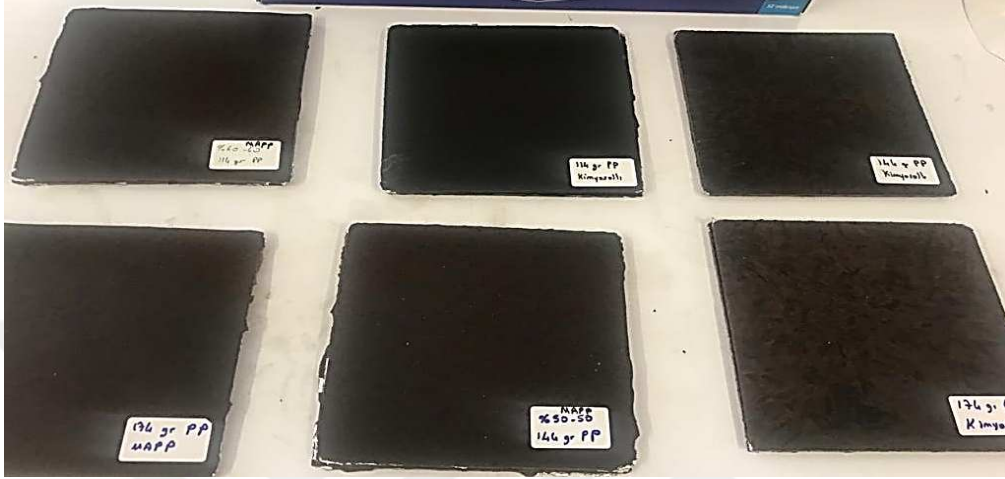


Şekil 3.5: Carver marka pres



Şekil 3.6: Kompozitlerin preslenmesi

Şekil 3.6'da kırıcı yardımıyla kırılan numunelerin pres içerisindeki görünümü verilmiştir. Ekstrüder yardımı ile hazırlanan biyokompozitlerin daha iyi mukavemet özellikleri göstermesi için ekstrüderden çubuk makarna şeklinde çıkan numuneler kırıcı yardımı ile daha küçük parçalar halinde kırılmıştır.



Şekil 3.7: Presten çıkan numune levhalar (20x20 cm)

3.2.2.3 Kesim işlemi

Pres ile elde edilen numune levhalarının çalışma esnasında yapılacak olan testlere uygun biçimde kesilmesi amacı ile Kaya grup KG-960 markalı lazer kesim cihazı (Şekil 3.8) kullanılarak, kesimler yapılmıştır. İlgili cihaz 10 mm/s hızında %90 güç kapasitesi şartlarında çalışmıştır.



Şekil 3.8: Kaya grup KG-960 markalı lazer kesim cihazı

3.3 Biyokompozit Örneklerde Gerçekleştirilen Testler

3.3.1 Fiziksel testler

3.3.1.1 Yoğunluk

Bu bölümde hazırlanan numunelerin ağırlıkları ± 0.01 g hassasiyetli terazide, boyutları ise dijital kumpas ile ölçülmüştür. Numunelerin öncelikli olarak kuru ağırlıkları tartılmıştır ve ardından boyutları ölçülerek hacmi aşağıdaki formül (1) ile hesaplanmıştır.

Yoğunluk değerleri;

$$d = \frac{m}{v} \quad (1)$$

d = yoğunluk (gr/cm³)

m = kütle (gr)

v = hacim (cm³)

Formülüne göre hesaplanmıştır.

3.3.1.2 Suda bekletme sonucu su alma oranı

Su alma oranı ASTM D-570 standardına uygun olarak belirlenmiştir. 65x13x3 (mm) boyutlarında hazırlanmış örneklerin ağırlığı ± 0.01 g duyarlıklı hassas terazide tartılmış daha sonra örnekler, 20°C'lik destile suda deney süresince bekletilmiştir. Ölçümler 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat ve 2, 3, 4 hafta sürelerde periyodik olarak yapılmıştır. Bu süreler sonunda sudan çıkarılan örneklerin üzerindeki fazla su bir bezle silinmiş ve ağırlıkları aynı hassasiyetle $\pm 0,01$ gr duyarlıklı terazide tartılmış ve aşağıda verilen formül (2) yardımıyla su alma oranları hesaplanmıştır.

$$SAO = \frac{w_r - w_0}{w_0} \times 100 \quad (2)$$

SAO: Su alma oranı (%)

w_r: Rutubetli ağırlığı

w₀: Kuru ağırlığı

Formülüne göre hesaplanmıştır.

3.3.1.3 Kalınlık artışı

Kalınlık artış oranları EN 317’de belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. 65x13x3 (mm) boyutlarında olan örnekler, kalınlıkları tam orta noktasında 0.01mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülerek, 20°C sıcaklıktaki destile suda deney süresince bekletilmiştir. Ölçümler 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat ve 2, 3, 4 haftasürelerde periyodik olarak yapılmıştır. Bu süreler sonunda sudan çıkartılan örneklerin fazla suları bir bezle alınarak ve kalınlıkları ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülmüştür. Kalınlık artışları aşağıda yer alan ilgili formül (3) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$KAO = \frac{m_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (3)$$

KAO: Su içerisinde kalınlık artışı (%)

m_y : Suda bekletilen deney örneklerinin kalınlığı (mm)

e_k : Klimatize edilmiş durumdaki deney örnekleri kalınlığı (mm)

3.3.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesi

3.3.2.1 Çekme testi

Çekme testi SHIMADZU AG-IC Üniversal Test cihazında ASTM D638 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen (23±2°C ve %50±5 nem ortam koşullarında 48 saat süresince) test örnekleri 165x19x3 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. İlgili test 3 mm/dk test hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9: SHIMADZU AG-IC Üniversal Test cihazı

3.3.2.2 Eğilme testi

Herdeney grubundan biyokompozitler ASTM D790 standardına göre 127x12.7x3 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır ve test numuneleri $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%50 \pm 5$ nem ortam şartlarında 48 saat boyunca bekletilerek şartlandırılmıştır. SHIMADZU AG-IC Üniversal Test cihazında standarda uygun olarak eğilme testi uygulanmıştır. Eğilme testi 10 mm/dk test hızında yapılmıştır.

Ayrıca morfolojinin nasıl etkilendiği mekanik testi yapılan numunelerin yüzey ve ara kesitleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleriyle incelenmiştir. Elde edilen SEM görüntüleri ve mekanik test sonuçları birlikte değerlendirilmiştir.



Şekil 3.10: Shimadzu universal test cihazı eğilme testi aparatları



Şekil 3.11: Çekme ve eğilme testi numuneleri

3.3.2.3 Darbe testi

Darbe direnci testi ASTM D 256 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 5 x 13 x 65 mm olacak şekilde boyutlandırılan örneklere Polytest RayRan cihazı yardımıyla çentik açılmış, daha sonra çentikli örneklerin darbe direnci belirlenmiştir.

3.3.3 Termal özelliklerin belirlenmesi

Termal analizler numune sıcaklığı, kontrollü bir şekilde değiştirilirken numunenin herhangi bir fiziksel özelliğinin (ağırlık, açığa çıkan/absorplanan ısı, boyut, iletkenlik, magnetik özellik vb.) sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçüldüğü yöntemlerdir (Akbaş, 2015).

3.3.3.1 Termogravimetrik analiz (TGA)

Termogravimetrik Analiz (TGA), kontrollü ısıtma programına tabi tutulan bir numunenin ağırlığının sıcaklıkla değişiminin ölçüldüğü bir tekniktir. TGA analizi Hitachi Hi-Tech STA7200 marka termogravimetrik analizör cihazı ile yürütülmüştür (Şekil 3.12). Örnekler, TAPPI T 11 os-75 standardına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülerek 50 mesh'lik eleklerde elenerek porselen panlara ortalama 4-11 mg ağırlığında yerleştirilmişlerdir. Cihaz oda sıcaklığından 800°C'ye kadar 10°C/dk ısıtma hızıyla azot atmosferinde (20 ml/dk) ısıtılmıştır. Örnekler için sıcaklık ve buna bağlı olan kütle kaybı (%) bilgisayar programı aracılığıyla alınmıştır.



Şekil 3.12: Hitachi Hi-Tech STA7200 Cihazı

3.3.4 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

SEM analizi ZEISS markalı cihazla 100 X-1,5K X ölçekleri arasında 15.00 kV voltaj değerinde yapılmıştır. Morfolojinin nasıl etkilendiği mekanik testi yapılan numunelerin yüzey ve arakesitlerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) resimleri ile görüntülenmiştir. Elde edilecek SEM görüntüleri ve mekanik test sonuçları birlikte değerlendirilmiştir.

3.3.5 Fourier dönüştümlü infrared spektroskopisi (FTIR) analizi

FTIR spektrumu, kompozit numunelerinin kimyasal yapılarını tayin etmek için universal ATR aksesuarı olan Bruker marka cihazı kullanılarak 400 ve 4000 cm^{-1} arası dalga boyunda, 4 cm^{-1} lik çözünürlükte kaydedilmiştir (Kocaman ve Ahmetli, 2016).



Şekil 3.13: FTIR analiz cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mekanik Testlere Ait Bulgular

Hazırlanan karışım oranlarının biyokompozit malzemenin ASTM D-638 standardına göre yapılan çekme testi ve ASTM D-790 standardına uygun olarak yapılan eğilme testi sonuçları aşağıda verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde;

Çizelge 4.1:PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin mekanik özellikleri

Numune	Çekme dayanımı (MPa)	Çekme modülü (MPa)	Gerinim %	Eğilme dayanımı (MPa)	Eğilme modülü (MPa)
PP	26,79±1,47	1006,53 ±82,17	6,67±0,83	52,99±6,97	1665,88 ±212,22
PPM4	21,99±2,17	1505,38 ±163,94	2,59±0,47	43,26±5,75	2085,25 ±96,83
PPM5	18,92±1,72	1480,93 ±110,73	2,25±0,12	42,63±2,77	2402,34 ±115,37
PPM6	14,53±1,47	1362,66 ±126,43	1,80±0,12	38,83±2,58	2502,08 ±234,17

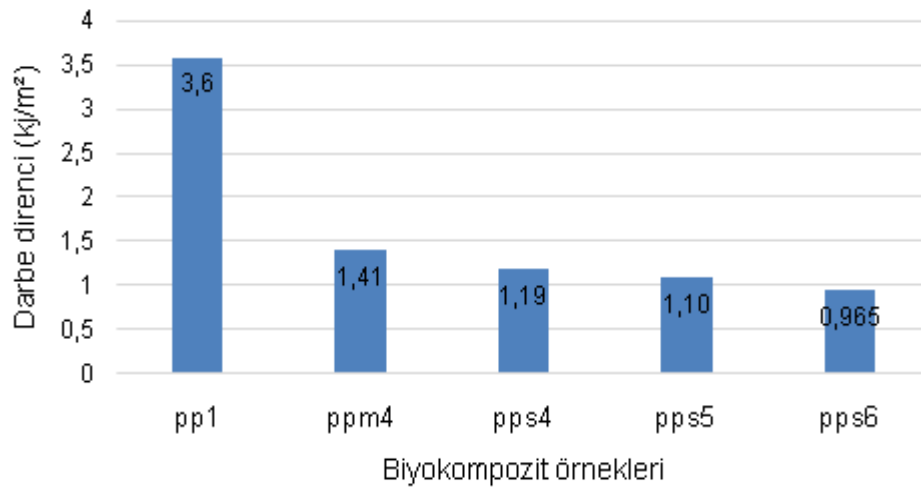
Çizelge 4.1’de PP matrisli, atık ahşap unu ve maleik anhidrit aşılansmış polipropilen takviyeli olarak hazırlanan biyokompozitlerin (PP/AAU/MAPP) çekme ve eğilme dayanımları gösterilmiştir. AAU ve MAPP katkısıyla çekme ve eğilme dayanımlarında bir düşüş meydana gelmiştir. Çekme dayanımı, katkı oranı arttıkça bir azalış göstermiştir. Fakat tablodan da gözüktüğü gibi işlem görmemiş PP’ye yakın değerler taşımaktadır. Çekme dayanımı en yüksek değerini PPM4’te 21,99 MPa olarak gözükmektedir. Eğilme dayanımı da tıpkı çekme dayanımı gibi benzer özellikleri göstermektedir. Çekme modülü, biyokompozitlerde, işlenmemiş PP’ye göre daha yüksek değerler göstermiştir. Katkı oranı arttıkça çekme modülü artmıştır. Eğilme modülünde ise, en yüksek değeri PPM6, 2502,08 MPa değeri ile göstermiştir.

Eğilme modülü de çekme modülü gibi katkı oranı arttıkça artmıştır. Gerinim yani uzanımın ise artan AAU katkısı ile giderek azaldığı gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.2: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin mekanik özellikleri

Numune	Çekme dayanımı (MPa)	Çekme modülü (MPa)	Gerinim %	Eğilme dayanımı (MPa)	Eğilme modülü (MPa)
PP	26,79±1,47	1006,53 ±82,17	6,67±0,83	52,99±6,97	1665,88 ±212,22
PPS4	8,48±1,42	1321,97 ±100,70	1,40±0,13	21,01±0,12	1865,55 ±56,80
PPS5	10,01±1,95	1468,25 ±108,75	1,45±0,14	28,35±0,80	2203,13 ±207,22
PPS6	9,17±1,19	1405,21 ±77,31	1,42±0,08	28,15±3,36	2392,50 ±171,02

Çizelge 4.2’de PP matrisli, ahşap odunu ve vinil trimetil silan takviyeli olarak hazırlanan biyokompozitlerin (PP/AAU/SLN) çekme ve eğilme dayanımları gösterilmiştir. AAU ve silan katkısıyla çekme ve eğilme dayanımlarında bir düşüş meydana gelmiştir. AAU ve silan katkısı PP/AAU/MAPP katkısına göre daha düşük çekme ve eğilme dayanımı göstermektedir. Çekme modülü, biyokompozitlerde, işlenmemiş PP’ye göre daha yüksek değerler göstermiştir. Katkı oranı arttıkça çekme modülü artmıştır. En yüksek değerini PPS5’te göstermiştir. Eğilme modülünde de katkı oranına bağlı olarak artışlar meydana gelmiştir. En yüksek artışı ise PPS6’da gösterdiği görülmektedir. Gerinim yani uzanımın ise artan AAU katkısı ile giderek azaldığı gözlemlenmektedir. AAU ve silan katkısı, AAU/MAPP katkısına göre daha düşük gerinim göstermektedir.

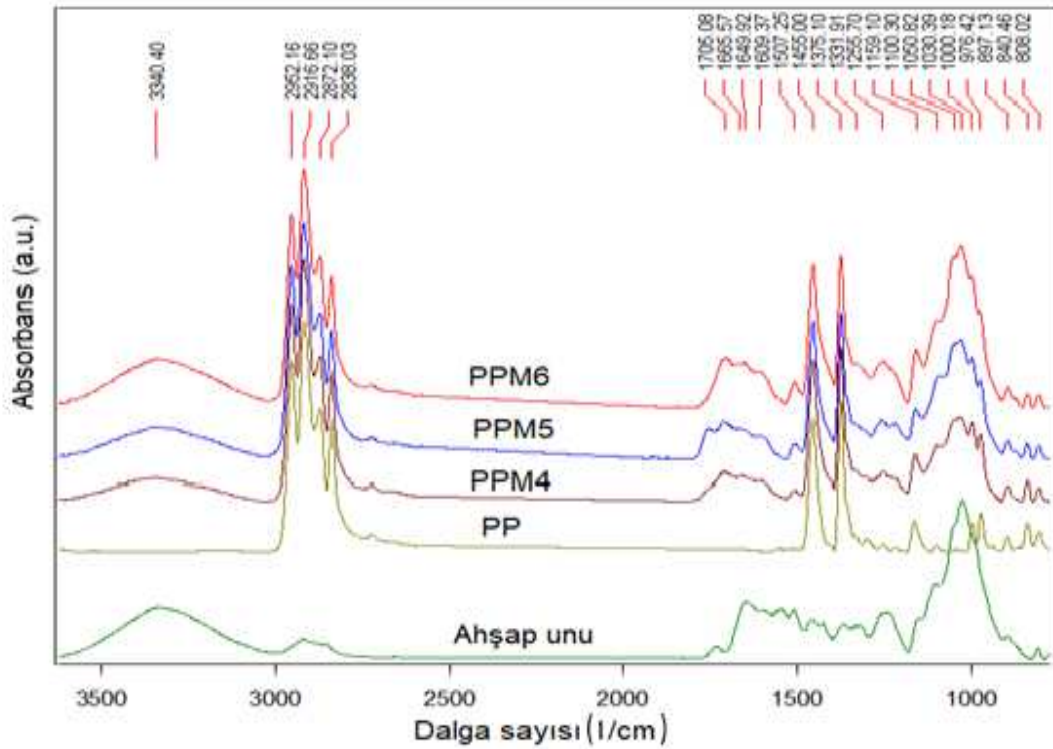


Şekil 4.1: Biyokompozitlerin darbe direnci sonuçları

Şekil 4.1 incelendiğinde ahşap plastik kompozit içerisindeki ahşap unu oranının artmasıyla birlikte kompozit gruplarının darbe direnci değerlerinde azalış olduğu görülebilmektedir. Silan katkılı ahşap plastik kompozit içerisindeki ahşap unu miktarı %40'dan %60'a yükseldiğinde darbe direnci değerinde bir azalma meydana gelmiştir (Kaymakçı, 2015). %40 oranında atık ahşap unu içeren, MAPP takviyeli PPM4 ve silan katkılı PPS4 karşılaştırıldığında, silan takviyeli biyokompozitin MAPP takviliye göre darbe direncinde %15,6 oranında bir azalma meydana geldiği gözlemlenmektedir.

4.2 FTIR Analizine Ait Sonuçlar

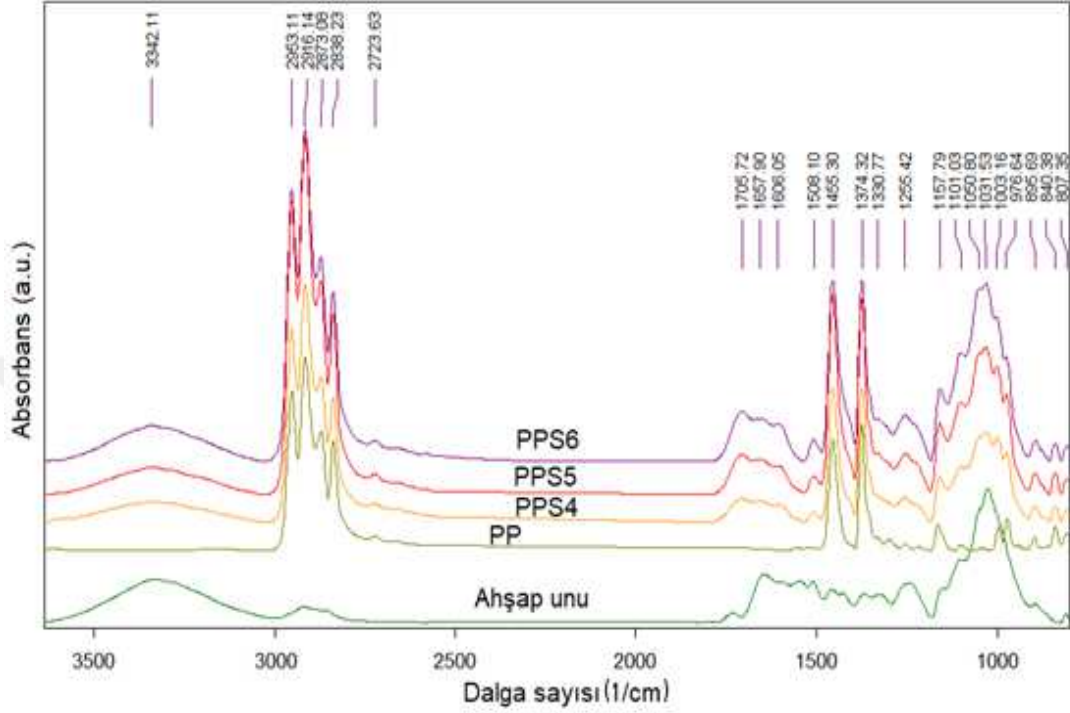
Şekil 4.2 ve 4.3'de MAPP'lı ve silanlı biyokompozitlerin FTIR spektrası ayrı ayrı gösterilmiş, ahşap unu ve PP'nin spektrası ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.2: MAPP katkılı biyokompozitlerin FTIR spektrası

FTIR spektrasında ilk dikkat çeken değişimin ahşap unu miktarının artmasıyla her iki grupta da 3400 cm^{-1} bandında hidroksil gruplarına ait bandın yoğunluğunun artması şeklinde olsa da, odun bileşenlerine ait diğer tüm bandların da arttığı gözlenmektedir. Özellikle ahşabın FTIR spektrumundaki parmak izi bölgesindeki artışlar açık bir şekilde görülmektedir (Tomak ve ark., 2018). Polipropilenin 2800-2900 bandlarında $-\text{CH}_3$ ve $-\text{CH}_2$ simetrik ve asimetrik titreşimleri de tüm spektrada görülmektedir

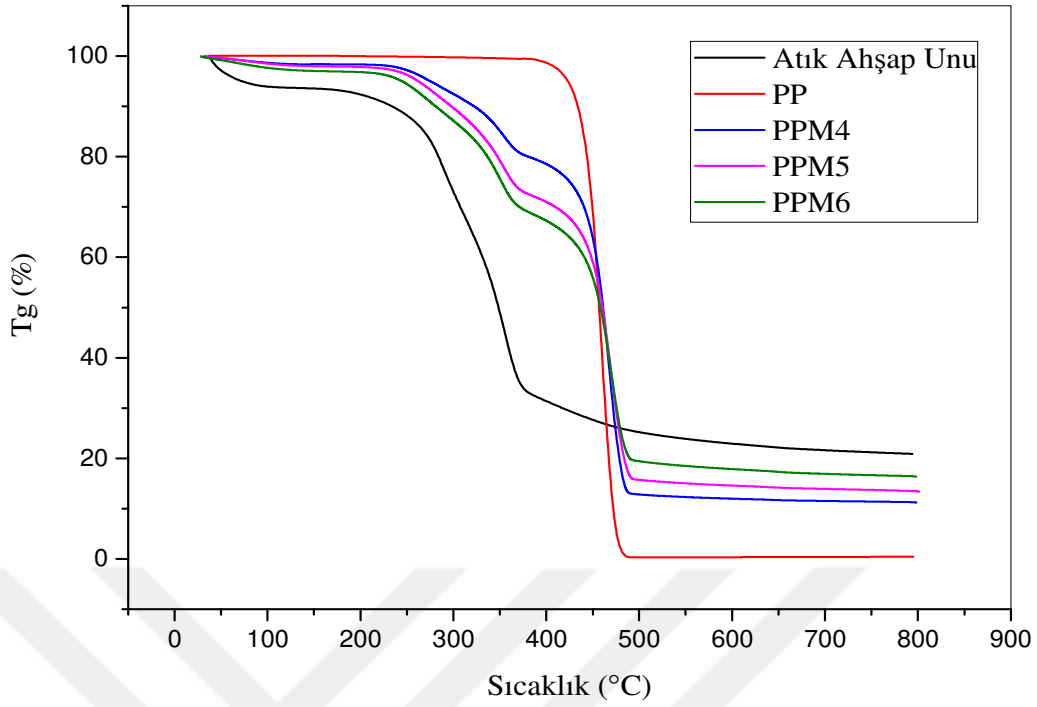
(Morent ve ark., 2008). Bununla birlikte MAPP veya silanlı uyumlaştırıcılara ait herhangi bir pik spektrada seçilememekte olup, bunun nedeninin de %4'lük az bir miktarda kullanılan reaktiflerin, daha yoğun bandların altında kalması olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.3: Silan katkılı biyokompozitlerin FTIR spektras

4.3 TGA Analizi Sonuçları

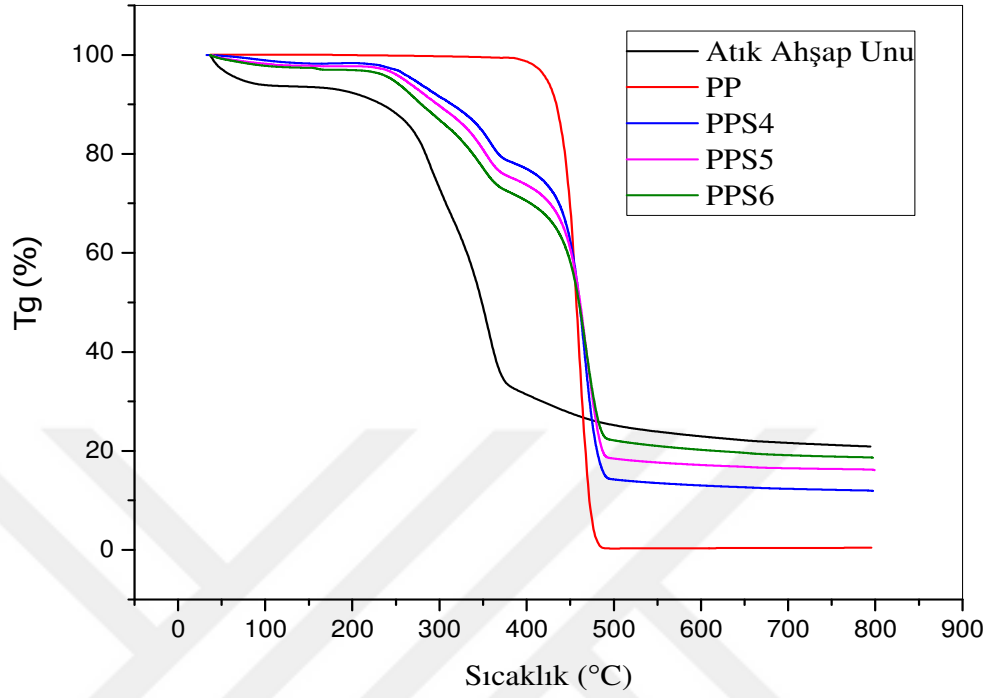
Şekil 4.4'de görüldüğü gibi bozunmanın 296 °C'de başladığı gözlemlenmiştir. İşlem görmemiş PP'nin aktif bozunmasının 485 °C'de olduğu tespit edilmiş ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 795 °C ve artık kalan madde miktarı %0 olarak belirlenmiştir. PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin ise, 125-224 °C'ye kadar olan ilk kısımda meydana gelen ağırlık kaybı APK'nın ısıya bağlı su kaybınakarşılık geldiği düşünülmektedir. Kütle kaybı PPM4'te 488°C, PPM5'te 490 °C, PPM6'da 495 °C olduğu gözlemlenmektedir. Bu sıcaklık değerlerinden de anlaşılacağı gibi atık ahşap unu oranı arttıkça bozunma sıcaklıkları artmıştır. Geriye kalan kalıntı miktarı atık ahşap unu oranıyla doğru orantılı olarak artmıştır(Avcı, 2012).



Şekil 4.4: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin TGA analiz grafiği

Şekil 4.5, farklı oranlardaki atık ahşap türleri üzerinde yapılan termogravimetrik analiz sonuçlarını göstermektedir. PP/AAU/SLNbiyokompozitlerinin ilk kütle kaybı 100°C civarında gözlenir ve bu durumun su kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir. İlk adımda, hemiselülozun bozulması yaklaşık 300°C'de gerçekleşir. Yaklaşık 350°C'de, selülozun ana bozulması meydana gelir ve maksimum ayrışma hızına karşılık gelen sıcaklıkta belirgin bir pik ortaya çıkar. Araştırmalar sonucunda hemiselülozun depolimerizasyonu 180 ila 350°C arasında, selülozun glikosidik bağının 275 ila 350°C arasında ve ligninin 250 ila 500°C arasında bozulduğu görülmüştür. Hemiselülozun termal ayrışmadaki daha yüksek aktivitesi, kimyasal yapısına bağlanmaktadır. Hemiselüloz rastgele amorf bir yapıya sahiptir ve kolayca hidrolize edilir. Buna karşılık, selüloz molekülü çok uzun bir glikoz birimi polimeridir ve kristalin bölgeleri ahşabın ısıl kararlılığını artırır. Lignin hemiselüloz ve selülozdan farklıdır, çünkü üç çeşit benzen-propan ünitesinden oluşur, ağır çapraz bağlanır ve moleküler ağırlığı çok yüksektir. Bu nedenle ligninin termal stabilitesi çok yüksektir ve ayrışması zordur. PP 489°C sıcaklıkta tamamen bozunmaya uğrayarak kütle kaybını sonlandırmıştır. PP/AAU/SLNbiyokompozitlerinde ise 480°C sıcaklık civarında kütle kaybı hızı azalmıştır ancak 470-680°C aralığında boyun vermiştir. Bu sıcaklık aralığındaki

bozunmanın odunun yapısında bulunan lignine ait olduğu düşünülmektedir (Poletto vd., 2012).



Şekil 4.5:PP/AAU/SLNbiyokompozitlerinin TGA analiz grafiği

4.4 Yoğunluk Analizi

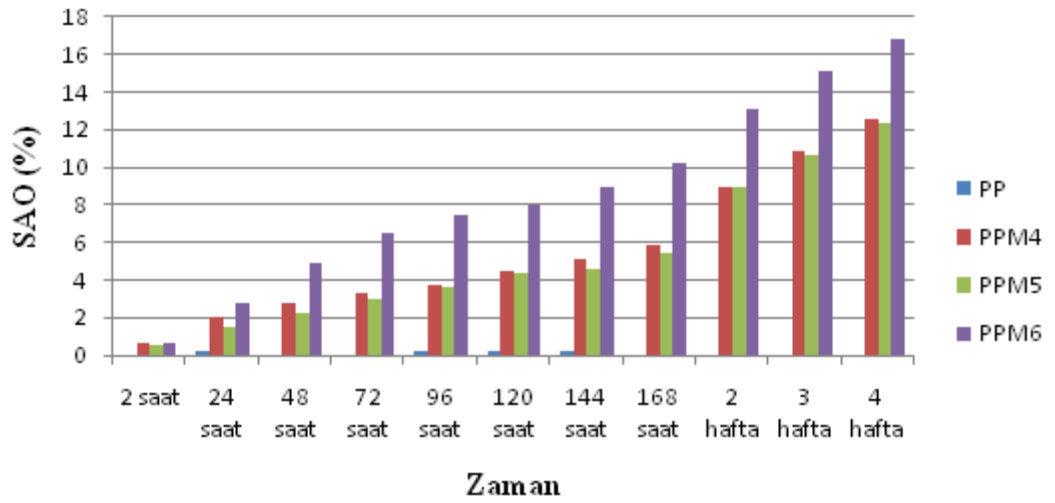
Tez kapsamında matris elemanı olarak değerlendirilen polipropilenin (PP) yoğunluğu ortalama olarak $0,87 \text{ g/cm}^3$ 'tür. PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinde saf PP'ye göre yoğunluk genel olarak artış göstermiştir. Sadece %40 atık ahşap unu takviyeli PPM4 saf PP'ye göre biraz düşmüştür. PP/AAU/SLN' de de genel olarak bir artış meydana gelse de, yine %40 atık ahşap unu takviyeli PPS4 saf PP'ye göre biraz düşmüştür. Yoğunluktaki bu artışın temelinde ahşabın yapı taşlarının bireysel yoğunluk değerlerinin ve ahşabın masif haldeki oluşumundan un haline geçtiğidurumdaki hava boşluğu oranlarının ciddi biçimde azaltılması sonucu oluştuğubilinmektedir (Bozkurt ve Göker, 1987). Bu özellikteki materyallerin uygun yöntemler kullanılarak üretilen ahşap plastik kompozitlerin yoğunluk değeri ahşap unu oranına bağlı olarak 0.92 ile 1.04 g/cm^3 arasında değişmektedir (Kaymakçı, 2015).

Çizelge 4.3:Biyokompozitlerin yoğunluk değerleri

Numune	Katkı Maddesi %	Yoğunluk (gr/cm ³)
PP	0	0,87±0,03
PPM4	40	0,86±0
PPM5	50	1,02±0,01
PPM6	60	0,99±0,01
PPS4	40	0,86±0,03
PPS5	50	0,88±0,3
PPS6	60	1±0,01

4.5 Su Alma Analizi

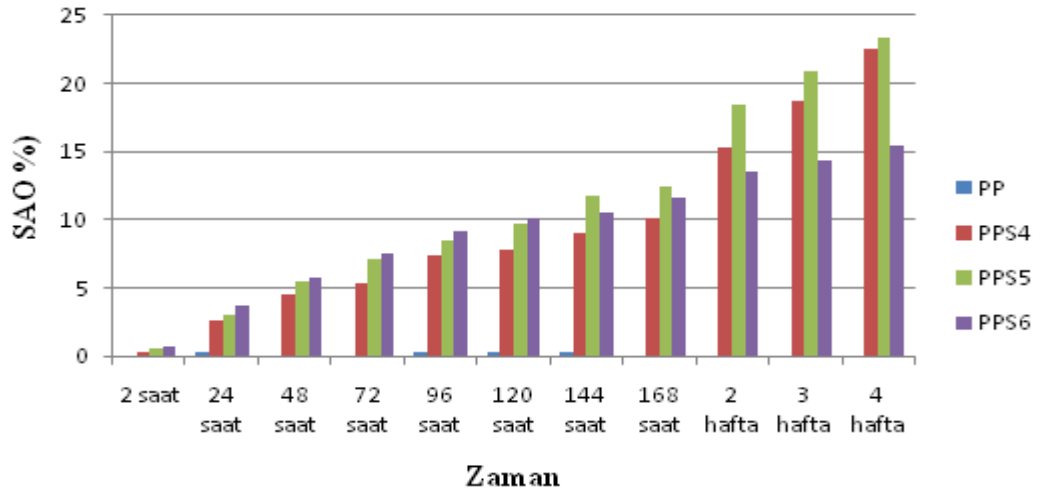
Bu kısımda güçlendirici materyallerin, uyum sağlayıcı ajanın ve ahşap unu oranınınahşap plastik kompozitlerin su alma yüzdesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bağımsızdeğişkenlere ait su alma yüzdesi 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta süreler dâhilinde 11 grup halinde incelenmiştir.



Şekil 4.6: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin su alma oranı (%)

Şekil 4.6'da görüldüğü üzere saf PP'nin 1 ay sonunda %0,2 oranında su aldığı gözlemlenmektedir. PPM4 incelendiğinde ise, 2 saat sonunda %0,69 oranında, 4 hafta sonunda ise %12,54 oranında su aldığı tespit edilmiştir. PPM5 biyokompoziti ise 2 saat sonra %0,56, 1 ay sonra ise %12,35 su alma oranına sahiptir. PPM6 biyokompoziti 2 saat sonunda %0,66 oranında 1 ay sonra ise %16,87 oranında su aldığı tespit edilmiştir. İncelemeler sonucunda en az su alma oranı PPM4 ve 5'e

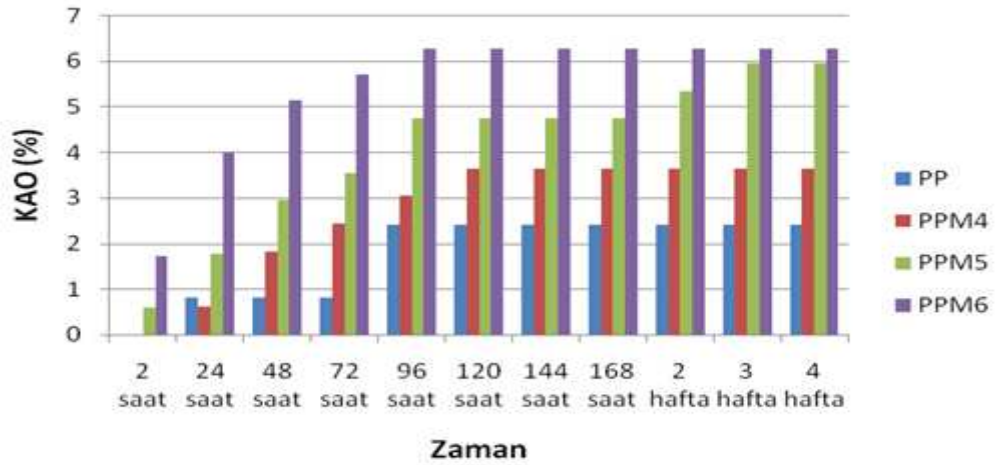
aittir. Sabit oranlarda karıştırılan karışım daha iyi performans göstermiştir. En çok su alan ise, odun oranı en yüksek olan PPM6'ya aittir.



Şekil 4.7: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin su alma oranı (%)

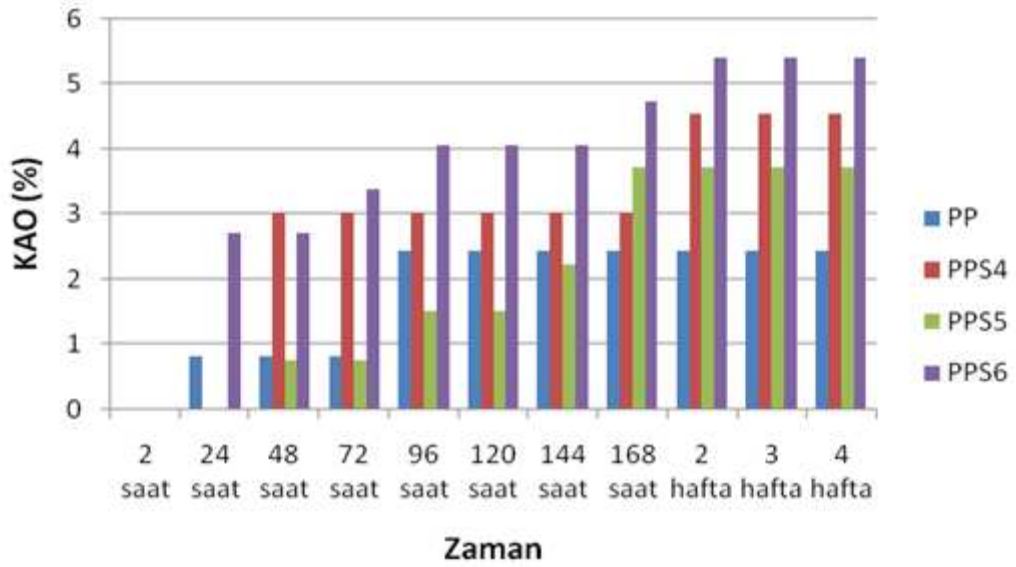
Şekil 4.7 ye bakıldığında ise saf PP'nin 1 ay sonunda %0,2 oranında su aldığı gözlemlenmektedir. PPS4 incelendiğinde ise, 2 saat sonunda %0,2 oranında, 4 hafta sonunda ise %22,58 oranında su aldığı tespit edilmiştir. PPS5 biyokompoziti ise 2 saat sonra %0,6, 1 ay sonra ise %23,34 su alma oranına sahiptir. PPS6 biyokompoziti 2 saat sonunda %0,64 oranında 1 ay sonra ise %15,49 oranında su aldığı tespit edilmiştir. İncelemeler sonucunda en az su alma oranı PPS6'ya aittir. En çok su alan ise, PPS5'e aittir. Genel incelemeler doğrultusunda MAPP ve silanlı karışımlar arasında en iyi performansı %60 odun unu katkısıyla PPS6 ve %50 odun unu katkısıyla PPS5 göstermiştir.

4.6 Kalınlık Artışı Analizi



Şekil 4.8: PP/AAU/MAPP biyokompozitlerinin kalınlık artışı oranı (%)

Bu kısımda güçlendirici materyallerin, uyum sağlayıcı ajanın ve atık ahşap unu oranının ahşap plastik kompozitlerin kalınlık artış yüzdesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bağımsız değişkenlere ait kalınlık artış oranı yüzdesi 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta süreler dâhilinde 11 grup halinde incelenmiştir. Şekil 4.8'den de görüleceği üzere 4 haftalık süre sonucunda PP %2,42 oranında kalınlık artışı göstermiştir. Yapılan 1 aylık çalışma neticesinde kalınlığında en çok artış PPM6 biyokompozitinde %6,28 oranında gözlemlenmiştir. PPM4 biyokompozitinde %3,66 oranla en az artış gözlemlenmiştir. PPM5'te ki artış ise %5,95 oranındadır. Bu demek oluyorki hazırlamış olduğumuz biyokompozitlerde odun katkı miktarı arttıkça kalınlık artışı da artmıştır. 2. Haftadan sonra alınan ölçümlerde kalınlık artış oranı azdır. Artışın az olmasının temel sebebinin biyokompozitlerin doyum noktasına ulaşması olduğu düşünülmektedir.

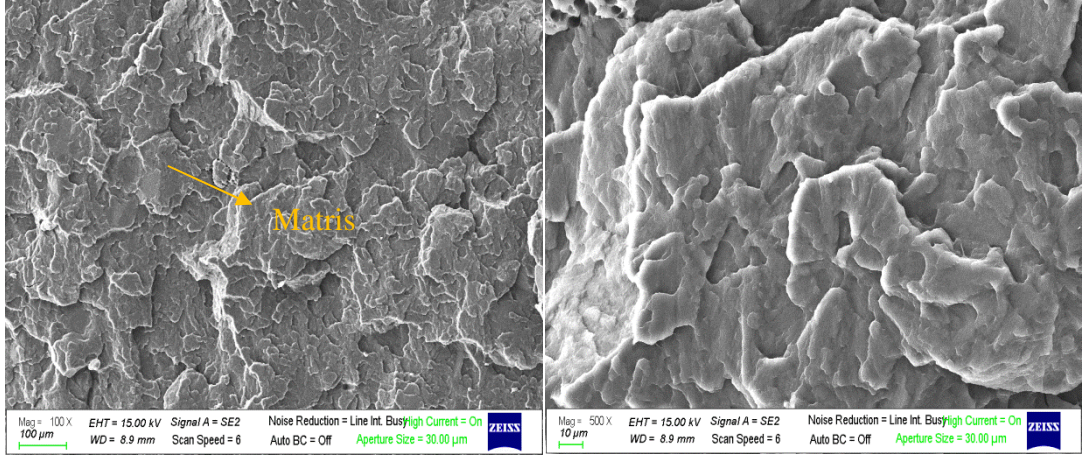


Şekil 4.9: PP/AAU/SLN biyokompozitlerinin kalınlık artışı oranı (%)

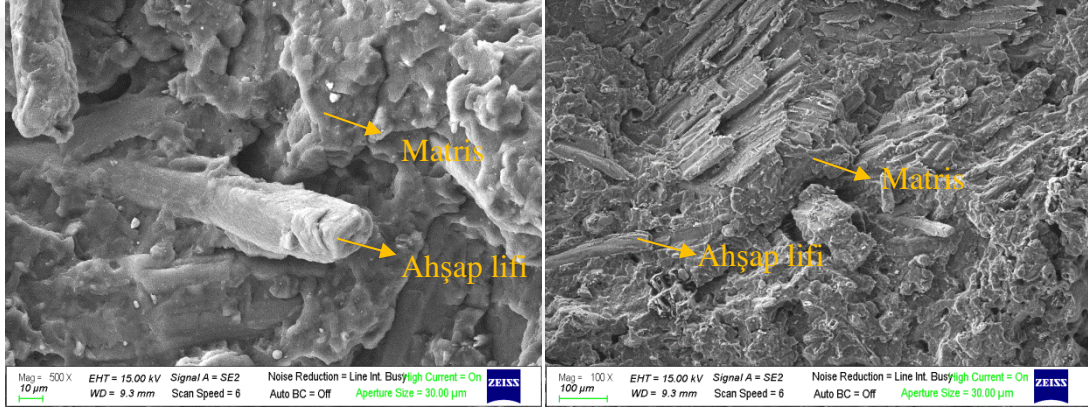
Şekil 4.9 incelendiğinde 4 haftalık süre sonucunda en çok su alan biyokompozitin %5,40 oranla PPS6 olduğu görülmektedir. En az su alan ise %3,71 oranla PPS5 olduğu tespit edilmiştir. PPS4'te ise bu oran %4,54 şeklindedir. Buradan yapacağımız çıkarımla, kalınlık artışında en iyi performansında %50 oranla PPS5'in gösterdiği görülmektedir. PP/AAU/SLN biyokompozitlerindeki kalınlık artışı PP/AAU/MAPP biyokompozitlerindeki kalınlık artışından daha düşük olmuştur. Bunun sebebi silan katkılı biyokompozit içindeki inorganik bileşenlerin her ne kadar bağlanma sağlamasa da mikro ve nano boşlukları doldurarak boyutsal kararlılık sağlaması olarak açıklanabilir.

4.7 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

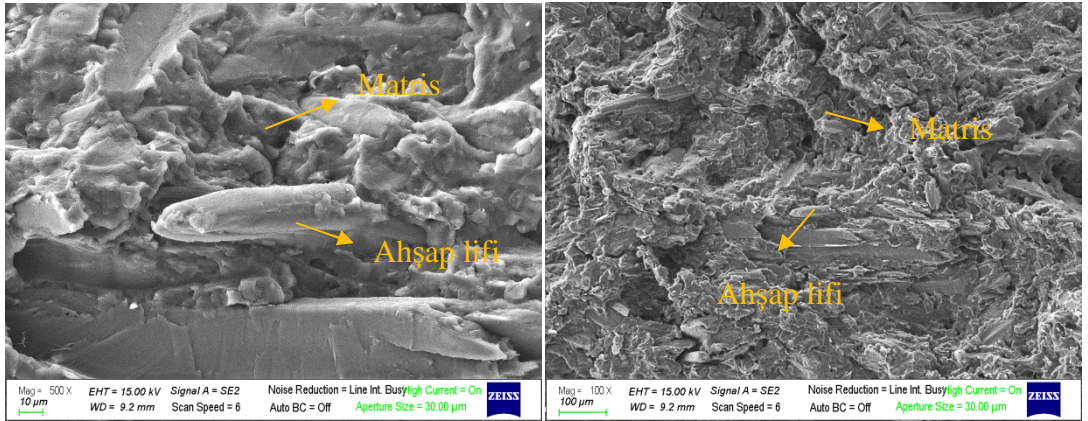
APK'yı oluşturan polimerler, lignoselülozikler, uyumlaştırıcı ajanlar ve katkı maddelerinin matris içerisinde büyüklükleri, dağılımları, yönlendirmeleri ve uyumu fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine büyük etkileri vardır. Bu yüzden birçok çalışmada APK'lerin yüzey ve iç morfolojisi araştırmalarında SEM analizine başvurulmaktadır. Levhalara ait SEM görüntüleri aşağıda yer alan şekillerde verilmiştir (Akbaş, 2015).



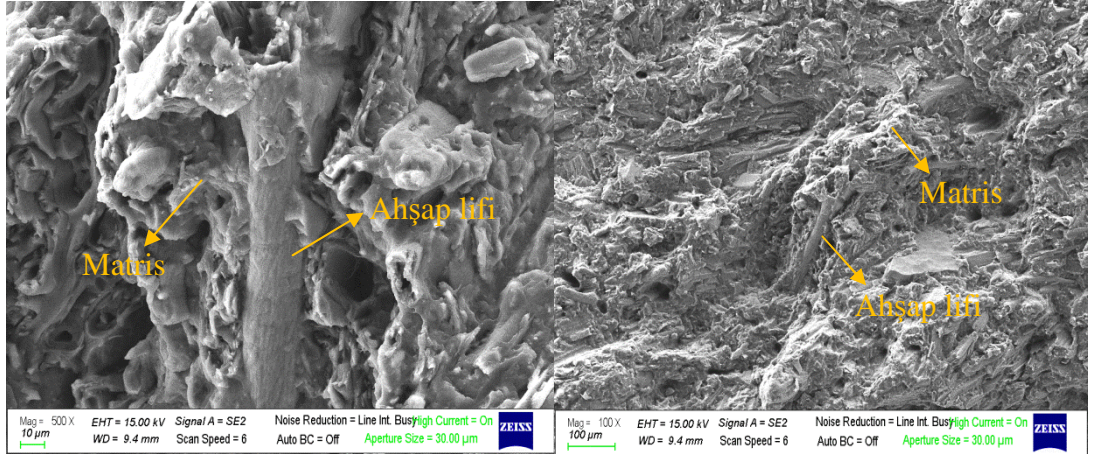
Şekil 4.10: Saf PP SEM görüntüleri



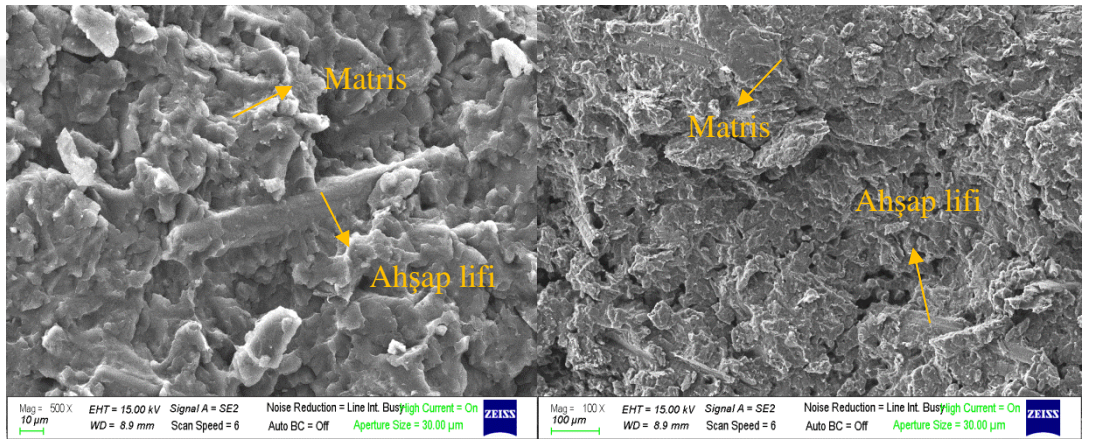
Şekil 4.11: PPM4 SEM görüntüleri



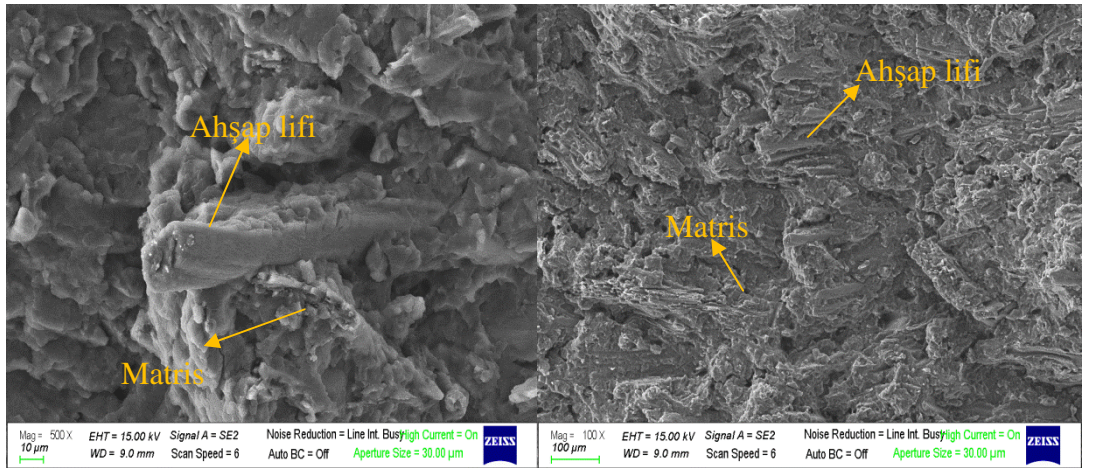
Şekil 4.12: PPM5 SEM görüntüleri



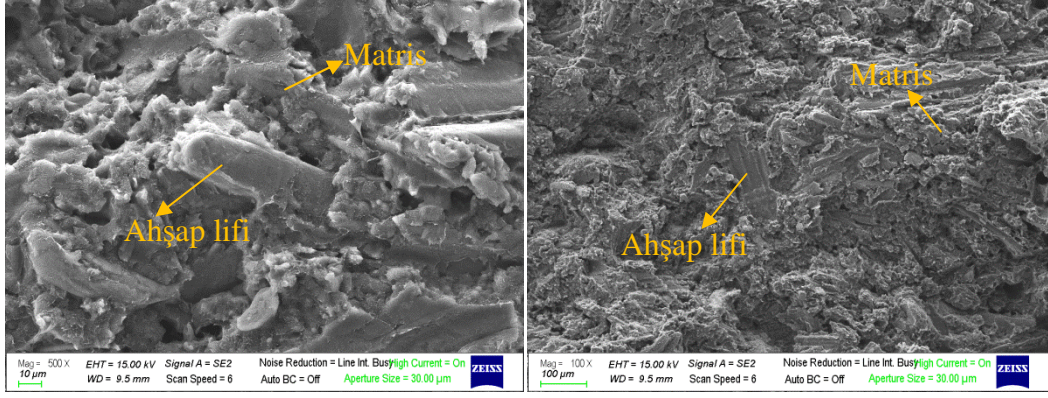
Şekil 4.13: PPM6 SEM görüntüleri



Şekil 4.14: PPS4 SEM görüntüleri



Şekil 4.15: PPS5 SEM görüntüleri



Şekil 4.16: PPS6 SEM görüntüleri

PP Polimerleri ve PP/Ahşap Tozu karışımlarının mikro yapıları incelenmiştir. Şekil 4.10'da PP, şekil 4.11'de % 60 PP - % 40 Atık Tozlu mapp karışımı, şekil 4.12'de % 50 PP - % 50 Atık Ahşap Tozlu mapp karışımının, Şekil 4.13'de %40 PP - % 60Atık Ahşap Tozlu mapp karışımının, Şekil 4.14'de % 60 PP - % 40 Atık Ahşap Tozlu silan karışımı, şekil 4.15 % 50 PP - % 50 Atık Ahşap Tozu silan karışımı, Şekil 4.16'da %40 PP - % 60 Atık Ahşap Tozlu silan karışımlarının mikro yapı fotoğrafları görülmektedir. Mikroyapı fotoğraflarının incelenmesi sonucu şekil 11.12/13'lerde yer alan görüntülerde,atık ahşap tozu artırıldıkça eklenen maleik anhidrit ile matris polimeri olan Polipropilenin ahşap lifi üzerindeki adezyon kuvvetinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bir diğer uyumlaştırıcı olarak kullanılan silanlı karışımlarda da en iyi adezyon özellikleri PPS5'te gözlemlenmektedir (Özmert, 2014). Bu bulgular mekanik testlerle örtüşmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

PP matrisli endüstriyel atığı odun unu destekli hammaddelerden elde edilen dayanıklı biyokompozitler üretilmiş ve performans özellikleri incelenmiştir. Endüstriyel atığı olarak ülkemizde bolca bulunan ahşap unu kullanılarak üretilen biyokompozitlerde reaktif ekstrüzyon yöntemini kullanılarak, normal ekstrüzyon yöntemi ile karşılaştırma yapılmıştır. Biyokompozitler çift vidalı ekstruder yardımıyla üretilmiş ve üretilen biyokompozitlere mekanik özelliklerini belirlemek için çekme, eğilme ve darbe testleri yapılmıştır. Mekanik testler dışında, kimyasal bağ gerilmelerini belirlemek için FTIR analizi, termal özelliklerini belirlemek için TGA analizi yapılmıştır. Fiziksel özelliklerini belirlemek adına yoğunluk, su alma oranı ve kalınlık artışı testleri yapılmıştır. Yapılan üretim çalışmalarının ardından iç yapısını detaylı bir şekilde incelemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

Biyokompozitlerin mekanik özelliklerinde referans (işlem görmemiş) PP'ye göre çekme, eğilme dayanımları düşmüştür. AAU ve silan katkısı, PP/AAU/MAPP katkısına göre daha düşük çekme ve eğilme dayanımı göstermektedir. Ahşap plastik kompozitlerin çekme direnci ahşap unu oranının artmasına bağlı olarak azalmıştır. Bu durumun tüm ahşap plastik kompozit grupları içinde geçerli olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak ahşap unundaki artışa bağlı olarak çekme ve eğilme direnci değerindeki azalma tüm biyokompozit gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ahşap unundaki artışa bağlı olarak çekme, eğilme direnci değerindeki azalma beklenen bir durumdur. Benzer çalışmalarda ahşap unu ile desteklenen polipropilen kompozitlerin çekme direncinin ahşap unu oranının artmasına bağlı olarak azaldığı bildirilmiştir. Özmert'in (2014), yaptığı çalışmada kullandığı ahşap tozu miktarı karışımda arttırıldığında çekme mukavemetinde düşme görülmüştür. Ahşap unu oranının artmasına bağlı olarak çekme ve eğilme direncindeki azalma temel olarak polar ahşap unu ile polar yapıda olmayan polimer arasındaki uyumsuzluk dolayısıyla meydana gelen zayıf bağlanma özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu zayıf bağlanma oranı silan katkısında daha fazla

gözlemlendiği için, MAPP katkısına göre daha düşük çekme ve eğilme dayanımı göstermektedir. Öte yandan ahşap unun polimer matris içerisinde zayıf dağılım göstermesi çekme ve eğilme direncindeki azalmaya diğer önemli bir etkidir. Genel olarak bakıldığında artan ahşap unu oranındaki artışa bağlı olarak biyokompozit örneklerdeki kırılmalar daha düşük yüklerde görülmektedir.

Çekme ve eğilme modülü, biyokompozitlerde, işlenmemiş PP'ye göre daha yüksek değerler göstermiştir. Katkı oranı arttıkça çekme ve eğilme modülü artmıştır. Çekmede ve eğilmeye elastikiyet modülü deneylerinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde MAPP ile güçlendirilen ahşap plastik kompozitlerin çekmede ve eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinin kontrol grubu ve diğer silan ile güçlendirilmiş gruplardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ahşap unu oranının artmasına bağlı olarak çekmede/eğilmeye elastikiyet modülünün tüm gruplarda arttığı tespit edilmiştir.

Genel olarak bir inceleme yapıldığında, Özmert ve arkadaşları (2014) tarafından mdf atığı, PP ve uyumlaştırıcı olarak MAPP kullanılarak yapılan çalışmada, atık ahşap unu oranı arttıkça çekme ve eğilme dirençlerinde azalma meydana gelirken, eğilme ve çekme modülünde artışlar meydana gelmiştir. Bu çalışmada, ortaya çıkan mekanik özelliklerimiz Özmert ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan ile karşılaştırıldığında anlamlı bulunmuştur.

Darbe direnci, ahşap plastik kompozit içerisindeki ahşap unu oranının artmasıyla birlikte kompozit gruplarının darbe direnci değerlerinde azalış olduğu görülebilmektedir. %40 oranında atık ahşap unu içeren, MAPP takviyeli PPM4 ve silan katkılı PPS4 karşılaştırıldığında, silan takviyeli biyokompozitin MAPP takviliye göre darbe direncinde %15,6 oranında bir azalma meydana geldiği gözlemlenmektedir.

Ahşap plastik kompozitlerin yoğunluk değerinin ahşap unu oranı arttıkça buna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Ahşap unu oranı arttıkça tüm gruplarda ahşap unu oranı %40'dan %60'a çıktığında ahşap plastik kompozitlerin yoğunluk değeri artmıştır. Silanlı ve mapp'lı karışımlar karşılaştırıldığında, silan kullanılan karışımların MAPP kullanılan karışımlara göre daha düşük yoğunluk değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Gözlenen bu durumdan dolayı silanlı biyokompozitlerde daha çok

gözenek olduğu düşünülmektedir. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Su almada ise, odun unu karışım oranı artıka su alma oranında belirgin bir artışın olduğu görülmektedir. Odun unu karışım oranına bağı olarak su alma oranı değerindeki artışın sebebi; hidrofilik yapıdaki odun ununun APK malzeme içerisinde kapladığı hacmin büyümesi ve buna bağı olarak su ile temas halinde odun ununun rutubet alması ile meydana gelen ağırlık artışı gösterilebilir. Genel incelemeler doğrultusunda MAPP ve silanlı karışımlar arasında en iyi performansı %60 odun unu katkısıyla PPS6 ve %50 odun unu katkısıyla PPM5 göstermiştir. Avcı (2012) tarafından yapılan çalışmada lignoselülozik materyal olarak kayın/karakavak/karaçam, plastik matris materyali olarak polipropilen/polietilen, çeşitli katkı maddeleri ve uyum sağlayıcı ajan kullanılarak üretilen ahşap plastik kompozitlerin su alma performansı belirlenmiştir. Deneyler sonucunda ahşap unu oranının arttırılmasına paralel olarak ahşap plastik kompozitlerin su alma oranının arttığı tespit edilmiştir.

TGA'ya ilişkin genel bir değerlendirme yapıldığında; ahşap plastik kompozitlerin bozunma sıcaklığı ve artık kalan madde miktarı saf polipropilene göre artış göstermiştir. Bu durum literatürdeki çalışmalar ile uyumludur. Araştırmacılar bu durumu polimer matrisi içerisinde ahşabın oranının artmasıyla bozunmanın saf polimere göre daha düşük sıcaklıklarda başlamasının ahşabın ısıl bozunmaya başlamasıyla oluşan serbest radikallerin ısıl bozunumu hızlandırması şeklinde bildirmiştir. Bu şekilde ahşap plastik kompozitlerin termal stabilitesinde azalma meydana gelirken, artık kalan madde miktarında artış ile sonuçlanmaktadır. Bu durum literatürdeki çalışmalarla benzer özellikler göstermektedir (Kaymakçı, 2015). Avcı (2012) tarafından yapılan çalışmada yer alan ahşabın TGA'sı incelendiğinde, artık kalan madde miktarının bu çalışma esnasında yapılan değerlerden daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada daha fazla artık madde kalmasının temel sebebinin, kullanım olduğumuz endüstriyel atık ahşap unu içerisinde yer alan PVC içindeki kalsiyum karbonat, toz, zımpara talaşı gibi organik olmayan malzemelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu tarz bir endüstriyel atık kullanarak daha iyi sonuçlar elde edebilmek için, işlemlerin öncesinde basit bir

eleme yapılarak bu maddelerden bir miktarda olsa arındırabileceği ve daha iyi sonuçlar alınabileceği düşünölmektedir.

Petrol kaynaklarının hızla tükenmekte oluşu ve sentetik ürün eldesine yönelik endüstriyel etkinliklerin yarattığı çevresel sorunların küresel boyutlara ulaşması biyoürün (biyobazlı malzeme/ürün) çalışmalarının önemini arttırmıştır. Kullanılan PP polimerlerinin fiyatlarının yüksek olması sebebi ile biyokompozitlerde atık doğal lifler kullanılması, hem fiyat konusunda ve hemde çevre bilinci konusunda önemli bir gelişme sunmaktadır. Böylece atıklar değerlendirilmiş olacak ve en önemlisi tükenen kaynaklar arasında yer alan petrol bazlı malzemelere alternatif olabileceklerdir.



KAYNAKLAR

- Akbaş, S.** (2015). *Hizmet ömrünü tamamlamış kreozot içeren emprenyeli ürünlerin odun plastik kompozitlerinde (opk) değerlendirme olanaklarının araştırılması*, Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altungöz, E.** (2012). *Reaktif ekstrüzyon yöntemiyle polipropilen/fonsiyonel kopolimer/organik montmorillonit kil nanomalzemelerinin hazırlanması*, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Avcı, E.** (2012). *Ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar*, Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bala, E.** (2018). *Ahşap plastik kompozit malzemelerden üretilen bazı birleştirme elemanlarının mekanik performans özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Bengtsson, M., Oksman, K.** (2006). Silane crosslinked wood plastic composites: Processing and properties, *Composites Science and Technology*, 66(13), 2177-2186.
- Bledzki, A.K ve Sperber, V.E.** (1999). Recent Developments in wood-plastic: United States, Japan, and Europe, *The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, ss. 187-192, Madison, Wisconsin, May 26-27.
- Bozkurt, Y., Göker, Y.** (1987). *Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, ISBN: 975-404-010-9.
- Chen, F., Han, G., Li, Q., Gao, X., & Cheng, W.** (2017). High-Temperature Hot Air/Silane Coupling Modification of Wood Fiber and Its Effect on Properties of Wood Fiber/HDPE Composites, *Materials*, 10(3), 286.
- Clemons, C. M., Sabo, R. C., Kaland, M. L. and Hirth, K. C.** (2011). Effects of silane on the properties of wood-plastic composites with polyethylene-polypropylene blends as matrices. *J. Appl. Polym. Sci.*, 119: 1398–1409.
- Daniel, F. C. Craig, C. Rodney, E. J. And Roger, M. R.,** (2005). *Wood Thermoplastic Composites, Handbook of wood chemistry and wood composites*, CRC PRESS, ss. 365 – 378, New York.
- Ebewele, R. O.** (2000). *Polymer science and technology*. Benin City, CA.: CRC Press.
- Eğri, S.** (2003). *Maleic anhydride grafting on polypropylene by reactive extrusion method*, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkıran, İ., Yağcı, M. A., Cöbek, M., Bilgiç, T.,** (1999). *Polimerler*, 2. Baskı, İstanbul: Pagev Yayınları, 57-71.

Güneysu, H. (2014). “*Effects of anti-scratch additives on the properties of polypropylenes*”, Istanbul Technical University Graduate School Of Science Engineering And Technology, Department of Polymer Science and Technology, İstanbul.

Grubbström, G. (2013). “*Processing and properties of silane crosslinked wood-polyethylene composites*”, Luleå University of Technology, Department of Engineering Sciences and Mathematics Division of Materials Science SE-971 87 Luleå, Sweden.

Howell, C.L. (2008). *Understanding wood biodegradation through the characterization of crystalline cellulose nanostructures*. Doctoral thesis. University of Maine.

Jayaraman, K., Bhattacharyya, D., (2004). *Mechanical properties of wood fibre-waste plastic composite materials*, Resources Conservation and Recycling, 41, 307-319.

Joel R. F.(2003).*Polymer Science And Technology*. New Jersey: Prentice Hall PTR.

Kabakçı, A. (2009).*Buğday Sapı Unu Oranının ve Plastik Tipinin Odun-Plastik Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Kaymakçı, A. (2015). *Çeşitli Güçlendirici Dolgularla Üretilen Ahşap Plastik Nanokompozitlerin Karakterizasyonu*, Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaymakçı, A., Ayrılmış, N., Akbulut, T.(2014). Dış cephe kaplamalarına ekolojik bir yaklaşım: Ahşap plastik kompozitler, *7.Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*, (ss.3-4). İstanbul: Y.T.Ü, Nisan 3-4.

Kocaman, S. ve Ahmetli, G. (2016). A study of coating properties of biobased modified epoxy resin with different hardeners, *Progress in Organic Coatings*, 97, 53-64.

Mobilya Sektör Raporu(2018). İhracat Genel Müdürlüğü Maden, Metal ve Orman Ürünleri Dairesi, Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı.

Morent, R., De Geyter, N., Leys, C., Gengembreb L. ve Payen, E. (2008). Comparison between XPS- and FTIR-analysis of plasma-treated polypropylene film surfaces, *Surface and Interface Analysis*, 40, 597-600.

Nachtigall, S.M.B., Cerveira, G.S., Rosa, S.M.L. (2007). New polymeric-coupling agent for polypropylene/wood-flour composites. *Polymer Testing*, 26, 619–628.

Niska, K.O. ve Sain, M.(2008). Wood Polymer Composites. 1st ed. C. Clemons, WoodHead Publishing Limited, CRC Press, USA, 366 s.

Özmen, N., Çetin, N., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., Altuntaş, E.,(2014). MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 65-71.

Özmert Ergin, S., (2015). *Kiraz ve kayısı ağacı reçinelerinin yenilebilir film özelliklerinin incelenmesi ve gıda kaplamasında kullanımları*, Doktora Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

- Poletto, M., Zattera, A.J., Forte, M.C., Santana, R.M.C.** (2012). Thermal decomposition of wood: Influence of wood components and cellulose crystallite size, *Bioresource Technology* 109, 148-153.
- Roff, W. J.** (1971).“Fibres, plastics and rubbers”, First edition, London: Butterworths Scientific Publications, 10-11, 21-28.
- Sabancı, Ş.** (2015). *Mikrokristalin selüloz ve odun unu ilaveli polihidroksibütirat (phb) kompozitlerinin solvent yöntemiyle hazırlanması ve karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Simonsen, J.**(1995). The Mechanical Properties of Wood Fiber Plastic Composites:Theoretical vs. Experimental, In Proceedings of Wood Fiber Plastic Composites,Forest Products Society, Proceedings No. 7293, 47-55 p.
- Şahin, F.** (2019). “*Gıda ambalajı olarak yenilebilir biyokompozit filmlerin geliştirilmesi*”, Yüksek Lisans Tezi.Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tripathi, D.** (2002). Practical guide to polypropylene. iSmithers Rapra Publishing.
- Tomak, E.D., Ustaomer, D., Ermeýdan, M.A., Yildiz, S.** (2018). An investigation of surface properties of thermally modified wood during natural weathering for 48 months,*Measurement*, 127,187-197.
- Uzun, G.** (2016). *Biyopartikül katkılı phb biyokompozitlerinin bazı özelliklerinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yang, H., Yan, R., Chen, H., Zheng, C., Lee, D.H., Liang, D.T.** (2006). In depth investigation of biomass pyrolysis based on three major components: hemicellulose, cellulose and lignin, *Energy Fuels* 20, 388-393.
- Yao, F., Wu, Q., Lei, Y., Guo, W., Xu, Y.**(2008). Thermal decomposition kinetics of natural fibers: Activation energy with dynamic thermogravimetric analysis.*Polymer Degradation and Stability*, 93, 90–98.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad :Elif AYDEMİR
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.05.1991-Osmangazi/BURSA
E-posta :elif.sahin908@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :2013, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik
- **Yüksek Lisans** :2016-Halen, Bursa Teknik Üniversitesi, Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı, Biyokompozit Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- **01.02.2018- HalenDekbim Danışmanlık** Ankara
Ar-Ge Proje Koordinatörü
- **01.09.2013 – 30.07.2017** **Bilen Patent** Bursa
Ar-Ge Teşvikleri Uzmanı
- **10.01.2010 – 30.05.2014** **Pisagor Derşanesi** Konya
Fizik Öğretmeni

YETKİNLİKLER:

- **Bilgisayar bilgileri:** İyi derecede Microsoft Office (Word,Excell,Powerpoint) uygulamaları.
- **Sertifika bilgileri :** C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı Sertifikası, 06.2015
Pedagojik Formasyon Sertifikası, 07.2013

SEMİNERLER VE KURSLAR:

- İnovatif Bakış Açısı Kazandırma Eğitimi (01.01.2015) 2 saat
Eğitim kurumu: Bilen Patent

- Mini MBA (02.03.2011-03.03.2011) 12 saat Eğitim kurumu: Eğitim Kariyer Enstitüsü

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ - Reaktif Ekstrüzyon ile Mobilya Atığı Ahşap Unu/Polipropilen Kompozitlerin Silan Bazlı Uyumlaştırıcılar Kullanılarak Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi

