

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK KATKI MADDELERİ'NİN, İZOTAKTİK POLİPROPİLEN AHŞAP
KOMPOZİTLERİN YAPI VE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet BAŞ

Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2015

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK KATKI MADDELERİ'NİN, İZOTAKTİK POLİPROPİLEN AHŞAP
KOMPOZİTLERİN YAPI VE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet BAŞ
(105101010)**

Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM

ŞUBAT 2015

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 105101010 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ahmet BAŞ** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "**PLASTİK KATKI MADDELERİ'NİN, İZOTAKTİK POLİPROPİLEN AHŞAP KOMPOZİTLERİN YAPI VE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

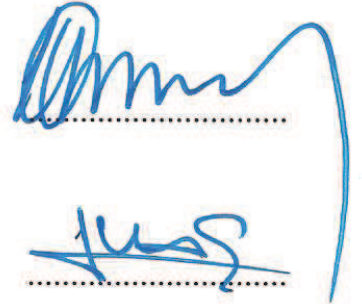
Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM**
Yalova Üniversitesi



Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM**
Yalova Üniversitesi



Prof. Dr. Mustafa ÖKSÜZ
Marmara Üniversitesi



Doç. Dr. Mehmet Atilla TAŞDELEN
Yalova Üniversitesi



Teslim Tarihi : 16 Ocak 2015
Savunma Tarihi : 5 Şubat 2015

Çok kıymetli aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim başlangıcından tez sürecimin sonuna kadar bana her zaman desteği olan ve kıymetli fikirleriyle yön veren Tez Danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM'a, bu çalışmalarda ve eğitim sürecimde desteğini bırakmayan çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa ÖKSÜZ'e, çalışmalarımda benden yardımlarını esirgemeyen hep yanımda olan Doç. Dr . Mehmet Atilla TAŞDELEN ve Arş. Gör. Nurcan KARACA'ya ve beni destekleyen diğer bölüm hocalarıma, hayatımın her anında üzerimden desteği ve duasını eksik etmeyen , beni sevgi ve hoş görüşüyle yetiştiren sevgili annem Şerife BAŞ'a, ve hayatımın diğer yarısı, biricik evlatlarımın annesi ve sıcak yuvamın müsebbibi olan ve tüm eğitim çalışmalarımda bana her zaman destek olan sevgili eşim Ayşe BAŞ'a,

Sonsuz saygı ve muhabbetlerimle teşekkürlerimi sunarım...

Ocak 2015

Ahmet BAŞ
(Kimya Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	3
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1 Polimer Matrisli Kompozitler	7
2.1.1 Kompozit malzemelerin sınıflandırılması.....	8
2.1.2 Kompozit malzemelerin özellikleri.....	9
2.1.3 Kompozitlerin kullanım alanları	11
2.1.4 Kompozitlerde kullanılan polimer matrisler	13
2.1.5 Kompozitlerde kullanılan takviye malzemeleri	17
2.1.5.1 Cam elyaf	17
2.1.5.2 Karbon elyaf (karbon lifleri)	18
2.1.5.3 Polimer lifler	18
2.1.5.4 İnorganik dolgular	18
2.1.5.5 Organik dolgular	19
2.2 Ahşap Polimer Kompozitleri.....	19
2.2.1 Ahşap polimer kompozit kullanım alanları.....	21
2.2.2 Ahşabın fiziksel ve kimyasal özellikleri	22
2.2.2.1 Ahşabın yapısı	22
2.2.2.2 Ahşabın bileşimi	23
2.2.2.3 Ahşabın nem içeriği ve yoğunluğu	25
2.2.2.4 Ahşapta termik iletkenlik	27
2.2.3 Ahşap polimer kompozit üretim yöntemleri	27
2.2.3.1 Direkt ekstrüzyon üretim yöntemi	28
2.2.3.2 Kademeli ekstrüzyon üretim yöntemi	29
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	31
3.1 Malzemeler	31
3.2 Cihazlar	34
3.3 PP/Odun Talaşı Karışımlarının Hazırlanıp Ekstrüde Edilmesi	40
3.4 PP/Odun Talaşı Karışım Test Numunelerinin Enjeksiyonda Kalıplanması.....	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1 Mekanik Özellikler.....	45
4.1.1 Kopma Testi Sonuçları.....	45
4.1.2 Uzama Testi Sonuçları	49

4.1.3 Sürtünme Test Sonuçları	52
4.2 Termal Özellikler.....	54
4.2.1 Erime akış indisi (MFI)	54
4.2.2 Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları	55
4.2.3 Termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları	60
4.3 Morfolojik Özellikler.....	61
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

KISALTMALAR

AIC	: Akaike Information Criteria
ANN	: Artificial Neural Network
App	: Appendix
PP	: Polipropilen
PE	: Polietilen
ABS	: Akrilonitril-Bütadien-Stiren
MA	: Maleik Anhidrit
MAPP	: Maleik Anhidritlendirilmiş Polipropilen
PP-g-MA	: MA ile Aşlandırılmış PP
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
SEBS	: Stiren-Etilen-Bütadien-Stiren Kauçuğu
SEBS-g-MA	: MA ile Aşlandırılmış SEBS Kauçuğu
OT	: Odun Talaşı
MPa	: Mega Paskal
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
SBR	: Stiren-Bütadien Kauçuğu
EPDM	: Etilen-Propilen-Dien Monomeri
EPM	: Etilen-Propilen Kauçuğu
SBS	: Stiren-Bütadien-Stiren Kauçuğu
NBR	: Akrilonitril Bütadien Kauçuğu
EVA	: Etilen Vinil Asetat
PIB	: Poliizobutilen
TPO	: Termoplastik olefin
CACO3	: Kalsiyum Karbonat
LLDPE	: Lineer Düşük Yoğunluklu Polietilen
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
TC-PBT	: Titanat Bağlı Polibutilen Tereftalat Ajanı
MPa	: Mega Pascal
MFI	: Erime Akış İndeksi
ISO	: Uluslararası Standartlar Ofisi
HDT	: Yük Altında Deformasyon Sıcaklığı
N	: Newton
DIN	: Alman Sanayi Standartları
ASTM	: Amerikan Test Materyalleri
EBS	: Etilen Bis-Steramid
PPA	: Polimer Proses Katkısı
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
TGA	: Termogravimetrik Analiz
SA	: Stearik Asit
SAN	: Stiren Akrilo-Nitril
WPC	: Ahşap Plastik Kompozit
AO	: Antioksidan

SEMBOLLER

E	: Elastiklik Modülü
Å	: Angstrom
T_g	: Camısı Geçiş Sıcaklığı
T_m	: Erime Sıcaklığı
L/D	: Boy/Çap Oranı
ε	: Uzama Oranı
σ	: Uygulanan Gerilme

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Tipik dolgusuz termoset reçinelerin fiziksel özellikleri	14
Çizelge 2.2: Bazı polimerlerin (termoplastik) fiziksel özellikleri. [30].....	16
Çizelge 2.3: Ağaçların türlerine göre yoğunlukları. [41]	25
Çizelge 3.1 : Kullanılan polipropilenin termal ve mekanik değerleri	32
Çizelge 3.2 : Çalışılan deney gruplarının (A, B,) katkıları ve oranları.....	41
Çizelge 3.3 : Çalışılan deney gruplarının (C, D) katkıları ve oranları.....	42
Çizelge 3.4 : E ve F grubu bileşen içerikleri	43
Çizelge 3.5 : PP/odun talaşı karışımının ekstruzyon şartları	44
Çizelge 3.6 : PP/ağaç tozu karışımının enjeksiyonda kalıplama şartları	44
Çizelge 4.1 : Hazırlanan deney gruplarının PP/OT oranlarına bağlı kopma dayanımları	46
Çizelge 4.2 : Deney gruplarında uyumlaştırıcı oranları ve kopma dayanım değerleri	47
Çizelge 4.3 : Deney gruplarının uyumlaştırıcı oranlarına bağlı % uzama değerleri .	50
Çizelge 4.4 : Deney gruplarının antioksidan içeriklerine bağlı sürtünme değerleri ..	52
Çizelge 4.5 : Deney grupları ortalama erime dereceleri	56

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kompozit malzemelerin üretildikleri malzeme sınıfları	8
Şekil 2.2 : Kompoziti oluşturan bileşenlerin çekme (kopma) gerilmesine etkisi. [27]	9
Şekil 2.3 : Ticari uçaklarda kullanılan kompozit yapılar.....	12
Şekil 2.4 : a) Bağlayıcısız PP (Cam elyaf Takviyeli) b) Bağlayıcılı PP (Cam elyaf Takviyeli).[29]	16
Şekil 2.5 : Karbon elyaflardan üretilmiş araç.[25]	18
Şekil 2.6 : Günlük hayatta kullanılan bazı ahşap polimer kompozitler.[6]	20
Şekil 2.7 : Ahşap kompozit yer karosu.[36]	20
Şekil 2.8 : Ahşap polimer kompozit profiller.[37]	21
Şekil 2.9 : Ahşap polimer kompozitlerin kullanıldığı bazı alanlar. [39]	22
Şekil 2.10 : Ahşabın kimyasal yapısı.....	22
Şekil 2.11 : Selülozun kimyasal yapısı.....	23
Şekil 2.12 : Hemiselüloz'un kimyasal yapısı	24
Şekil 2.13 : Ligninin kimyasal yapısı. [2]	24
Şekil 2.14 : Kozalaklı bir ağacın basınç dayanımının (lifler doğrultusunda) su içeriği ile değişimi grafiği [41].....	26
Şekil 2.15 : Ağaç yapısının termik genişleme şekli.....	26
Şekil 2.16 : Çam ağacı SEM fotoğrafı. [41]	27
Şekil 2.17 : Ahşap polimer kompozit üretim yöntemleri. [43].....	28
Şekil 2.18 : Direkt ekstrüzyon yönteminin şematik görünüşü. [44]	29
Şekil 2.19 : Kademeli ekstrüzyon yönteminin şematik görünüşü.[4].....	29
Şekil 3.1 : Polipropilen (PP) ve odun talaşı kompozit oluşum mekanizması. [45] ...	32
Şekil 3.2 : Antioksidant (Irgafos 168) kimyasal yapısı	33
Şekil 3.3 : Antioksidant ve ısı stabilizatörü (Irganox 1010) kimyasal yapısı.....	34
Şekil 3.4 : Mekanik karıştırıcı (Aglomer).....	34
Şekil 3.5 : Karışımlarda kullanılan ekstrüzyon makinesi	35
Şekil 3.6 : Enjeksiyon makinesi.....	35
Şekil 3.7 : MFI cihazı	36
Şekil 3.8 : Çekme-kopma test cihazı	36
Şekil 3.9 : Sertlik Cihazı.....	37
Şekil 3.10 : TGA cihazı	37
Şekil 3.11 : DSC cihazı.....	38
Şekil 3.12 : SEM cihazı	38
Şekil 3.13 : Sürtünme test cihazı	39
Şekil 3.14 : Yoğunluk ölçer	39
Şekil 3.15 : Elektronik tartı.....	40
Şekil 4.1 : Deney gruplarının kopma dayanımları.....	45
Şekil 4.2 : Deney gruplarında uyumlaştırıcı oranına bağlı kopma dayanım grafiği..	48

Şekil 4.3 : Deney gruplarının % uzama grafikleri	49
Şekil 4.4 : Deney gruplarında uyumlaştırıcı varlığında % uzama grafiği	51
Şekil 4.5 : Deney gruplarının PP/OT oranına bağlı sürtünme test grafiği	53
Şekil 4.6 : Uyumlaştırıcı varlığında deney gruplarının aşınma kaybı %'si.....	54
Şekil 4.7 : Talaş içeriğine bağlı MFI değer değişimleri grafiği.....	55
Şekil 4.8 : Saf PP (Polipropilen) DSC grafiği	56
Şekil 4.9 : A serisi (PP/OT : 90/10) DSC grafiği.....	57
Şekil 4.10 : B serisi (PP/OT : 80/20) DSC grafiği.....	57
Şekil 4.11 : C Serisi (PP/OT : 70/30) DSC grafiği	58
Şekil 4.12 : D Serisi (PP/OT : 55/45) DSC grafiği.....	58
Şekil 4.13 : E Serisi (PP/OT : 80/20) DSC grafiği	59
Şekil 4.14 : F Serisi (PP/OT : 80/20) DSC grafiği.....	59
Şekil 4.15 : A serisi (PP/OT : 90/10) TGA grafiği	60
Şekil 4.16 : B serisi (PP/OT : 80/20) TGA grafiği	60
Şekil 4.17 : C serisi (PP/OT : 70/30) TGA grafiği	61
Şekil 4.18 : D serisi (PP/OT : 55/45) TGA grafiği	61
Şekil 4.19 : Saf PP'nin x100 büyütme fotoğrafı.	62
Şekil 4.20 : Benzer çalışma örneği SEM görüntüsü ; PP/OT = 80/20.[40].	63
Şekil 4.21 : PP/OT (90/10) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları.....	63
Şekil 4.22 : PP/OT (80/20) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları.....	64
Şekil 4.23 : PP/OT (70/30) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları	64
Şekil 4.24 : PP/OT (55/45) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları	64

PLASTİK KATKI MADDELERİ'NİN, İZOTAKTİK POLİPROPİLEN AHŞAP KOMPOZİTLERİN YAPI VE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Son yıllarda ahşap plastik kompozitlerin kullanımında önemli artışlar görülmektedir. Farklı ahşap malzemelerden elde edilen toz formundaki atıklar çeşitli termoplastiklere katılarak yeni kullanım alanları ortaya çıkmasına neden olmuştur. Özellikle ekstrüzyon uygulamasıyla elde edilen levha ve profil kompozitler, dış cephe kaplamalarında, sandalye, bank, masa, havuz kenarları, bahçe mobilyaları ve yürüyüş yolu uygulamaları, merdiven basamakları, resim çerçeveleri gibi bir çok alanda kullanımı yaygınlaşmıştır. Ahşap plastik kompozitlerin bu denli sık kullanıldığı uygulamalarda daha çok dayanıklı olması, aşınmaması, hızlı ve kolay üretim imkanına sahip olması gerekmektedir. Ancak ahşap ile plastik gibi iki farklı malzemenin birleştirilerek yeni bir kompozit üretiminde bazı sorunlar ortaya çıkmıştır ve bunlar için değişik çözüm yolları aranmaktadır.

Özellikle polipropilen (PP) esaslı ahşap kompozitlerde en büyük problem polimerin şekillendirirken ahşap malzemenin yanması ve buna bağlı olarak oluşan ciddi gaz çıkışları ve son üründeki düşük fiziksel özelliklerdir. Her ne kadar kurutulmuş olsa da ahşap malzemedeki nem miktarı ve çekme özelliği ekstrüzyon aşamasında yüksek sıcaklık ve basıncın etkisiyle kompozit yapısının bozunmasına ve ortam hava kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu duruma bağlı olarak aynı zamanda üründe renk kararması ve iç yapısında gözeneklilik (gazlı ürün) oluşmaktadır.

Bu çalışmada; kuru odun talaşı ile takviyelendirilen PP kompozitlere çeşitli katkı maddeleri katılarak uygulamada karşılaşılan sorunların üstesinden gelme ve bu katkıların kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisini görmek amaçlandı. Odun talaşı/PP kompozitlerinin hazırlanmasında katkı maddesi olarak anti-oksidant, ısı stabilizatörü, iç ve dış kaydırıcılar ile uyumlaştırıcı kullanıldı. Odun talaşı/PP kompozitleri mikserde karıştırılıp ekstruderde granül şeklinde hazırlandıktan sonra, enjeksiyonda test numuneleri basılarak fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirildi. Hazırlanan test numunelerinin mekanik özellikleri kopma-uzama, yüzey özellikleri taramalı elektron mikroskobu ve faz uyumluluğu ve termal geçişleri ise diferansiyel taramalı kalorimetre ile belirlendi.

THE EFFECT OF PLASTIC ADDITIVES ONTO ISOTACTIC POLYPROPYLENE WOOD COMPOSITE STRUCTURE AND PROPERTIES

SUMMARY

In recent years, wood plastic composites has gain significant interests in the material science. The use of different wastes obtained from wood dust with thermoplastics lead to new application areas. Especially the sheet and profile forms of wood plastic composites can be used in many applications such as siding, chair, bench, table, on the side of the pool, garden furniture and walking paths, stairs, picture frames and so on. However, some applications are required more durable, quick and easy producible wood plastic composites.

In the combination of two different materials, woods and plastics, there are some problems with the production of wood plastic composites. Especially polypropylene (PP) based wood composites has a serious problem during the process. The combustion of wood spread severe gas and weakened the physical properties of resulting composites. The amount of moisture in the dried wood material, volume shrinkage, high temperature and pressure during the extrusion step decompose the composite material and causes a decrease in their qualities. In this case, the color of the product is darkened and the internal structure of composite has a porosity (gas product).

In this study; PP based wood composites with dry wood shavings are investigated with various additives to overcome practical problems and to improve physical and mechanical properties of the composites. For this purpose, various additives such as anti-oxidants, heat stabilizers, and compatibilizer with internal and external lubricants are used in the preparation of the composite. Firstly, wood shavings and PP were mixed in the mixer and then they processed in the extruder to form of granules. The test samples were also prepared to evaluate their physical and mechanical properties. Tensile-elongation test, scanning electron microscopy and differential scanning calorimeter were used to determine their mechanical, surface characteristics, phase compatibility and thermal transitions.

1. GİRİŞ

Günlük hayatta bir çok alanda kullandığımız çeşitli eşya ve malzemelerin birçok farklı türde hammadde yapısıyla üretildiği çağımızda özellikle hammadde materyali plastik olan ürünler; otomotiv sektöründen ev aletlerine ve mobilyalara, bilgisayar sistemlerinden beyaz eşya üretimine, sağlık alanından sporsal donanımlara ve yapı sektörüne, uzay teknolojilerinden sanatsal ekipmanlara kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Tüm bu alanlarda kullanılan polimerik ürünlerden beklenen özellikleri sağlamak, çeşitli proses katkıları eklemeyen mümkün olmamaktadır. Polimerler üzerinde çeşitli modifikasyonlar yapılarak birçok özellikleri istenildiği gibi değiştirilebilir ve çeşitli kompozit yapıları elde edilebilmektedir. Böylece bu malzemelerin mekanik özelliklerinde daha yüksek performans elde edilmekte ve buna bağlı olarak kullanım alanları genişlemektedir. [1]

Kompozit üretimi, polimer malzemeler üzerinde yapılan en yaygın modifikasyon işlemidir. Polimer kompozitlerde; mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla çok değişik bitkisel ve mineral esaslı dolgu ve takviye maddeleri kullanılmaktadır. Bunlar doğada bulunabileceği gibi sentetik olarak ta elde edilmektedir. Günümüzde özellikle, teknolojinin getirdiği bu nimetlerden faydalanma bakımından ahşap işçiliğinin zahmetli ve yüksek maliyetli olması ve buna rağmen ahşap doku ve kokulu ürünlerin daha kolay şekilde preslenerek veya enjeksiyon sistemlerinde kullanılarak elde edilmesi giderek yaygınlaşan bir üretim yöntemi olmuştur. Bu çalışmalar özellikle Kanada, ABD ve Almanya gibi bazı Avrupa ülkelerinde başlatılmış, karlılık, kullanım alanı ve mevcut özellikleri itibariyle dünyanın birçok bölgesine yayılmış bir sektör haline almıştır. [1]

İki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesi ile oluşan ve çoğu zaman kendilerini oluşturan materyallerden daha faydalı özelliklere sahip olan malzemelere kompozit malzeme denmektedir [2].

Odun kompozitleri termoset tutkallar ile üretilen odun kompozitleri, termoplastik ve çimento gibi materyaller ile üretilen odun kompozitleri olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır.

Termoset esaslı odun kompozitleri odun materyali ve termoset tutkalı kullanılarak bir pres yardımıyla ısı altında birleşmesiyle elde edilmektedir. Bu kompozitlerde odun materyalini birbirine bağlamak için ürefoalaldehit (UF), fenol formaldehit (PF), polivinil asetat (PVA), polimerik difenil diizosiyanat (pMDI), melamin formaldehit (MF), resorsinol formaldehit (RF) gibi çeşitli yapıştırıcılar kullanılmaktadır [3].

Termoplastik esaslı odun kompozitlerin üretiminde ise odun materyalleri ile polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC) gibi plastikler kullanılmaktadır. Odun unu ve termoplastik esaslı polimerlerin karışımıyla, plastik içerikli ürünlere benzer yöntemlerle üretilen malzemelere Odun-plastik kompozitleri (OPK) denir [4].

Kompozitler genellikle, kendilerini meydana getiren materyallerden daha iyi özelliklere sahiptir. Tanımda kullanılan ‘odun unu’ sadece odun parçasını değil, lifli yapıda olan tüm yıllık bitkiler, tarımsal atıklar vb. gibi odunsu materyali içermektedir. Bu materyallerin toz halinde ya da lifler olarak OPK üretiminde kullanılmaktadır [5].

Ahşap polimer üretiminde en çok kullanılan termoplastikler PE (% 70), PP, PVC dir.

Ahşap ile polimerin arasındaki uyumsuzlıktan dolayı zayıf arayüzey yapışması olur, bunu engellemek için de çeşitli uyumlaştırıcı katkıları kullanılır. Kompozitin oluşumunu etkileyen temel özellikler; Ağaç tipi, partikül yapısı ve biçimi partikül boyutu (toz L/D: 3, elyaf L/D>10), arayüzey davranışı ve ahşap tozunun dispersiyonudur. [6]

Tüm bu faydalarının yanında, bu tür kompozitlerin en önemli faydası ormanların tükenme hızını belli bir seviyeye düşürülmesiyle birlikte ekolojik çevreyi korumasıdır. [7]

1.1 Tezin Amacı

Ülkemizin mevcut orman ve ağaç kapasitesi göz önüne alındığında ve buna ek olarak Orta Doğu ve Avrupanın en büyük doğal ahşap mobilya üreticisi konumunda bulunması nedenlerine bağlı oraya çıkan üretim artışı odun talaşlarının değerlendirilmesi ve termoplastiklere modifiye edilerek ülkemiz sektör ve sermayesine katkı sağlanacağı öngörülmektedir.

Ahşap - plastik kompozitler, işleme esnasında plastiğin erime derecesinde işlem gördüğü için oksidasyon ve yanma noktalarına gelmekte, bu duruma bağlı olarak, ürün yapısında kararma, kısmi yanma ve proses esnasında sağlığa uygun olmayan gaz çıkışı oluşturmaktadır. Bu durumlarda dolayı yapılan bu çalışmada kompozit bünyesinde oluşan bu sorunları gidermek için antioksidan ve ısı stabilizatörü girdisiyle ahşap kısmı kararmadan ve yanmadan, buna bağlı ürün bağdaşma yapısı ve sağlamlığı zayıflamadan proses şartlarını kolaylaştıracak şekilde ortaya çıkmasını sağlamak ve mevcut sorunları çözmek amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Ahşap - plastik kompozitler literatürde bir çok çalışmaya konu olmuştur. Tez konusuyla ilgili olan çalışmalardan bir kaç örnek aşağıda sıralanmıştır.

Dao ve arkadaşları [8] ağaç tozu katkılı PP matris içerisine 0,1 ile 1 µm boyutları arasında değişen EPDM kauçuğu kullanılmasının darbe dayanımını iyileştirtirdiğini rapor etmiştir.

Jang ve arkadaşları [9] kauçuk partikül boyutuna bağlı olarak PP'nin darbe özelliklerini incelemişler ve küçük partiküllerin büyük partiküllere oranla PP'nin dayanımında daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Dalvag ve arkadaşları [10] PP/ahşap tozu kompozitinde MAPP'nin birleştirici olarak kullanılması halinde çekme gerilimi, kopmada uzama ve Charpy darbe özelliklerinde iyileşmeler olduğunu göstermişlerdir. Selüloz dolgu ve termoplastik kompozit sistemlerinde darbe özelliklerini iyileştirmek için birçok elastomer katkılarını test etmişlerdir. Bunlar EVA, CPE, PIB, TPO, (Syrlyn) ve NBR'dir. PP/WF (%30) kompozitinde darbe dayanımının %10 NBR ilavesi ile 27 kJ/m² 'den 41 kJ/m² 'ye, %10 PIB ilavesi ile 30 kJ/m² 'ye, %10 TPO ilavesi ile 29 kJ/m² 'ye arttığını diğer katkıların ilavesi ile darbe dayanımının değişmediğini rapor etmişlerdir.

Scott ve arkadaşları [11] CaCO₃ ve silisyumoksit toz dolgulu PE kompozit sistemlerine modifiye edilmemiş EPDM ve maleik anhidritlenmiş EPDM ilavesi ile izod darbe dayanımı özelliklerinde çok iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Stamhuis [12] SBS, SEBS, NBR, EVA ve EPDM'i dolgulu PP kompozit içinde darbe modifiyeci olarak kullanılmıştır. Bu malzemelerin ilave edilmesiyle darbe özelliklerinde bir iyileşme olduğu fakat en iyi sonucun dolgu yüzeyinin katkı ile kaplanması durumunda olduğunu rapor etmiştir.

Han ve arkadaşları [13] MAPP'yi farklı PP/selüloz dolgu kompozit sistemlerinde uyumlulaştırıcı olarak kullandılar ve dolgu yüzeyindeki reaktif hidroksil gruplarının etkisi ile mekanik özelliklerin arttığını rapor ettiler.

Myers ve arkadaşları [14] PP/ağşap tozu kompozit üzerine ekstrüzyon sıcaklığı ve MAPP'nin etkisini incelediler. MAPP, kompozitin çekme dayanımı ve esnekliğinde pozitif etki gösterirken, çentikli darbe dayanımında negatif etki yaptığını buldular. Myer ve ekibi kompozit içerisindeki takviye miktarının artması ve aynı zamanda yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında ağşap tozu dolgularının kırılmalıklıklarının artmasının darbe dayanımında bir azalmaya neden olacağı sonucuna vardılar.

Gatenholn ve arkadaşları [15] MAPP'yi PP/selüloz dolgu sistemlerinde kullanmışlar, çekme dayanımı ve darbe dayanımında artma olduğunu rapor etmişlerdir.

Le Thi ve Gauthier [16] MA ile aşılanmış PP (PP-g-MA), aşu içindeki MA konsantrasyonu ve PP/sisal dolgu (kenevire benzeyen ve bol lifli olan bir bitki) kompozitindeki PP-g-MA içeriğine reaktif ekstrüzyon sırasında değişik parametrelerin etkilerini incelemişlerdir. PP-g-MA içerisindeki MA oranının darbe dayanımı ve kopma dayanımının artmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Oksman'da [17] SEBS-MA'yı PE/ağşap tozu kompozit sistemlerinde kullanmış ve darbe özelliklerinde iyileşmeler sağlandığını ve aynı zamanda SEBS-MA'nın PE/ağşap tozu arasındaki bağlanmayı artırdığını göstermiştir.

Xie ve çalışma arkadaşları[18] PP/sisal dolgu kompozitlerinin darbe dayanımı, toplam darbe süresi, çatlak başlaması ve ilerleme zamanının SEBS-g-MA içeriğinin artması ile arttığını rapor etmişlerdir.

Karnani ve arkadaşları [19] PP/kenaf dolgu (lifli bitki) kompozitinde MAPP içeriğinin %2'den %5'e arttırılması ile bazı özelliklerde önemli ölçüde iyileşme sağlamışlardır.

Oksman ve Lindberg [20] geri dönüşümlü LDPE ağşap tozu kompozitlerinin mekanik özelliklerini incelemişler ve kompozite MA ile aşılandırılmış SEBS (SEBS-g-MA) uyumlulaştırıcı ilave ederek optimize etmişlerdir. SEBS-g-MA içeriğinin max. ağırlıkça % 4 seviyesinde tutularak kompozitlerin çekme gerilmesi, kopmadaki uzama ve darbe dayanımında iyileşme sağlamışlardır. Daha fazla uyumlulaştırıcı ilave edilmesi çekme gerilmesini iyileştirmemektedir. Çünkü aşırı derecede elastomerik uyumlulaştırıcı yüklemesi matris özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır.

Wu ve arkadaşları [21] ağaç dolgu yüzeyinde ön işlemler yapılmasının ahşap tozu PP kompozitlerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini detaylı bir şekilde incelemişlerdir. Yapılan çalışmada bu yüzey modifikasyonunun polimer matris ve dolgu arasındaki bağı ve dolayısıyla mekanik özellikleri önemli derecede etkilediği gözlemlenmiştir.

Bledzki ve arkadaşları [22] sert ve yumuşak ahşap tozuyla takviye edilmiş PP'nin fizikomekanik özelliklerine MAPP içeriğinin etkisini incelemişler ve MAPP'nin düşük oranlarda çok daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Ayrılmış ve arkadaşları [23] ahşap polimer kompozitler kendisini oluşturan materyallerden daha üstün özelliklere sahip mühendislik ürünü malzemeler olduğunu ortaya koymuş ve ahşap polimer kompozitlerin üretiminde kullanılan lignoselülozik esaslı materyallerin sağladığı biyolojik olarak bozunabilirlik ekolojik açıdan bu malzemeye olan ilgiyi her geçen gün arttırmakta olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte yaptıkları çalışmada, dış cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap polimer kompozitlerin servis ömrü sonunda geri dönüşüm yoluyla tekrar üretime kazandırılması veya doğaya bırakıldığında biyobozunur karakter göstermesinin de oldukça büyük bir avantaj sağladığı gözlemlenmiştir.

Altuntaş E., [24] yaptığı çalışmada, borik asit kullanılarak, sıcaklığa bağlı farklı sürelerde borlu fenol formaldehit polimerleri sentezlenmiş ve bu polimerler ile odun talası ve yerfıstığı kabukları belli oranlarda karıştırılarak yeni kompozitler elde edilmiştir. Elde edilen bu polimerin bağlı fenol miktarlarına ve FT-IR spektrallarına dayanarak; borun bu polimerlere kimyasal olarak bağlandığı tespit edilmiştir. Sentezlenen bu polimerler sarıçam odun talasları ve yerfıstığı kabuğu talaslarıyla kompozit materyaller üretilmiştir. Borlu polimerin odun talasları ve yerfıstığı kabuğu talasları ile belirli oranlarda karıştırılıp elde edilen kompozitlerin bazı fiziksel (ısı iletkenliği, elektrik direnç parametreleri, su almaya karşı direnci ve mikroskobik yapısı) ve mekanik (egilme direnci, egilmede elastikiyet modülü ve çentik sok direnci) özelliklerinde ticari fenol formaldehit polimer esaslı kompozitlerinkine göre olumlu anlamda iyileşmeler tespit edilmiştir

Matris içindeki dolgu partiküllerinin boyutu ve dağılımı kompozit özelliklerinde etkilidir. Küçük çok iyi dispers olmuş partiküller genellikle en iyi özellikleri sağlarlar. Küçük partiküller darbe dayanımının artması sonucu olarak çatlak ilerlemesini önlerler. Bununla birlikte topaklanma eğiliminden dolayı çok iyi partikül dispersiyonunu sağlamak zordur. Darbe iyileştirici ilavelerin kompozitlerde PP'nin darbe dayanımı ve kopma uzamasında iyileşme sağlamasına rağmen E modülünde düşmeye neden olduğu bilinmektedir. Maleik anhidritlenmiş darbe iyileştiriciler matris dolgu arayüzeyinde oluşan bağın etkisini artırır. Darbe iyileştiriciler ve MAPP kombinasyonunun kullanılmasıyla, ahşap tozu partikülleri ve PP matrisinin dayanıklılığının artırılması yönünde çok iyi sonuçlar elde edilmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

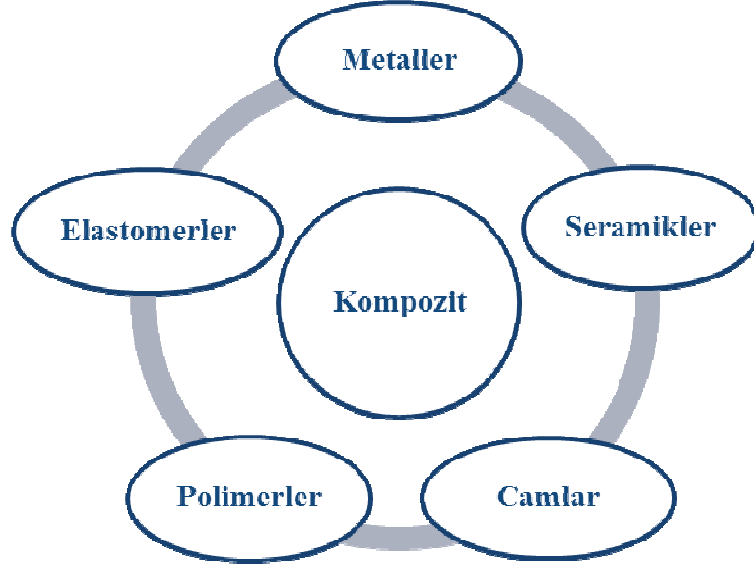
2.1 Polimer Matrisli Kompozitler

Kompozit malzemeler, değişik yapı ve özelliğe sahip en az iki malzemenin birbiri içerisinde mikroskobik olarak heterojen olmakla birlikte, makroskobik olarak homojen bir şekilde dağıtılmasıyla elde edilen, yeni özelliklere sahip malzemeler olarak tanımlanırlar. Malzemelerin kompozitlerinin hazırlanması, değişik tür veya fazlardan herbirinin tek başına sahip olamadığı özelliklerin veya birbirlerinin zayıf yönlerinin iyileştirilmesini mümkün kılarak üstün özelliklere sahip yeni ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Polimer, metal ve seramikler kompozitlerin ana bileşenlerini oluştururlar. Plastikler, düşük yoğunluğa, yüksek kimyasal dirence, kolay şekillendirilebilme özelliklerine sahiptir. Ancak düşük mekanik ve ısı dayanımları kullanım alanlarını sınırlamaktadır. Seramikler de metallere nispeten düşük yoğunluğa sahiptirler. Çok yüksek sıcaklıklara dayanımlı olmaları seramiklerin en önemli özelliklerinden biridir. Seramiklerin en büyük dezavantajları ise sert ve kırılgan olmaları, şekillendirilmelerinin zor olmasıdır. Metaller ise iyi mekanik özelliklerinin yanında yüksek yoğunlukları nedeniyle ağır malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı farklı türdeki malzemelerin birleştirilmesi ile kompozit malzemelerin hazırlanması kullanım kolaylığı ve üstün özellikler elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Genel olarak kompozitler; matris, takviye edici dolgu ve katkı maddeleri olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Matris bileşenin üç ana görevi vardır. Bunlar uygulanan yükü takviye edici dolgu bileşene aktarmak, takviye edici bileşeni birarada tutmak ve çevresel etkilerden korumaktır. Takviye edici dolgu bileşen, kompozit yapıya mekanik dayanıklılık vermek amacıyla kullanılır ve görevi uygulanan yükü taşımak, yapıya sertlik ve dayanıklılık kazandırmaktır. Katkı maddeleri ise son ürüne istenilen özellikleri vermek veya performans özelliklerini arttırmak amacıyla kullanılır.

2.1.1 Kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Yapılarında çok sayıda malzeme kullanılabilen kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olmamakla birlikte, matris bileşenlerinin türüne ve dolgu bileşenlerinin şekillerine göre metalik, seramik ve polimer kompozitler olmak üzere üç ana sınıftan oluşmaktadır. Şekil 2.1'de kompozit malzemelerin üretildikleri malzeme sınıfları yer almaktadır.



Şekil 2.1 : Kompozit malzemelerin üretildikleri malzeme sınıfları

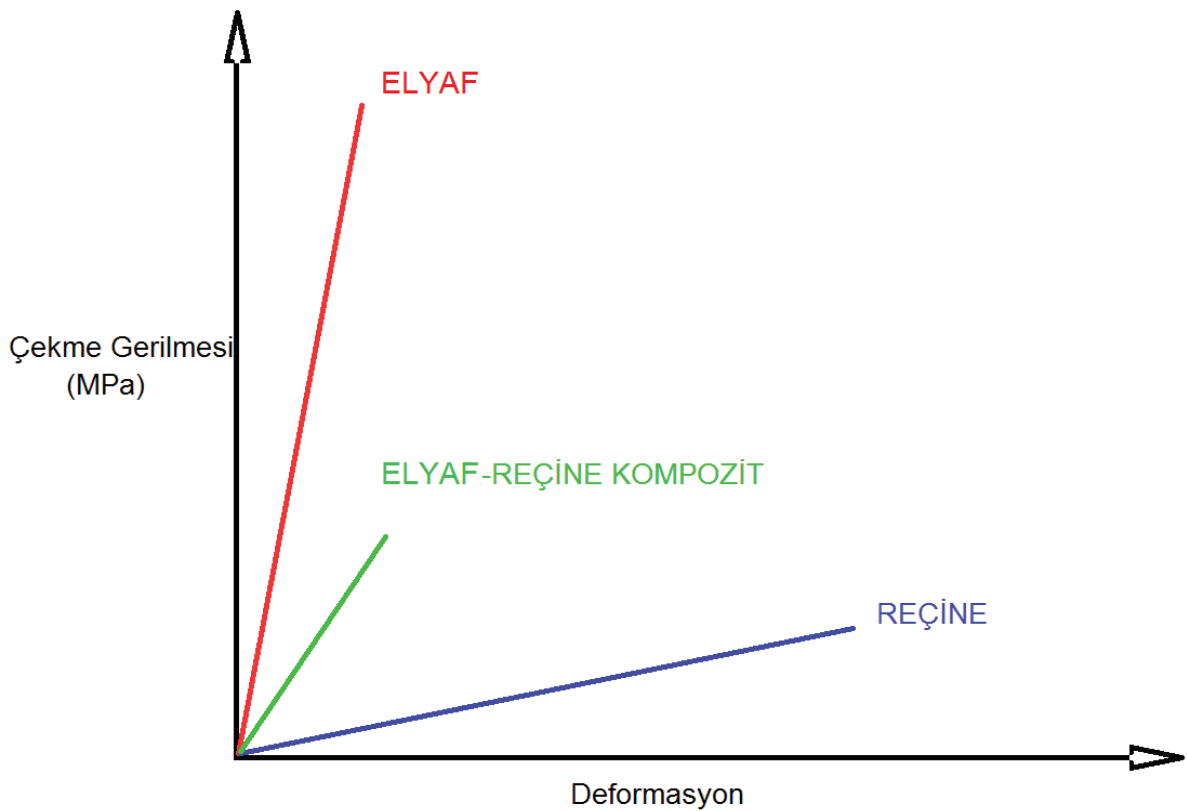
Metalik kompozitler, bir metalik matris içerisinde dolgu maddesinin eritme, sıcak presleme gibi teknikler kullanılarak dağıtılmasıyla hazırlanmaktadır. Metalik kompozitler en çok uzay ve havacılık sektörlerinde, platform taşıyıcı parçalar, uzay haberleşme cihazlarının reflektör ve destek parçaları gibi yerlerde kullanılır.

Seramik kompozitler, metal veya metal olmayan, Al_2O_3 , SiC, B_4C , CbN, TiC, ve Si_3N_4 gibi bileşiklerin bir kaçının beraber kullanılması ile elde edilirler. Askeri amaçlı parçaların ve uzay aracı parçalarının üretimi, elektrik ve sağlık malzemelerinin üretiminde kullanım alanı bulmaktadırlar.

Polimer kompozitler, polimer matris ile doğal veya sentetik dolgu maddesinin harmanlanması ile elde edilen malzeme grubudur. Yüksek mukavemet, boyutsal ve ısıl kararlılık, sertlik ve aşınmaya karşı dayanıklılık gibi üstün özelliklere sahiptirler. Kompozit malzemelerin % 90'ı polimer esaslı matrislerle üretilmektedir.

2.1.2 Kompozit malzemelerin özellikleri

Kompozit malzemeler kullanım yerinde aranan özellikleri sağlamak amacıyla hazırlandıklarından maddeler halinde özelliklerini saymak mümkün değildir. Kompozit malzemelerin özelliklerini belirleyen dört temel faktör vardır. Bunlar; matris özellikleri, takviye edici dolgunun özellikleri, arayüzey ve mikroyapı özellikleridir. Matris bileşenin veya takviye edici dolgu bileşenin tek başına sahip olamadıkları özellikler kompozitlerinin hazırlanması ile elde edilebilmektedir. Bununla ilgili olarak, fiber ve reçine bileşimi neticesinde oluşturulan kompozitlerin çekme gerilmesinin deformasyonu üzerine etkisi Şekil 2.2 'de verildi.



Şekil 2.2 : Kompoziti oluşturan bileşenlerin çekme (kopma) gerilmesine etkisi. [27]

Bu nedenle kompozit malzemelerin genel olarak avantaj ve dezavantajlarından söz etmek mümkündür. Kompozit malzemelerin sağladığı genel avantajlar ve dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir:

Yüksek mukavemet; kullanım alanına göre mekanik mukavemeti değiştirilebilen kompozitler, gerektiğinde metallere göre daha yüksek mukavemet değerine sahip olarak tasarlanabilirler.

Hafiflik; kompozit malzemeler metallere oranla daha hafiftirler. Birim alan ağırlığında plastik ve metallere göre daha yüksek mukavemet değerine sahiptirler.

Elektriksel özellikler; uygun malzemelerin seçilmesiyle üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit malzemeler elde edilebilir. Gerektiğinde yalıtkan gerektiğinde iletken yapının elde edilmesine olanak sağlar.

Korozyon dayanımı; Polimer kompozit malzemeler korozyif maddelerden, hava koşullarından ve çoğu kimyasal etkilerden zarar görmezler.

Şekillendirilebilme; kompleks parçalar tek işleme şekillendirilebilirler ve üretim süreci ve maliyette tasarruflar sağlarlar.

Isı dayanımı; Isı iletim katsayısı düşük malzemelerden oluşabilen kompozitler, yüksek ısı altında kullanılabilme olanağını sağlamaktadır.

Bütün bu olumlu yanlarının dışında kompozit malzemelerin dezavantajları da şu şekilde sıralanabilir;

İzotropi/anizotropi; kompozit malzemeler değişik doğrultularda değişik mekanik özellikler gösterebilirler.

Üretim maliyeti; kompozit malzemelerin kalitesi üretim yönteminin kalitesine bağlıdır, bu nedenle imalat hassas ve pahalıdır.

Bu kadar olumlu özelliklerinin yanında polimer matrisli kompozitlerin bazı dezavantajlarında bulunmaktadır.

1. Bazı yüksek kapasiteli üretim uygulamalarında, malzeme fiyatı oldukça yüksektir.
2. Başta seramik matrisli kompozitler olmak üzere metal matrisli kompozitlerin üretim işlemleri oldukça karışık ve zordur.
3. Toz metalürjisi yöntemiyle sıkıştırılarak preslenen kompozitlerin yapısında boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar uygulamalarda sıkıntılar yaratmaktadır. Boşluklar infiltrasyon tekniği ile doldurulabilir.
4. Kompozit malzeme üretiminde örn.plastik matrisli kompozit oksitlenme ve duman çıkışı olabilir ve bazı işçilerde cilt hastalıkları görülebilir.
5. Metal malzemeler için büyük ekipman harcaması yapan idareciler, kompozit teknolojisine geçerken yeni ve pahalı ekipmanları almaya isteksiz olabilirler. [28]

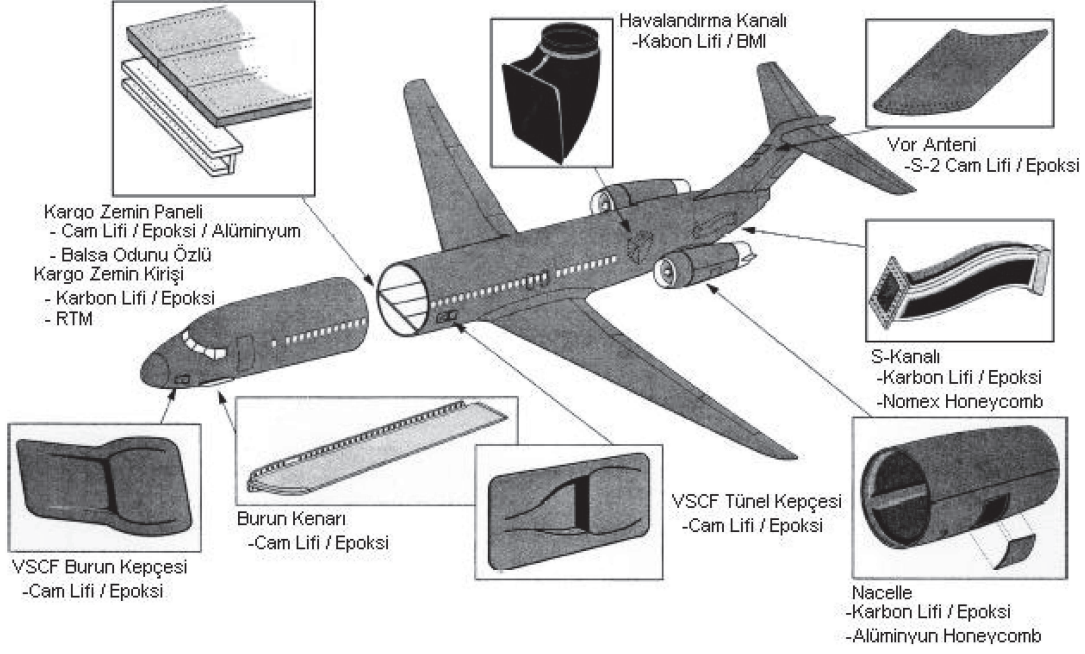
2.1.3 Kompozitlerin kullanım alanları

Kompozit malzemelerin uygulama alanları çok geniştir ve olmadığı bir endüstri kolu bulmak zordur. Bununla birlikte birçok endüstri için tercih edilirler ki en geniş kullanım alanı ulaşım endüstrisidir ve bu kadar geniş kullanma alanlarının sebebi hafifliğin yanında mukavemet özellikleri iyi olmasıdır. Aşağıda değişik endüstri kollarında kullanılan kompozit malzemeler verilmiştir.

Havacılık Endüstrisi

Havacılıkta son yıllarda yapılan temel bir atılım metal malzeme yerine kompozit malzeme kullanımı konusudur. Uçak yapısı için malzeme seçiminde en önemli kriterlerden birisi mekanik özelliğin yoğunluğa oranı ile ifade edilen, özgül mekanik özelliktir. Bazı malzemelerin değerleri konvansiyonel (çelik: 25, alüminyum: 27, titanyum: 27) ve kompozit (bor/alüminyum: 83, bor/epoksi: 129, grafit/epoksi: 122, karbon/polyester: 76) olmak üzere farklılıklar göstermektedir. Özgül mekanik özellik değerleri karşılaştırıldığında bor/epoksi (0.95) ve karbon/epoksi (1.06) kompozitlerin konvansiyonel malzemelerden önemli farklarla üstün oldukları görülmektedir.

Düşük yoğunluğa sahip kompozit yapıların uçak tasarımında kullanılması ile metal yapıya oranla ağırlık kazancı sağlanmıştır. Gelişen malzeme teknolojisi ile birlikte, uçak tasarımında daha düşük yoğunluk ile daha yüksek mekanik özellikler sergileyen polimer kompozitlerin kullanımında da artışlar gözlemlenmektedir. 1982 yılında kompozit malzemelerin kullanım oranı %6 iken bu oran 2000 yılında % 27 gibi büyük değerlere sıçramıştır. Şekil 2.3'de ticari uçaklarda kullanılan kompozit yapılar yer almaktadır.



Şekil 2.3 : Ticari uçaklarda kullanılan kompozit yapılar.

Otomotiv Endüstrisi

Otomotiv endüstrisinde kullanılan kompozit mazemeler, diğer malzemelere nazaran daha hafif olmakla birlikte mukavemetleri iyidir. Kompozit malzemelerin hafifliğinde dolayı taşıt araçlarında yakıt tasarrufu sağlar. Kompozit malzemeyle tasarlanan bir araç gideceği yolu diğer malzemelerle tasarlanan araçlara göre daha az yakıt harcar.

Bugün kompozit malzemeler otomotiv endüstrisinde çok geniş kullanım alanlarına sahiptirler, spor arabalarda, yolcu otobüslerinde, kamyonlarda, uygulamalar vardır. Otomotiv endüstrisi 2000 yılında kompozit malzemelere 318 milyon sterlin para harcamıştır. Çünkü otomobil pazarı çok pahalıdır, karbon fiber takviyeli kompozit malzemeler yüksek maliyetlerinden dolayı kabul edilmezler. Otomotiv endüstrisi cam fiberleri ana takviye malzemesi olarak yararlanırlar. Kullanılan polimer matrisler ise polyester, polipropilen, polikarbonat, polietilen ve poliamitlerdir.

Spor ve Eğlence Endüstrisi

Spor ve eğlence endüstrisinde kompozit malzeme kullanımı çok yaygındır. Kompozit malzemeler diğer malzemelere göre hafif, mukavemeti iyi, titreşim özellikleri iyi olmasından dolayı tercih edilirler. Kompozit malzemeler gol sopaları, yarış botları, tenis racketleri, kayak, balık oltaları, bisiklet vb. ürünlerin üretiminde kullanılırlar.

Deniz Endüstrisi

Kompozit malzemeler, korozyon direncinin iyi olması, hafifliği, yakıt tasarrufu sağlaması, daha hızlı hareket olanağı sağlaması ve daha konforlu olmasından dolayı deniz endüstrisi uygulamalarında çok çeşitli uygulamalar alanları vardır. Kompozit malzemeler, gemi, yat, yolcu feribotları, deniz botları, can simidi vb. ürünleri üretiminde kullanılırlar. Deniz endüstrisinde kullanılan kompozit malzemeler genellikle cam takviyeli plastik kompozitlerdir.

Tüketici Eşya Endüstrisi

Kompozit malzemeler tüketici eşya üretiminde çok geniş uygulama alanları vardır. Kompozit malzemeler dikiş makineleri, kapılar, küvetler, masalar, bilgisayarlar, yazıcılar vb. ürünlerin üretiminde kullanılırlar. Bu ürünlerin parçalarını çoğu kısa fiber kompozit malzemeler olup hazır kalıplama ve enjeksiyon kalıplama yöntemleriyle üretilirler.

Diğer Uygulama Alanları

Kompozit kullanım alanları çok geniştir ve gün geçtikçe daha da genişlemektedir. Çünkü kompozit malzemeler doğal malzemeler değildirler, bileşik malzemelerdir. Kullanım yerine göre, o kullanım alanının özelliklerine göre kompozit malzeme geliştirilebilir. Kompozit malzemeler, köprü yapımında, rüzgâr türbünleri, basınçlı gaz kabloları, biyomekanik uygulamalar, nükleer reaktörler boru tesisatları, dişli çarklar, batarya ızgaraları gibi geniş kullanım alanlarına sahiptirler.

2.1.4 Kompozitlerde kullanılan polimer matrisler

Genel olarak kompozit üretimi için kullanılan reçineler iki kategoriye ayrılır. Bunlar termoset esaslı ve termoplastik esaslı kompozit malzemelerdir. Termoset plastikler bir kez katılaştırıldıktan (kür) sonra tekrar eritilemezler. Termoplastikler ise tekrar eritilip şekil verilebilir ve katılaştırılabilirler. Bütün kompozitlerde 2 temel bileşen mevcuttur. Bunlar: takviye elemanları ve reçinelerdir.

Termoset Matrisler

Termoset matrisler, küçük monomer moleküllerini, uzun ve aralarında kuvvetli bağlar bulunan polimer molekülleri haline getiren kimyasal reaksiyon sonucu oluşur. Bu reaksiyonun gerçekleşmesi için genellikle katılaştırıcı kullanılır. Termoset matrisler lif takviyeli kompozitlerin yapımında daha fazla kullanılırlar. Termoset matrisler sıvı halde bulunurlar. Katılaştırıcı ilavesi ile önce jel haline gelir ve sonra da katılırlar. Termoset reçineler izotropiktirler. Sunta ve benzeri ürünler yapımında genellikle düşük viskozitede olmaları tercih edilir.

Termal stabilite, kimyasal direnç, düşük yoğunluk termoset reçinelerin avantajlarıdır. Oda sıcaklığındaki sınırlı çalışma zamanı, katılma için geçen uzun üretim zamanı, kopma esnasındaki düşük uzama dezavantajlarıdır. Kırılgan sayılırlar. Termoset malzemeler kür edildikten sonra tekrar eritilemez ve şekil verilemezler. Kür işlemi sırasında molekül zincirleri çapraz bağlanma yaparlar. Bu nedenle moleküller tekrar eritilip şekil verdirilemez. Çapraz bağlanma yoğunluğu ne kadar fazla ise malzeme o kadar rijit ve ısıl stabilitesi yüksek olur. Çizelge 2.1'de tipik dolgunsuz termoset reçinelerin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1: Tipik dolgunsuz termoset reçinelerin fiziksel özellikleri

Reçine Malzemesi	Yoğunluk (gr /cm ³)	Çekme Modülü GPa (106 psi)	Çekme Dayanımı MPa (103 psi)
Epoksi	1.2 – 1.4	2.5 – 5.0 (0.36 – 0.72)	50 – 110 (7.2 – 16)
Fenolik	1.2 – 1.4	2.7 – 4.1 (0.4 – 0.6)	35 – 60 (5 – 9)
Polyester	1.1 – 1.4	1.6 – 4.1 (0.23 – 0.6)	35 – 95 (5 – 13.8)

Termoplastik Matrisler

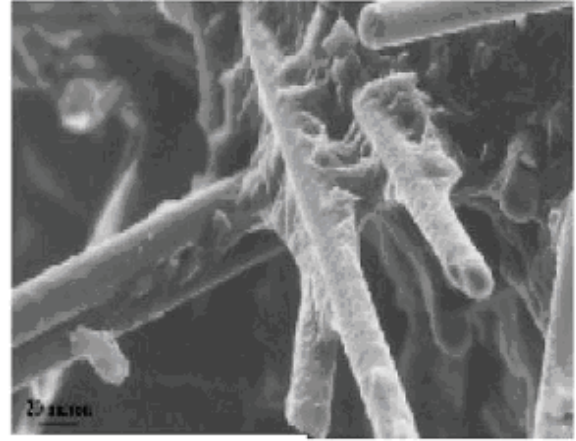
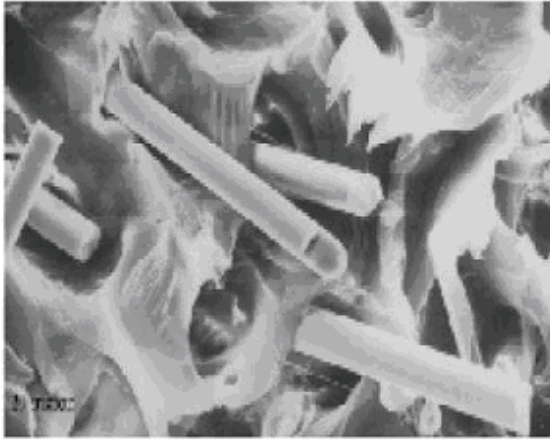
Termoplastik malzemeler, genellikle sünek ve termoset malzemelerden daha sert malzemelerdir. Yapısal olmayan uygulamalarda dolgu ve takviye kullanmaksızın yaygın şekilde kullanılırlar. Termoplastikler ısı ile eritilebilir ve soğutma ile katılaştırılırlar. Bu da onlara tekrar şekil verdirilebilme kabiliyeti sağlar. Bunlar genel olarak PP, PE, ABS, PS, PC, SAN, Nylon-6/66/12 ve bunun gibi birçok termoplastiklerdir. [1] Genel kullanıma sahip termoplastik polimerlerin fiziksel özellikleri Çizelge 2.2 'de verilmektedir.

Bununla birlikte, bir kompozit ürünün özelliklerini belirleyen unsurlar;

- Takviye elemanının (fiber) özellikleri
- Matris malzemenin özellikleri
- Fiber-matris ara yüzündeki yapışma kabiliyeti
- Fiber/matris oranı (Hacimsel Yoğunluk)
- Takviye elemanının geometrisi ve matris içindeki yönelmesi (Oryantasyonu)

Kompozit malzemelerin % 90'a yakını polimer esaslı matrisler oluşturmaktadır. Bir kompozit yapıda matris malzemesinin temel fonksiyonları:

- Matris fiberleri bir arada tutarak fiberlere yük aktarımında köprü görevi görür. Yapıya rijitlik ve şekil verir.
- Matris fiberleri birbirinden izole eder. Böylece fiberler birbirlerinden bir yönü ile bağımsız davranırlar. Bu durum, örneğin, çatlak ilerlemesini durdurur ve yavaşlatır.
- Matris iyi yüzey kalitesi sağlar.
- Matris, aşınma gibi mekanik hasarlara ve çeşitli kimyasal etkilere karşı fiberleri korur.
- Seçilen matris malzemenin özelliklerine bağlı olarak, kompozitin süneklik, darbe direnci gibi performans karakteristikleri de etkilenir. Daha sünek bir matris yapının kırılma tokluğunu arttırabilir. Örneğin; yüksek tokluk için termoplastik esaslı kompozit malzemeler seçilir.
- Kullanılan matrisin özellikleri ve fiberle uygunluğu, meydana gelen hasar modlarını (mekanizmaları) önemli ölçüde etkiler. [27]
- Ana yapıyı oluşturan matrisle, kullanılan fiberin (veya takviye malzemesi) uyumluluğunun artırılması ve bunun için kullanılan bağlayıcı da bir o kadar önemli bir etkidir. Şekil 2.4'te verilen SEM fotoğrafları incelendiğinde, bağlayıcıların kompozit yapısındaki birleşmeye etkisi ortaya konmaktadır.



Şekil 2.4 : a) Bağlayıcısız PP (Cam elyaf takviyeli) b) Bağlayıcılı PP (Cam elyaf takviyeli).[29]

Çizelge 2.2: Bazı polimerlerin (termoplastik) fiziksel özellikleri. [30]

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Kopma Dayanımı (Mpa)	Darbe Dayanımı (izod, J/m)	Elektriksel Yalıtkanlık (V/mm)	En Yüksek Kullanım Sıcaklığı (Yüksüz) (°C)
Poliyeten (PE)					
Yüksek Yoğunluklu PE - HDPE	0,95 - 0,96	20 - 37,2	21,35 - 747,3	18912	82 - 100
Düşük Yoğunluklu PE - LDPE	0,92 - 0,93	6,2 - 17,2		18912	82 - 100
PVC	1,49 - 1,58	51,7 - 62,1	53,38 - 298,9		110
Polipropilen (PP)	0,94	33 - 38	21,35 - 117,4	25610	107 - 150
Stiren Akrlonitril (SAN)	1,08	69 - 82,8	21,35 - 26,69	69935	60 - 104
Akrlonitril-Bütadien-Stiren (ABS)	1,05 - 1,07	40,7	320,28	15169	71-93
Polistiren (PS)	1,05	51		20150	75
			133,45 -	9850 -	
Selüloz Asetat	1,2 - 1,3	20,7 - 55,2	213,52	23640	60 - 104
Politetrafloroetilen (Teflon - PTFE)	2,1 - 2,3	6,9 - 27,6	64,05 - 362,98	21670	228
Poliamit (Naylon 6)	1,13 - 1,15	62,1 - 82,8	106,76	15169	82 - 150
Poliasetal (Derlin - Pom)	1,42	69	74,73	12608	90
Polikarbonat (PC)	1,2	62,1	640,56 -	854,08	120
Polyester					
Polietilentereftalat (PET)	1,37	71,7	42,7		80
Polibütilentereftalat (PBT)	1,31	55,2 - 56,5	64,05 - 69,39	23246 - 27580	120
				15760 -	
Polifenilen Oksit (PPO)	1,06 - 1,10	53,8 - 66,2	266,9	19700	80 - 105
				17730 -	
Akrlilik (Pleksi - PMMA)	1,11 - 1,19	75,9	122,77	19700	54 - 110
Polisülfon (PSU)	1,25	70,3	64,05	16745	150 - 300
Polifenilensülfür (PPS)	1,34	69	16,01	23443	260

2.1.5 Kompozitlerde kullanılan takviye malzemeleri

Bir kompozit yapıda takviye malzemesinin temel fonksiyonları:

- Yük taşımak. Kompozit bir yapıda yük % 70-90 oranında takviye malzemesi tarafından taşınır.
- Sağlamlık, mukavemet, termal stabilite sağlamak.
- Kullanılan takviyeye (fiber) bağlı olarak elektrik iletkenli ği veya yalıtımı sağlamak.

[27]

2.1.5.1 Cam elyaf

Cam lifler, plastik malzemeleri güçlendirmek için kullanılan en yaygın malzemelerdir. Bu başarısı, uygun fiyatı (yaklaşık olarak plastikle aynı) ve istenilen özellikler arasındaki mükemmel dengenin sonucudur. “Cam” terimi, inorganik camların geniş bir grubunu ifade etmek için kullanılır. Plastiklerde en çok kullanılan lif E-camıdır. Bileşimi : %54 silika, %17,5 kalsiyum oksit, %14 alüminyum oksit, %8 bor oksit ve %4,5 magnezyum oksitten oluşur. [31]

Cam lifler, erimiş camın yüksek hızlarda, çok sayıda delik (100-1000arası) içeren platin bir levha üzerinden geçirilmesiyle elde edilir. Elde edilen uzun lifler yüksek hızda döndürülerek camsı geçiş sıcaklığı civarında soğuyup katılaşır. Uygulamalarda cam liflerin aşağıdaki iki özelliği avantaj sağlar:

- 1) Camın yumuşama noktası 850°C dir, bu nedenle yüksek sıcaklıklara dirençlidir.
- 2) Görünür ışığa karşı şeffaftır, böylelikle kompozit matrisin rengini alır.

A Camı - Pencerelerde ve şişe imalatında en çok kullanılan cam çeşidi olup kompozit üretiminde çok fazla kullanılmaz.

C Camı - Kimyasallara direnci yüksektir. Depolama tankları gibi yerlerde kullanılır.

E Camı -Takviye elyaflarının üretiminde en çok kullanılan cam türüdür. Düşük maliyet, iyi yalıtım ve düşük su emiş oranı özelliklerine sahiptir.

S ve R Camı - Yüksek maliyetli ve yüksek performanslı bir malzemedir. Uçak sanayisinde yaygın olarak kullanılır. Elyaf içindeki tellerin çapları E Camının yarısı kadar olduğundan lif sayısı artar. Bundan dolayı üretilen kompozitin özellikleri çok üstün olur ve daha sert yüzey elde edilir.[25]

2.1.5.2 Karbon elyaf (karbon lifleri)

Karbon lifler genellikle poliakrilonitril'in (PAN), 1000-1500°C'da karbonlaştırılması (havasız ortamda ısıtılması) ile üretilir. Karbon liflerin uygulamadaki avantajları; boyutsal açıdan kararlı oluşları, kimyasal inertlikleri nedeniyle neme ve elektriksel/ ısısal iletkenliklerinin yüksek oluşudur. Şekil 2.5'te karbon elyaflardan üretilmiş araç parçası verilmiştir. Karbon liflerin kullanıcı açısından en önemli dezavantajı ise siyah renginden dolayı kompozit renginin istenilen şekilde korunamamasıdır. Diğer bir dezavantaj olarak yüksek maliyet söylenebilir. [31]



Şekil 2.5 : Karbon elyaflardan üretilmiş araç.[25]

2.1.5.3 Polimer lifler

Polimer lifler diğer polimerleri güçlendirmek için yeterince sert ve sağlam değildir. Yalnızca aramid lifler ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (HDPE) lifler üstün mekanik özellikleri nedeniyle diğerlerinden ayrılırlar. "Aramid", aromatik liflerin genel adıdır. Ticari adı Kevlar'dır. Kevlar kompozitleri yüksek dayanım ve sertlikleri, hasar ve yorulma dirençleri nedeniyle çok kullanılırlar. Tüm lifler mükemmellik açısından karşılaştırıldığında karbonun en iyi olduğu, onu Kevların ve ardından camın izlediği söylenebilir. [31]

2.1.5.4 İnorganik dolgular

Kalsit

Kalsit, kimyasal formülü CaCO_3 olan kristalleşmiş kalsiyum karbonattır. Saydam, beyaz, sarı, rustik yeşil ve mavimsi renkte olabilir. Sertliği 3, yoğunluğu 2.71 g/cm^3 'dir. Plastik ve kauçuk malzemelerde tokluk ve ucuzluk vermesi bakımından bolca kullanılır.

Kaolin

Kaolin ya da kaolen, granit kayalardan elde edilen bir kil türüdür. Bazı seramiklerin ve porselenlerin yapımında kullanılır. Türkiye'de arı kil olarak da bilinir. Beyaz ve yumuşak bir toprak türüdür. Kalsit gibi, polimerik yapılarda ucuzlaştırma ve tokluk sağlamak için kullanılır. [32]

2.1.5.5 Organik dolgular

Odun Talaşı

Ağaç tozu olarak değişik ağaçların talaşlarının yanında şeker kamışı, mısır koçanı, saman gibi değişik bitki artıkları odun talaşları ile aynı dolgu materyali olarak kullanılır. Bu dolgular ucuzluğu, kolay bulunabilirliği, makinede düşük aşınma ve proses ekipmanlarına daha az zarar vermesi nedeniyle cam lifi, talk ve kalsiyum karbonat gibi diğer dolgu malzemeleri ile kıyaslandığında daha uygundur.

Ayrıca ülkemizde İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Çukurova gibi geniş alanlarda tarım yapılmaktadır. Bu alanlardan elde edilen tahıl ve tohumların üretimi yapıldıktan sonra bitkilerden geri kalan kısımlar yakılmakta ya da toprak altında kalmaktadır. Ülkemiz önemli miktarda buğday, tahıl sapları, kendir sapları ve diğer tarımsal atık potansiyeline sahiptir ve bu ürünler de plastiklerde dolgu olarak kullanılabilir. [2]

2.2 Ahşap Polimer Kompozitleri

Ağaç plastik kompozitleri; plastik endüstrisinde hızla büyüyen bir sektör ve yeni bir malzeme sınıfı haline gelmiştir. Ağaç tozu olarak değişik ağaçların talaşlarının yanında şeker kamışı, mısır koçanı, saman gibi değişik bitki artıkları kullanılır. Bu dolgular ucuzluğu, kolay bulunabilirliği, makinede düşük aşınma ve proses ekipmanlarına daha az zarar vermesi nedeniyle cam lifi, talk ve kalsiyum karbonat gibi diğer dolgu malzemeleri ile kıyaslandığında daha uygundur. Odunun termal stabilitesi nedeniyle ağaç plastik kompozitler çoğunlukla 200 °C altındaki sıcaklıklarda işlenmesinden dolayı sadece termoplastiklerde kullanılır.

Günlük hayatta kullanılan ahşap polimer kompozit ürün örneği Şekil 2.6'da ve Şekil 2.7'de gösterilmektedir.

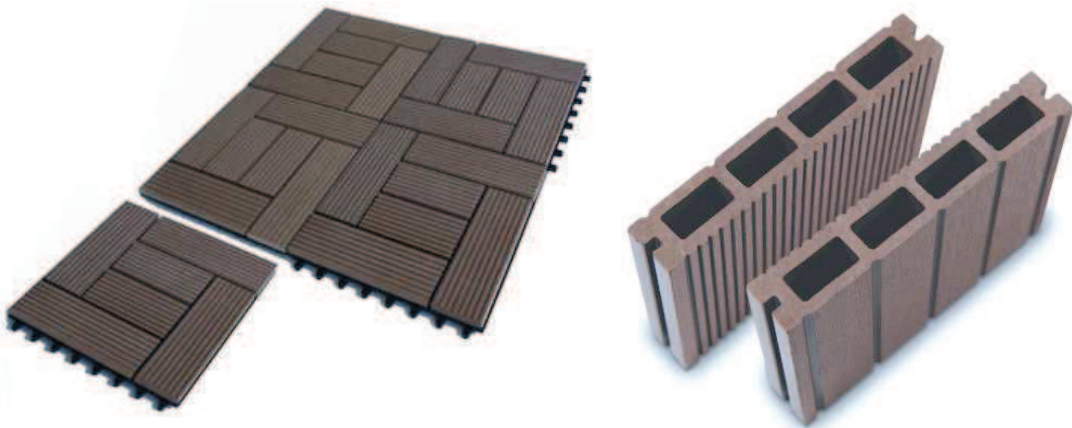


Şekil 2.6 : Günlük hayatta kullanılan bazı ahşap polimer kompozitler.[6]

Ağaç plastik kompozitler (APK) odun ya da diğer doğal fiberler ile takviyelenen termoplastikler olarak tanımlanır. Bu kompozitlerin üretiminde kullanılan termoplastikler polietilen (PE), polivinil klorür (PVC) ve polipropilen (PP) dir.[33]. Su anda çoğu APK'ler dış yapılar için polietilen ile yapılır [34]. Termoplastikler birer polimerdir ve ısı ile islenebilirler, soğuduktan sonra kendi şeklini muhafaza ederler . Odun fiberi, termoplastik kompozitlerde bol, ucuz, sağlam ve düşük yoğunluklu olduğu için kullanılır [35].

Bir çok dış uygulama olarak ağaç plastik kompozitler doğal ve geri dönüşümlü polietilen kullanılarak yapılır. Bunun yanında otomotiv uygulamalarında ve tüketici ürünlerinde polipropilenden yapılan ağaç plastik kompozitler yaygın olarak kullanılmakla beraber PVC ağaç plastik kompozitler de pencere üretiminde de kullanılmaktadır.

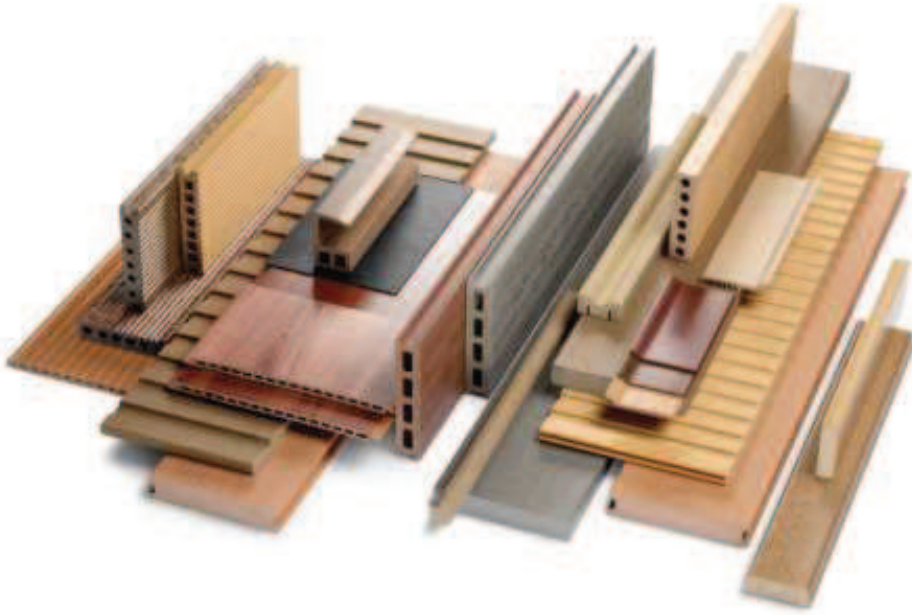
Doğal plastiğe ağaç eklenmesi plastiği oldukça sağlamlaştırmasına rağmen çoğu kez daha kırılkan yapar. Bir çok ticari ağaç plastik kompozit ürünleri katı ağaca göre önemli derecede daha az serttir. [1]



Şekil 2.7 : Ahşap kompozit yer karosu.[36]

2.2.1 Ahşap polimer kompozit kullanım alanları

Ahşap Polimer kompozit pazarının geçmiş yıllara bakıldığında sürekli gelişmekte olduğunu görmekteyiz. Sektörün büyümesi her yıl ortalama % 15 artmaktadır. Ahşap polimer kompozitlerine ilginin büyümesinin sebebi temel anlamda çevresel ihtiyaçlar ve farklı arayışlardır. Plastik ve ahşap atıkları birleştirilerek yeni kompozitler ve kullanışlı ürünler elde edilir. Bu ürünlere örnek olarak ahşap-polimer kompozitlerden elde edilen profil mazlemeler Şekil 2.8'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8 : Ahşap polimer kompozit profiller.[37]

Ahşap Kompozitlerin Kullanım Alanları;

1. Çatı ve dış cepe kaplaması, (Bu kullanıma görsel örnek Şekil 2.9 'da gösterilmektedir).
2. Çit veya parmaklık malzemeleri,
3. Pencere ve kapı kasası,
4. Kaplama, sandal, balkon, veya merdiven alt yüzü, araba kontrol paneli,
5. Oyun alanı ekipmanları,
6. Mutfak tezgahı, masa ve sandalye,
7. Yer döşemesi, raf ve kablo kanalı
8. Kepenk, korkuluk, prefabrik evler, kilitli geçitler ve marinalar,
9. Çatı kiremitleri, izolasyon panelleri ve beton kalıbı sıkıştırıcısı,
10. Otomotiv endüstrisi,
11. İzolasyon malzemesi,

12. İnşaat malzemeleri ve profiller. [38]



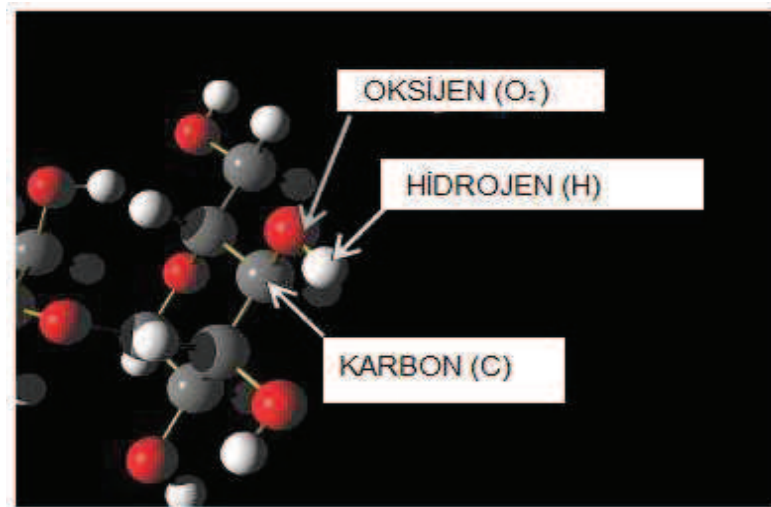
Şekil 2.9 : Ahşap polimer kompozitlerin kullanıldığı bazı alanlar. [39]

2.2.2 Ahşabın fiziksel ve kimyasal özellikleri

2.2.2.1 Ahşabın yapısı

Ahşap, canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotrop bir dokuya sahip organik esaslı bir yapı malzemesidir. Ağaç lifleri selüloz ağırlıklı moleküllerden meydana gelmektedir

Hücre duvarının kimyasal bileşiminde; Selüloz % 40 – 50, Hemiselüloz % 20 – 35, Lignin %20, Yabancımadde %0 –5 bulunur. Ahşabın polimer yapısı ; $C_2H_3O_4$ --- şeklindedir ve Şekil 2.10 'da ahşabın kimyasal yapısı gösterilmektedir. [40].



Şekil 2.10 : Ahşabın kimyasal yapısı

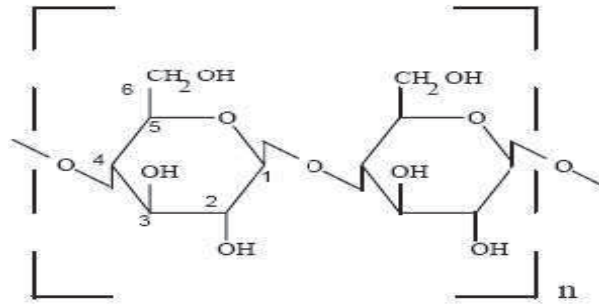
Doğada çok sayıda ağaç türü olmasına karşın, önemli ekonomik değer taşıyan ağaç sayısı sınırlıdır. Yapılarda kullanılan ahşabın önemli bir kısmı çam, meşe, ceviz, dişbudak, kavak, selvi, kayın, köknar, sedir gibi ağaçlardan elde edilmektedir. Bu tez çalışmalarında sarı çam ve meşe ağacının karışık talaşları kullanılmıştır.

2.2.2.2 Ahşabın bileşimi

Ahşap, canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotrop bir dokuya sahip organik esaslı bir yapı malzemesidir [40]. Ağaç lifleri selüloz ağırlıklı moleküllerden meydana gelmektedir

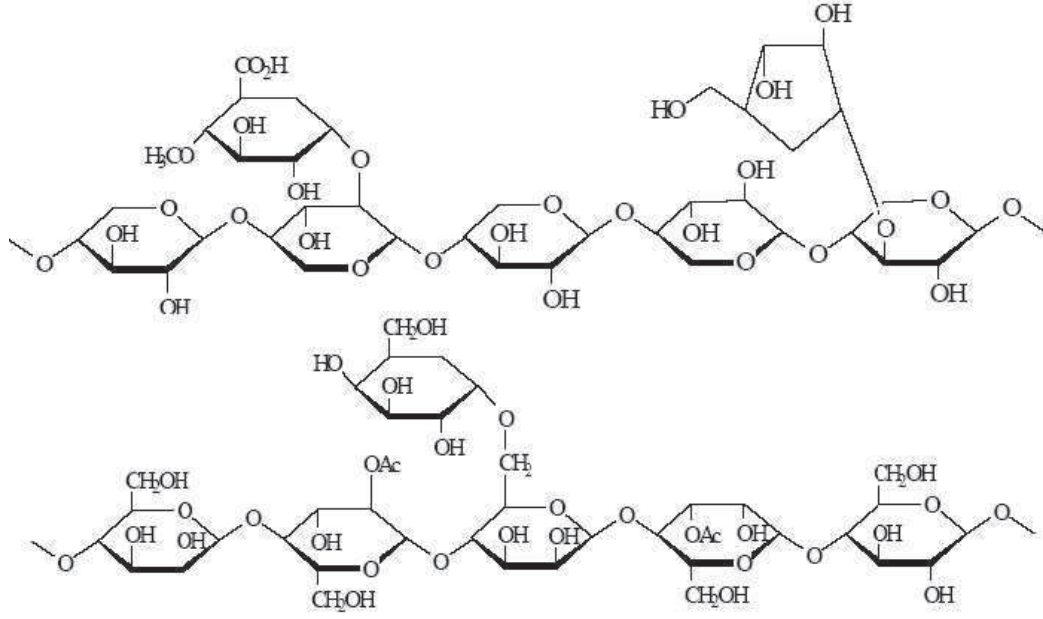
Hücre duvarının kimyasal bileşiminde; Selüloz % 40 – 50, Hemiselüloz % 20 – 35, Lignin %20, Yabancı madde %0 –5 bulunur.

Selüloz : Hücre duvarının ana katkı maddesidir. Ahşabın fiziksel özelliklerinden eğilme ve çekmeye karşı mukavemet veren maddedir. Şekil 2.11’de selüloz’un kimyasal yapısı verilmiştir. [2].



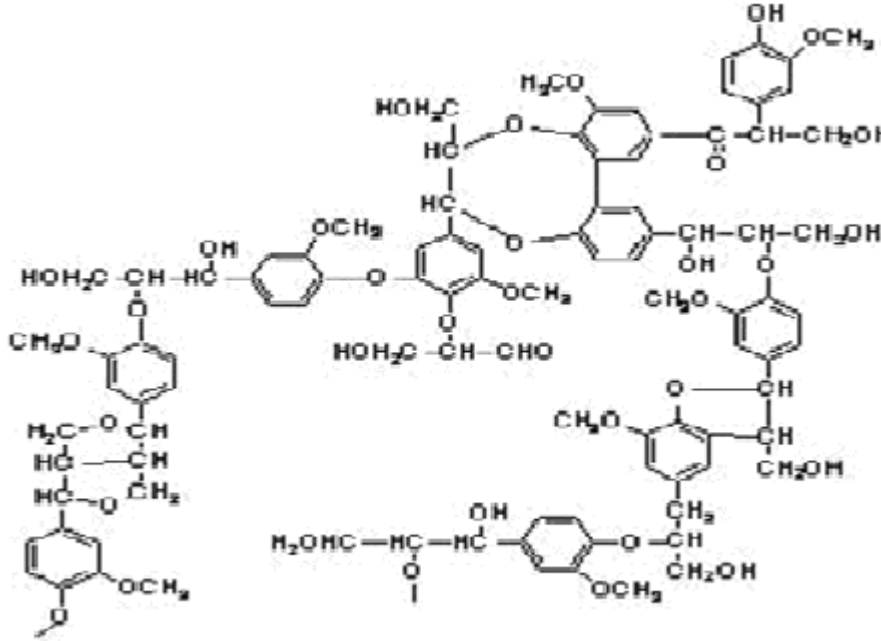
Şekil 2.11 : Selülozun kimyasal yapısı

Hemiselüloz: Pentoz ve heksos şekerlerinin kısa zincirli polimerleridir. Hücre duvarını güçlendirir, depo madde görevi yapar, geçit zarlarını ayarlar. Aynı zamanda su emicidir. Şekil 2.12’de hemiselüloz’un kimyasal yapısı verilmiştir. [2].



Şekil 2.12 : Hemiselüloz'un kimyasal yapısı

Lignin: Selüloz fibrilleri içinde yer alır. Ahşabın basmaya karşı mukavemetini sağlar. Bir fenol halkasının ana yapısına sahip amorf bir maddedir. Düşük oranda su emicidir. Rengi kahverengimsi beyazdır. Şekil 2.13'de Lignin'in kimyasal yapısı verilmiştir [2].



Şekil 2.13 : Ligninin kimyasal yapısı. [2]

Elastisite modülleri çamlarda liflere paralel 10000 MPa, liflere dik 300 MPa, meşe ve kayında liflere paralel 12500 MPa , liflere dik 600 MPa 'dır. Tabii olarak kurutulmuş

%10-15 nemli meşenin yoğunluğu $0,8 \text{ gr/cm}^3$, çamın yoğunluğu ise $550-600 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. 1. sınıf çamın çekme dayanımı liflere paralel durumda 8,5 - 10,5 MPa, basma dayanımı ise 8,5 - 11 MPa'dır.[40].

2.2.2.3 Ahşabın nem içeriği ve yoğunluğu

Yeni kesilmiş ağaçta % 130 - % 50, piyasada kuru kabul edilen ahşapta % 22 - % 18, yapay yöntemlerle fırında kurutulmuş olanlarda % 8'in altında olabilir.

Ahşabın fiziksel özellikleri, nem oranı ile büyük ölçüde etkilenir. Aynı ahşap değişik nem oranlarında farklı davranış gösterir. Ahşap kururken hacim kaybına uğrayarak büzülür. Ağaç kuruyunca sertlik, dayanım gibi bir kısım özellikleri artar ancak enerji yutma kapasitesi azalır [41]. Kozalaklı bir ağacın basınç dayanımının su içeriğine bağlı değişimi grafiği Şekil 2.14'te verilmektedir.

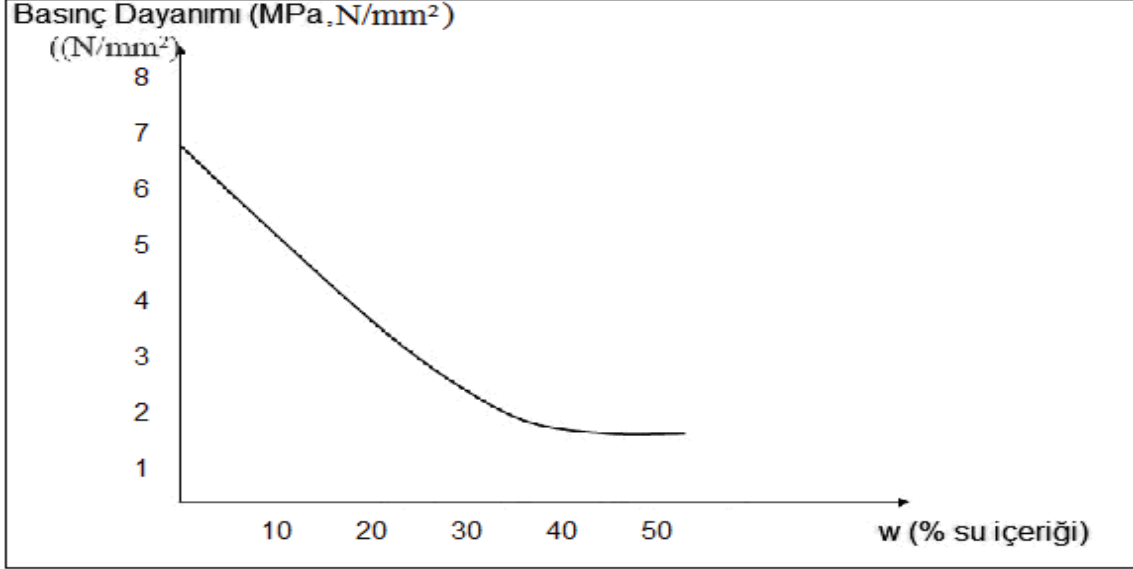
Ahşabın Yoğunluğu ; Birim hacimde ağırlık (yoğunluk) ahşabın türüne göre ortalama olarak 0.1 g/cm^3 ile 1.5 g/cm^3 arasında değişir. Ahşabın türüne göre yoğunluğu Çizelge 2.3'de verilmektedir.

Çizelge 2.3: Ağaçların türlerine göre yoğunlukları. [41]

% 15 Neme Karşılık			
	Yoğunluk (g/cm^3)	SINIFLAR	TÜRLER
ÇIRALILAR	0,4 - 0,5	Hafif	Kökner, Ladin
	0,5 - 0,6	Orta	Sarı Çam, Sahil Çamı
	0,6 - 0,7	Ağır	Lariço Çamı
	D> 0,7	Çok Ağır	Kara Çam
YAPRAKLILAR	0,5	Çok Hafif	Kavak
	0,5 - 0,65	Hafif	Ihlamur, Akçaağaç, Meşe, Kayın
	0,65 - 0,80	Orta	Gürgen, Şimşir
	0,80 - 1	Ağır	Tropikal Türler
	D>1	Çok Ağır	-

En hafif ağaç balza ağacıdır ve yoğunluğu $0,16 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Yoğunluğu fazla miktarda olan odunların çoğu yüksek oranda dayanıma sahiptir. Odunun yoğunluğu, yani birim hacmindeki ağırlığı çürüklük direncinin bir kriteri olabilir. [41] Bununla birlikte, yoğunluğu düşük olan iğne yapraklı ağaçlar yüksek dayanım derecesine sahiptirler. Diğer taraftan kayın ve akçaağaç gibi ağır odunların öz odunu, en az dayanıklı türler arasındadır. Çünkü ekstraktif maddelerden yoksun olan türlerin çürüklüğe karşı dayanımlarında önemli bir fark yoktur. Yoğunluğu düşük

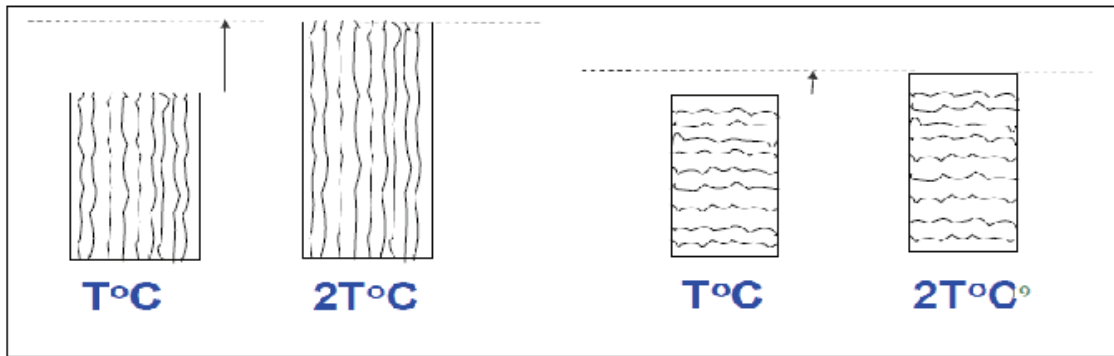
olan fakat çok dayanıklı olan bazı türler, çürümeyi engelleyen yeterli miktarda toksik maddeleri içermektedir. Sonuç olarak, yüksek dayanımın toksik maddelerle olan ilişkisi dışında, türler içerisindeki yoğunluk farklılıklarıyla dayanıklılık arasında bir kanıt yoktur [42]. Kozalaklı bir ağacın basınç dayanımı - su içeriği ilişkisi şekil 2.14'te verildi.



Şekil 2.14 : Kozalaklı bir ağacın basınç dayanımının su içeriği ile değişimi grafiği [41]

2.2.2.4 Ahşabın termik genleşme yapısı

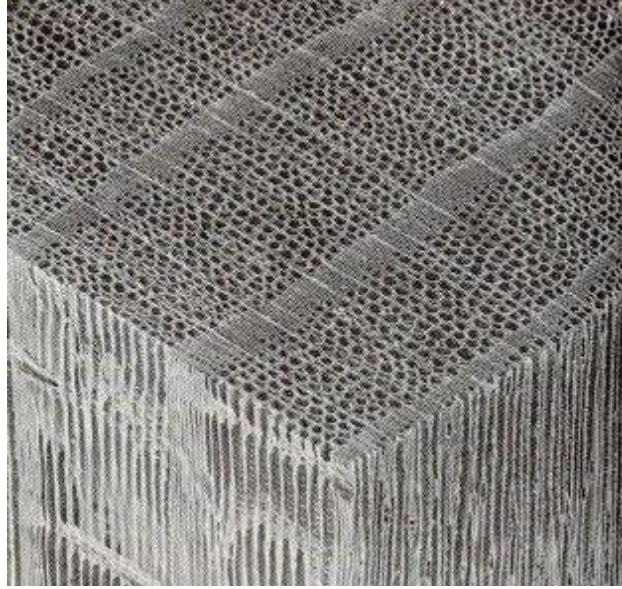
Her cisimde olduğu gibi ahşabın da boyutlarında sıcaklık etkisi ile değişiklikler olur. % 0 nem ve 0 °C'de saptanan ısıl genleşme katsayısı lifler doğrultusunda 0.5×10^{-4} , liflere dik doğrultuda 0.05×10^{-4} değerindedir [41]. Örnek ağaç yapısının termik genleşmesi Şekil 2.15'te verildi.



Şekil 2.15 : Ağaç yapısının termik genleşme şekli

2.2.2.5 Ahşapta termik iletkenlik

Ahşap hücreli yapısı ve yapının aslını oluşturan maddenin selüloz olması nedeniyle, ısı bakımından kötü bir iletkenidir. Bu nedenle bölme, kaplamalar için uygun bir malzemedir. Örneğin çam iletkenliği: 0.27 kcal/m°C'dir [41]. Çamın iletkenliğine etki eden gözenek yapısı SEM fotoğrafıyla Şekil 2.16'da verilmektedir.



Şekil 2.16 : Çam ağacı SEM fotoğrafı. [41]

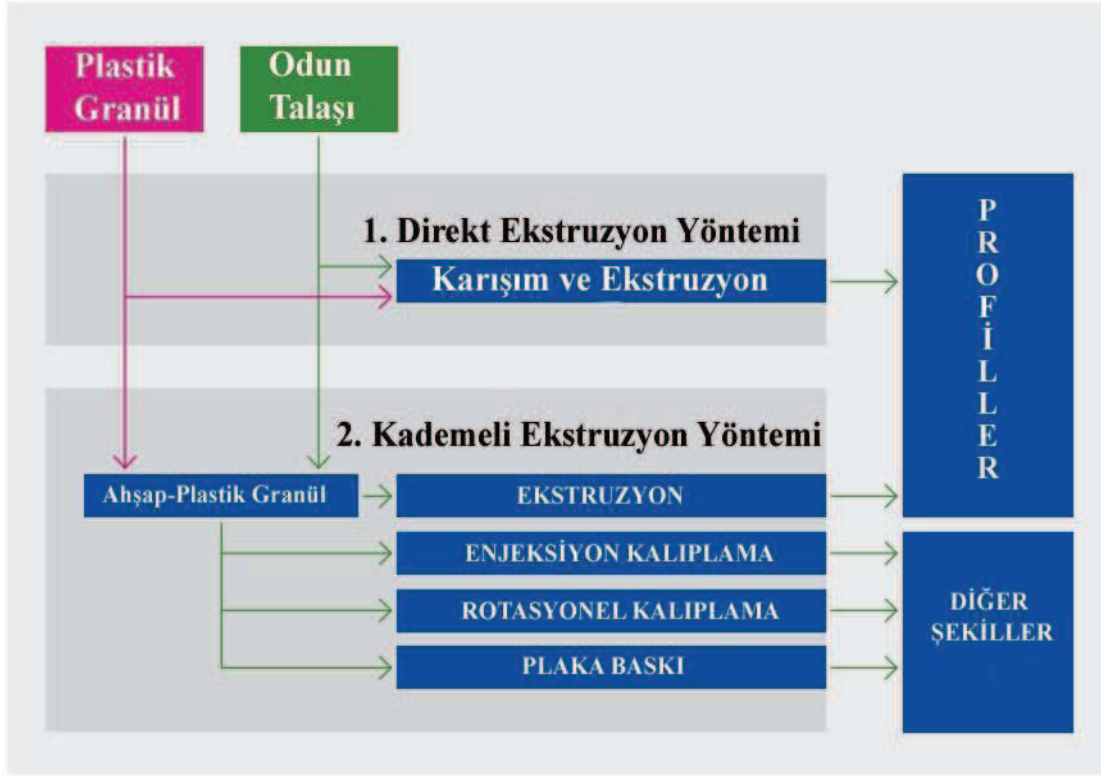
Bu durumu kullanıldığı kompozit yapısında da kendini göstermekte ve kompozit iletkenliğini düşürmektedir. Yapılan çalışmalarda ahşap kompozitin çabuk soğumadığı ve dıştan içe doğru soğuduğu için kompozitin granülasyonunda da diğer termoplastik üretimine göre proses verimini düşürebilmektedir [41].

2.2.3 Ahşap polimer kompozit üretim yöntemleri

Ahşap polimer üretiminde en çok kullanılan termoplastikler PE, PP ve PVC'dir. Ahşap ile polimer arasındaki uyumsuzluktan dolayı ara yüzey etkileşimi zayıf olur. Bu nedenle ara yüzey etkileşimini artırmak amacıyla çeşitli uyumlulaştırıcı katkıları kullanılmaktadır. Kompozitin oluşumunu etkileyen temel özellikler; ağaç tipi, partikül yapısı ve biçimi partikül boyutu (toz L/D: 3, lif L/D>10), ara yüzey davranışı ve ahşap tozunun yapı içerisindeki dağılımıdır. İyi bir dağılım sağlamak için en iyi çözüm çift vidalı ekstruder kullanımımızdır. [6]

Genellikle odun plastik kompozitleri iki aşama halinde üretilmektedir. Ahşap -Plastik kompoziti oluşturacak olan hammaddeler karıştırıcı vasıtasıyla homojen olarak karıştırılarak birleştirilir. Birleştirilmiş olan bu maddeler ikinci bir işlemde geçer. Bu aşamada ise enjeksiyon, ekstrüzyon veya basınç kalıplama yöntemleriyle kompozite son şekli

verilmektedir. Alternatif olarak, ilk işlem sonrası elde edilen ahşap -plastik kompozit daha sonra ısı ve pres altında eritilip şekillendirilerek üretim yapılabilir. Ahşap plastik kompoziti üretiminde kullanılan bu yöntemler Şekil 2.17'de verilmektedir.



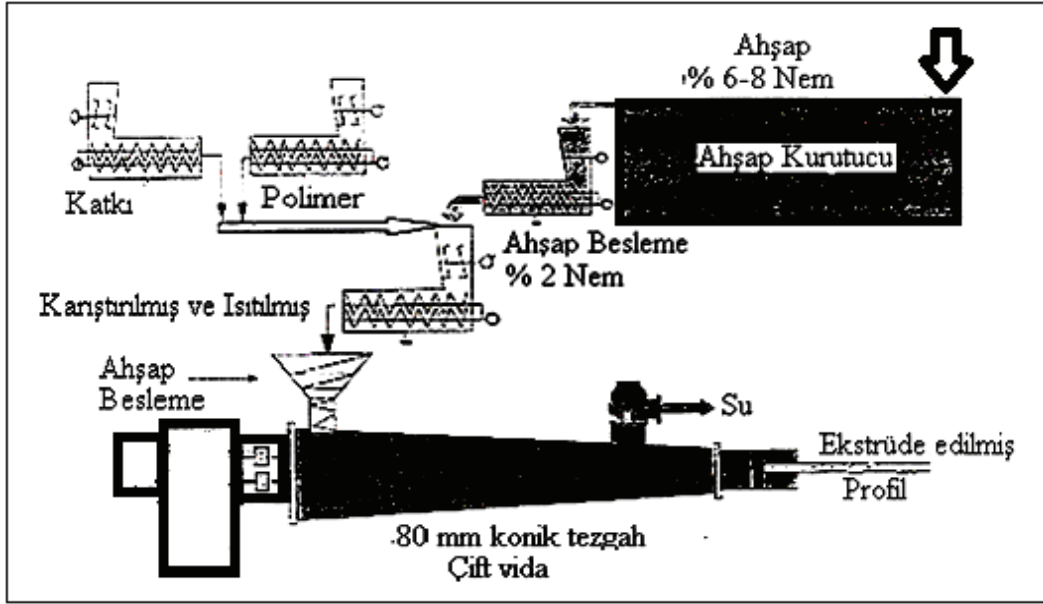
Şekil 2.17 : Ahşap polimer kompozit üretim yöntemleri. [43]

2.2.3.1 Direkt ekstrüzyon üretim yöntemi

Direkt ekstrüzyon yönteminde, ahşap plastik kompozit granül haline getirilmeden, fiziksel karışımın sağlandığı gibi ekstrüde edilip son ürünün elde edildiği üretim yöntemidir. Bu yöntemin avantajları;

1. Mekanik özellikler, sertlik ve mukavemette artış,
2. Düşük üretim maliyeti,
3. Değişebilir hammadde,
4. Kısa sürelerde dönüşüm,
5. Düşük üretim sıcaklıkları,
6. Daha az büzülme,
7. % 80'in üzerinde ahşap içeriği ile çalışabilme, pahalı olmayan talaş ve geri dönüşümlü plastiklerle çalışma imkanı[38].

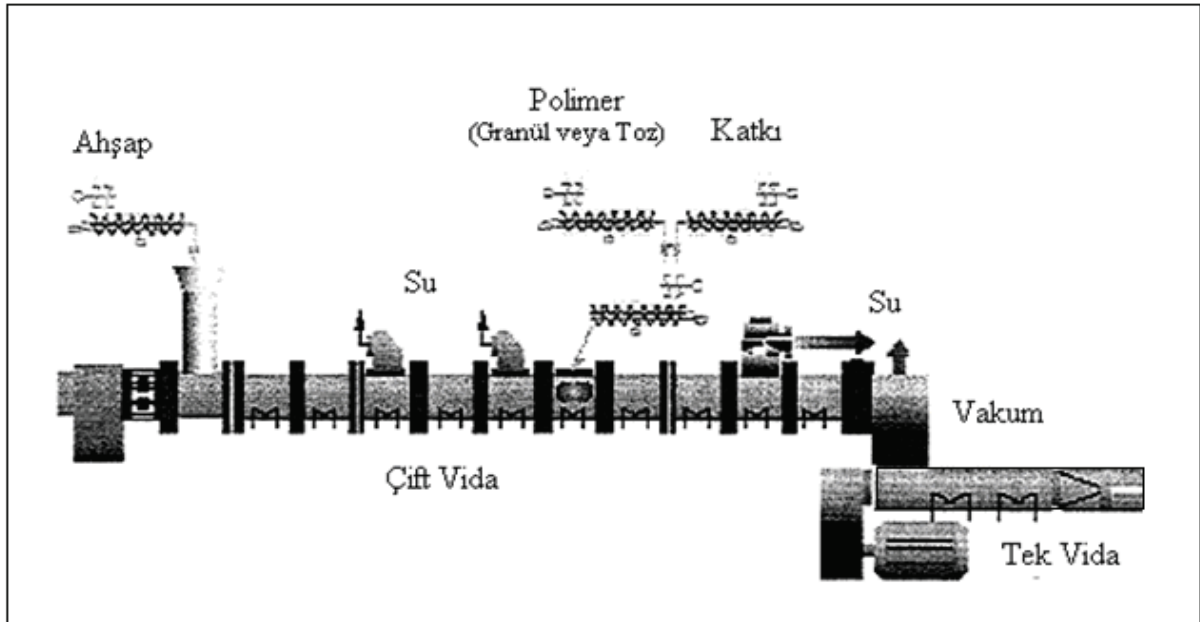
Direkt ekstrüzyon Şekil 2.18'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.18 : Direkt ekstrüzyon yönteminin şematik görünüşü. [44]

2.2.3.2 Kademeli ekstrüzyon üretim yöntemi

Kademeli ekstrüzyonda ahşap ve plastik ilk önce granül haline getirilir. Sonra enjeksiyon veya ekstrüzyon makinesinden geçirilerek son ürün elde edilir. Kademeli ekstrüzyon Şekil 2.19'da şematik olarak gösterilmiştir. [38]



Şekil 2.19 : Kademeli ekstrüzyon yönteminin şematik görünüşü.[4]

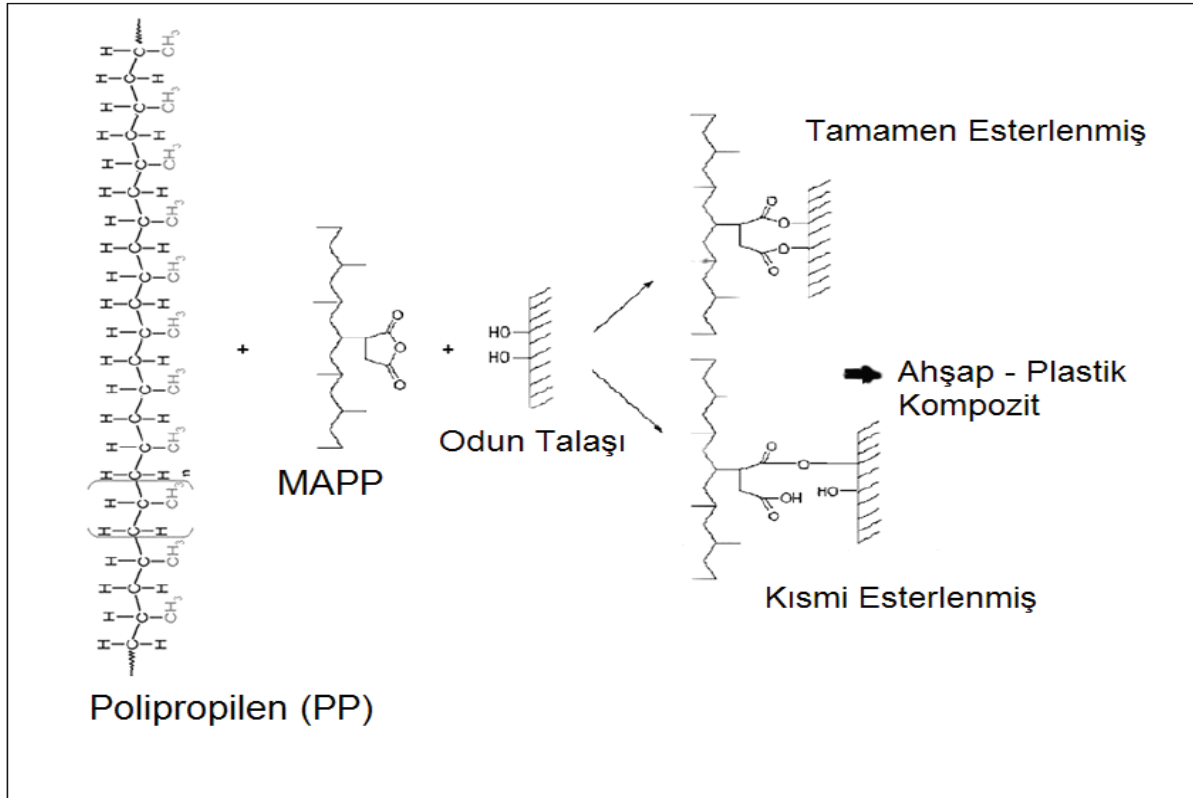
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Malzemeler

Ahşap ve plastiğin belirli bir bağlayıcıyla proses kolaylaştırıcı katkılarla birlikte oluşturacağı bu kompozit yapısı için kullanılan malzemeler aşağıdaki gibi belirtilmektedir. Bununla birlikte bu bileşimde odun talaşı ve polimerin haricinde kullanılan malzemeler; bu kompozit birleşiminde kullanılan ekstruzyon prosesinde iç sürtünmenin azaltılması ve karışıma işlemlerinin kolaylaşması için, odun talaşının polimerin erime derecelerinde yanmaması, karışımın daha iyi homojenize olması ve bileşimin birbirine bağlanarak daha sağlam yapılı kompozit oluşturması için kullanılmaktadır.

Özellikle odun talaşı, karışım öncesinde istenilen boyutta ve nem değerinde hazırlanmaktadır. Kompoziti oluşturan; plastik (PP), odun talaşı, bağlayıcı (MAPP) ve diğer proses kolaylaştırıcı katkıları önce özelliklerine göre belirlenir ve hazırlık işlemlerinden sonra istenilen oranlara göre tartılarak mekanik karıştırıcıda karıştırılır. Bu işlem 4-5 dakika sürer. Karıştırma işleminden sonra plastik ekstruder makinesinde eriyik fazdan granül haline getirilerek elde edilir. Gelinen bu son aşamayla birlikte, kompozit, enjeksiyon makinesinde son ürün (plaka test numunesi) haline dönüşür. Test numunesi şeklinde elde edilen ahşap plastik kompozit daha sonra istenilen testlere (kopma, sürtünme, akışkanlık, sertlik, DSC, TGA vs) tabii tutularak özellikleri ve değişimler belirlenir.

Ahşap polimer kompozitte, ekstruzyon aşamasında, polimer, ahşap ve bağlayıcı arasında şekil 3.1'de belirtildiği gibi bir birleşme-bağdaşma oluşumu gerçekleşmektedir.



Şekil 3.1 : Polipropilen (PP) ve odun talaşı kompozit oluşum mekanizması. [45]

Poliproilen (PP)

Borealis Marka Avusturya menşeli Tarı Plastik firmasından alınan ve bu çalışmalarda kullanılan PP (Polipropilen) özellikleri Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Çizelge 3.1 : Kullanılan polipropilenin termal ve mekanik değerleri

Testler	Değerler	Standartlar
MFI	16 g/10 dk (230 °C/2,16 kg)	ISO 1133
Erime Sıcaklığı	170 °C	
Yoğunluk	0,91 g/cm ³ .	ISO 1183
Sertlik	97 Shore D	ISO 868
Kopma Mukavemeti	32 MPa	ISO 527
Elastik Mod.	900 Mpa	ISO 527

Odun Talaşı (OT)

Karışımında kullanılan odun talaşı; meşe, palamut ve sarıçam talaşı karışımlarından oluşmaktadır. Odun talaşları ayrıca öğütülmüş olup 10- 50 mikron arası boyutlara sahiptir. (325 Mesh elekten elenmiştir.) Odun talaşı ilk etapta % 8 nem içeriğine sahipken kurutulduktan sonra nem miktarı yaklaşık % 1 dolayına indirilmiştir.

Maleik Anhidrit Graflı Polipropilen (MAPP)

Polipropilen-odun talaşı uyumu için kullanılan bağdaştırıcı bileşendir. Bondyram 1001 adlı ürün kullanılmış olup ağırlıkça % 1 MA (Maleik Anhidrit) içermektedir.

Yoğunluk: 0,929 g/cm³ ISO 1183, Erime Derecesi : 150 - 170 °C,

Parafinik Yağ

Petroyag firmasından alınan, kauçuklarda ve plastik karışımlarında kullanılan, kaydırıcı özelliği olan proses kolaylaştırıcı katkıdır.

Kalsiyum Stearat

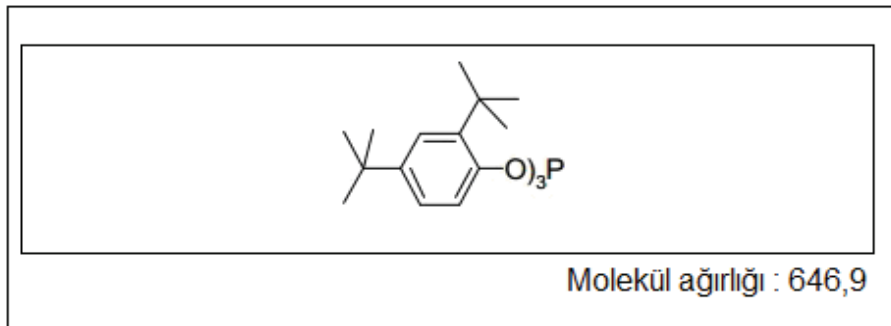
MELOS A.Ş. iç kaydırıcı ve kalıp ayırıcı olarak kullanılan proses yardımcı bileşenidir. Erime derecesi : 155 °C'dir.

Bağlayıcı ve Kaydırıcı (Libaid T-2)

Zirve Polimer'den alınan Liberty Chemical marka bağdaştırıcı, kaydırıcı ve homojenleştirici bir katkıdır.

Antioksidan (IRGAFOS 168)

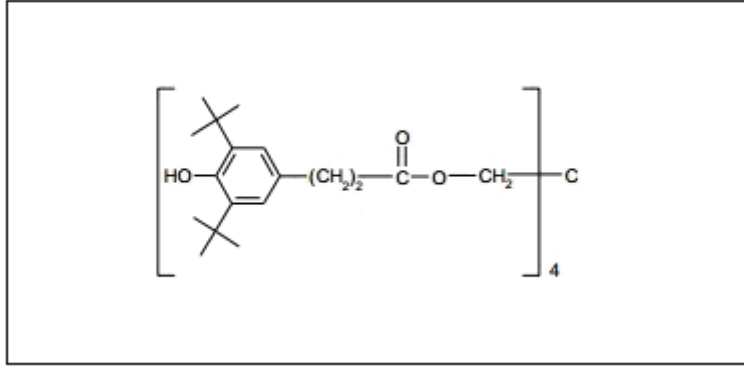
Polimer karışımlarını oksitlenmeye karşı koruyan bir antioksidandır. Ayrıca aşırı sıcaklığa kalınması durumunda kızarma, kararma ve renk değişimine karşı mükemmel bir koruma sağlayan özelliklerinden dolayı karışımda kullanılmıştır. Antioksidant olarak kullanılan Irgafos 168'in kimyasal yapısı Şekil. 3.2'de verildi. Bu molekül 1,15 g/cm³ yoğunluğa 120 °C erime derecesi özelliklerine sahiptir. Erime derecesi 185 °C 'dir.



Şekil 3.2 : Antioksidant (Irgafos 168) kimyasal yapısı

Antioksidant ve Isı Stabilizatörü (IRGANOX 1010)

Polimer karışımlarının fazla ısıya maruz kalmasına bağlı renk bozunmasını önler, termo-oksitatif koruma sağlar. PP, PE, EVA,PVC, ABS , SBS, SEBS, EPM ve EPDM gibi diğer sentetik kauçuklar, yapıştırıcılar, doğal ve sentetik yapıştırıcı reçinelerde antioksidan ve ısı stabilizatörü olarak kullanılmaktadır. Antioksidant ve ısı stabilizatörü olarak kullanılan Irganox 1010'un kimyasal yapısı Şekil. 3.3'te verildi. Bu molekül 1,15 g/cm³ yoğunluğa 120 °C erime derecesi özelliklerine sahiptir.



Şekil 3.3 : Antioksidant ve ısı stabilizatörü (Irganox 1010) kimyasal yapısı

3.2 Cihazlar

Mekanik Karıştırıcı (Aglomer)

PP, odun talaşı, antioksidan, ısı stabilizatörleri, MAPP ve parafinik yağın birbirine homojen karışımı Şekil 3.4'te gösterilen, Apesan firmasında bulunan Lema Makine marka, çift bıçaklı karıştırıcıda gerçekleştirildi.



Şekil 3.4 : Mekanik karıştırıcı (Aglomer)

Ekstrüzyon Makinesi

Numunelerin hepsi Apesan firmasında bulunan Lema Makine marka, tek vidalı ve karıştırma hatveli ekstruderde gerçekleştirildi. Ekstruder makinesi Şekil 3.5'te gösterildi.



Şekil 3.5 : Karışımlarda kullanılan ekstruzyon makinesi

Enjeksiyon Makinesi

Tüm numunelerin basımı Apesan firmasında mevcut olan Permak Makina marka 30 Ton'luk enjeksiyon makinesinde gerçekleştirildi Enjeksiyon makinesi Şekil 3.6'da gösterildi.



Şekil 3.6 : Enjeksiyon makinesi

Akışkanlık Test Cihazı (MFI)

Granül hale getirilmiş numunelerin akışkanlık testleri Apesan firmasında PRECISION marka XRL-400 model Şekil 3.7'de gösterilen MFI cihazı ile gerçekleştirildi.



Şekil 3.7 : MFI cihazı

Çekme-Kopma Test Cihazı

Tüm numunelere çekme-kopma testleri Apesan firması laboratuvarlarında bulunan GLK marka çekme test cihazında gerçekleştirildi. Çekme-kopma test cihazı Şekil 3.8'de gösterildi.



Şekil 3.8 : Çekme-kopma test cihazı

Sertlik Cihazı

Enjeksiyonda kalıplanmış numunelerin sertlik testleri Apesan firmasında bulunan LAC-J marka sertlik test cihazıyla gerçekleştirildi. Sertlik cihazı Şekil 3.9'da gösterildi.



Şekil 3.9 : Sertlik Cihazı

TGA (Termogravimetrik analiz) Cihazı

Numunelerin TGA değerlerinin tayini için, Yalova Üniversitesi laboratuvarında bulunan TGA test cihazı kullanıldı. TGA cihazı Şekil 3.10'da gösterildi.



Şekil 3.10 : TGA cihazı

DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) Cihazı

Numunelerin termal (Tg ve Tm) değerlerinin tayini için, Yalova Üniversitesi laboratuvarında bulunan DSC test cihazı kullanıldı. DSC cihazı Şekil 3.11'de gösterildi.



Şekil 3.11 : DSC cihazı

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Cihazı

Numunelerin morfolojik özelliklerinin incelenmesi, TÜBİTAK - MAM Gebze Laboratuvarında bulunan JOEL marka JSM-6510-LV model SEM cihazı ile gerçekleştirildi. SEM cihazı Şekil 3.12'de gösterildi.



Şekil 3.12 : SEM cihazı

Sürtünme Test Cihazı

Hazırlanan tüm numunelerin sürtünme testi, Apesan firması laboratuvarında bulunan İvizler Makina marka sürtünme test cihazıyla yapıldı. Sürtünme test cihazı Şekil 3.13'te gösterildi.



Şekil 3.13 : Sürtünme test cihazı

Yoğunluk Test Cihazı

Ekstrüderle işlemeyle elde edilen PP/OT karışımı granüllerin yoğunluk testleri Apesan firmasında bulunan MatsuHaku MH-300DR marka marka yoğunluk ölçüm kitiyle gerçekleştirildi. Odun talaşı ve PP harici diğer kompozit katkılarının tartımı bu cihazda 0,005 gram hassasiyetle yapıldı. Yoğunluk test cihazının resmi Şekil 3.14'te gösterildi.



Şekil 3.14 : Yoğunluk ölçer

Elektronik Hassas Tartım Cihazı

Bu çalışmada kullanılan odun talaşı ve PP'nin tartım işlemleri, Apesan firmasında bulunan Dikomsan marka KD-KC 300 model 0,01 gr hassasiyetli ve Şekil 3.15'te gösterilen elektronik tartı ile gerçekleştirildi.



Şekil 3.15 : Elektronik tartı

3.3 PP/Odun Talaşı Karışımlarının Hazırlanıp Ekstrüde Edilmesi

PP- Odun Talaşı , Lema Makina marka, tek vidalı ve karıştırıcı hatveli, L/D oranı 40 olan ekstrüderde yapıldı. İlk olarak Tablo da belirtilen karışımlar uygun oranlarda hassas terazide tartıldı. Tartımlarda PP ve OT miktarları 3 kg ve üzeri miktarlarda olduğu için bu tartımlarda 0,1 gram hassasiyetli elektronik tartı kullanıldı. Kompozit içeriğindeki diğer (Irganox 168, Irgafos 1010, Parafinik yağ, MAPP ve Kalsiyum Stearat) katkıları 0,005 gram hassasiyetli yoğunluk ölçüm kiti terazisinde tartıldı. Tartılan bu karışım çift bıçaklı aglomer makiesinde 700 dev/dak. hızla 10 dak. karıştırıldı.

Karışım özellikler PP ve Odun Talaşının birbiri üzerindeki etkisi ve girilen diğer bileşenlerin kolay değerlendirilmesi bakımından önce birbirine oransal bir çalışmayla hesaplanmıştır (PP/OT: 90/10, 80/20, 70/30, 55/45 gibi değerlerle). Karışım oranları Çizelge 3.2 , 3.3 ve 3.4'te verildi. Diğer katkıları bu karışımın toplam ağırlığına % oransal olarak girilmiştir. PP/Odun Talaşı Karışımının Ekstrüzyon Şartları Çizelge 3.5 'de verildi.

Çizelge 3.2 : Çalışılan deney gruplarının (A, B,) katkıları ve oranları

	A Deneyi			B Deneyi	
	PP/OT :90 / 10	% Miktar		PP/OT :80 / 20	% Miktar
	Katkılar			Katkılar	
A1	Irganox 168	0,5	B1	Irganox 168	0,5
	Irgafos 1010	0,5		Irgafos 1010	0,5
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
A2	Irganox 168	1	B2	Irganox 168	1
	Irgafos 1010	1		Irgafos 1010	1
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
A3	Irganox 168	3	B3	Irganox 168	3
	Irgafos 1010	3		Irgafos 1010	3
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
A4	Irganox 168	5	B4	Irganox 168	5
	Irgafos 1010	5		Irgafos 1010	5
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1

Çizelge 3.3 : Çalışılan deney gruplarının (C, D) katkıları ve oranları

	C Deneyi			D Deneyi	
	PP/OT :70 / 30	% Miktar		PP/OT :55 / 45	% Miktar
	Katkılar			Katkılar	
C1	Irganox 168	0,5	D1	Irganox 168	0,5
	Irgafos 1010	0,5		Irgafos 1010	0,5
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
C2	Irganox 168	1	D2	Irganox 168	1
	Irgafos 1010	1		Irgafos 1010	1
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
C3	Irganox 168	3	D3	Irganox 168	3
	Irgafos 1010	3		Irgafos 1010	3
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
C4	Irganox 168	5	D4	Irganox 168	5
	Irgafos 1010	5		Irgafos 1010	5
	MAPP	3		MAPP	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1

Çizelge 3.4 : E ve F grubu bileşen içerikleri

	E Deneyi			F Deneyi	
	PP/OT : 80/20	%		PP/OT : 80/20	%
	Katkılar	Miktar		Katkılar	Miktar
E1	Irganox 1010	0,5	F1	Irganox 1010	0,5
	Irgafos 168	0,5		Irgafos 168	0,5
	MAPP	0		Libaid-T2	0,5
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
E2	Irganox 1010	1	F2	Irganox 1010	1
	Irgafos 168	1		Irgafos 168	1
	MAPP	0		Libaid-T2	1
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
E3	Irganox 1010	3	F3	Irganox 1010	3
	Irgafos 168	3		Irgafos 168	3
	MAPP	0		Libaid-T2	3
	Parafinik Yağ	3		Parafinik Yağ	3
	Kalsiyum Stearat	1		Kalsiyum Stearat	1
E4	Irganox 1010	5			
	Irgafos 168	5			
	MAPP	0			
	Parafinik Yağ	3			
	Kalsiyum Stearat	1			

Çizelge 3.5 : PP/odun talaşı karışımının ekstruzyon şartları

PARAMETRELER	A	B	C	D	E	F
	GRUBU	GRUBU	GRUBU	GRUBU	GRUBU	GRUBU
KOVAN 1	150	150	150	150	150	150
KOVAN 2	170	170	170	170	170	170
KOVAN 3	180	180	180	180	180	180
KAFA SICAKLIĞI	185	185	185	185	185	185
VİDA DEVRİ/DK.	200	200	200	200	200	200
KAPASİTE (Kg/h)	25	25	25	25	25	25
BASINÇ (bar)	10	10	12	12	10	10

3.4 PP/Odun Talaşı Karışım Test Numunelerinin Enjeksiyonda Kalıplanması

Permak marka 30 TON'luk enjeksiyon makinesinde ISO 294'e uygun olarak çekme, darbe ve sertlik deneylerini yapabilmek için test plakaları enjeksiyonda basıldı ve enjeksiyon kalıplama şartları Çizelge 3.6'da verildi. Test plakaları çapaksız ve eksiksiz olanlardan 8 'er adet olarak alındı. Bu numunelerin en iyi 4 adeti seçilerek testler bu numuneler üzerinde yapıldı.

Çizelge 3.6 : PP/ahşap tozu karışımının enjeksiyonda kalıplama şartları

PARAMETRELER	DEĞERLER
ENJEKSİYON SICAKLIĞI	150-190
ENJEKSİYON BASINCI (bar)	80
KALIPTA BEKLEME SÜRESİ	15 sn

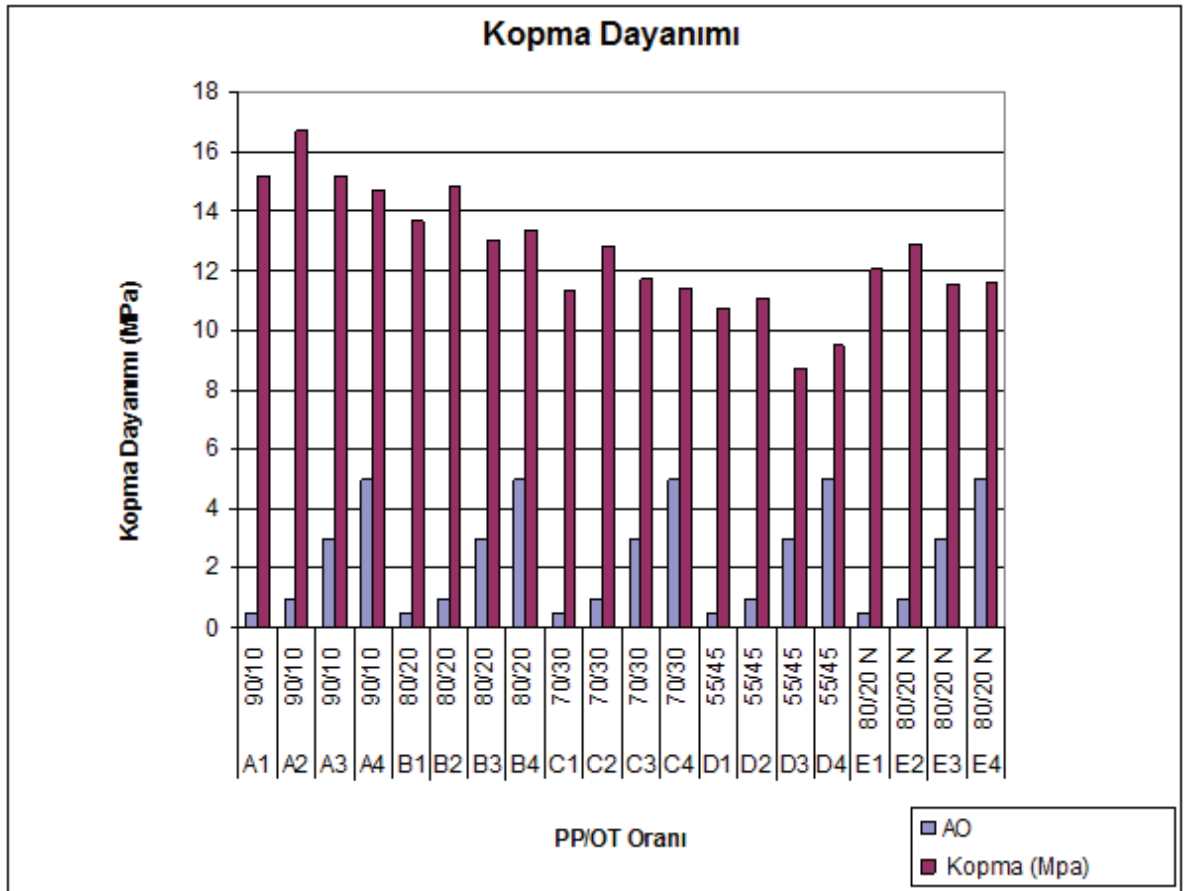
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mekanik Özellikler

4.1.1 Kopma Testi Sonuçları

Tüm numunelerin çekme-kopma testlerinde ASTM D 412 standardına uygun olarak Ön yükleme zamanı 50 sn, ön yük: 1 N/mm², ön yükleme zamanı: 3 m/dak, test hızı: 50 mm/dak. parametreleri sabit tutulmuştur.

Elde edilen kopma dayanımı test değerleri Şekil 4.1'de verildi. Bu elde edilen değerlerde, AO (Antioksidan) varlığında (% 0,5, 1, 3 ,5) kompozit kopma dayanımındaki değişimler elde edilmiştir. Buna göre artışlar ikinci kademe olan AO (antioksidan)'ın % 1 olduğu noktada artış göstermiş ve sonra tekrar azalmaya başlamıştır.



Şekil 4.1 : Deney gruplarının kopma dayanımları

Çizelge 4.1 : Hazırlanan deney gruplarının PP/OT oranlarına bağlı kopma dayanımları

DENEYLER	PP/OT	Kopma (MPa)
A1	90/10	15,21
A2	90/10	16,685
A3	90/10	15,195
A4	90/10	14,73
B1	80/20	13,7
B2	80/20	14,85
B3	80/20	13,015
B4	80/20	13,325
C1	70/30	11,3
C2	70/30	12,81
C3	70/30	11,695
C4	70/30	11,4
D1	55/45	10,765
D2	55/45	11,08
D3	55/45	8,7
D4	55/45	9,48
E1	80/20 N	12,04
E2	80/20 N	12,9
E3	80/20 N	11,54
E4	80/20 N	11,6
F1	80/20 T-2	14
F2	80/20 T-2	14,4
F3	80/20 T-2	14,9

Çizelge 4.1'de deney gruplarındaki antioksidan (Antioksidan: Irgafos 168 ve Irganox 1010) miktarına bağlı değişimler görülmektedir. Burada görüldüğü gibi % 1 antioksidan varlığı mekanik mukavemet sağlarken, bu oranın artış ve azalışı mekanik değerleri düşürmektedir.

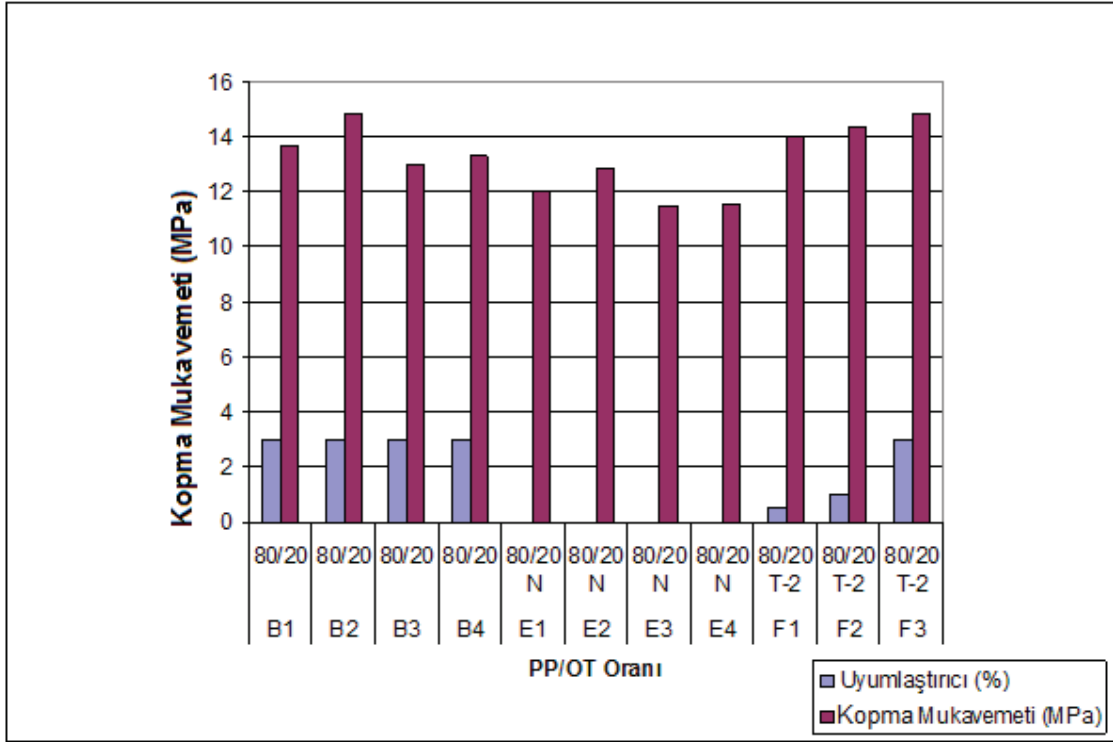
Bu çalışmanın paralelinde oluşturulan % 20'lik oransal değerler baz alınarak yapılan çalışmada MAPP varlığında, MAPP olmadan (E serisi) ve yine bu tür kompozitlerde kullanılan Libaid-T2 katkısıyla (F serisi) oluşturulan karışımların kopma değerleri, uyumlaştırıcı oranlarına bağlı olarak Şekil 4.2 ve Çizelge 4.2'de gösterildi.

Kopma mukavemeti (dayanımı) : Devamlı ve linear fazlalaşan gerilme sonucu malzemenin koptuğu gerilme büyüklüğüne "kopma mukavemeti" adı verilir ve R_m ile gösterilir. [46]

Kopma mukavemeti, bir kompozitin veya polimerin en önemli mekanik değerinin ifadesi olup, gerilme kuvvetine karşı direncinin ölçüsüdür. Bu mekanik değer, polimer veya kompozitin, kullanıldığı yer için uygun olup olmadığı konusunda bize kıyaslama yoluyla bilgi vermektedir.

Çizelge 4.2 : Deney gruplarında uyumlaştırıcı oranları ve kopma dayanım değerleri

DENEYLER	PP/OT	Uyumlaştırıcı (%)	Kopma Mukavemeti (MPa)
B1	80/20	3	13,7
B2	80/20	3	14,85
B3	80/20	3	13,015
B4	80/20	3	13,325
E1	80/20 N	0	12,04
E2	80/20 N	0	12,9
E3	80/20 N	0	11,54
E4	80/20 N	0	11,6
F1	80/20 T-2	0,5	14
F2	80/20 T-2	1	14,4
F3	80/20 T-2	3	14,9



Şekil 4.2 : Deney gruplarında uyumlaştırıcı oranına bağlı kopma dayanım grafiği

Tüm bu kopma değerlerine bakıldığında; Şekil 4.2'de görüldüğü gibi deney gruplarında uyumlaştırıcı oranına bağlı kopma dayanımları değerleri, en düşük 8,7 MPa ve en yüksek 16,6 MPa kopma mukavemetine sahiptir. Ayrılmış ve arkadaşlarının "Ahşap Plastik Kompozitlerde Brinel Sertlik değeri ve Kopma Mukavemeti Korelasyonları" adlı [47] incelemesinde, yukarıdaki kopma değerlerinden çok daha yüksek olan değerler elde edilmiştir.

Bunlar:

Ağırlıkça % 30 odun talaşı (% 50 kayın % 50 çam ve nem %1'den az), % 70 PP % 3 MAPP (Kullanılan MAPP'de MA oranı % 1,6-2,5) ile 26,92 MPa değere ulaşılmıştır. Bununla birlikte aynı karışimsal yapıda ağırlıkça % 40 odun talaşında % 3 MAPP ile 32,51 MPa ve % 50 odun talaşında % 3 MAPP ile 25,76 MPa kopma dayanımı elde edilmiştir. [47]

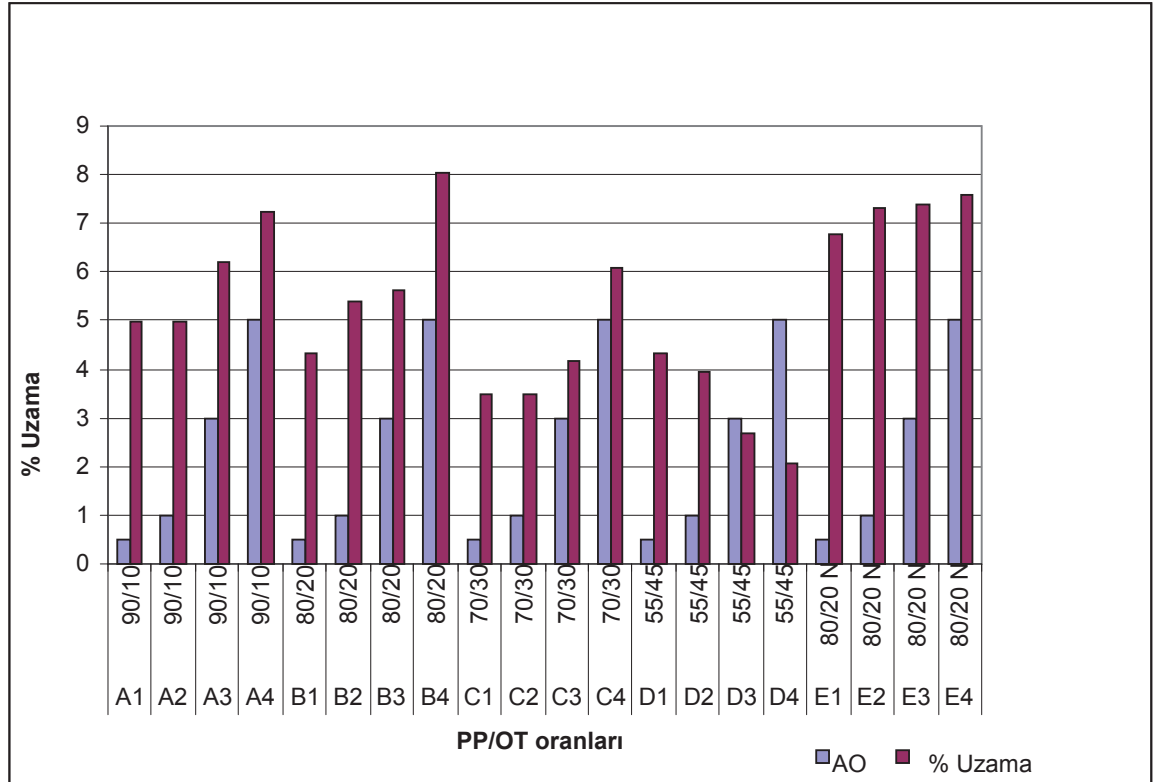
Yaptığımız çalışmadan farklı değerleri oluşturan nedenler ; aynı oranda kullanılmasına karşın bağlayıcı olarak kullanılan MAPP'nin içeriğindeki MA oranı, çalışmamızda % 1 iken yukarıda bahsedilen çalışmada % 1,6-2,5 olarak verilmektedir. Yani daha fazla bağlanma noktası teşkil etmektedir ki bu sebeple daha çok bağlanan moleküler yapının mukavemeti de daha üst derecelere ulaşmaktadır.

Bununla birlikte, yaptığımız çalışmada kullanılan odun talaşı ortalama % 1 civarı nem (% 0,98 - 1,05 - 1,09 gibi) içeriğinde bulunmakta olup yukarıda belirtilen çalışmada bu nem değerleri % 1'in altında olduğu belirtilmektedir. Kompozit bünyesinde nemin ekstruzyon işleminde odun talaşı ve polimer arasında birleşme yüzeylerinde ayrılma oluşturduğu yönünde Şekil 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24 'deki SEM analizlerinde herhangi bir durum tespit edilmemiştir.

Myers ve arkadaşları'nın [14] yaptığı çalışmanın literatür taramasında elde ettiğimiz bilgilerinde, yapılan çalışmalarda takviye malzemesi olarak kullanılan odun talaşı tozlarının miktarının ve ekstruzyon sıcaklığının artması odun talaşının kırılmalıklarının artmasında ve neticede darbe dayanımında bir azalmaya neden olacağı sonucuna vardılar. Bu çalışmamızda ise PP/OT oranının 55/45 olduğu aşamada, mekanik özelliklerde (kopma mukavemeti) hızlı bir düşüş yaşanmış olup, yapılan bu araştırmayı desteklemektedir.

4.1.2 Uzama Testi Sonuçları

Ahşap kompozit çalışma gruplarının % uzama grafiği Şekil 4.3'te gösterildi ve antioksidan içeriğine bağlı % uzama özelliğinde artış gözlenmiştir.



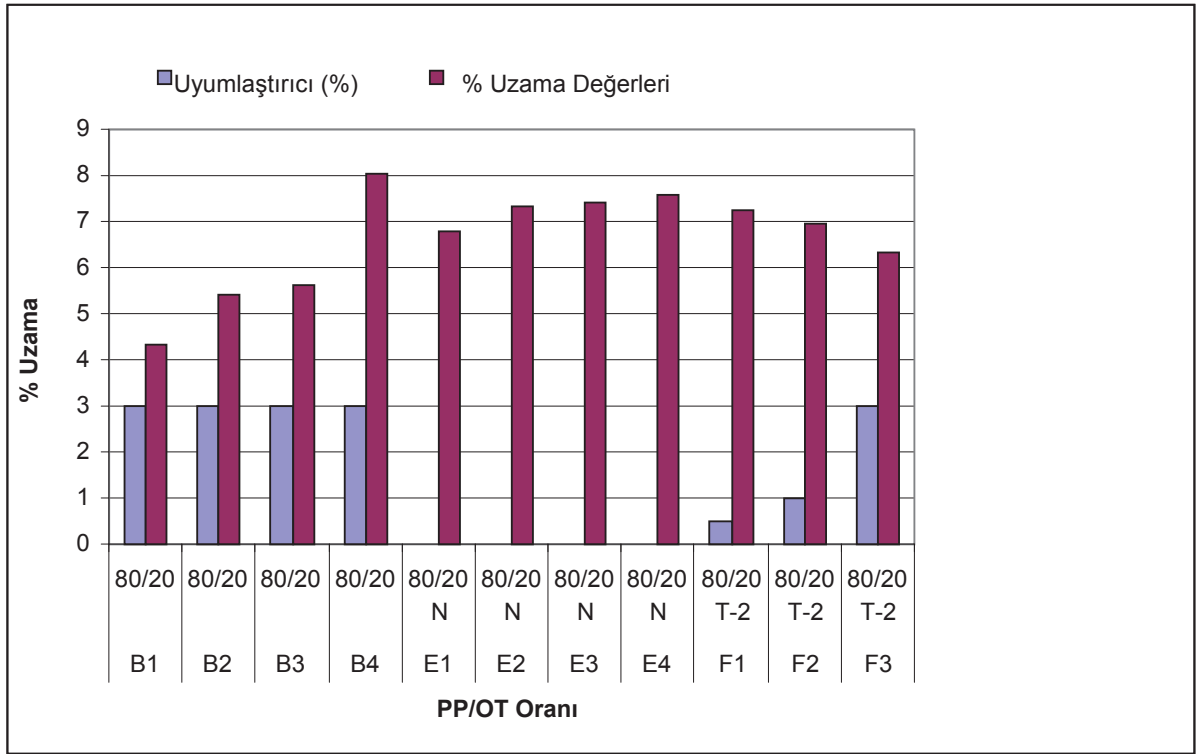
Şekil 4.3 : Deney gruplarının % uzama grafikleri

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, aynı oranlı odun talaşı-PP kompozitte (D parametresi hariç: OT/PP = 45/55), yukarıdaki uzama testi grafiğinde görüldüğü gibi, antioksidant (AO) girilen miktarlardaki artışa karşılık benzer şekilde de malzemenin uzadığı görülmektedir. Bu durumda ahşap plastik kompozitlerde % uzama ile malzeme bünyesinde koruyucu olarak kullanılan antioksidantlar arasında doğru bir orantı olduğu düşünülebilmektedir.

Polimer-odun talaşı ara yüzeylerinde birbirine tutunan bölümlerin bu katkıları tarafından korunup yanma ve gaz oluşumunu engellediği ve buna göre bağlanan ara yüzeylerde sağlıklı köprülerin oluşumuyla üründe elastikiyet oluşturduğu sonucu da ortaya konmaktadır. Bu çalışmanın paralelinde % uzama verileri üzerinde uyumlaştırıcı etkisine yönelik yapılan B, E ve F deney gruplarının sonuçları Çizelge 4.3'de verildi. Şekil 4.4'te uyumlaştırıcı ve antioksidan varlığında ahşap kompozitlerin % uzama grafiği verildi.

Çizelge 4.3 : Deney gruplarının uyumlaştırıcı oranlarına bağlı % uzama değerleri

DENEYLER	PP/OT	Uyumlaştırıcı		Uzama Değerleri %
		(%)- AO		
B1	80/20	3	0,5	4,325
B2	80/20	3	1	5,4
B3	80/20	3	3	5,625
B4	80/20	3	5	8,025
E1	80/20 N	0	0,5	6,775
E2	80/20 N	0	1	7,325
E3	80/20 N	0	3	7,4
E4	80/20 N	0	5	7,6
F1	80/20 T-2	0,5	0,5	7,26
F2	80/20 T-2	1	1	6,955
F3	80/20 T-2	3	3	6,345



Şekil 4.4 : Deney gruplarında uyumlaştırıcı varlığında % uzama grafiği

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere; öncelikle (PP/OT =80/20) birinci grup (B grubu) çalışmasında, aynı oranlı uyumlaştırıcı (% 3 MAPP) olmasında karşın antioksidant oranının artışı, aynı şekilde % uzamayı da artırmaktadır. Uyumlaştırıcı girilmeyen E serisi çalışmada ise, uyumlaştırıcılı (B) gruba göre daha yüksek uzama değerleri elde edildiği görülmektedir. Burada da, uyumlaştırıcının kompozit bünyesinde odun talaşı ve polimer ara yüzeyinde daha çok tutunma sağladığı için kompozitin % uzamasını engellediği-düşürdüğü düşünülmektedir.

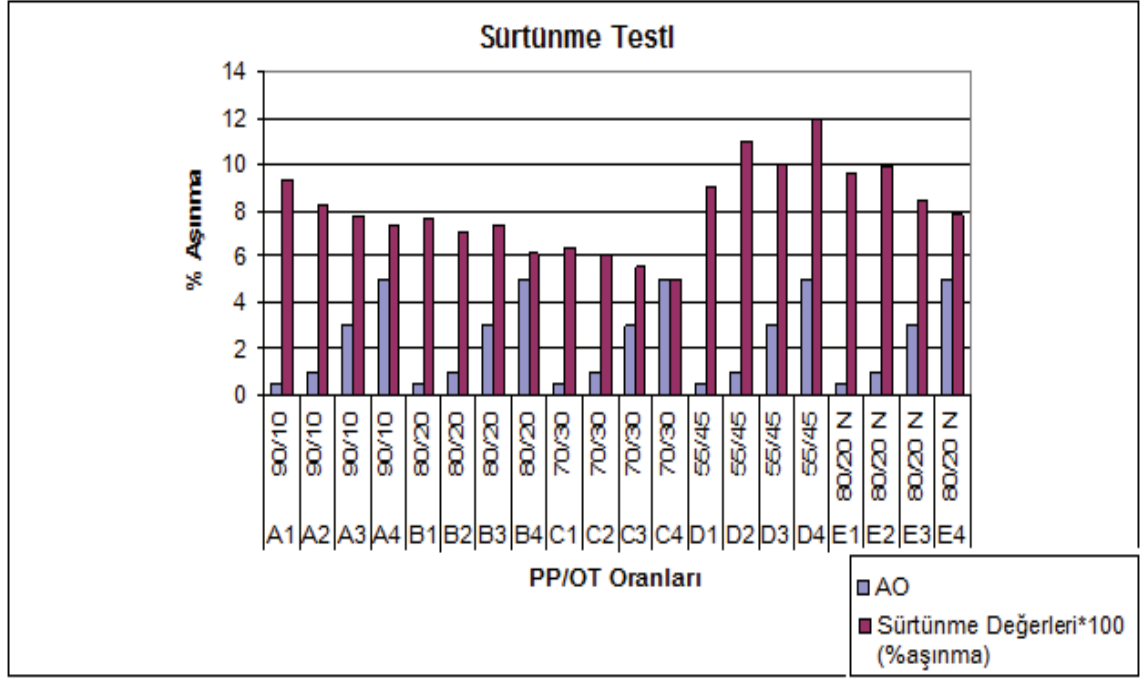
Benzer şekilde, uyumlaştırıcısı değiştirilen (MAPP yerine Libaid-T2 girilen) F grubu çalışmada ise; doğru oranlı antioksidant girildiği halde belli bir % uzama azalması görülmektedir. Burada da yine, uyumlaştırıcı olarak girilen Libaid-T2'nin odun talaşı-polimer ara yüzeyinde daha çok bağlanmayı sağladığı için kompozitin uzamasını engellediği düşünülmektedir. Yani, aradaki bağ ne kadar sağlam olursa, ne kadar birbirine bağlanmış bir yapı meydana getirilirse, % uzama da o oranda azalmaktadır.

4.1.3 Sürtünme Test Sonuçları

Yapılan sürtünme testi özellikleri; devir sayısı 40 rpm, yük; 2,5-10 N (ayarlanabilir), numune ilerleme hızı; 4,2 mm/devir, deney yolu; 80 metre olup sonuçlar Çizelge 4.4'te gösterildi.

Çizelge 4.4 : Deney gruplarının antioksidan içeriklerine bağlı sürtünme değerleri

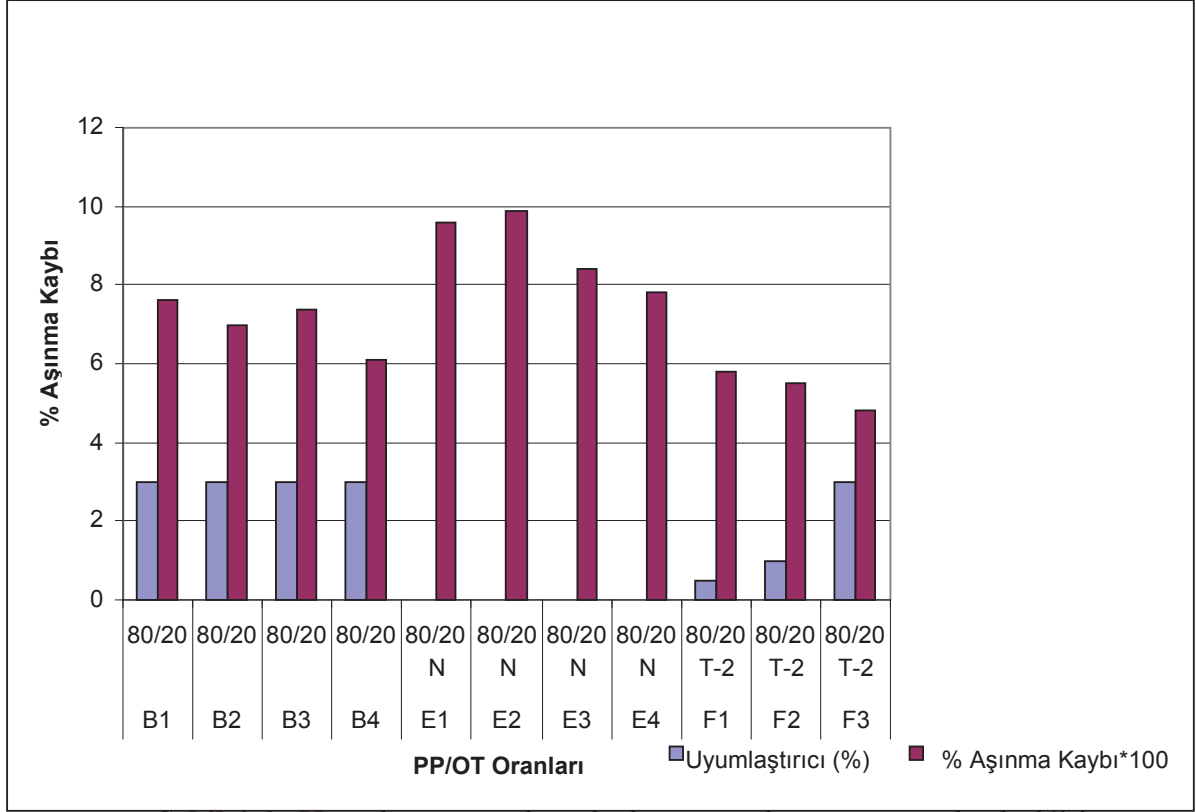
DENEYLER	PP/OT	AO	Sürtünme Değerleri (% aşınma)
A1	90/10	0,5	0,093
A2	90/10	1	0,082
A3	90/10	3	0,077
A4	90/10	5	0,074
B1	80/20	0,5	0,076
B2	80/20	1	0,07
B3	80/20	3	0,074
B4	80/20	5	0,061
C1	70/30	0,5	0,064
C2	70/30	1	0,06
C3	70/30	3	0,055
C4	70/30	5	0,05
D1	55/45	0,5	0,09
D2	55/45	1	0,11
D3	55/45	3	0,1
D4	55/45	5	0,12
E1	80/20 N	0,5	0,096
E2	80/20 N	1	0,099
E3	80/20 N	3	0,084
E4	80/20 N	5	0,078



Şekil 4.5 : Deney gruplarının PP/OT oranına bağlı sürtünme test grafiği

Sürtünme testinde antioksidant etkisi incelenmiş olup test grafiği Şekil 4.5'te gösterildi.

Şekil 4.5'te de görüldüğü üzere antioksidan artışlarına bağlı aşınma miktarlarının azaldığı görüldü. Yani antioksidan artışına bağlı aşınma dayanımının arttığı gözlemlendi. Uyumlaştırıcı varlığında ahşap kompozit çalışma gruplarının aşınma kaybı % değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiş olup bu konuda Bondyram 1001 adlı bağlayıcının herhangi olumlu bir etki görülmemiş olup Libaid-T2 adlı bağlayıcının pozitif etkisi gözlenmiştir.



Şekil 4.6 : Uyumlaştırıcı varlığında deney gruplarının aşınma kaybı %'si.

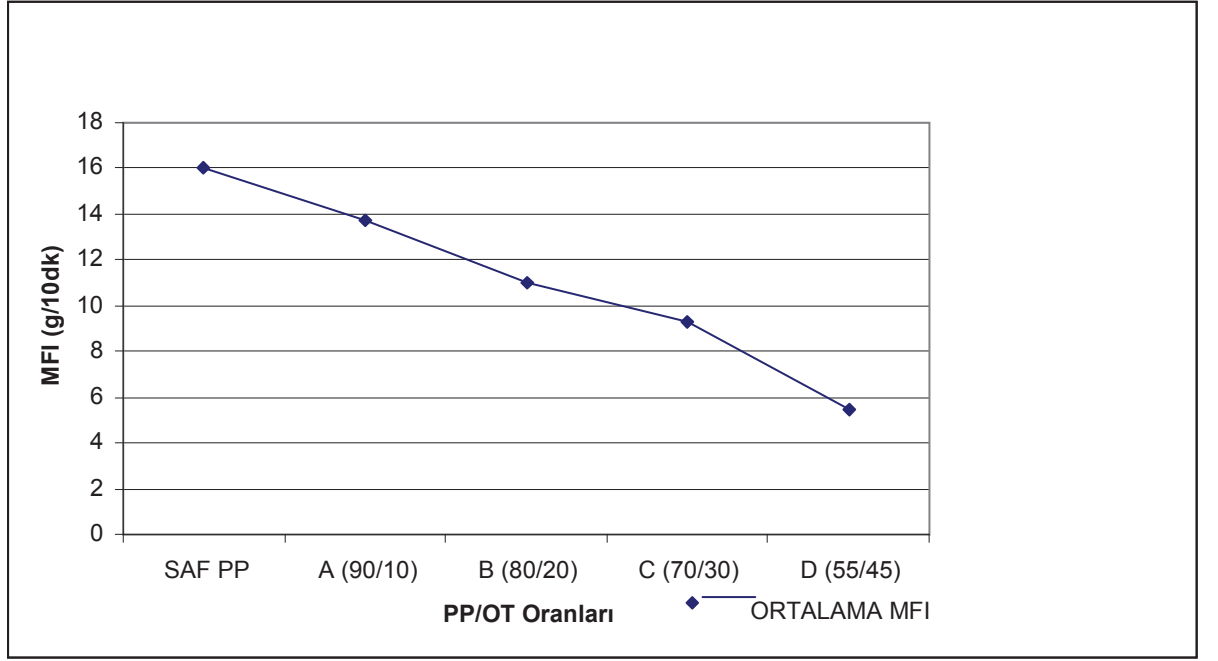
Tüm ürünlerin sertlik testleri ASTM D 2240 test standardına göre yapılmış olup herhangi bir değişiklik elde edilmemiştir ve tüm numune geneli 96-98 Shore D olarak ölçülmüştür.

4.2 Termal Özellikler

4.2.1 Erime akış indisi (MFI)

PP/Odun Talaşı Karışımlarının MFI Değeri

Tüm deney gruplarının talaş içeriğine bağlı MFI değer değişimleri grafiği Şekil 4.7'de verildi. Deney oda koşullarında ISO 1133 standartlarında 230 °C'de ve 2.16 kg ağırlık ile yapılmıştır. Karışımındaki odun talaşı miktarı artışına bağlı kompozit akışkanlığının azaldığı görüldü. Bu değişimin sebebi ise karışıma girilen talaşın akışkan olmamasıdır.



Şekil 4.7 : Talaş içeriğine bağlı MFI değer değişimleri grafiği

Yapılan bu çalışmamıza paralel olarak, "Farklı Oranlardaki Pamuk Atıkları (Telef) İle Desteklenmiş PP Polimerinin Oluşturduğu Kompozit Yapıların Mekanik Ve Akış Özelliklerinin İncelenmesi " adlı bir çalışmada [48] saf selülozdan oluşan pamuk ile PP arası polimerik karışım içeriğinde MFI değerlerinin , karışımdaki pamuk artışına bağlı azaldığı sonucu elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın içeriğindeki saf selüloz içeriğine sahip takviye malzemesinin odun talaşı ile aynı türde malzeme olması çalışmamızdaki sonuçla da örtüşmektedir. Yaptığımız bu çalışmada, polimer matrisi içerisindeki organik takviye malzemesi olan odun talaşı, karışımın akışkanlığı üzerinde ters etkiye sahip olduğu gözlenmiş olmakla birlikte önceki çalışmalar da bu durumu desteklemektedir. Bu durumun aslında, odun talaşının akışkanlık bir yapıya sahip olmaması özelliğinden kaynaklanmaktadır.

4.2.2 Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları

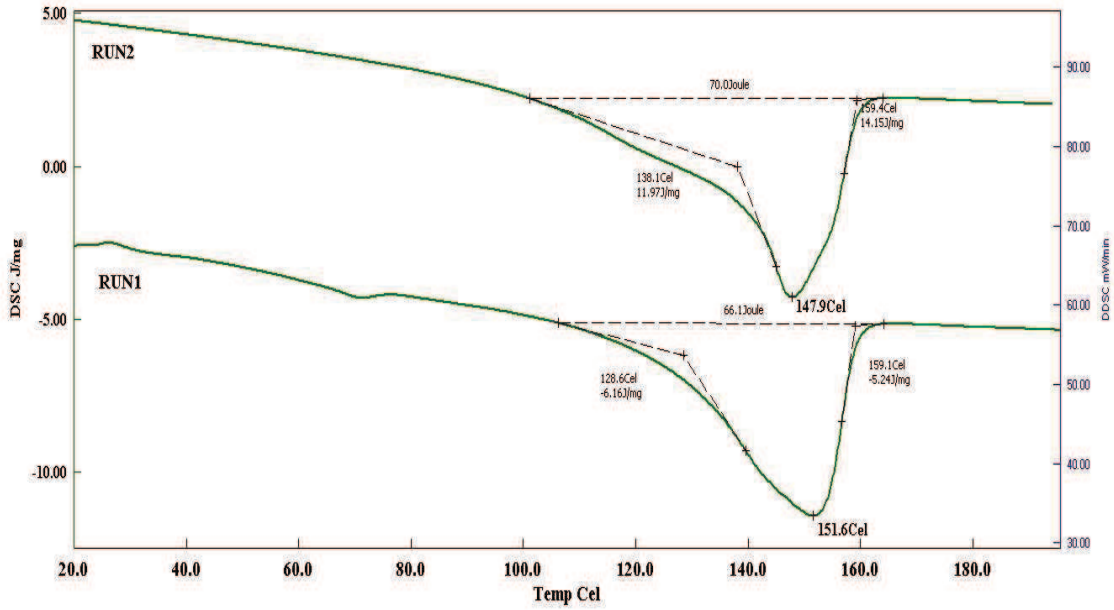
DSC çalışması sonucu PP/Odun Talaşı karışımlarına ait termal değerler Çizelge 4.5'te verildi. DSC test aralığı -50 ile 200 °C arasında yapılmıştır. Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi odun talaşı artışı oranına bağlı Tm değerlerinde çok önemli bir değişim olmadığı görüldü.

Çizelge 4.5 : Deneç grupları ortalama erime dereceleri

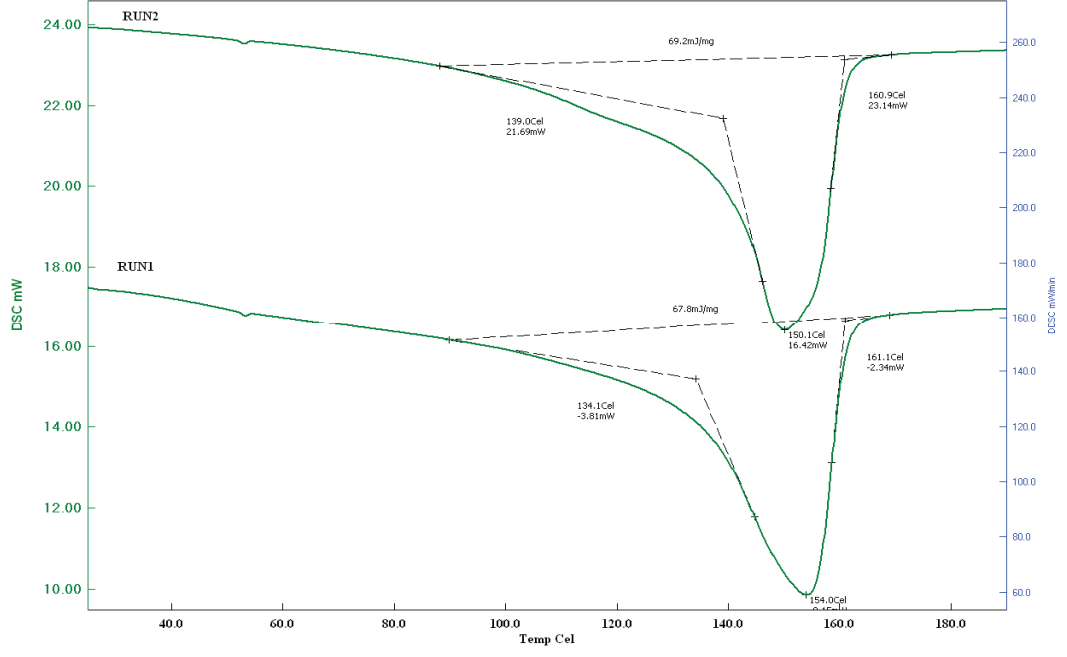
DENEYLER	T _m (°C)
SAF PP	151,1
A (90/10)	151,06
B (80/20)	150,55
C (70/30)	150,44
D (55/45)	150,23

Şekil 4.8 , 4.9 , 4.10 , 4.11 , 4.12 , 4.13, 4.14'te verilen DSC grafiklerinde ahşap kompozit çalışma gruplarının erime noktaları gösterildi.

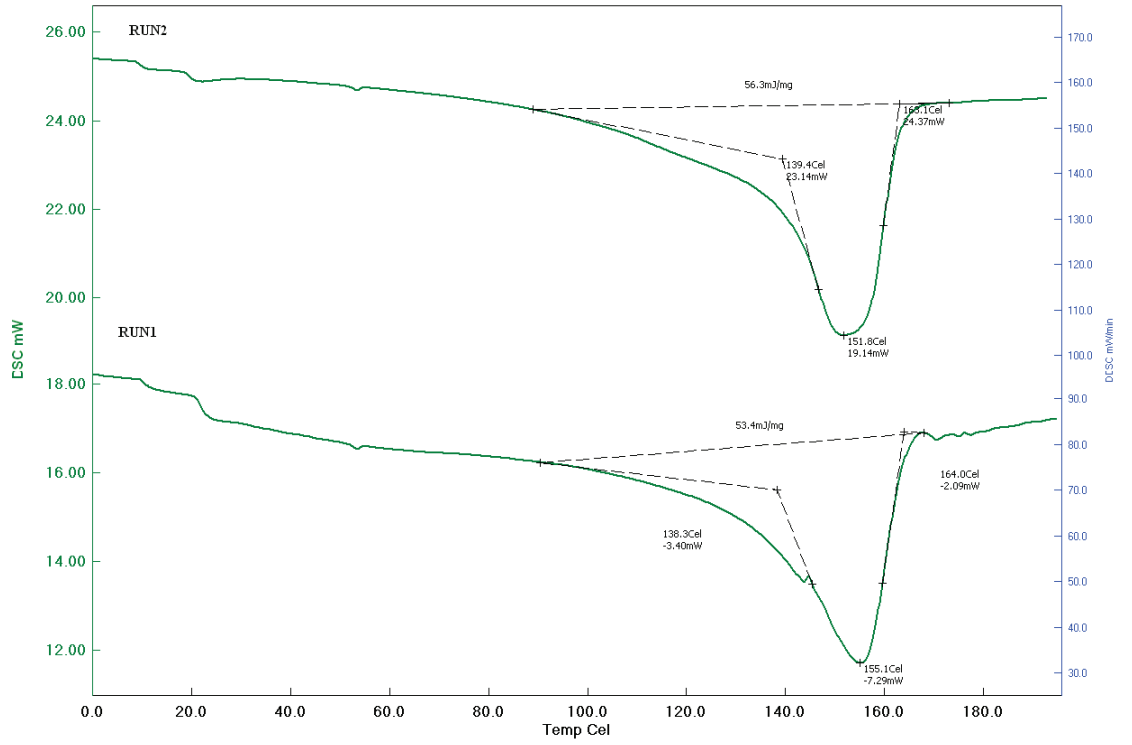
Yapılan çalışmamıza benzer bir çalışmada Biltekin ve arkadaşları [6] tarafından gerçekleştirilmiş olup yaptığımız çalışma ile uygunluk içerisinde olduğu saptandı.



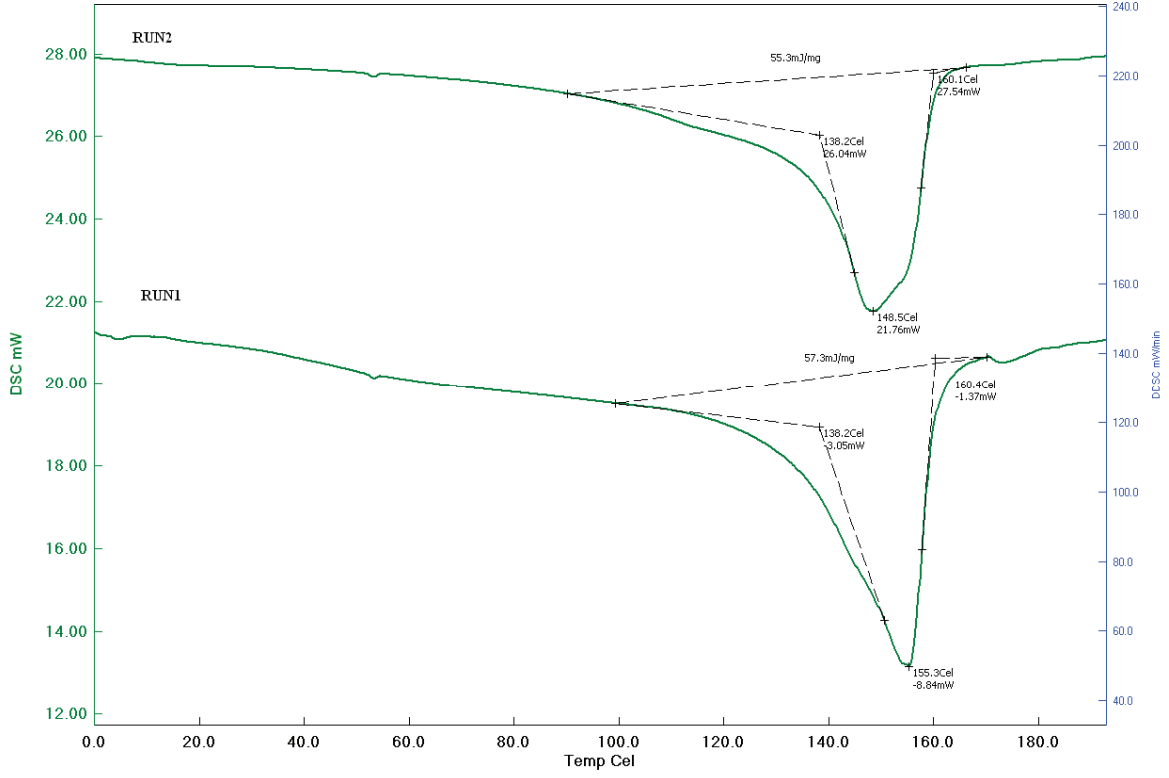
Şekil 4.8 : Saf PP (Polipropilen) DSC grafiği



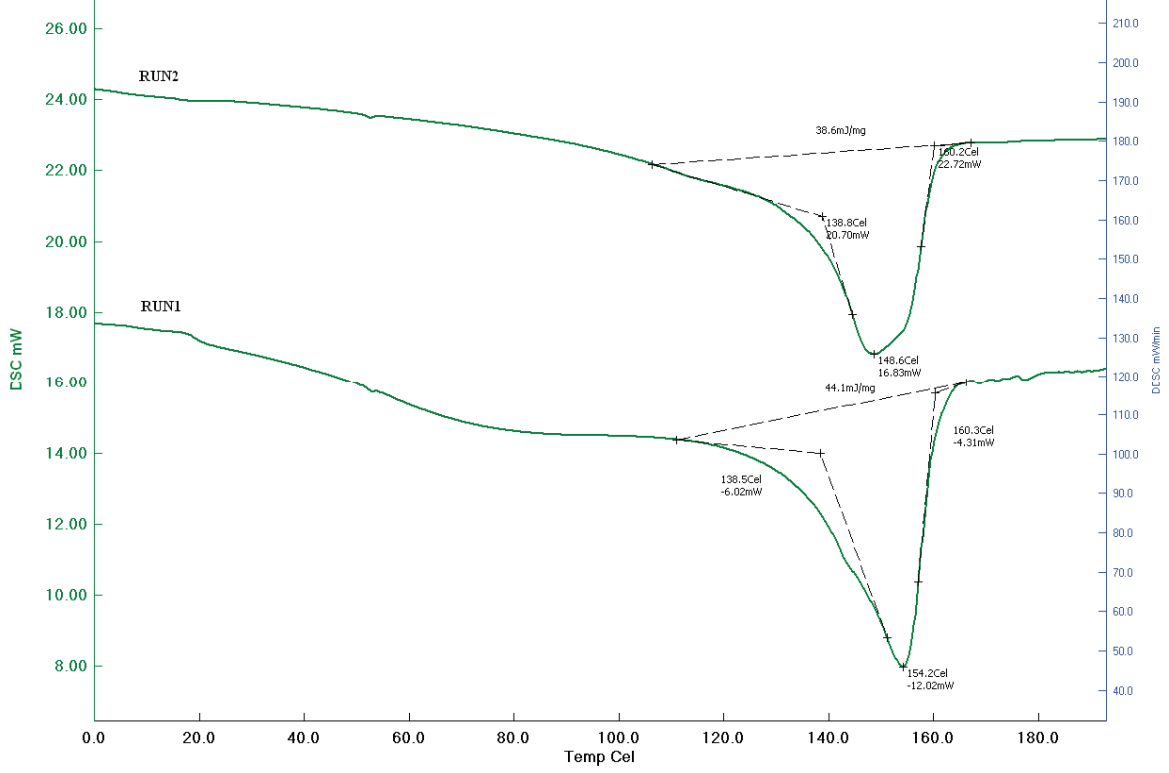
Şekil 4.9 : A serisi (PP/OT : 90/10) DSC grafiği



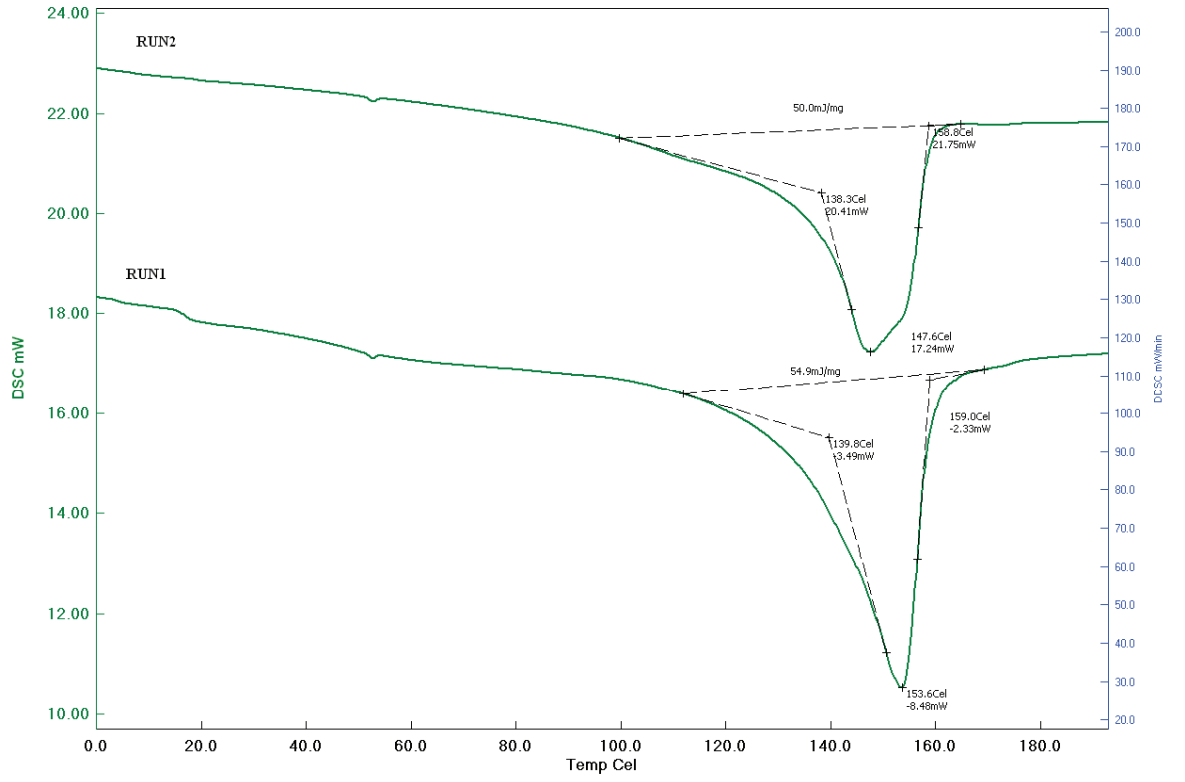
Şekil 4.10 : B serisi (PP/OT : 80/20) DSC grafiği



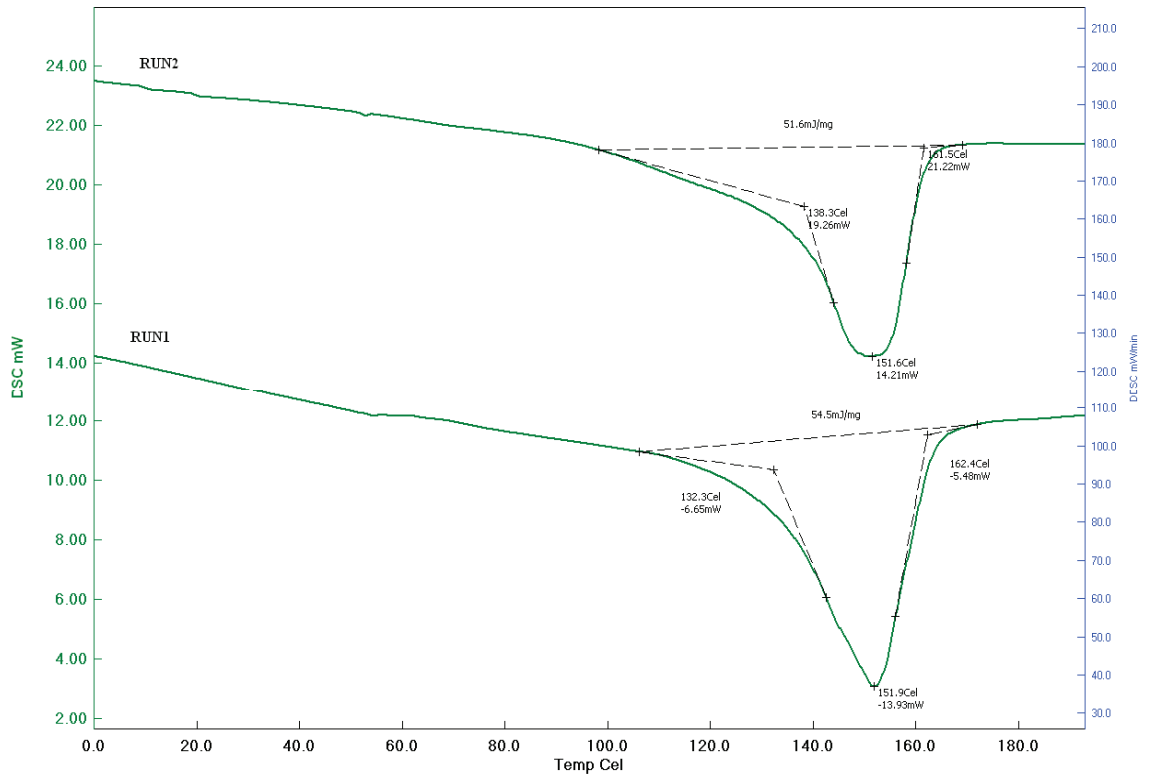
Şekil 4.11 : C Serisi (PP/OT : 70/30) DSC grafiği



Şekil 4.12 : D Serisi (PP/OT : 55/45) DSC grafiği



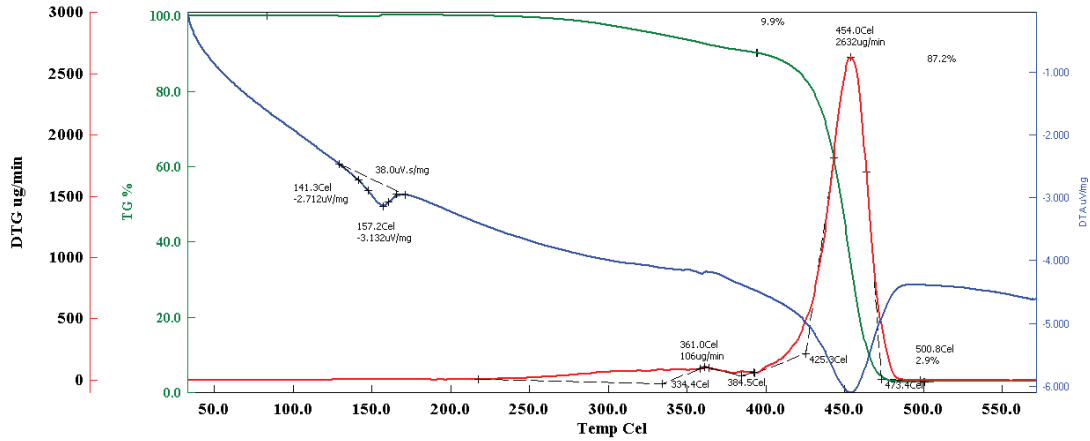
Şekil 4.13 : E Serisi (PP/OT : 80/20) DSC grafiği



Şekil 4.14 : F Serisi (PP/OT : 80/20) DSC grafiği

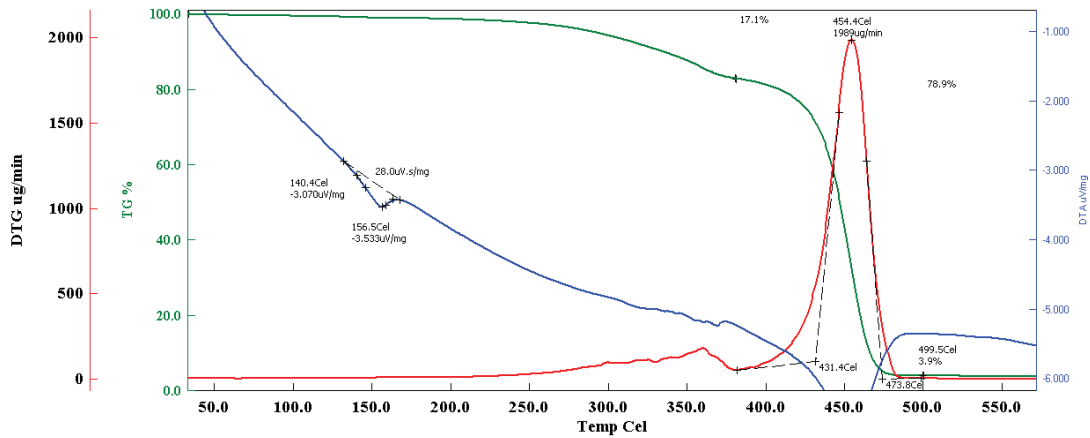
4.2.3 Termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları

Kontrollü ısıtma programına tabi tutulan bir numunenin ağırlığının sıcaklıkla değişiminin ölçüldüğü bir teknik olarak bu ısıtma esnasında kompozit bünyesinde gelişen ağırlık kaybının analizi yapılmıştır. Yapılan bu analiz çalışmasında numuneler dakikada 10 °C artışla 30 °C 'den 600 °C 'ye kadar ısıtıldı ve Şekil 4.14 , 4.15 , 4.16 ve 4.17 'de verilen grafikler elde edildi.

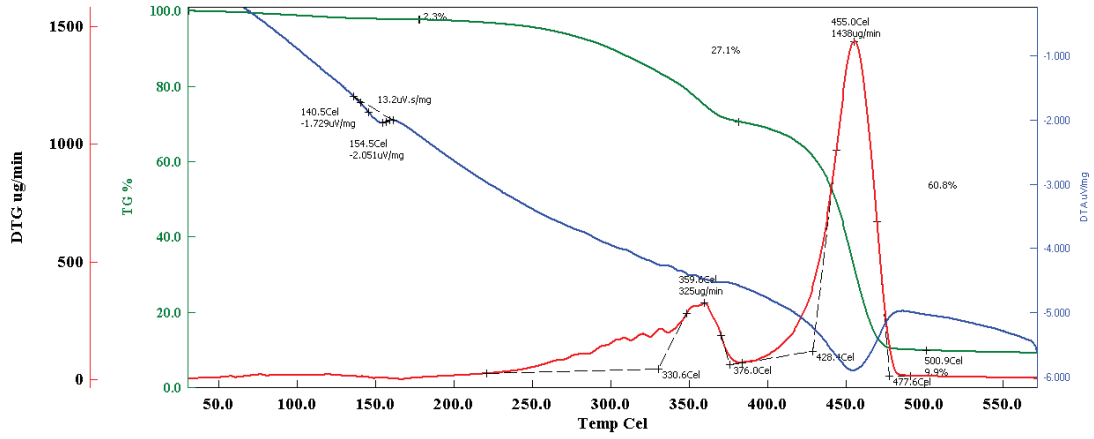


Şekil 4.15 : A serisi (PP/OT : 90/10) TGA grafiği

PP/OT karışım oranının 90/10 şeklinde olduğu A serisi deney gruplarının Şekil 4.15'te verilen TGA analizinde görüldüğü üzere, PP'nin bozunma eğrisinin gösterildiği kırmızı çizgili hatta bozunan miktar % 87,2 olarak ve odun talaşının (OT) bozunma eğrisinin gösterildiği yeşil çizgili hatta ise bozunan miktar % 9,9 olarak görülmektedir. Yapılan bu analizde elde edilen bozunma eğrisi yapılan çalışmanın oransal miktarlarını ve içeriğini doğrulamaktadır.

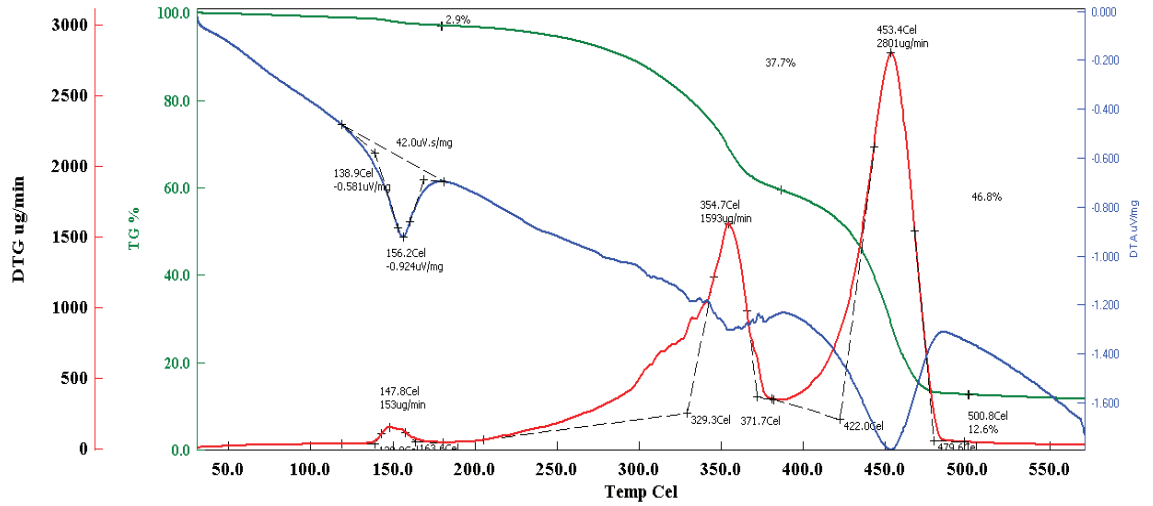


Şekil 4.16 : B serisi (PP/OT : 80/20) TGA grafiği



Şekil 4.17 : C serisi (PP/OT : 70/30) TGA grafiği

Benzer şekilde, PP/OT karışım oranının 80/20, 70/30, 55/45 şeklinde olduğu B, C ve D serisi deney gruplarının Şekil 4.16, 4.17, ve 4.18'de verilen TGA analizlerinde görüldüğü gibi, PP'nin bozunma eğrisinin gösterildiği kırmızı çizgili hatta bozunan miktarlar ile odun talaşının (OT) bozunma eğrisinin gösterildiği yeşil çizgili hatta elde edilen % miktarlar karışımın oransal PP/OT miktarlarıyla örtüşmektedir. Yapılan bu TGA analizlerinin tümü kompozit karışımın oransal miktarlarını ve içeriğini doğrulamaktadır.

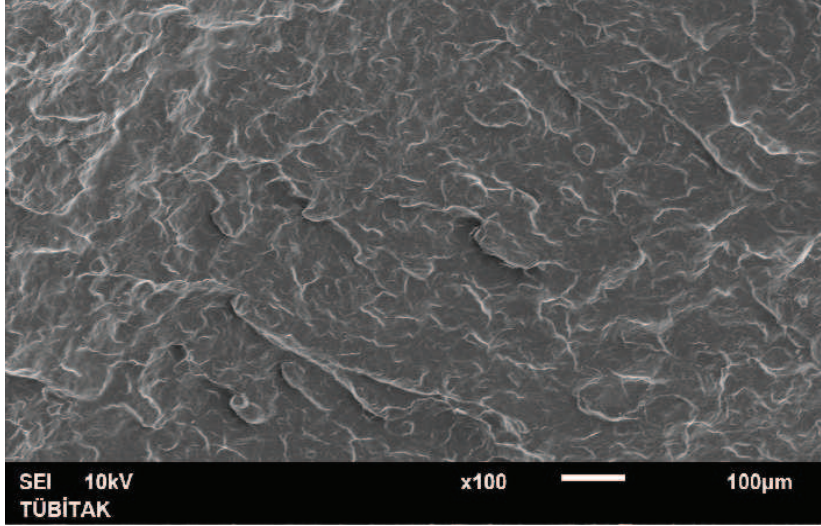


Şekil 4.18 : D serisi (PP/OT : 55/45) TGA grafiği

4.3 Morfolojik Özellikler

PP Polimerleri ve PP/Odun Talaşı karışımlarının mikro yapıları SEM yardımıyla incelendi ve saf PP SEM grafiği şekil 4.19'de gösterildi. Buradaki amaç, PP'nin odun

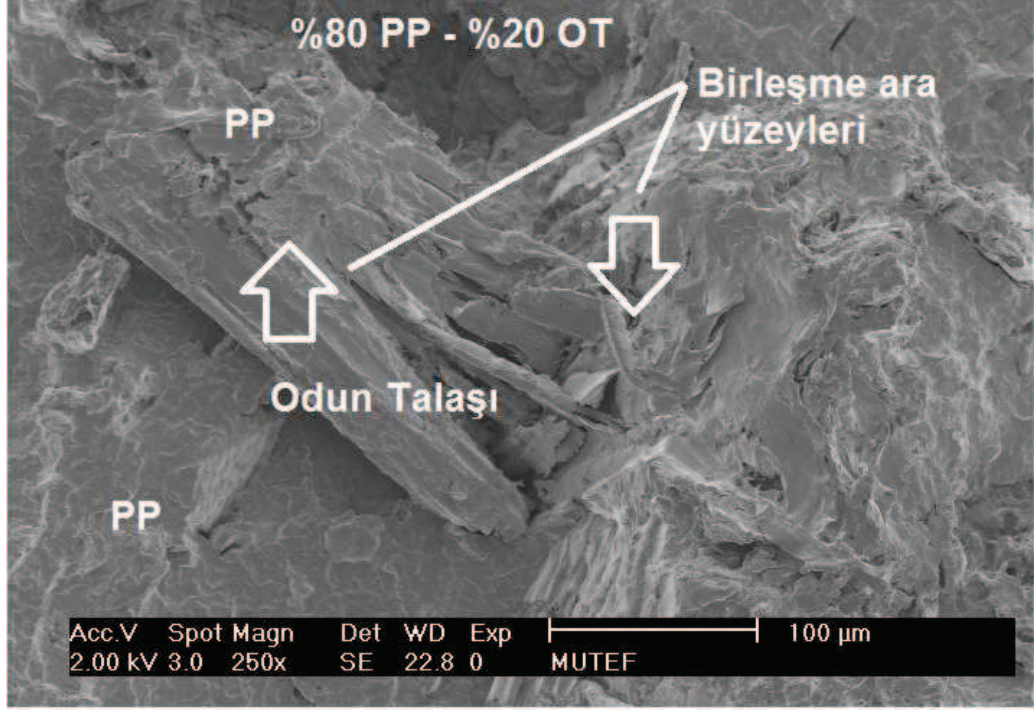
talaşı ile birlikte oluşturduğu kompozit oluşumundan farkını göstermektir. Bu amaçla numune yüzeylerine vakum altında, 40 °A kalınlığında altın kaplandı ve 10 kV'lık gerilim altında çalışan mikroskop kullanıldı. Bu cihaz yardımıyla çekilen fotoğraflardan ahşap kompozitin yapı ve özellikleri arasındaki ilişkiler belirlendi.



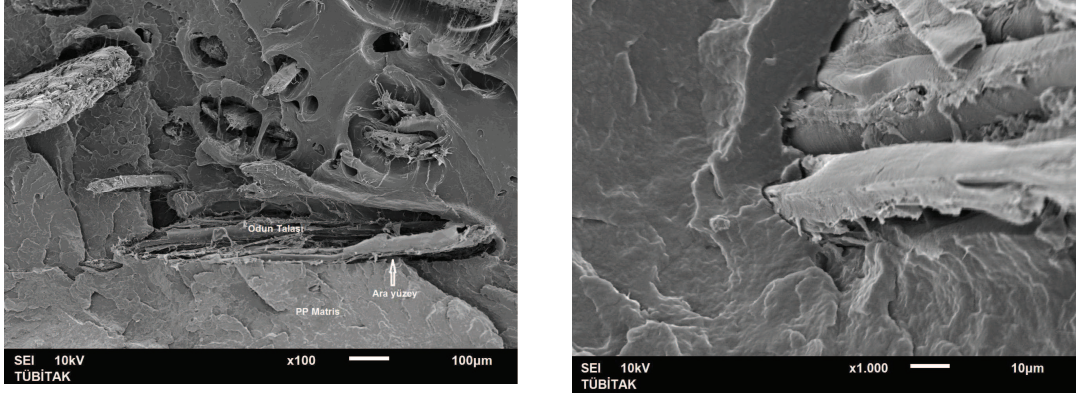
Şekil 4.19 : Saf PP'nin x100 büyütme fotoğrafı.

Şekil 4.20'de alınan bir çalışma örneği grubunun (% 80 PP/% 20 OT) birleşme ara yüzey özelliklerinin görüntüsünü vermektedir. Ahşap kompozit yüzeyde girinti ve çıkıntılarının çok olmadığı, bu yüzey yapısından ahşap kompozitin homojen bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Kompozit içeriğindeki odun talaşının kompozite iyi bir şekilde dağıldığı anlaşılmaktadır.

Yapılan benzer bir çalışmada PP-Odun Talaşı karışımından oluşan bir kompozitte [6] % 7 civarı bir uzama sağladığı ortaya çıkmıştır. Fakat bu benzer çalışmada bağlayıcı olarak kullanılan Kymene adlı bir kimyasal bağdaştırıcı kullanılması sonucu % 20 odun talaşı oranında 27,12 MPa kopma değeri elde edilmiş olup diğer oransal miktarlarda da yüksek değerler elde edilmiştir. Ve bağlayıcı etkisinin yüksekliği SEM analizinde de ortaya konmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi, yaptığımız çalışmadaki kompozit bünyesindeki bağdaştırıcımızın (MAPP) yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır.

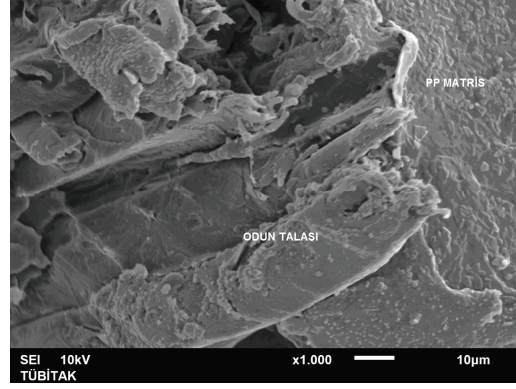
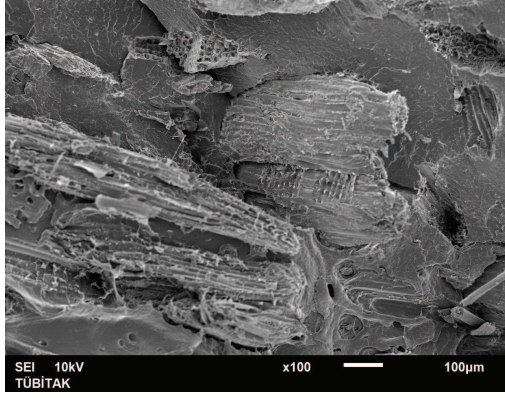


Şekil 4.20 : Benzer çalışma örneği SEM görüntüsü ; PP/OT = 80/20.[40].

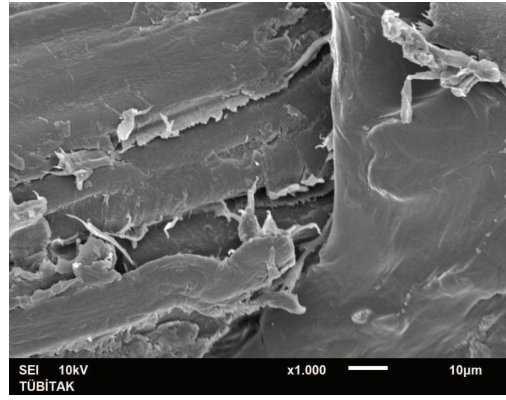
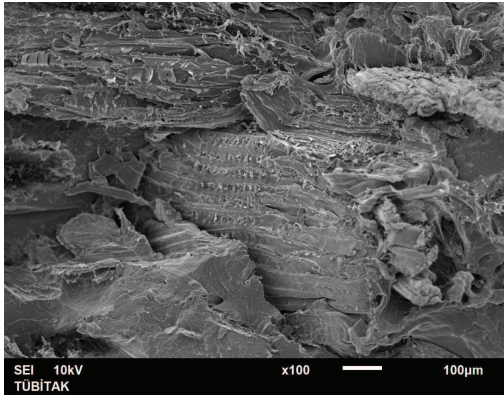


Şekil 4.21 : PP/OT (90/10) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları

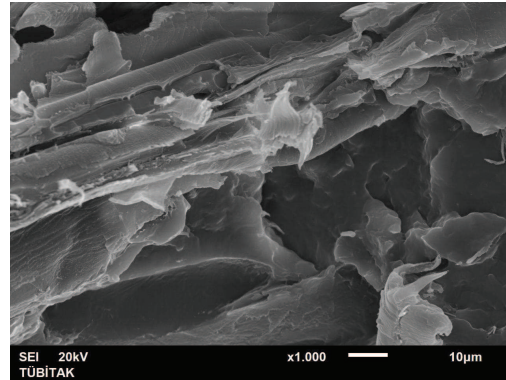
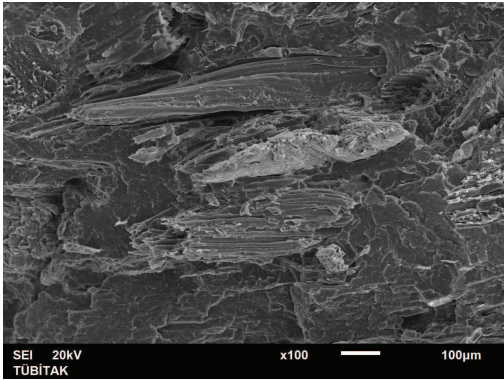
Şekil 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te ahşap kompozit çalışma gruplarına ait SEM fotoğrafları verildi. Bu şekillerde de görüldüğü gibi karışımın tam ve homojen olarak gerçekleştiği belirlendi. Hazırlık aşamasında önce ısıtıcılı bir mikserde karışımın ön hazırlığının dikkatlice yapılmış olması bu işlemin ilk şartı olmaktadır. Bununla birlikte homojenleştirici ve kaydırıcı olarak kullanılan kimyasalların karışım içerisindeki bu görevlerini iyi bir şekilde sağladığı ve doğru katkıları olduğu anlaşılmıştır. Bu durumda bahsedilen kırılma verisi de sünek kırılma olarak elde edilmektedir.



Şekil 4.22 : PP/OT (80/20) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları



Şekil 4.23 : PP/OT (70/30) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları



Şekil 4.24 : PP/OT (55/45) karışımının (a) 100, (b) 1000 büyütme SEM fotoğrafları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- 1) Kopma mukavemeti test sonuçlarına göre; A,B,C,D şeklinde oluşturulan farklı oransal PP/OT miktarına bağlı Irganox 1010 ve Irgafos 168 antioksidanları % 1 optimum nokta olarak karşımıza çıkmakta ve bu noktanın hem altında hem de üstünde negatif etki olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde bu oransal çalışmalarda sadece % 20'lik PP/OT çalışma gruplarına göre elde edilen kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, uyumlaştırıcı olarak kullanılan Libaid-T2, MAPP'nin karşılaştırılması sonucu, Libaid T-2'nin daha etkin bir uyumlaştırıcı olduğu saptandı.
- 2) Çalışma gruplarındaki % uzama değerleri incelendiğinde % uzama miktarının girilen antioksidan (Irganox 1010 ve Irgafos 168) değerleriyle doğrusal olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Yani, PP/OT karışımındaki antioksidanların oranı elde edilecek % uzama ile doğru orantılıdır. Bunun yanında uyumlaştırıcıların (MAPP ve Libaid-T2) % uzama üzerinde girilen miktarlarına bağlı ters orantılı olarak negatif etkileri görülmüştür. Fakat % 55/45 PP/OT oranlarında ekstrüzyon ve enjeksiyon baskısı eldesinde yaşanan ahşap bozunmasından dolayı düzgün sonuç elde edilemedi..
- 3) Çalışma gruplarında antioksidan (Irganox 1010 ve Irgafos 168) miktarlarına bağlı sürtünme kayıpları incelendiğinde, girilen miktar artışına bağlı sürtünme kayıplarının azaldığı görüldü. Yani sürtünmeye daha dayanıklı ürünler elde edilmiştir. Sürtünme değerleri için uyumlaştırıcı etkilerinde ise yine Libaid-T2, MAPP'ye göre daha aktif etki göstererek sürtünme dayanımını daha çok artırdığı saptandı.
- 4) Termal özelliklerde; ürünlerdeki ahşap oranı artıkça MFI değerlerinin azaldığı saptandı. Bu durum ahşabın akışkanlık özelliğinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Fakat bu durum antioksidan ve uyumlaştırıcı noktasında herhangi bir değişiklik göstermemektedir.

- 5) Yapılan DSC ölçümlerinde PP/OT oranlarına bağlı erime değerlerinde herhangi bir değişiklik yaşanmamıştır. Böylece, karışımdaki antioksidanların kompozit yapısı içerisinde erime dereceleri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı saptandı.
- 6) TGA analizinde tüm ürün yapılarının 450 °C 'de bozunarak tükendiği görülmektedir. Bu sonuçla, ürün OT oranlarının ve girilen antioksidanların kompozit yapısında ısıl bozunma üzerinde pozitif bir etki oluşturamadığı belirlendi. Bununla birlikte elde edilen TGA analizlerindeki PP/OT bozunma eğrilerinde elde edilen oranlar yapılan çalışmadaki karışimsal oranları doğrulamaktadır.
- 7) Ürün morfolojik yapısında; girilen Odun Talaşı (OT) miktarına bağlı ürün homojenliğinin daha iyi sağlandığı saptanmıştır. Kompozit yapısının karışimsal anlamda homojen olduğu kullanılan kaydırıcı ve homojenleştirici katkıları doğrulamaktadır. Bununla birlikte ahşap kompozitin morfolojik yapısında antioksidan etkisiyle ilgili herhangi bir değişiklik görülmedi.

KAYNAKLAR

- [1]. **Yıldırım A.**, 2007: Öğütülmüş Fındık Kabuğunun Polipropilen Matrisli Kompozitlerde Kullanılabilirliği. *Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [2]. **Mengeloğlu, F. ve Alma M.H.**, 2002: Buğday Saplarının Kompozit levha üretiminde kullanılması, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi* **5**, s:37-48.
- [3]. **Matuana, L.M. ve Heiden, P.A.** 2004: Wood Composites, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, 12: 521-546.
- [4]. **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.
- [5]. **Karakuş K.**, 2008: Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen atıkların Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.*
- [6]. **Biltekin H.** 2005 : Pe Ve Pp Polimerlerine Ahşap Tozu İlavesi İle Oluşturulan Karışımların Mekanik, Termal Ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [7]. **CorrectDeck/Türkiye** - Kompozit Ahşap Yapı Malzemeleri, 2008: Raf dergisi, Alındığı tarih: 15.05.2014, <http://raf.arkitera.com/0594>.
- [8]. **Dao K. C.** 1983: J. Elastomers Plastics, 15,227.
- [9]. **Jang B. Z., Uhlmann D. R., ve Vander Sande J. B.**, 1985.: Polym. Eng. Sci, 25, 643.
- [10]. **Dalvag H., Klason C. ve Stromvall H. E.**, 1985: Intern. J. Polym. Mater.,11 9.
- [11]. **Scott C., Ishida H. ve Maurer F. H. J.**, 1987: J. Mater. Sci., 22 ,3963.
- [12]. **Stamhuis J. E.**, 1988: Polym. Compos., 9, 72.
- [13]. **Han G.S., Ichinose H., Takase S. ve Shiraishi N.**, 1989: Mokuzai Gakkaishi (Journal of the Japan Wood Research Society), 35, 1100.
- [14]. **Myers G. E., Chahyadi I. S., Gonzalez C., Coberly C. A., ve Ermer D. S.**, 1991: Int. J. Polym. Mater., 15, 171.
- [15]. **Gatenholm P., Felix J., Klason C., ve Kubat J.**, 1992: "Contemporary Topics in Polymer Science", J. C. Salamone and J. Riffle, Eds., *Plenum Press, New York.*
- [16]. **Le T., Thi T. ve Gauthier H.**, 1997: J. Macromol. Sci. A33.
- [17]. **Oksman K.**, 1996: Wood Sci. Technol., 30,197.
- [18]. **Xie X. L., Fung K. L., Li R., Tjong, S. C., Mai Y. W.**, 1997.: J. Polym. Sci, Part B Polym Phys, 40, 1214
- [19]. **Karnani R., Krishan M. ve Marayan R.** 1997: Polym. Eng. Sci, 37, 476.
- [20]. **Oksman K. ve Lindberg H.**, 1998: J. Appl. Polym. Sci, 68, 1845.

- [21]. **Wu J., Yu D., Chan C. M., Kim J. ve Mai Y. W.**, 2000: *J. Appl. Polym. Sci.*, 76, 1000.
- [22]. **Bledzki A. K., Faruk O., Huque M.**, 2002: *Polym. Plast Technol. Eng.*, 41, 435
- [23]. **Ayrılmış N., Kaymakçı A. Akbulut T.**, 2014: "Dış Cephe Kaplamalarına Ekolojik bir Yaklaşım: Ahşap Polimer Kompozitler", *Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul*.
- [24]. **Altuntaş E.** 2008: " Borlu Polimer - Odun Kompozitleri" , *Kahramanmaraş*.
- [25]. **Zor M.**, 2012 : Kompozit Malzemelerle İlgili Genel Bilgiler , Alındığı tarih: 15.12.2014,
http://kisi.deu.edu.tr/mehmet.zor/composite%20materials/2-Genel_bilgiler.pdf
- [26]. **Lisperguer J., Nuñez C., Patricio P.-G.**, 2013: *Journal Of The Chilean Chemical Society*.
- [27]. **URL-1** <http://kisi.deu.edu.tr/cesim.atas/kompozit/2_%20Takviye%20ve%20Matris%20Malzemeleri.pdf> , alındığı tarih : 02.06.2014.
- [28]. **AKDOĞAN EKER A.** 2014: Kompozit Malzemeler , Yıldız Teknik Üniv. Alındığı tarih: 06.06.2014,
http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/imalattakompozit/Plastik_Matrisli_Kompozitler.pdf
- [29]. **Şen S**, 2011: İleri Polimer Kompozitler Ders Notları, Yalova Üniv.
- [30]. **URL-2** < www.teknikport.com>, alındığı tarih : 04.06.2014.
- [31]. **Çağlarer E.**, 2004: Plastik matrisli kompozitlerin endüstriyel uygulamalardaki önemi, s. 7-8. Alındığı tarih: 23.05.2014,
<http://dSPACE.trakya.edu.tr:8080/jspui/bitstream/1/407/1/0036565.pdf>
- [32]. **Şahin N.**, 2008: Madencilik Bülteni Temmuz - Eylül 2008, s. 48-49. Alındığı tarih: 02.06.2014 ,
http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/2d0e1beec7c6f76_ek.pdf
- [33]. **Kuo P., Wang S., Chen J., Hsueh H. ve Tsai, M.** 2009: Effects of material compositions on the mechanical properties of wood–plastic composites manufactured by injection molding, *Materials and Design*, Volume 30, Issue 9, 3489–3496.
- [34]. **Guo J., Tang Y. ve Xu, Z.** 2010: Performance and thermal behavior of wood plastic composite produced by nonmetals of pulverized waste printed circuit boards, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 179, Issues, 1-3, p 203-207.
- [35]. **Doroudiani S. ve Kortschot M.** 2004: Expanded Wood Fiber Polystyrene Composites: Processing– Structure Mechanical Properties Relationships, *Journal of Thermoplastic Composite*, 17 (1), pp. 13-30.
- [36]. **URL-3** <http://v1.raf.com.tr/dergisayfa_3506_decktropic-wpc-kompozit-ahsap-deck.html> , alındığı tarih: 12.11.2014.
- [37]. **URL-4** <<http://www.amut.it/en/extrusion-machinerie/extrusion-lines/extrusion-process-for-wpc-profiles>>, alındığı tarih: 12.11.2014.
- [38]. **Bonato, A.** 2005: Ağaç Tozu / Polimer Kompozitleri, İstanbul, (8 Eylül).
- [39]. **URL-5** <<http://www.stroy-s-umom.ru/tr/preimushhestva-terrasny-h-sistem-iz-drevesno-polimernogo-kompozita>>, alındığı tarih: 13.11.2014.
- [40]. **URL-6** <www.e-egitim.teknolojikarastirmalar.com>, alındığı tarih: 07.06.2014.

- [41]. URL-7 <<http://kisi.deu.edu.tr/burak.felekoglu/09.ahsap.pdf>>, alındığı tarih: 07.06.2014.
- [42]. Panshin A.J. ve De Zeeuw C. 1980: Textbook of Wood Technology. *Mc Graw-Hill, Inc. Fourth Edition, ISBN: 0-07-04844-4, New York.*
- [43]. URL-8 <www.byk.com/fileadmin/byk/additives/highlights/additives_for_thermoplastics/BYK_TP-A1_WPC_Modifiers_EN_1_.pdf>, alındığı tarih : 13.11.2014.
- [44]. Kind T. 2001: "New Technology for Polypropylene Crystallization Enhancement", *Head of Technology*, 6-9.
- [45]. URL-9 <www.addcomp.nl/showcases/44-wood-plastic-composites>, alındığı tarihi : 13.11.2014.
- [46]. URL-10 <www.guven-kutay.ch/mukavemet/05-2-mukavemet-degerleri.pdf> alındığı tarihi : 13.11.2014.
- [47]. A. Kaymakçı, Ayrılmış N., 2013: "Investigation of correlation between Brinell hardness and tensile strength of wood plastic composites.", *ELSEVIER Derg.*
- [48]. USTA İ., AKALIN M. ve KOÇAK D., 2003: Farklı Oranlardaki Pamuk Atıkları (Telef) İle Desteklenmiş Pp Polimerinin Oluşturduğu Kompozit Yapıların Mekanik Ve Akış Özelliklerinin İncelenmesi *G.Ü.-Fen Bil.Derg.*, 16(2):405-410.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ahmet BAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi: Amasya, 27.06.1985
Adres: Kayaşehir 15. Bölge C 75 Blok No:21
Başakşehir/İstanbul
Tel: 05426887368
E-Posta: ahmet_bas1@hotmail.com
Lisans: Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliği

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

- BK Plastik Genel Müdürlüğü (2008), Sakalar Askı Ltd. Şti. Ar-Ge Koordinatörlüğü (2010-2014),
- Maviay Kalıp ve Plastik Ltd. Şti. Ar-Ge Proje Koordinatörlüğü (2011-2014) ,
- Yolcu Plastik Ltd. Şti. Ar-Ge Proje Koordinatörlüğü (2012-2013),
- Öz-Say Plastik Ar-Ge Proje Sorumlusu (2010-2014),
- Apesan Oto. Paspası Ar-Ge Müd. (2013-2014),
- Yıldız Çelik Ar-Ge Proje Sorumlusu (2013-2014), vs.

Yayın ve Patent Listesi:

Ahmet Baş, Enjeksiyonluk ahşap-plastik kompozit, Patent No:2011/04528.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Baş A., Yıldırım H., 2014: Plastik Katkı Maddeleri'nin, İzotaktik Polipropilen Ahşap Kompozitlerin Yapı Ve Özelliklerine Etkisi, *IV. Fiziksel Kimya Günleri - Pamukkale Üniversitesi*, 05-08 Haziran 2014. Denizli, Türkiye.