

## Böcek Tahribatına Uğramış Gökmar Odunlarının Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

\*Türker GÜLEÇ<sup>1</sup>, Alperen KAYMAKCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Artvin

<sup>2</sup>Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Kastamonu

\*Sorumlu Yazar: tgulec@artvin.edu.tr

Geliş Tarihi:03.10.2016

### Özet

Son yıllarda termoplastik sektöründe OPK üretimi büyük ölçüde kabul görmekte ve hızla gelişmektedir. Sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir materyallere olan ihtiyacın artması ile bu tip kompozitler mühendislik ürün ailesi içerisinde önemli bir konuma geldiği söylenebilmektedir. Bu çalışmada böcek zararı görmüş Gökmar odununun enjeksiyon metodu ile Odun Plastik Kompozit (OPK) üretiminde değerlendirilmesi araştırılmıştır. Atık lignoselülozik kaynakların OPK üretiminde değerlendirilmesi üzerine literatürde birçok çalışma yapılmasına rağmen biyolojik zararlılar tarafından tahrip edilen odunlar üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Üretilen OPK'lerin çekme, eğilme ve şok özellikleri, termal performansları ve morfolojik yapıları incelenmiştir. Üretim sürecinde uyumlaştırıcı ajan kullanılması OPK'lerin su alma ve mekanik özellikler iyileştirdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre böcek zararı görmüş Gökmar odunun OPK üretimi için uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Odun plastik kompozit, Böcek zararı, Mekanik özellikler, Termal Performans

### Investigation of Produce Wood Plastic Composite Reinforced with Insect-Damaged Fir Wood

#### Abstract

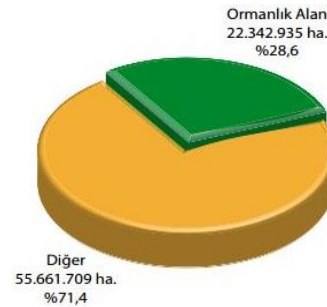
The production of wood plastic composites (WPCs) in the thermoplastic industry has gained much acceptance in recent years and is expected to keep growing. This type of composite material has become an important family of engineering materials due to the increasing need for sustainable, recyclable and renewable materials. This study investigated the technical feasibility of insect-attacked Fir wood (*Abies nordmanniana*) to produce, durable Wood Plastic Composites by the Injection Molding. Despite many attempts have been done to solve the problems related to waste lignocellulosic materials, a few studies were done to utilize biological damaged-wood to produce WPCs as filler. Tensile, flexural and impact properties, thermal performance and morphology of WPCs were investigated. The use of coupling agent had a positive effect on the water absorption and mechanical properties. The obtained results demonstrate that insect-attacked Fir wood is potentially suitable as a raw material in WPCs.

**Keywords:** Wood plastic composite, Insect damaged, Mechanical properties, Thermal performance

#### Giriş

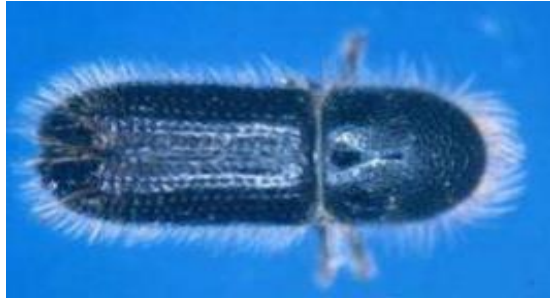
Ülkemiz, coğrafi konumu ve topografik yapısından dolayı zengin bitki örtüsüne sahiptir (Avşar, 2002). Bu zengin bitki örtüsü içerisindeki orman varlığımız 1972 yılında 20.2 milyon hektar olurken, 2015 yılı itibariyle 22.3 milyon hektar olarak belirlenmiştir. Bu oranlara göre 2015 yılı itibariyle ormanlık alanlar, ülke alanının %28,6'sını kaplamaktadır (Şekil 1). Artan orman varlığına bağlı olarak ormanlarımızdaki odun varlığı 1972'de 0,9 milyar m<sup>3</sup>, 2003'de 1,2 milyar m<sup>3</sup> iken 2015 yılında 1,6 milyar m<sup>3</sup> 'e yükselmiştir (URL1, 2015). Son yıllarda orman ürünlerinin ham madde olarak diğer ürünlerle rekabet edebilmesi için maliyetlerinin azaltılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu

çalışmalardan biri böcek tahribatına uğramış ve akabinde atıl duruma geçtiği düşünülen ağaçların, buldukları ortamlardan alınarak farklı alanlarda kullanılabilirliğinin belirlenmesidir.



Şekil 1. Türkiye'de ormanlık alanın ülke genel alanına oranı (URL1, 2015)

Ağaçlara arız olan böcekler nedeniyle gövde veya kabuklarında meydana gelen delikler ve parçalanmalarından dolayı kereste sanayinde ciddi ekonomik kayba uğradığı tespit edilmiştir (Sarıkaya ve Avcı, 2006; Öztürk, 2008). Türkiye Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nün elde ettiği verilere göre böcek zararından dolayı kereste kaybı 2008 yılında 1.245.060 m<sup>3</sup> ve 2012 yılında 78.629 m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Anonim, 2012).



*P. curvidens*



*P. spinidens*



Böcek tahribatına uğramış Göknar ağacı

**Şekil 2.** Göknar kabuk böcekleri ve zarar verdiği ağaç (URL2, 2016; URL3, 2016)

0.6 milyon hektar alana sahip olan Doğu Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana subsp. nordmanniana*) Türkiye'de doğal olarak yayılış gösteren türlerden biridir. Bu tür birçok endüstriyel uygulamada kullanılan ekonomik değeri yüksek olan türlerden biri olarak bilinmektedir. Ancak son yıllarda kabuk böcekleri tarafından tahribata uğramış ve önemli derecede servet kaybına yol açmıştır. Sadece 2008 yılında 1milyon m<sup>3</sup> ağaç böcek zararından dolayı zarar görmüştür (Ateşoğlu ve ark., 2014; Serin ve Güleç, 2014).

Zarar gören ağaçların farklı alanlarda kullanılabilirliği üzerine çalışma yapılarak atıl

vaziyetten çıkarılıp değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin son zamanlarda birçok kullanım alanına sahip olan Odun Plastik Kompozit (OPK)'ler bunlardan biri olabileceği düşünülmektedir. Böcek tahribatına uğramış Doğu Karadeniz Göknarı odununun farklı kimyasal özelliklere sahip olduğu Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Böcek zararına uğramış ve sağlam Doğu Karadeniz Gökmar odununa ait kimyasal değerler (Serin ve Güleç, 2014)

<b>Kimyasal Analizler</b>	<b>Sağlam Odun (%)</b>	<b>Böcek Tahribatına Uğramış Odun (%)</b>
<b>Holoseülöz</b>	73.88	70.08
<b><math>\alpha</math>-Selüloz</b>	44.82	41.28
<b>Lignin</b>	27.34	29.73
<b>Alkol- Benzen Çözünürlüğü</b>	0.24	2.11
<b>Sıcak Su Çözünürlüğü</b>	2.50	3.59
<b>Soğuk Su Çözünürlüğü</b>	2.78	3.42
<b>%1'lik NaOH Çözünürlüğü</b>	9.12	11.65
<b>Kül</b>	0.31	0.44

OPK üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılan doğal liflerin (odun unu, yıllık bitkiler vb.) kimyasal içeriklerinin malzemenin mekanik özellikleri üzerine önemli etkilerinin olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. (Maldas ve ark., 1989; Migneault ve ark., 2014; Peng ve ark., 2015). Bu çalışmanın amacı Gökmar kabuk böceklerinin (*P. curvidens* – *P. spinidens*) tasallutuna uğramış Doğu Karadeniz Gökmar odununun değerlendirilmesi amacıyla enjeksiyon kalıplama metodu ile OPK'lerinin üretilmesi ve bu ürünlerin; mekanik, fiziksel, termal ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesidir.

### **Materyal ve Metot**

#### **Materyal**

Üretimde dolgu maddesi olarak Doğu Karadeniz Gökmar odunlarının sağlam (S) ve böcek tahribatına uğramış (B) olan kısımları kullanılmıştır. Gökmar örnekleri Artvin Kafkasör Bölgesi'nden Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Orman Zararlıları ile Mücadele Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Polimer olarak kullanılan Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) (HDPE-SO 464) PETKİM'den uyum sağlayıcı Maleik Anhidritle Graftlanmış Polietilen (MAPE) (Licocene 4351; renk: beyaz, yumuşama noktası: 123 °C, asit değeri: 43 mg KOH-g) ise Clariant firmasından satın alma yoluyla temin edilmiştir. Tomrukların biçilmesiyle elde edilen küçük silindireler kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan örnekler, Willey

değirmeninde öğütülmüş ve 103±2°C tam kuru hale gelinceye kadar bekletilmiştir.

#### **Enjeksiyon Metodu ile OPK Üretiminin Gerçekleştirilmesi**

Öğütülmüş ve kurutulmuş olan odun unları ilk olarak sarsak elek yardımıyla elenmiş olup 60 mesh boyutundaki örnekler üretim için alınmıştır. Daha sonra odun unları (S ve B), plastik ve uyum sağlayıcı ajan Tablo 2'de belirtilen oranlara göre hazırlanarak ekstrüzyon işleminden önce homojen bir karışım sağlanması için SHINI marka karıştırıcıda 5 dakika boyunca karıştırılmıştır.

Karışım tek vidalı ekstruderden (Rondol 3212) geçirilerek pelet halinde alınmış ardından su banyosunda soğutulmuştur. Üretim sırasında ekstrüder ısıtma bölgeleri 175-180-185-190°C ve hız 50 rpm (devir/dakika) olarak ayarlanmıştır. Peletler soğutulduktan sonra enjeksiyon makinasında homojen bir şekilde dağılması için kırıcı yardımı ile daha küçük parçalar haline getirilmiştir. Öğütme işleminin ardından elde edilen malzeme rutubetlerinin en aza indirilebilmesi için tekrar 103±2°C tam kuru hale gelinceye kurutulmuştur

**Tablo 2.** OPK'ların üretim formülasyonu

Örnek Adı	S (%)	B (%)	YYPE (%)	MAPE (%)
SG	50	-	50	-
SGM	50	-	47	3
BG	-	50	50	-
BGM	-	50	47	3

Kurutulan malzeme Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Odun Kompozitleri Laboratuvarında bulunan HAIDA HDX-88 marka enjeksiyon makinasında 102 kg cm<sup>-2</sup> enjeksiyon basıncı ve 30 saniye soğutma süresi ile enjeksiyon kalıplama yöntemiyle preslenmiştir.

#### **Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi**

Üretilen OPK'ların su alma ve mekanik testler için kullanılan standartlar aşağıda verilmiştir; Eğilme direnci ve çekme direnci testleri sırasıyla ASTM D 790 ve ASTM D 638 standardına göre yapılmıştır. Test örnekleri enjeksiyon kalıplama yönteminde üretildiği için herhangi ebatlama işlemine tabi tutulmamıştır. Çekme direnci test örnekleri köpek kemiği (dog bone) kalıbında eğilme direnci test örnekleri de standartlarda belirtilen boyutlara göre elde edilmiştir. Çekme ve eğilme direnci testleri Zwick/Roell 50KN Universal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Darbe direnci testleri ise RayRanTM Polytest çentik açma makinesinde çentikleri açıldıktan sonra ASTM D256 ya göre Zwick HIT5.5P test makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Su alma testleri ASTM D 1037 standardına göre yapılmış olup örnekler 50x50x5 mm boyutlarında ebatlandırılmıştır. Fiziksel ve mekanik testlerin her biri için 10 adet numune kullanılmıştır.

#### **Termal Analizler**

##### **Termogravimetrik Analiz**

Termogravimetrik analizi (TGA) için PerkinElmer (Model STA 6000) marka cihaz kullanılmıştır. Test örnekleri 17-20 mg tartıldıktan sonra porselen kroze içerisine konulup cihaza yerleştirilmiştir. Test sırasında

sıcaklık 50°C den 600°C'ye kadar 20°C-dk oranında arttırılmıştır.

#### **Diferansiyel Taramalı Kalorimetre**

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizi için PerkinElmer (Model DSC 8000) marka cihaz kullanılmıştır. Örnekler 5-6 mg olacak şekilde tartılarak alüminyum pan ile kaplandıktan sonra cihaz içerisine yerleştirilmiştir. Test sırasında sıcaklık 35 °C den 250 °C'ye kadar 10°C dakika oranında arttırılmıştır. Test sırasında azot gazı akış hızı 20 ml- dakika olarak ayarlanmıştır.

#### **Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)**

OPK örnekleri ilk olarak düzgün bir şekilde kırılmaları için sıvı azot içerisine atılarak bekletilmiş ve ardından kırılmıştır. Düzgün yüzeye sahip olan örnek özenle seçilerek yüzeyine altın kaplama işlemi yapılmıştır. Ardından JEOL (Jeol/Neoscope Jcm-5000) marka SEM cihazında görüntüleri alınmıştır.

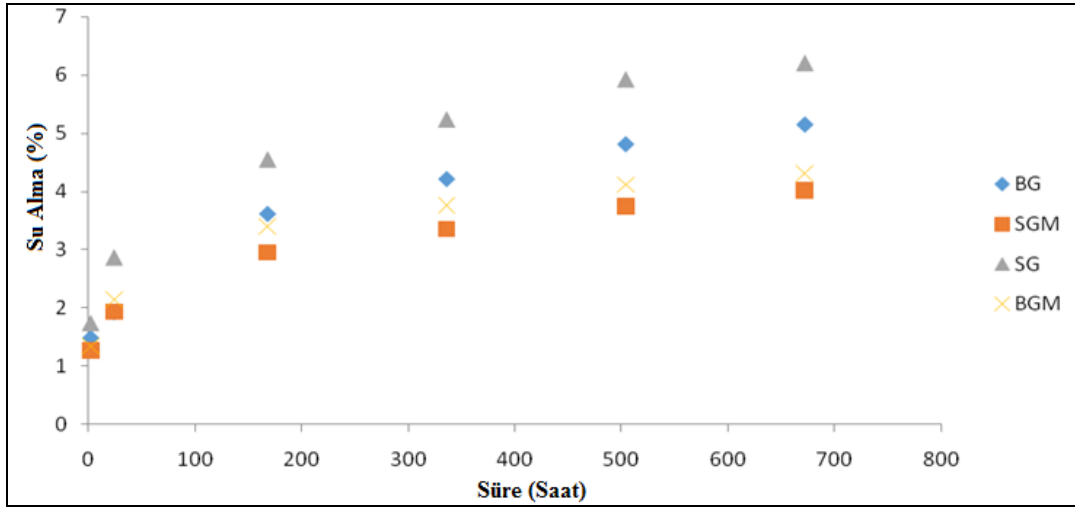
#### **Bulgular ve Tartışma**

##### **Fiziksel ve Mekanik Özellikler**

Üretilen OKP'larda 2, 24, 168 saat ve 14, 21 ve 28 günlük sürelerde su alma oranları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile oluşturulan grafik Şekil 3'te verilmiştir. 28 günlük süre sonunda en yüksek su alma oranları SG, SGM, BG, BGM kodlu örnekler için sırası ile %5.14, %4.03, %6.20 ve %4.31 olarak tespit edilmiştir. Genel olarak tüm levha gruplarında su alma oranları hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Şekil 3'te su alma grafiğinde görüldüğü gibi hem sağlam odun unu kullanılan hem de böcek tahribatına uğramış odun unu kullanılarak üretilen OPK'larda MAPE kullanıldığı zaman su alma oranlarının azaldığı görülmektedir. Ağaç malzeme hidrofilik (suyu seven) karakterli bir malzemedir. Bunun nedeni ise yapısında

bulunan hemiselüloz ve selülozların içerdiği serbest hidroksil gruplarının hidrojen bağları vasıtası ile suyu çekmesidir. Uyum sağlayıcı olmadan Sağlam Göknar odunu kullanılarak üretilen OPK'ların böcek zararına uğramış Göknar odunu kullanılan OPK'lara göre daha fazla su alma nedeni, sağlam Göknar odunun holoselüloz oranının daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Üretimde kullanılan uyum sağlayıcı ajanın (MAPE) OPK'ların su alma değerlerini azalttığı

görülmüştür (Şekil 3). Kompozit üretiminde kullanılan uyum sağlayıcı ajanın odundaki serbest hidroksil grupları ile reaksiyona girerek kovalent bağ oluşturmaktadır. Bu ise ağaç malzemede suyun bağlanabileceği hidroksil grup sayısını azaltmakta ve su alma oranlarını azaltmaktadır. Yapılan çalışmada elde edilen veriler literatürdeki bilgilerle benzerlik göstermektedir (Tufan ve ark. 2016a; Adhikary, 2008)



Şekil 3. Sağlam ve çürük Göknar odunları ile üretilen OPK'ların su alma oranları

Üretilen OPK'ların mekanik özelliklerine ait değerler, yapılan istatistik analiz sonuçları ve ortalamalar Tablo 3'te verilmiştir. Yapılan çalışmalarda kullanılan dolgu maddesinin kimyasal içeriğinin OPK'ların mekanik özellikleri üzerinde önemli etkisi olduğu bildirilmiştir. Buna göre kullanılan dolgu maddesi içerisinde holoselüloz oranının artması ile OPK'ların mekanik özelliklerinin iyileştiği bildirilmiştir (Ashori ve Nourbakhsh 2010; Neagu ve ark., 2006). Tablo 1'de sağlam göknar odununun holoselüloz içeriğinin fazla olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre MAPE kullanılmayan örneklerde sağlam göknar odunun kullanıldığı grubun (SG) mekanik özellikleri böcek tahribatına uğramış olan göknar odununa (BG) göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Meydana gelen bu artış sadece çekme direnci değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

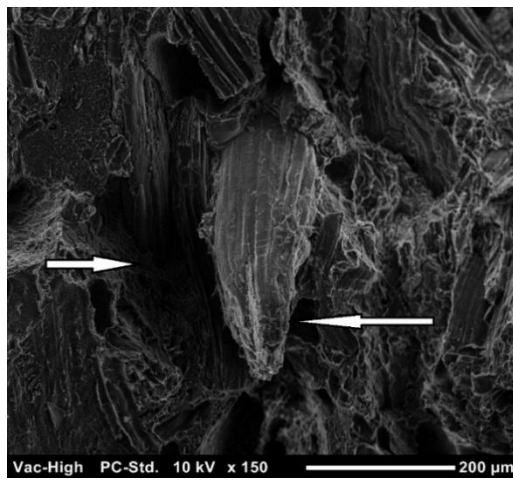
**Tablo 3.** Sağlam ve böcek tahribatına uğramış olan göknar odunlarının odun plastik üretimi sonrası mekanik özellikleri

OPK Kodu	Darbe Direnci (J m <sup>-1</sup> )	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (GPa)	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (GPa)
SG	47.56 <i>a</i> (1.04)	31 <i>a</i> (1.38)	3054 <i>ab</i> (159)	16.94 <i>b</i> (1.28)	1088 <i>a</i> (82.04)
SGM	61.99 <i>c</i> (3.39)	42.32 <i>b</i> (1.41)	3200 <i>b</i> (88.03)	24.74 <i>d</i> (0.61)	1182 <i>a</i> (96.02)
BG	45.13 <i>a</i> (2.36)	30.64 <i>a</i> (1.67)	2868 <i>a</i> (289.26)	15.06 <i>a</i> (0.46)	1066 <i>a</i> (165.23)
BGM	56.45 <i>b</i> (3.46)	40.66 <i>b</i> (2.32)	3038 <i>ab</i> (243.56)	22.4 <i>c</i> (0.86)	1117 <i>a</i> (181.51)

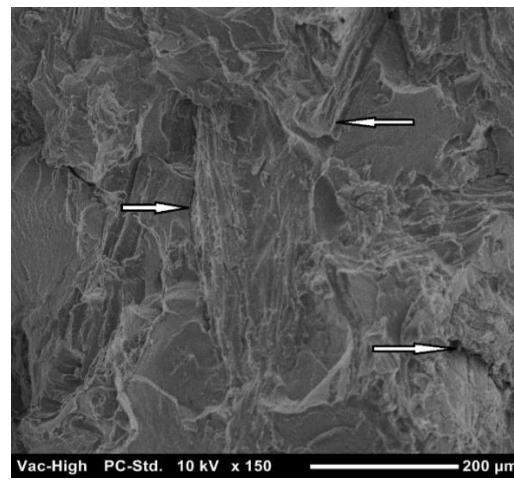
**Not:** Parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki harfler Duncan testine göre ( $P < 0.05$ ) farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Mekanik test değerleri 10 numune üzerinden elde edilmiştir.

OPK üretiminde MAPE kullanımı ile mekanik özelliklerin önemli derecede arttığı görülmüştür. Bu durum; çürük Gökknar odunu kullanımı ile meydana gelen direnç kaybının MAPE kullanılarak ortadan kaldırılabileceğini göstermektedir. Odun plastik kompozitlerin mekanik performansı temel olarak lignoselülozik dolgu maddesi ve termoplastiklerin arasındaki bağlanmaya endekslidir (Moreno ve ark., 2013; Tufan ve ark., 2015a; Chen ve ark., 2015). Uyum sağlayıcı polar odun yüzeyi ile apolar polimer matriks yüzeyi arasındaki uyumsuzluğun giderilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bunun sonucu olarak polimer matriks ağaç malzemeyi daha iyi sarmakta ve yüzeydeki

mikro boşluklar azalarak, malzemenin mekanik özellikleri iyileşmektedir (Wechsler ve Hızıroğlu 2006; Tufan ve ark., 2016b; Kaymakcı ve Ayrılmış, 2014; Kordkheili ve ark., 2013). Şekil 4-(a)'da MAPE kullanılmayan sağlam göknar odunu ile üretilen OPK numunesinin SEM görüntüsü verilmiştir. Polimer matriks ile odun unları arasındaki boşluklar, zayıf noktalar ve polimer tarafından iyi sarılmayan lifler işaretlenmiştir. MAPE ve sağlam göknar odunu ile üretilen OPK'larda ise bu boşlukların çoğunlukla giderildiği ve liflerin polimer tarafından daha iyi sarıldığı görülmektedir (Şekil 4-(b)).



a



b

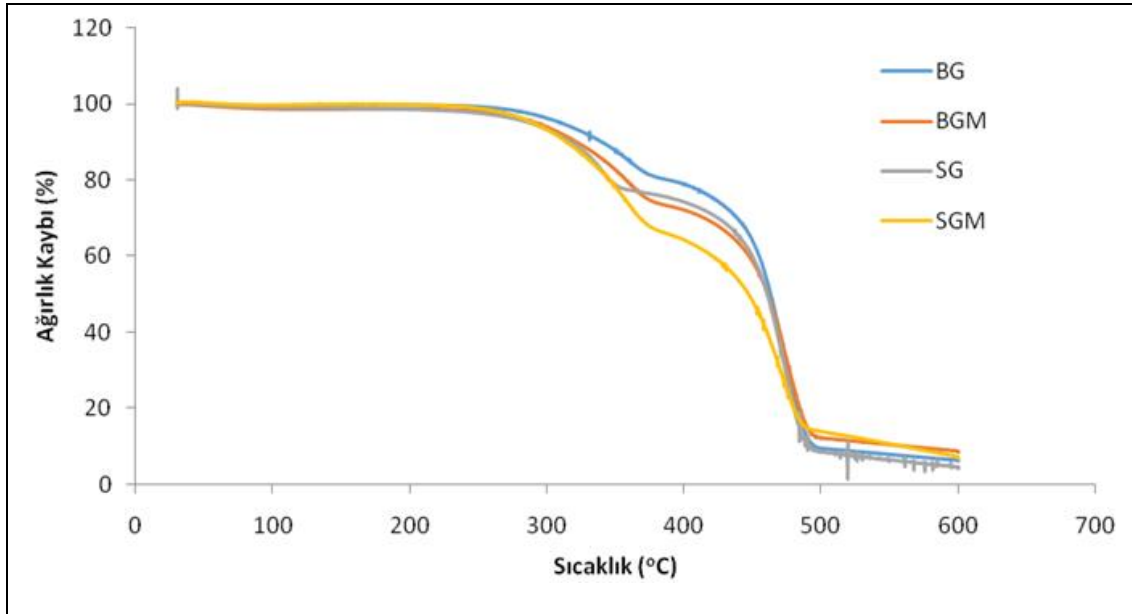
**Şekil 4.** Sağlam ve çürük Gökknar odunları ile üretilen OPK'ların SEM görüntüleri

### Thermogravimetrik Analiz (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Sonuçları

Şekil 5'te çürük göknar ve sağlam göknar odunları ile MAPE içeren ve içermeyen OPK örneklerine ait TGA analiz sonuçları verilmiştir. Analizler sonucunda iki farklı bozunma sıcaklığı tespit edilmiştir. İlk bozunma sıcaklığı 200-250°C arasında olduğu görülmektedir. Ağaç malzeme genel olarak hemiselüloz, ligninden ve selülozdan oluşan karmaşık bir yapıdır. Yapılan çalışmalarda ağaç malzemeyi oluşturan bu yapıların bozunma sıcaklıklarının sırasıyla

180, 200 ve 210°C'de olduğu bildirilmiştir. İlk bozunma yapının asetil grubu içeren hemiselüloz olduğu bunu takiben lignin ve selülozun bozunduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Jeske ve ark., 2012; Ndiaye ve Tidjani 2012; Tufan ve ark., 2015b). İkinci bozunma sıcaklığı ise 390-510°C arasında olduğu tespit edilmiştir.

Bu bozunma sıcaklığı ise HDPE'nin bozunma sıcaklığı olarak bildirilmiştir (Taşçıoğlu ve ark., 2014; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008). Çalışmada tespit edilen bozunma sıcaklıkları literatürle benzerlik göstermektedir.



Şekil 5. Sağlam ve çürük Göknar odunları ile üretilen OPK'ların TGA analiz grafiği

Tablo 4. Sağlam ve çürük Göknar odunları ile üretilen OPK'ların DSC analizleri ve kristallik dereceleri

OPK Kodu <sup>a</sup>	T <sub>m,I</sub> (°C) <sup>b</sup>	T <sub>c,O</sub> (°C) <sup>c</sup>	T <sub>c,P</sub> (°C) <sup>d</sup>	ΔH <sub>C</sub> (J/g) <sup>e</sup>	T <sub>m,II</sub> (°C) <sup>f</sup>	ΔH <sub>II</sub> (J/g) <sup>g</sup>	X <sub>C</sub> (%) <sup>h</sup>
SG	135.74	119.71	116.60	69.59	135.80	58.79	40.12
SGM	136.99	119.66	116.37	75.28	136.54	73.71	47.46
BG	135.61	119.72	116.66	69.93	135.85	56.61	38.64
BGM	136.03	119.68	116.34	82.98	136.85	65.94	42.46

<sup>a</sup> OPK Kodu. <sup>b</sup>Birinci erimenin tepe sıcaklığı. <sup>c</sup>Kristalleşme başlangıç sıcaklığı. <sup>d</sup>Kristalleşme tepe sıcaklığı. <sup>e</sup>Kristalleşme entalpisi. <sup>f</sup>İkinci erimenin tepe sıcaklığı. <sup>g</sup>İkinci erime entalpisi. <sup>h</sup>Kristallik derecesi.

Tablo 4'te çürük göknar ve sağlam göknar odunları ile MAPE içeren ve içermeyen OPK örnekleri ile saf YYPE'ye ait DSC analiz sonuçları verilmiştir. Buna göre ikinci erime tepe sıcaklığında önemli bir değişiklik

olmamıştır. Benzer durum kristalleşme tepe sıcaklığında da görülmüştür. OPK üretiminde MAPE kullanımı ile ikinci erime entalpisi ve kristalizasyon derecelerinde önemli ölçüde artış meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalarda

bu durum uyum sağlayıcı ajanının lignoselülozik malzeme ile polimer arasında iyi bir dağılım sağlamasından meydana geldiği bildirilmiştir (Ndiaye ve Tidjani, 2012; Tufan ve Ayrılmış, 2016c).

### Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara ışığında; Sağlam göknar odunu kullanılarak üretilen OPK'ların mekanik özellikleri çürük göknar odunu kullanılarak üretilenlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Uyum sağlayıcı ajan kullanılmasıyla çürük göknar odunu kullanılan OPK'ların mekanik özelliklerinin önemli bir biçimde arttığı ve sağlam göknar odunu ile üretilen OPK'lara yakın değerler elde edildiği belirlenmiştir. Kristallik derecelerinde (DSC), TGA analizlerinde ve SEM görüntülerinde de MAPE katılımıyla iyileşme tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen veriler ASTM D-6662 (2001) standardı ile karşılaştırıldığında istenilen değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile böcek tahribatına uğramış olan Göknar ağacı türleri yakacak olarak kullanılmak ya da ormanda atıl olarak kalmak yerine OPK üretiminde değerlendirilerek kullanılabilmesi belirlenmiştir. Bunun yanında böcekler ya da farklı sebeplerden dolayı kuruyan ve kerestelik özelliklerini kaybeden diğer ağaç türlerimiz için de bu tür çalışmalar yapılabileceği ve uygun olması halinde yeni bir kullanım imkânına sahip olacağı düşünülmektedir.

### Kaynaklar

Adhikary K.B., Pang S., Staiger M.P., 2008. Long-term moisture absorption and thickness swelling behaviour of recycled thermoplastics reinforced with pinus radiata sawdust, *Chemical Engineering Journal*, 142(2), 190–198.

Anonim, 2012. Orman Genel Müdürlüğü 2008-2012 yılları arasında Türkiye'nin olağanüstü ormancılık gelir raporu, Ankara/Türkiye.

Ashori A., Nourbakhsh A. 2010. Bio-based composites from waste agricultural residues, *Waste Management*, 30, 680-684.

Ateşoğlu A., Tunay M., Kaygın T.A., Yıldız Y., Kavaklı Z. 2014. Zonguldak-Ulus Orman İşletme Müdürlüğü ormanlarında büyük göknar kabuk böceği zararının CBS ortamında analiz ve sorgulanması, Türkiye II. Orman Entomolojisi ve

Patolojisi Sempozyumu, 150-156. Antalya / Türkiye.

Avşar M.D. 2002. Kahramanmaraş – Başkonuş Dağında Varlığı oldukça azalan odunsu taksonlar ve alınabilecek silvikültürel önlemler, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Doa Dergisi*.

Chen R.S., Ghani M.H.A., Ahmad S., Salleh M.N., Tarawneh M.A. 2015. Rice husk flour biocomposites based on recycled high-density polyethylene/polyethylene terephthalate blend:effect of high filler loading on physical, mechanical and thermal properties, *Journal of Composite Materials* 49(10), 1241-1253.

Jeske H., Schirp A., Cornelius F. 2012. Development of a thermogravimetric analysis (TGA) method for quantitative analysis of wood flour and polypropylene in wood plastic composites (WPC), *Thermochimica Acta* 543. 165– 171.

Kaymakci A., Ayrılmis N. 2014. Investigation of correlation between Brinell hardness and tensile strength of wood plastic composites. *Composites: Part B*, 58, 582–585.

Knížek, M. 1998. A new species of Pityokteines (Coleoptera: Scolytidae) from Turkey, *Klapalekiana*, 34, 189–193.

Kordkheili H.Y., Farsi M., Rezazadeh Z. 2013. Physical, mechanical and morphological properties of polymer composites manufactured from carbon nanotubes and wood flour, *Composites: Part B* 44, 750–755.

Maldas D., Kokta B.V., Deneault C. 1989. Influence of coupling agents and treatments on the mechanical properties of cellulose fiber-polystyrene Composites, *Journal of Applied Polymer Sciences*, 38. 413-439.

Mengeloglu F., Karakuş K. 2008. Some properties of eucalyptus wood flour filler recycled high density polyethylene polymer-composites, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 537-546.

Migneault S., Koubaa A., Perre P. 2014. Effect of fiber origin, proportion, and chemical composition on the mechanical and physical properties of wood-plastic Composites, *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 34:241-261.

Moreno P., Rodrigue D., Giroux Y., Ballerini A., Gacitua W. 2013. Morphological and mechanical characterization of recycled thermoplastic foams reinforced with wood sub-products. *Maderas-Ciencia y Tecnologia*. 15(1): 3-16.

Ndiaye D., Tidjani A. 2012. Effects of coupling agents on thermal behavior and mechanical properties of wood flour/polypropylene Composites, *Journal of Composite Materials*, 46(24), 3067–3075.



- Neagu R.C., Gamstedt E.K., Berthold F. 2006. Stiffness contribution of various wood fibers to composites materials, *Composite Materials*, 40 (8), 663-699.
- Öztürk A., Kayacan B., Dikilitaş, K. 2008. Effects of bark beetles on timber sales: A preliminary study in Artvin regional forest directorate. *Journal of DOA*, 14,119-130.
- Peng Y., Liu R., Cao J. 2015. Characterization of surface chemistry and crystallization behavior of polypropylene composites reinforced with wood flour, cellulose, and lignin during accelerated weathering, *Applied Surface Science*, 332, 253-259.
- Sarıkaya O., Avcı M. 2006. Kabuk Böceklerine Karşı Ormanlarımızda Alınabilecek Koruyucu Önlemler, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 43(1-2-3).
- Sarıkaya O., Avcı M. 2011. Türkiye Göknar Ormanlarında Yeni Bir Tür: *Pityokteines marketae* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Orman Mühendisliği Dergisi*, 43 (1-2-3), 26-27.
- Serin O.Z., Güleç T. 2014. *Pityokteines curvidens*'in *Abies nordmanniana* ssp. *nordmanniana*'nın kimyasal bileşimine etkisi. Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu. 265-267. Antalya / Türkiye.
- Tascioğlu C., Tufan M., Yalcin M., Sen S. 2014. Determination of biological performance, dimensional stability, mechanical and thermal properties of wood-plastic composites produced from recycled chromated copper arsenate-treated wood, *Journal of Thermoplast Composite Materials*, 1-19.
- Tufan M., Akbaş S., Güleç T., Taşçıoğlu C., Alma M.H. 2015a. Mechanical, Thermal, Morphological Properties and Decay Resistance of Filled Hazelnut Husk Polymer Composites, *Maderas-Ciencia y Tecnologia*, 17(4), 865-874.
- Tufan M., Güleç T., Çukur U., Akbaş S., İmamoğlu S. 2015b. Atık Bardaklardan Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 176-182.
- Tufan M., Güleç T., Peşman E., Ayrılmış N. 2016a. Technological and Thermal Properties of Thermoplastic Composites Filled with Heat-treated Alder Wood, *BioResources*, 11(2), 3153-3164.
- Tufan M., Akbaş S., Yurdakul S., Güleç T., Eryılmaz H. 2016b. Effects of different filler types on decay resistance and thermal, physical, and mechanical properties of recycled high density polyethylene Composites, *Iranian Polymer Journal*, 25:615-622.
- Tufan M., Ayrılmış N. 2016c. Potential Use of Hazelnut Husk in Recycled High-Density Polyethylene Composites, *Bioresources*, 11 (3), 7476-7489.
- URL1,2015.<http://www.ogm.gov.tr/ekutuphan/e/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2015.pdf>
- URL2,2016.[http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15\\_01\\_02\\_f7fae.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_f7fae.pdf).
- URL3, 2016. <http://ormuh.org.tr/arsiv/files/Orman%20zararlılari%20ve%20mucadelesi.pdf>.
- Wechsler A., Hiziroglu S. 2006. Some of the properties of wood-plastic Composites, *Journal of Building and Environment*, 42, 2637-2644.