



**ATIK DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G) KATKILI  
ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN  
MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANLARININ  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Belgin ŞEKER HIRÇIN**

**2021  
DOKTORA TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr.Hüseyin YÖRÜR**

**ATIK DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G) KATKILI ODUN PLASTİK  
KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN MOBİLYA BAĞLANTI  
ELEMANLARININ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Belgin ŞEKER HIRÇIN**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Doktora Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr.Hüseyin YÖRÜR**

**KARABÜK**

**Aralık 2021**

Belgin ŞEKER HIRÇIN tarafından hazırlanan ‘‘ATIK DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G) KATKILI ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANLARININ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ’’ başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylım.

Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR .....

Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU .....

Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 30/12/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Mustafa YAŞAR (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR (KBÜ) .....

Üye : Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU (KSÜ) .....

Üye : Prof. Dr. Şeref KURT (KÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Suat ALTUN (KBÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cemal ÖZCAN (KBÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kadir KAYAHAN (BÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Belgin ŞEKER HIRÇIN

## ÖZET

**Doktora Tezi**

### **ATIK DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G) KATKILI ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN MOBİLYA BAĞLANTI ELEMENLARININ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Belgin ŞEKER HIRÇIN**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR**

**Aralık 2021, 170 sayfa**

Bu tez çalışması iki aşama olarak planlanmıştır. İlk aşamada, göknar odununu, pirinç kabuğu, döküm poliamid 6 (PA6G), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), N-bütül benzen sülfonamid ve lityum klorür tuzu kullanılarak odun plastik kompozitlerin (OPK) ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretimi gerçekleştirilmiştir. Farklı varyanslarda üretilen OPK'ların fiziksel (özellikler, yoğunluk, suda bekletme), mekanik (çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, darbe direnci), termal (diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC), termogravimetrik analiz (TGA)) ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada; ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemiyle göknar odununu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden endüstride en yaygın kullanıma sahip L bağlantı elemanlarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ve piyasadan temin edilen (polipropilen ve yüksek

yoğunluklu polietilen esaslı) L bağlantı elemanları ile L köşe birleştirmelerin üretimi gerçekleştirilmiştir. L köşe birleştirmelerin üretiminde melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış yonga levha (YL-lam) ve orta yoğunluklu lif levha (MDFlam) kullanılmıştır. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden üretilen ve piyasadan temin edilen L bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki (20 °C ve 50 °C) ve su buharında bekletme sonrası diyagonal çekme yükleri altındaki moment taşıma kapasiteleri ve yorulma direnç özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu bağlantı elemanları ile üretilen L köşe birleştirmelerin farklı sıcaklıklardaki (20 °C ve 50 °C) ve su buharında bekletme sonrası moment taşıma kapasiteleri ve yorulma direnç özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, %20 göknar odun unu dolgulu PA6G ve PA6G-HDPE esaslı kompozit test örneklerinin en yüksek mukavemet ve elastikiyet özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi ilavesi PA6G esaslı kompozitlerde erime sıcaklığını azaltırken, PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde ise erime sıcaklığına etki etmediği gözlemlenmiştir. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden üretilen ve piyasadan temin edilen L bağlantı elemanları ile bu bağlantı elemanları kullanılarak üretilen L köşe birleştirmelerine ait moment taşıma kapasitesilerinin sıcaklık artışı ile azaldığı tespit edilmiştir. 20 °C’ de MDF-lam kullanılan L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesinin YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 50 °C sıcaklıkta ise YL-lam’dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesinin MDF-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden üretilen bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelerin su buharında bekletilmesi sonucu moment taşıma kapasitelerinde artış meydana gelmiştir. L köşe birleştirmelerin yorulma dirençleri incelendiğinde, sıcaklık artışı ile toplam deformasyon miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan deney örneklerinin su buharında bekletilmesi sonucu toplam deformasyon miktarında artış meydana gelmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Odun plastik kompozit, ‘L’ bağlantı elemanı, mekanik, fiziksel ve morfolojik özellikler, L köşe birleştirme, Moment taşıma kapasitesi, yorulma direnci.

**Bilim Kodu** : 120406

## **ABSTRACT**

**Ph. D. Thesis**

### **INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF FURNITURE FASTENERS PRODUCED FROM WASTE CASTING POLYAMIDE 6 (PA6G) ADDED WOOD PLASTIC COMPOSITES**

**Belgin ŞEKER HIRÇIN**

**Karabük University**

**Institute of Graduate Programs**

**Department of Forest Industry Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Hüseyin YÖRÜR**

**December 2021, 170 pages**

This thesis is planned as two stages. In the first stage, wood plastic composites (WPC) were produced by extrusion and injection molding using fir wood flour, rice husks, cast polyamide 6 (PA6G), high density polyethylene (HDPE), N-butyl benzene sulfonamide and lithium chloride salt. Physical (specific gravity, density, water soaking), mechanical (tensile strength, elasticity modulus in tensile, elongation at break, bending strength, elasticity modulus in bending, impact strength), thermal (differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetric analysis (TGA)) and morphological characteristics of OPKs produced in different variances were determined. In the second stage; L fasteners, which are the most widely used in the industry, were produced from fir wood flour filled PA6G-HDPE based composites by extrusion and injection molding method. L corner joints were produced with L fasteners produced and supplied from the market (polypropylene and high density

polyethylene based). Melamine plate-coated particle board (YL-lam) and medium density fiberboard (MDFlam) were used in the production of L corner joints. The moment carrying capacities and fatigue strength of L corner joints produced using these fasteners and L fasteners produced from fir wood flour filled PA6G-HDPE composites and supplied from the market under diagonal tensile loads at different temperatures (20 °C and 50 °C) and water vapor were determined. In addition, the moment carrying capacities and fatigue strength properties of L corner joints produced with these fasteners at different temperatures (20 °C and 50 °C) and water vapor were determined. When the results obtained were examined, it was determined that PA6G and PA6G-HDPE based composite test samples filled with %20 fir wood flour showed the highest strength and elasticity. While the addition of lignocellulosic filler decreases the melting temperature in PA6G-based composites, it has been observed that it does not affect the melting temperature in PA6G-HDPE-based composites. It has been determined that the moment carrying capacity of the L corner joints produced from these fasteners with L fasteners supplied from the market and manufactured from fir wood flour filled PA6G-HDPE based composites decreases with increasing temperature. At 20 °C, it was determined that the moment carrying capacity of L corner joints using MDF-lam is higher than L corner joints using YL-lam. At 50 °C, it was determined that the moment carrying capacities of L corner joints produced from YL-lam were higher than those produced with MDF-lam. The moment carrying capacity of the L corner joints formed with fasteners made of fir wood flour filled PA6G-HDPE based composites increased with holding in water vapor. When the fatigue strength of the L corner joints was examined, it was determined that the total deformation amount decreased with the increase in temperature. As a result of keeping in water vapor the test samples used lignocellulosic filler, an increase in the total deformation amount occurred.

**Key Word** : Wood plastic composite, 'L' fastener, mechanical, physical and morphological properties, L corner joint, moment carrying capacity, fatigue strength.

**Science Code** : 120406



## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın danışman hocam Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İlgi ve desteğini esirgemeyen, tez çalıőmamın hazırlanmasında büyük emekler sarf eden ve tezimin yönlendirilmesinde bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yanımda olan ikinci danışman hocam Prof. Dr. Fatih MENGELOğLU' na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin değerlendirme aőamasında yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Mustafa YAŞAR, Doç. Dr. Suat ALTUN' a Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, Arő. Gör. İlkey ATAR'a, Fatma BOZKURT' a, Büőra AVCI' ya ve Yıldız BİRBILEN'e çok teşekkür ederim.

Bilimin ve bilim insanının destekçisi olan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) (119O615) tez çalıőmamda sağladığı finansal destekten dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım süresince bana destek olan ve her zaman yanımda olan sevgili eőim Erman HIRÇIN' a ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için sevgili aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xxii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
MOBİLYA HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANLARI.....	3
2.1.1. ‘L’ Bağlantı Elemanı .....	4
2.2. MOBİLYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN LEVHALAR .....	6
2.2.1. Kontrplak .....	6
2.2.2. Kontratabla .....	7
2.2.3. Orta Yoğunluklu Liflevha (MDF) .....	7
2.2.4. Yonga Levha.....	9
BÖLÜM 3 .....	11
ODUN PLASTİK KOMPOZİTLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	11
3.1. TARIMSAL ATIKLAR VE TÜRKİYE’ DEKİ POTANSİYELİ .....	14
3.1.1. Pirinç Kabuğu .....	15
3.2. GÖKNAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	16
3.3. DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G).....	17

3.4. YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE).....	18
BÖLÜM 4 .....	20
MATERYAL VE METOT .....	20
4.1. MATERYAL.....	20
4.1.1. Lignoselülozik Dolgu Maddeleri .....	20
4.1.2. Kullanılan Plastik Malzemeler .....	21
4.1.3. Plastikleştirici .....	22
4.1.4. Erime Sıcaklığını Düşürücü Materyal .....	22
4.1.4. Bor Nitrür.....	22
4.1.5. L Köşe Birleştirmelerde Kullanılan Levhalar.....	23
4.1.6. Piyasadan Temin Edilen Bağlantı Elemanları .....	23
4.2. METOT .....	24
4.2.1. Hammaddelerin Hazırlanması .....	24
4.2.2. Odun Plastik Kompozitlerin Üretilmesi .....	25
4.2.3. Odun Plastik Kompozitlerinin ve Mobilya Bağlantı Elemanlarının Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Testler .....	29
4.2.3.1. Odun Plastik Kompozitlerin Fiziksel Özelliklerini Belirleme Testleri .....	30
4.2.3.2. Odun Plastik Kompozitlerin Mekanik Özelliklerini Belirleme Testleri .....	32
4.2.3.3. Odun Plastik Kompozitlerin Termal Özelliklerini Belirleme Testleri .....	36
4.2.3.3.1. Termo-Gravimetrik Analizi (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC).....	36
4.2.3.4. Odun Plastik Kompozitlerin Morfolojik Özelliklerini Belirleme Testleri .....	37
4.2.3.5. ‘L’ Bağlantı Elemanlarının ve L Köşe Birleştirmelerinin Moment Taşıma Kapasitesinin ve Yorulma Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi	38
4.2.4. Veri Analizi .....	43
BÖLÜM 5 .....	44
BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....	44

5.1. ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMIYLE ÜRETİLEN LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G) ESASLI KOMPOZİTLER VE ÖZELLİKLERİ .....	44
5.1.1. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri ..	45
5.1.1.1. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Özgül Ağırlıkları .....	45
5.1.1.2. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Yoğunlukları ....	46
5.1.1.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Su Alma Özellikleri .....	48
5.1.2. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Mekanik Özellikleri.	51
5.1.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Termal Özellikleri ...	61
5.1.4. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Morfolojik Özellikleri .....	65
5.2. ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMIYLE ÜRETİLEN LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G)-YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE) ESASLI KOMPOZİTLER VE ÖZELLİKLERİ.....	66
5.2.1. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri .....	67
5.2.1.1. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Özgül Ağırlıkları .....	67
5.2.1.2. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Yoğunlukları .....	68
5.2.1.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Su Alma Özellikleri .....	70
5.2.2. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Mekanik Özellikleri.....	73
5.2.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Termal Özellikleri .....	82
5.3. GÖKNAR ODUN UNU DOLGULU DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G)- YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE) ESASLI KOMPOZİTLER VE ÖZELLİKLERİ.....	85
5.3.1. Göknar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri .....	86
5.3.1.1. Göknar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Özgül Ağırlıkları .....	86

5.3.1.2. Göknar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Yoğunlukları ...	87
5.3.1.3. Göknar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Su Almaları .....	89
5.3.2. Göknar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Mekanik Özellikleri .....	91
5.3.3. Göknar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Termal Özellikleri	98
5.4. 'L' BAĞLANTI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİ .....	101
5.4.1. 'L' Bağlantı elemanlarının Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Moment Taşıma Kapasiteleri	101
5.4.2. 'L' Bağlantı elemanlarının Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Yorulma Direnç Özellikleri ..	104
5.5. L KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ .....	106
5.5.1. L Köşe Birleştirmelerin Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Moment Taşıma Kapasiteleri	107
5.5.2. L Köşe Birleştirmelerin Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Yorulma Direnç Özellikleri .	111
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	114
KAYNAKLAR .....	118
EK AÇIKLAMALAR A .....	133
EK AÇIKLAMALAR B .....	142
EK AÇIKLAMALAR C .....	145
ÖZGEÇMİŞ .....	147

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. ‘L’ bağlantı elemanı.....	4
Şekil 2.2. Orta yoğunluklu lif levha (MDF) ve melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış orta yoğunluklu lif levha (MDF-lam) .....	9
Şekil 2.3. Yonga levha ve melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış yonga levha (YL-lam).....	10
Şekil 3.1. Pirinç kabuğundan (kavuzundan) bir görünüş .....	16
Şekil 3.2. Gök nar ağacından ve kerestesinden bir görünüş .....	17
Şekil 3.3. Döküm Poliamid 6’ dan üretilen ürünlerden bir görünüş .....	18
Şekil 3.4. HDPE’ nin boncuk ve levha halindeki görünüşü.....	19
Şekil 4.1. N-büt il benzen sülfonamid’in açık formülü.....	22
Şekil 4.2. Firma A ve Firma B’ den temin edilen L bağlantı elemanları .....	24
Şekil 4.3. (a) Öğütme, (b) Eleme, (c) Elenmiş Numune, (d) Kurutma işlemlerinden bir görünüş.....	25
Şekil 4.4. Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle OPK test örneklerinin ve mobilya bağlantı elemanlarının üretimi .....	25
Şekil 4.5. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan karıştırıcı .....	27
Şekil 4.6. Ekstruder’de üretim .....	28
Şekil 4.7. Kırıcıda boncuk üretimi .....	28
Şekil 4.8. Enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretim .....	29
Şekil 4.9. Odun plastik kompozitlere ve mobilya bağlantı elemanlarına uygulanan testler ile ilgili iş akış şeması.....	30
Şekil 4.10. OPK’lara uygulanan eğilme ve çekme testlerinden bir görünüş .....	35
Şekil 4.11. OPK’lara uygulanan darbe testlerinden bir görünüş.....	36
Şekil 4.12. TGA ve DSC analizlerinden bir görünüş.....	37
Şekil 4.13. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazı .....	38
Şekil 4.14. L bağlantı elemanlarının levhalara montajlanması .....	39
Şekil 4.15. 20 °C (a), 50 °C (b) ve Su Buharında (c) bekletme işlemlerinden bir görünüş .....	39
Şekil 4.16. Diyagonal çekme testlerinden bir görünüş. ....	40
Şekil 4.17. MTS 100kN kapasiteli servo-hidrolik dinamik test cihazı ve yorulma testinden bir görünüş .....	42
Şekil 5.1. GOU ve PKU grupları için yoğunluk değerlerine ait etkileşim grafiği ...	48

Şekil 5.2. GOU ve PKU grubu kompozitlerin su almaları sonucu meydana gelen kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarının grafiksel gösterimi.....	50
Şekil 5.3. GOU ve PKU grupları için çekme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği .....	52
Şekil 5.4. GOU ve PKU grupları için çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.....	54
Şekil 5.5. GOU ve PKU grupları için kopmada uzama değerlerine ait etkileşim grafiği .....	56
Şekil 5.6. GOU ve PKU grupları için eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği .....	57
Şekil 5.7. GOU (a) ve PKU (b) grupları için eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.....	59
Şekil 5.8. GOU ve PKU grupları için darbe direnci değerlerine ait etkileşim grafiği .....	60
Şekil 5.9. Örneklerin DSC erime eğrileri .....	63
Şekil 5.10. Örneklerin TGA (a) ve DTGA (b) eğrileri .....	64
Şekil 5.11. x 500 büyütmede seçilen örneklerin SEM görüntüleri: a) Atık PA6G, b)PKU-20 ve c) GOU-20 .....	66
Şekil 5.12. Odun plastik kompozitleri için yoğunluk değerlerine ait etkileşim grafiği .....	69
Şekil 5.13. Odun plastik kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarına ait sonuçların grafiksel gösterimi (%) .....	71
Şekil 5.14. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için çekme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.....	74
Şekil 5.15. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği .....	76
Şekil 5.16. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için kopmada uzama değerlerine ait etkileşim grafiği.....	77
Şekil 5.17. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.....	79
Şekil 5.18. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği .....	80
Şekil 5.19. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için darbe direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.....	82
Şekil 5.20. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) termogramları.....	83
Şekil 5.21. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA (a) ve DTGA (b) eğrileri.....	84

Şekil 5.22. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için yoğunluk değerlerine ait etkileşim grafiği.....	88
Şekil 5.23. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarına ait sonuçların grafiksel gösterimi (%).....	90
Şekil 5.24. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için çekme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.....	92
Şekil 5.25. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.....	93
Şekil 5.26. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için kopmada uzama değerlerine ait etkileşim grafiği.....	94
Şekil 5.27. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.....	95
Şekil 5.28. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.....	97
Şekil 5.29. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için darbe direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.....	98
Şekil 5.30. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) termogramları.....	99
Şekil 5.31. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA (a) ve DTGA (b) eğrileri.....	100
Şekil 5.32. ‘L’ bağlantı elemanlarının 20 °C’ deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi. ....	105
Şekil 5.33. ‘L’ bağlantı elemanlarının 50 °C’ deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi ....	105
Şekil 5.34. ‘L’ bağlantı elemanlarının su buharında bekletme sonrası toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.....	105
Şekil 5.35. ‘L’ köşe birleştirmelerinin 20 °C’ deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi. ....	112
Şekil 5.36. ‘L’ köşe birleştirmelerinin 50 °C’ deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi ....	112
Şekil 5.37. ‘L’ köşe birleştirmelerinin su buharında bekletme sonrası toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.....	113



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. Ülkemizde bulunan tarımsal atık potansiyeli.....	15
Çizelge 4.1. PA6G' nin bazı özellikleri .....	21
Çizelge 4.2. HDPE' nin bazı özellikleri.....	21
Çizelge 4.3. YL-lam' ın özellikleri .....	23
Çizelge 4.4. MDF-lam' ın özellikleri.....	23
Çizelge 4.5. Döküm poliamid 6 esaslı göknar odunu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi. ....	26
Çizelge 4.6. Döküm poliamid 6-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı göknar odunu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi... ..	26
Çizelge 4.7. Göknar odunu dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı kompozitler için üretim reçetesi .....	27
Çizelge 4.8. OPK örneklerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan testler .....	30
Çizelge 4.9. OPK örneklerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan testler .....	33
Çizelge 4.10.Üretimi gerçekleştirilen ve piyasadan temin edilen 'L' bağlantı elemanlarına uygulanan ön işlemler ve test sayıları.....	40
Çizelge 4.11.L köşe birleştirmelerine uygulanan ön işlemler ve test sayıları.....	41
Çizelge 4.12.Diyagonal çekme yüklemeleri altında 'L' bağlantı elemanlarına uygulanan yorulma testleri .....	42
Çizelge 4.13.Diyagonal çekme yüklemeleri altında L köşe birleştirmelere uygulanan yorulma testleri.....	42
Çizelge 5.1. Döküm poliamid 6 esaslı göknar odunu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi .....	45
Çizelge 5.2. GOU ve PKU grubu kompozitlerin özgül ağırlıkları değerleri .....	46
Çizelge 5.3. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerleri .....	46
Çizelge 5.4. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait ANOVA tablosu. ....	47
Çizelge 5.5. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları. ....	48
Çizelge 5.6. PA6G esaslı kompozitlerin su alma özellikleri (%).....	49
Çizelge 5.7. Atık PA6G esaslı odun plastik kompozitlerin mekanik özellikleri .....	51

Çizelge 5.8. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	52
Çizelge 5.9. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait homojenlik grupları .....	53
Çizelge 5.10. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu .....	54
Çizelge 5.11. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları .....	55
Çizelge 5.12. GOU ve PKU grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA tablosu .....	55
Çizelge 5.13. GOU ve PKU grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait homojenlik grupları .....	56
Çizelge 5.14. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	57
Çizelge 5.15. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları .....	58
Çizelge 5.16. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu .....	59
Çizelge 5.17. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları .....	59
Çizelge 5.18. GOU ve PKU grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	60
Çizelge 5.19. GOU ve PKU grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları .....	61
Çizelge 5.20. Atık PA6G esaslı odun plastik kompozitlerin DSC verileri .....	62
Çizelge 5.21. Atık PA6G esaslı odun plastik kompozitlerin TGA verileri.....	65
Çizelge 5.22. Döküm poliamid 6-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı göknar odunu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi.....	67
Çizelge 5.23. Odun plastik kompozit test örneklerinin özgül ağırlık değerleri .....	68
Çizelge 5.24. Odun plastik kompozit test örneklerinin yoğunluk değerleri .....	68
Çizelge 5.25. Odun plastik kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait ANOVA tablosu .....	69
Çizelge 5.26. Odun plastik kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları .....	70
Çizelge 5.27. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin su alma özellikleri (%).....	70
Çizelge 5.28. Döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri.....	73

Çizelge 5.29. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	74
Çizelge 5.30. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların çekme direnci değerlerine ait homojenlik grupları .....	75
Çizelge 5.31. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu .....	75
Çizelge 5.32. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.....	76
Çizelge 5.33. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA tablosu.....	77
Çizelge 5.34. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait homojenlik grupları.....	78
Çizelge 5.35. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	78
Çizelge 5.36. Kontrol, GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları .....	79
Çizelge 5.37. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu .....	80
Çizelge 5.38. Kontrol, GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları .....	81
Çizelge 5.39. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	81
Çizelge 5.40. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları .....	82
Çizelge 5.41. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin DSC verileri. ....	83
Çizelge 5.42. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA verileri.....	84
Çizelge 5.43. Gökmar odununu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı kompozitler için üretim reçetesi .....	86
Çizelge 5.44. Gökmar odununu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin özgül ağırlık değerleri.....	87
Çizelge 5.45. Gökmar odununu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunluk değerleri.....	87
Çizelge 5.46. Gökmar odununu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait ANOVA tablosu .....	88
Çizelge 5.47. Gökmar odununu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin su alma özellikleri.....	89

Çizelge 5.48. Gök nar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri.....	91
Çizelge 5.49. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	92
Çizelge 5.50. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu .....	93
Çizelge 5.51. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA tablosu.....	94
Çizelge 5.52. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	95
Çizelge 5.53. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu .....	96
Çizelge 5.54. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait ANOVA tablosu .....	97
Çizelge 5.55. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin DSC verileri .....	98
Çizelge 5.56. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA verileri .....	99
Çizelge 5.57. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasiteleri	102
Çizelge 5.58. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait ANOVA tablosu .....	102
Çizelge 5.59. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları. ....	103
Çizelge 5.60. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki yorulma dayanımına ilişkin ortalama değerler .....	104
Çizelge 5.61. L köşe birleştirmelerin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasiteleri	107
Çizelge 5.62. YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait ANOVA tablosu .....	108
Çizelge 5.63. YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları. ....	109
Çizelge 5.64. MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait ANOVA tablosu .....	109

**Sayfa**

Çizelge 5.65. MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları.....	110
Çizelge 5.66. L köşe birleştirmelerin yorulma dayanımına ilişkin ortalama değerler .....	112

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

OPK	: odun plastik kompozit
G	: göknar odun unu ile yapılan kompozitlerin grup adı.
P	: pirinç kabuğu unu ile yapılan kompozitlerin grup adı.
PA6G	: döküm poliamid 6
HDPE	: yüksek yoğunluklu polietilen
LiCl	: lityum klorür
N-BBSA	: N-bütıl benzen sülfonamid
ÖA	: özgül ağırlık
m	: örnek ağırlığı
V	: örnek hacmi
SEM	: taramalı elektron mikroskobu
DSC	: diferansiyel taramalı kalorimetre
TGA	: termo-gravimetrik analiz
MPa	: megapaskal
kJ/m <sup>2</sup>	: kilojoul/metre kare
N	: newton

## **KISALTMALAR**

ASTM : American Society for Testing and Materials (Amerika Deneme ve Malzeme Topluluğu)

EN : European Norm (Avrupa Normu)

TS : Türk Standardı

DIN : Alman Standartlar Enstitüsü (Almanca: Deutsches Institut für Normung)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Mobilya, insanların çalışma, dinlenme, oturma, yemek yeme gibi kültürel ve sosyal ihtiyaçlarını konforlu ve emniyetli bir biçimde karşılayabilmesi için çeşitli materyallerden oluşturulmuş, estetik görünüme ve fonksiyonelliğe sahip eşyaların tamamına verilen ortak addır (Araz, 2020). Mobilya üretiminde kullanılan malzeme bakımından herhangi bir kısıt olmamasına rağmen üretimin büyük çoğunluğu masif ve masif esaslı levhalardan üretilmektedir ve bunlarla birlikte plastik, metal, cam, mermer ve bağlantı elemanları vb. birçok ürün kullanılmaktadır (Çolak, 2009; Çavuş vd, 2013). Mobilya üretiminde kullanılan malzemelerin; fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranışın önceden bilinmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Gerek tasarım gerekse buna dayalı bilimsel çalışmalarda; malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri ile birleştirmelerinin dirençlerine ait veriler kullanılmaktadır (Efe vd, 1994; Karaman ve Yıldırım, 2019). Mobilya ürünlerinin mekanik davranış özellikleri, genellikle elemanların üretildiği malzemeler ile bu elemanları birbirine bağlamada uygulanan birleştirme tekniklerine ve bağlantı elemanlarına bağlıdır (Yörür, 2012). Mobilya üretiminde kullanılan bağlantı elemanları, en az iki mobilya ünitesi veya parçasını ya da başka bir mobilyayı mekanik bir işlem yardımıyla birbirlerine çekerek bağlama fonksiyonu olan elemanlar ve mekanizmalardır (Kalaycıoğlu vd, 2017). Mobilya üretiminde kullanılan bağlantı elemanları çoğunlukla plastiklerden, metallere ve masif malzemelerden oluşmaktadır. Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artış ve buna paralel olarak artan sağlam ve kaliteli mobilya talepleri, buna karşılık sürekli azalan petrol kökenli kaynaklar ve orman varlıkları sonucu mobilya bağlantı elemanlarının üretiminde plastik ve masif malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır (Kasal vd, 2004). Türkiye de yaklaşık olarak yıllık üç milyon tonluk plastik ve beş milyon metreküplük orman endüstrisi atığı bulunmaktadır (Kurt vd, 2002; Mengeloğlu, 2006; Karakuş ve Mengeloğlu, 2015). Bu nedenden dolayı mobilya bağlantı



elemanlarının üretiminde, odun unun polimer matris içerisine katılmasıyla üretilen odun plastik kompozit kullanımının hem atıkların geri dönüşümü yönünden çevreye hem de maliyeti bakımından ekonomiye katkısı olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, endüstriyel atık olan göknar odun unu ile yüksek direnç ve dayanım özelliklerine sahip atık haldeki döküm poliamid 6 (PA6G) ve yüksek yoğunluklu polietilen esaslı odun plastik kompozitinden (OPK) mobilya endüstrisinde en yaygın kullanıma sahip 'L' bağlantı elemanlarını üretmek ve üretilen 'L' bağlantı elemanlarının ve bu bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelerinin diyagonal çekme yükleri altındaki moment taşıma kapasitelerini ve yorulma direnç özelliklerini incelemektir.

## BÖLÜM 2

### MOBİLYA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kültürel yapının göstergelerinden biri olan mobilya, farklı zaman ve kültür dilimlerinde, insanların yerleşik hayata geçmeleriyle birlikte sadece zaruri ihtiyaçlarını ve barınma gereksinimlerini karşılamak adına değil sosyalleşmenin beraberinde getirdiği bir olgu olarak ifade edilebilir. Bu bağlamda mobilya, insanların gün içinde zaman geçirdiği yerlerde, dönemin şartlarına göre insanların beğenilerine hitap eden ya da mekân içerisinde farklı amaçlarla donatılmaya yarayan, işlevsel ve taşınabilir eşyalardır ((Eckelman, 2003; Özçifci vd, 2007; Karabıyık, 2016). Mobilya üretiminde temel hammadde olarak masif ağaç malzeme, yonga levha, orta yoğunluklu lif levha (MDF), kaplama, kontratabla, kontraplak gibi malzemelerle birlikte birçok bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Perçin, 2009).

Mobilyalar kullanım yerlerinde doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Bu etkilerde mobilyaların bağlantı yerlerinde çekme ve basınç şeklinde kuvvetler meydana getirmektedir. Kuvvetlerin etkisine göre mobilya elemanlarının birleşim yerlerinde; açılma, eğilme, çatlama, burulma, kırılma vb. (elastik ve plastik) deformasyonlar meydana gelmektedir (Çelikel, 2006; Demirel, 2008). Bu birleşim yerlerinde meydana gelen olumsuzlukları giderebilmek amacıyla kullanılan levhalara ve bağlantı elemanlarına ait mekanik özellikler iyileştirilmeli ve gerekli analizleri yapılmalıdır.

#### 2.1. MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANLARI

Bağlantı elemanlarının temel özelliği iki parçayı birbirine tutturmasıdır. Bu bağlamda, bağlantı elemanları en az iki mobilya ünitesi veya parçasını ya da bunlardan başka bir eşyayı mekanik bir işlem sonucu birbirlerine çektirerek bağlama yeteneği olan elemanlar veya mekanizmalardır (Kalaycıoğlu vd, 2017). Genellikle

köşelerde olmakla birlikte, parçaların veya ünitelerin yan yana birleştirilmesinde kullanılmaktadırlar (Çetin Yerlikaya, 2010). Bağlantı Elemanı Çeşitleri; Minifix (Rastex), eksantrik bağlantı elemanları, raf tutucu, trapez bağlantı elemanı, 'L' bağlantı elemanları, kelebek somunlar, karyola bağlantı parçaları, pipo çekirme, ay bağlantı, bağlantı köşebentleri, modül bağlantı elemanları ve vidaları, özel bağlantı elemanlarıdır (Kalaycıoğlu vd, 2017). Bağlantı elemanları, mobilya konstrüksiyonu üretiminde geleneksel bağlayıcılardan (kavelalı, zıvanalı birleştirme vb.) daha yüksek tutma gücü sağladıkları ve kullanım yerinde demonte mobilya montajını gerçekleştirebilme imkânı verdikleri için yaygın olarak kullanılmaktadır (Yeşil, 2014). Bu açıdan bağlantı elemanları, masa, sandalye, karyola, mutfak dolabı, komidin, kitaplık vb. yerlerde kullanılmaktadır. Mobilya yapımında kullanılan bağlantı elemanları ahşap, metal veya plastiklerden üretilmektedir (Tankut ve Tankut, 2001). Bağlantı elemanlarının sağlamlığı kullanılan hammaddelerin özelliklerine ve bileşim oranlarına bağlıdır. Bu tez çalışmasında, piyasada en çok kullanılan 'L' bağlantı elemanın üretiminde plastik yerine odun plastik kompozit kullanımı gerçekleştirilmiştir.

### 2.1.1. 'L' Bağlantı Elemanı

Mobilyaların ek yerlerini sağlamlaştırmak ve gerektiğinde sökülüp tekrar başka bir mekâna montaj edilmesinde kullanılır (Karabulut, 2010). Bu bağlantı elemanlarının üretiminde plastikler ve metaller kullanılmaktadır. Birleştirme elemanı temas yüzey alanı:  $1537,14 \text{ mm}^2$ 'dir. Şekil 2.1' de 'L' bağlantı elemanının şekli verilmiştir.



Şekil 2.1. 'L' bağlantı elemanı.

Mobilya bağlantı elemanlarının performans özelliklerini belirlemeye yönelik birçok çalışma literatürde yer almaktadır.

Çakır (2016) çalışmasında; sarıçam odununu, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), tekstil atığı ve maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) ile üretilen odun plastik kompozitlerden kavela üretimini gerçekleştirmiştir. Üretilen bu kavelaların diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnç özelliklerini belirlemek için L köşe birleştirme üretimini gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, kavelaların üretildiği OPK içerisinde sarıçam ve tekstil atığı oranları arttıkça diyagonal basınç ve diyagonal çekme dirençlerinde artış olduğunu gözlemlemiştir.

Türk (2007) çalışmasında; kompozit (% 60 ahşap tozu- % 40 PP), plastik ve ahşap bisküvi, yonga levha (YL), orta yoğunluklu lif levha (MDF) kullanarak ürettiği L köşe birleştirmelerin diyagonal çekme ve diyagonal basınç direnç özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak; kompozit bisküvi birleştirmelerine ait direnç özelliklerinin plastik ve ahşap bisküvi birleştirmelerinden daha düşük olduğunu belirlemiştir.

Rogers ve Simonsen (2005) çalışmalarında; farklı odun plastik kompozitlerinden ürettikleri kavelaların ara yüzey makaslama direnci ile eğilme direnci arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Plastik olarak yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP)' i kullanmışlardır. Odun türü olarak ise meşe ve çamı kullanmışlardır. Uyumlaştırıcı ajan olarak maleik anhidritle muamele edilmiş polietileni (MAPE) ve maleik anhidritle muamele edilmiş polipropileni (MAPP) kullanmışlardır. Sonuç olarak; sınırlı kompozisyon bölgesinde eğilme direnci ve ara yüzey makaslama direnci arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Kullanılan uyumlaştırıcıların bu etkileşimi olumsuz yönde etkilediğini gözlemlemişlerdir.

Dalvand vd. (2014) çalışmasında; kontrplakları kullanarak gerçekleştirdikleri kavelalı birleştirmelerin diyagonal basınç yükleri altındaki eğilme moment dirençlerini incelemişlerdir. Çalışmalarında ağaç türü olarak Kayın ve Gürgen' i, kavela çapı olarak 6, 8 ve 10 mm, birleştirme derinliğini ise 9, 13 ve 17 mm olarak

kullanmışlardır. Sonuç olarak; birleştirme derinliğinin artışıyla eğilme moment direncinin arttığını, Kayın'dan yapılan kontrplakların eğilme moment direncinin Gürgeç'ten üretilen kontrplaklardan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Yerlikaya (2012) çalışmasında; yonga levhadan oluşan kabin tipi birleştirmelerde bağlantı elemanı olarak cam lifi kompozit, kavela, kavela + cam lifi kompozit, kavela+ minifiks, kavela + minifiks+ cam lifi kompozit kullanmıştır. Sonuç olarak en yüksek direnci kavela + minifiks+ cam lifi kompozit'lerin kullanıldığı kabin tipi birleştirmelerden elde etmiştir.

Atar vd. (2009) çalışmasında; yapmış oldukları çalışmada kabin tipi mobilyalarda diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnci üzerine farklı tutkallarla (PVA, D-VTKA) yapılan bisküvi birleştirmelerin etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak; kabin tipi mobilyalarda PVA tutkalı ile yapılan birleştirmenin D-VTKA tutkalı ile yapılan birleştirmeye göre % 30 daha az başarılı olduğunu belirlemişlerdir.

Vassiliou ve Barboutis (2008) çalışmasında; yonga levha, orta yoğunluklu lif levha ve bağlantı elemanı olarak plastik ve ahşap bisküvilerini kullanarak L köşe birleştirmesi yapmışlardır. Sonuç olarak, ahşap bisküvi ile üretilen L köşe birleştirmelerinin plastik bisküvi ile üretilenlerine kıyasla daha yüksek direnç özelliklerine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Bağlantı elemanları üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat L bağlantı elemanlarında odun plastik kompozit kullanımına yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

## **2.2. MOBİLYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN LEVHALAR**

### **2.2.1. Kontrplak**

TS 2128'e göre kontrplak; tabakaların lif doğrultuları birbirine dik olacak biçimde yapıştırılmış, her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakaların birbirine simetrik olduğu bir levha olarak tanımlanmaktadır, genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7 gibi tek

sayılardan oluşmaktadır. Kalınlıkları 3-70 mm arasında olup, genellikle 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir. En çok üretilen kalınlıklar 3-30 mm arasında değişmektedir (Artunal, 2019).

### **2.2.2. Kontratabla**

Geleneksel kontratabla levhaların orta kısmında kereste parçaları yüzeylerde ise kaplama levhaları ya da sert levha kullanılmakta iken, daha yeni versiyonların da orta kısmında yan yana tutkalla yapıştırılmış kereste parçaları ve yüzeyde kaplamadan çok ince keresteler kullanılmaktadır. Yeni versiyon kontratabla levhalar mobilyacılıkta ve Avrupa'da beton kalıbı olarak kullanılmaktadır (Artunal, 2019).

### **2.2.3. Orta Yoğunluklu Liflevha (MDF)**

Liflevha, lignoselülozik lifsel yapıların yapışma özelliklerinden faydalanarak, ya da yapıştırıcı olan maddelerin ve bazı durumlarda da diğer katkı maddelerini ilave edilerek pres yapılmadan veya hidrolik olarak çalışan sıcak preslerde sıkıştırılma yoluyla levha haline getirilmesiyle elde edilen bir materyal çeşididir (Özkalayci, 2017). Orta yoğunluklu liflevha (MDF) ise termomekanik olarak odun veya diğer lignoselülozik hammaddelerden elde edilen liflerin %9—11 rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra sıcakta sertleşen yapıya sahip bir yapıştırıcı ile tutkalanmak suretiyle sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen yapıya sahip ahşap kompozit levhadır (Dayanıklıoğlu, 2004). MDF üretiminde düşük değere sahip odun hammaddesi kullanılır. Bunlar, sınıflandırılmayan yuvarlak odunlar, aralama kesimden alınan odunlar, kontrplak üretim fabrikası artıkları ve yakacak odunlardır. Bununla birlikte, MDF yapımında levha kalitesini farklı ağaç türlerinin bir araya gelmesi etkilememektedir. Bundan başka hammadde olabilen fındık, taflan, meşe, kestane, gürgen gibi yapraklı ağaç türleri ve ladin, göknar, çam gibi iğne yapraklı ağaç odunları da kullanılabilir (Özkalayci, 2017; Sert, 2018). MDF üretiminde yapıştırıcı madde üre formaldehit tutkalı ve sertleştirici madde olarak ise amonyum klorür ya da amonyum sülfat kullanılır. Özel amaçlı levha üretilecek ise fenol ve melamin formaldehit tutkalları kullanılır. Levhalarda şişme ve su almayı azaltmak amacıyla mum, parafin ve hidrofobik maddeler ilave edilebilir (Özkalayci,

2017). Orta yoğunluklu lif levhanın Dünya’da son yıllarda artan talebinden dolayı üretim miktarları ve kullanım alanları da artmaktadır. Avrupa’da MDF, çoğunlukla mobilya endüstrisinde ve laminant parke üretiminde tercih edilmektedir. Yapısal amaçlı kullanımı ise daha çok Kuzey Amerika’da yaygın kullanılmaktadır. Ülkemizde de genellikle mobilya endüstrisinde, laminant parke (HDF), kapı ve profil üretiminde değerlendirilmektedir (Uzer, 2018).

MDF’ nin toplam levha kalınlığı boyunca homojen yapısı, yüksek yüzey kalitesi, yüksek yoğunluğu, üretiminde kullanılan hammadde seçiminde sınırların daha geniş olması, diğer ahşap işleyen endüstri atıklarının üretiminde değerlendirilebilmesi, şeker kamışı, saman sapı, bambu vb. yıllık bitkilerin değerlendirilebilmesi, düşük kaliteli odun hammaddesinin kullanılabilmesi, yüksek eğilme direnci, yüksek elastikiyet modülü, yüksek vida tutma gücü, yüksek yarıma direnci, işlenebilirliğinin iyi olması, yüksek boyutsal stabilitesi, kalıplama işlemlerine uygun oluşu, şekil verme, bükme, bütün birleştirme malzemeleri ve ahşap yapıştırıcılar ile uyumlu oluşu, baskı yapma, kaplama ve boyama işlemlerine uygunluğu, rutubet toleransının yonga levhaya kıyasla daha yüksek olması, estetiksel açıdan güzel görümlü olması, cila, lakeleme vb. üst yüzey işlemleri için elverişli olması, masif ahşaba kıyasla daha iyi rutubet sorpsiyon özelliğine sahip olması, yanmaya karşı dayanıklı hale getirilmiş MDF’nin, aynı özelliğe sahip masif ahşap malzemeye göre daha dayanıklı olması, yüzeylerinin ahşap kaplama levhası, melamin emprenyeli kâğıt, PVC, laminant, membran vb. kaplama malzemeleri ile kaplanabilirliğinin yüksek olması, farklı ebatlarda ve geniş boyutlarda üretilebilmesi, levhanın üç boyutunda da direnç özelliklerinin benzer olması, çalışma özelliklerinin her yönde aynı özellikte olması, masif ahşap malzemede bulunan lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu, budak vb. kusurları bulundurmaması gibi özellikleri sebebiyle MDF’ nin mobilya üretiminde masif ahşap malzemeye ve yonga levhaya kıyasla daha çok tercih edilmektedir (Çamlıbel, 2012; Uzer, 2018).



Şekil 2.2. Orta yoğunluklu lif levha (MDF) ve melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış orta yoğunluklu lif levha (MDF-lam).

#### 2.2.4. Yonga Levha

Yonga levha, lignoselülozik malzemelerden (odun, bitki sapları, orman budama atıkları, vb.) elde edilen yonga ve talaş parçalarının genellikle melamin formaldehit (MF), üre formaldehit (ÜF), fenol formaldehit (FF) vb. gibi termoset tutkallar veya yonga levha üretimine uygun farklı tutkallar ile karıştırılarak ısı ve basınç altında geniş yüzeyli levha formuna getirilmesi ile elde edilen odun esaslı levha ürünüdür (Başboğa, 2018). Türkiye'deki orman endüstrisinin en hızlı gelişen alt sektörlerinden birisi olan yonga levha sektörünün yıllık kapasitesi yaklaşık 5,1 milyon m<sup>3</sup> 'tür. Türkiye, yonga levha üretiminde Avrupa'da 3., dünyada ise 5. sıradadır (Oğuz, 2019). Mobilya endüstrisinde yaygın kullanıma sahip olan yonga levhaların özellikleri, yeknesak ve nispeten düşük yoğunluk, iyi işlenebilme, yeterli vida tutma direnci, dikey dirençlere yeterli yüzey sağlaması, yeknesak kalınlık, şişme eğiliminin azlığı, her iki yüzeyde de aynı direnç ve genleşme sağlaması, çarpılma özelliğinin olmaması, masif ağaç malzeme tutkalları ile kaplama levhalarla kaplanmalarında oldukça iyi özellikler göstermesi, standart ölçülerinin oldukça iyi kullanılabilirlik göstermesi, düşük veya yüksek basınçla preslenmiş plastik malzemelerle, melamin emprenyeli kâğıt ve ahşap kaplamalarla kaplanmasının kolaylığı şeklinde sıralanabilmektedir (Çetin Yerlikaya, 2010). Mobilya üretiminde en çok kullanılan yonga levha kalınlıkları; 5, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19, 22, 25, 30 mm'dir. Yonga



levhalar daha çok kapı izolasyonu ve bölme gibi işlemlerde kullanılmaktadır (Özçifci, 1995). Ayrıca, kaplamalı kapı, tavan, mutfak alt ve üst dolapları, lambri gibi dekorasyon işleri; mağaza, tiyatro ve sinema salonları dekorasyonu; gemi, otobüs ve prefabrik ev yapımında ve benzeri yerlerde başarı ile kullanılmaktadır (Gözalın, 2016).



Şekil 2.3. Yonga levha ve melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış yonga levha (YL-lam).

## BÖLÜM 3

### ODUN PLASTİK KOMPOZİTLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Odun unu ve termoplastik esaslı polimerlerin karışımı Odun Plastik Kompozitleri (OPK) olarak adlandırılmaktadır. Termoplastik esaslı odun kompozitlerinin yapısında odun unu ile yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), polivinil klorür (PVC) ve polipropilen (PP) gibi plastikler bulunmaktadır. Dolgu maddesi olarak kullanılan odun unu sadece ağaç malzeme değil lifli yapıda olan tüm yıllık bitkiler ve tarımsal atıklar gibi odunsu materyallerinin tamamını ifade etmektedir (Matuana ve Heiden, 2004; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008).

OPK' ların ahşap görünümlü olması ve ahşap hissi yaratmasına ilaveten rutubet, su, soğuk ve sıcak hava koşullarına karşı da çok dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı ıslak zeminlerde ve açık alanlarda kullanılan malzemelere alternatiftir. Uzun ömürlü ve sürdürülebilir bir malzemedir. Başlıca kullanım alanları; marinalar, yürüyüş yolları, spa ve havuz alanları, kapı, çit ve köprüler, barınaklar, balkonlar, otomotiv panelleri, yer döşemeleri, dış cephe kaplamaları, bahçe mobilyaları, çerçeve, çiçeklik vb. yerlerdir (Klyosov, 2007; Ashori, 2008; Özmen vd, 2014; Kamwood, 2017). Ülkemizde 2012 yılı itibariyle OPK kullanımı yaklaşık olarak yıllık 20.000 tona ulaşmış olup bunun 15.000 tonu ithal OPK ürünleri olup, 5.000 tonu ise ülkemizde üretim yapan 9 farklı tesiste üretilmektedir (Özmen vd, 2014).

Odun plastik kompozitlerin özelliklerini belirlemeye yönelik literatürde birçok çalışma bulunmaktadır.

Wellekötter ve Christian (2018) çalışmalarında; saf ve geri dönüştürülmüş poliamidler ile cam lifi katkılı kompozitler üretmişlerdir. Sonuç olarak, üretilen kompozitlerin çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, eğilme

direnci ve darbe direnci üzerine plastiğin geri dönüştürülmesinden kaynaklı bir etki gözlemlenmemişlerdir.

Zhou vd. (2017) çalışmalarında; maleik ve silan uyumlaştırıcı ajanları (MAPE, Si69 and VTMS) ile işlem görmüş odun plastik kompozitlerinin kullanım yerinde mekanik özelliklerini ve kütlesini incelemişlerdir. Uygulanan işlem sonrası taramalı elektron mikroskopunda reçine penetrasyonunun, odun ununun ıslanabilirliğinin ve bileşenler arasındaki uyumun arttığını ve ara yüzey bağlanmanın iyileştiğini gözlemlenmişlerdir. İyileşen ara yüzeyin odun plastik kompozitlerin sertlik ve çekme direncinde artışa yol açtığını belirtmişlerdir. Bu durumun sonucu olarak; işlem görmüş odun kompozitlerin daha yüksek yük dayanım kapasitesine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Zierdt vd. (2016) çalışmalarında; yapmış oldukları çalışmalarında  $\epsilon$ -kaprolaktam kullanarak erime sıcaklığını düşürdükleri kopolyamidler (PA 6/11- 70/30) ile % 30 kayın odun lifi katkılı kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak; % 30 kayın odun lifi ilavesi çekmede elastiyet modülünü arttırırken, çekme direnci ve kopmada uzama değerlerini azaltmıştır.

Liang vd. (2015) çalışmalarında; keten lifi ile güçlendirilmiş Poliamid 6 kompozitlerinin mekanik özellikleri (çekme, sertlik ve eğilme direnci, kopmada uzama) üzerine sıcaklık ve sertleşme zamanı gibi ısı- basınç şekillendirme işleminin etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak; kırılma modunun sertleşme zamanına göre değiştiğini belirlemişlerdir. Kompozit performansındaki azalma ve liflerin zayıflığını; keten liflerinin termal bozunmasının artışına bağlamışlardır.

Ghanbari vd. (2014) çalışmalarında; lif türlerinin (kavak ve pirinç sapı), lif boyutlarının (20-40 ve 40-60 mesh) ve karışım metotlarının (sıcak pres ve ekstrüzyon) odun plastik kompozit levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak; yukarıda belirtilen parametrelerin yoğunluk, çivi ve vida tutma direnç özelliklerini etkilediğini belirlemişlerdir. Kavak odun unu katkılı kompozitlerin pirinç sapı unu katkılı kompozitlere göre daha yüksek yoğunluk ve direnç özellikleri gösterdiğini, lif boyutlarının artmasıyla direnç

özelliklerinin azaldığını belirlemişlerdir. Ekstrüzyon yöntemiyle üretilen levhaların sıcak pres yöntemiyle üretilenlere kıyasla daha yüksek direnç özelliklerine sahip olduğunu, lif oranlarının artmasıyla yoğunluk ve direnç özelliklerinde önemli artışlar meydana geldiğini bulmuşlardır.

Lu vd. (2005) çalışmalarında; yedi farklı uyumlaştırıcı ajanın (E17, E20, C10, C16, 226D, 100D, E-43) odun plastik kompozitlerdeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak kullanılan uyumlaştırıcı ajanın odun plastik kompozitlerinde ara yüzey bağlanmayı arttırdığı için mekanik özelliklerini (çekme direnci, eğilme direnci) iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Uyumlaştırıcı ajanlar içerisinde en iyi performans özelliğini 226D ve 100D'den elde etmişlerdir.

Haftkhani vd. (2011) çalışmalarında; ticari odun plastik kompozitlerin vida çekme direncini geleneksel olarak kullanılan orta yoğunluklu lif levha (MDF) ve yonga levha ile kıyaslamasını gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak; odun plastik kompozitlerin vida çekme direncinin orta yoğunluklu lif levha ve yonga levhaya göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Naghypour vd. (2011) çalışmalarında; odun plastik kompozit kirişlerinin restorasyonunda karbon ve cam lifleri ile güçlendirilen polimerleri kullanmışlardır. Restore ettikleri odun plastik kompozitlerini teoriksel ve deneysel olarak incelemişlerdir. Dört noktalı eğilme testini, çekme kenarına yapıştırılan karbon ve cam lifleri ile güçlendirilen polimer şeritleri ile odun plastik kompozit kirişlerinin yükleme-yer değiştirme ilişkisini kısa zamanlı deneylerle belirlemişlerdir. Sonuç olarak; deneysel ve teoriksel sonuçların birbirleri ile uyumlu olduğunu belirlemişlerdir.

Jam ve Behravesht (2009) çalışmalarında; çok küçük boyutlardaki (50 mikrondan aşağı) odun unlarını kullanarak odun plastik kompozitlerin enjeksiyon kalıplama üzerinde deneysel çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Rutubet, su alma ve erime akış indeks' ini % 40' dan % 70' e kadar ki odun unları oranları için belirlemişlerdir. Sonuç olarak; rutubet oranının % 70 odun unu ilavesiyle yüksek bir şekilde arttığını belirtmişlerdir. Erime akış indekslerinin ise % 60' dan % 70' e odun unu ilavesiyle

çok yüksek oranda arttığını belirlemişlerdir. % 70 odun unu ilaveli kompozitlerin üretiminde geleneksel enjeksiyon kalıplama makinesinin çok zorlandığını bu durumu gidermek içinde enjeksiyon kalıplama makinesinin döküm deliğinin modifiye edildiği ve kalıplama sıcaklığının artırıldığını belirtilmişlerdir. Bunlara rağmen % 60 odun unu ilaveli kompozitlerde kalıplar tam dolarken % 70 odun unu ilave örneklerde tam dolmadığını belirlemişlerdir.

Lu vd. (2005) çalışmalarında; yedi farklı uyumlaştırıcı ajanın (E17, E20, C10, C16, 226D, 100D, E-43) odun plastik kompozitlerdeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak kullanılan uyumlaştırıcı ajanın odun plastik kompozitlerinde ara yüzey bağlanmayı arttırdığı için mekanik özelliklerini (çekme direnci, eğilme direnci) iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Uyumlaştırıcı ajanlar içerisinde en iyi performans özelliğini 226D ve 100D'den elde etmişlerdir.

Odun plastik kompozitler üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, döküm poliamid 6 (PA6G)' nın odun plastik kompozitlerinde kullanımına yönelik herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

### **3.1. TARIMSAL ATIKLAR VE TÜRKİYE'DEKİ POTANSİYELİ**

Dünyada lignoselülozik esaslı OPK üretiminde kullanılan en önemli hammadde kaynağı ağaçlardır. Dünyadaki lif kaynaklarının % 68,5'nı ağaçlar oluşturmaktadır. Geriye kalan % 31,5'lik kısmı ise tarımsal esaslı lifler oluşturmaktadır. Tarımsal esaslı lifler içerisinde buğday sapı, pamuk sapı, pirinç sapı, pirinç kabuğu, pamuk karpeli, sisal, bambu, keten, kenaf, kenevir, rami gibi ürünler sayılabilir (Ndazi vd, 2006; Acar, 2014). Türkiye'de orman ve tarım alanlarının % 27,06' sını ormanlar, % 19,64 'ünü tarım alanları, % 5,13' ünü nadas alanları ve geriye kalan kısmını ise sebze ve meyve bahçeleri ve çayır ve mera arazileri oluşturmaktadır (TÜİK, 2015). Çizelge 3.1' de ise ülkemizde bulunan tarımsal atık miktarları hakkında bilgi verilmektedir.

Çizelge 3.1. Ülkemizde bulunan tarımsal atık potansiyeli (TTGV, 2011).

Ürünler	Ürün Miktarı (1000 ton/yıl)	Atıklar	Kullanılabilir Atık Miktarı (1000 ton/yıl)
Buğday	22,439	Saman	3,514
Arpa	8,327	Saman	1,344
Yulaf	323	Saman	48
Pirinç	332	Sap Kabuk	126 62
Tütün	181	Sap	246
Pamuk	2,293	Sap Çırçır Atığı	1,512 586

Tarımsal atıkların OPK üretiminde kullanımı dünyanın birçok yerinde gerçekleştirilmektedir. Başta Amerika olmak üzere dünyanın birçok yerinde OPK' ların endüstriyel üretimi gerçekleştirilmektedir. OPK' ların diğer levha türlerine göre mekanik özelliklerini iyi olması, doğal ve geri dönüşüme uygun olmaları nedeniyle araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Tüm bu üstün özellikleriyle birlikte ülkemizdeki tarımsal atık miktarı göz önüne alındığında bu konu üzerine farklı çalışmaların yapılma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

### 3.1.1. Pirinç Kabuğu

Pirinç (*Oryza sativa* L.) buğdaygiller familyasından gelen ve mısır ile buğdaydan sonra en fazla ekimi yapılan otsu bitki türüdür (Olgun vd, 2009). Pirinç kabuğu, pirinç üretiminde ortaya çıkan tarımsal bir yan üründür. Pirinç kabuğu yüzdesi, pirinç çeşidi, ekim alanı özellikleri, toprak verimliliği, hava şartları, sulama verimliliği vb. etkilere göre ülkeden ülkeye değişmektedir (Jittima, 2009). Genel olarak pirinç kabuğu, pirinç ağırlığının yaklaşık %20'si kadar olduğu kabul edilir. Pirinç üretiminde iki tip kabuk oluşur. Birinci kabuk; pirinç tanesinin etrafını saran ince bir zar şeklindeki kepek adı verilen materyaldir. İkinci kabuk ise bir pirinç tanesinin en dışında bulunan kabuktur. Bu kabuk içteki kabuğa göre daha sert olup kavuz veya kapçık olarak adlandırılır. Kavuz, silis ve karbon iskeletinden oluşmaktadır ve amorf yapıdadır (Bayrak vd, 2008). Pirinç bitkisinin kavuz/tane oranının fazla olmasından dolayı 1 tonluk pirinç hasadından sonra tarlada yaklaşık 350-400 kg arasında kavuz kalmaktadır. Pirinç kavuzunda yüksek oranda silisyum bulunduğundan dolayı parçalanması güçtür. Bu nedenle pirinç kavuzları bir sonraki ekime kadar tarlada

kendiliğinden çürüyerek ortadan tamamen yok olmamaktadır. Bu sorunu gidermek için üreticiler yasak olmasına rağmen tarlada kalan pirinç kavuzlarını yakarak bertaraf etmeye çalışmaktadır. Bu durum küresel karbon emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Pirinç kavuzunun farklı alanlarda odun hammaddesinin yerine ikame edilmesi hem ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacak hem de küresel karbon emisyonunun azaltılmasına katkıda bulunacaktır (Kayışoğlu vd, 2016).



Şekil 3.1. Pirinç kabuğundan (kavuzundan) bir görünüş.

### 3.2. GÖKNAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Ülkemiz, topografik yapısı ve coğrafi konumundan dolayı zengin bir bitki örtüsüne sahiptir (Güleç ve Kaymakçı, 2016). Bu zengin bitki örtüsü içerisindeki orman varlığımız 1972 yılında 20,2 milyon hektar iken, 2015 yılı itibarıyla 22,3 milyon hektara ulaşmıştır. Buna paralel olarak ormanlarımızdaki odun servetimiz ise 1972 yılında 0,9 milyar m<sup>3</sup> iken 2015 yılında 1,6 milyar m<sup>3</sup>'e yükselmiştir (OGM (2015)). Bu zengin bitki örtüsü içerisindeki orman varlığımızın yaklaşık % 40' ını geniş yapraklı ormanlar, % 60' ını ise iğne yapraklı ormanlar oluşturmaktadır. İğne yapraklı ağaç türlerinden olan göknarlar, doğal yayılışlarını ülkemizde Türkiye-Gürcistan sınırı ile Yeşilirmak Vadisi arasında kalan Doğu Karadeniz orman alanlarında

yaparlar (Yıldız, 2015). Gökнарlar ülkemizde 584,781 ha yayılış alanı ile iğne yapraklı ağaçlar içerisinde, kızılçam, karaçam ve sarıçamdan sonra en geniş yayılış alanına sahip ağaç türüdür (OGM, 2015). OGM 2015 verilerine göre toplam orman varlığımız 22 342 935 ha' dır. Bu kapsamda göknar türü toplam orman varlığımızın % 2,61' lik kısmını oluşturmaktadır.



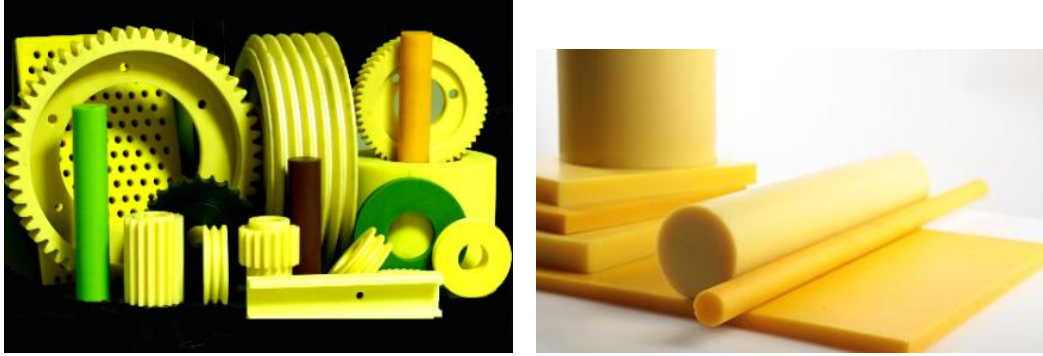
Şekil 3.2. Gökнар ağacından ve kerestesinden bir görünüş.

### 3.3. DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G)

Poliamid grubundan bir malzemedir. PA6G isteğe bağlı olarak sarı, siyah veya değişik renklerde üretilebilmektedir (Erbay, 2009; İpek, 2011). Sıkı bir dokuya ve sertliğe sahiptir. Kimyasal yönden çapraz bağlı moleküler yapısı nedeni ile üstün özelliklere sahip bir poliamid türüdür. Çok yüksek molekül ağırlığına, kristal yapıya sahip olan PA6G; yüksek elastiklik modülü, iyi kimyasal dayanımı, iyi aşınma direnci, yüksek erime sıcaklığı (220 °C), hafiflik, titreşim ve ses sönümlenme gibi özelliklere sahip bir mühendislik plastiğidir. PA6G parçalarının mukavemetleri, ekstrüzyon ve enjeksiyon ile üretilen diğer poliamid parçalara göre çok daha üstündür (Parlar, 2002; Turgut, 2012). Transportta ve endüstri uygulamalarında geniş ölçüde kullanılan PA6G teknelerin dümenlerinde ve itki pervanelerinde, konteyner ve mobil vinçlerde kasnak, yatak ve kızaklarda, burçlarda, dişlilerde, makaralarda, inşaat makine parçalarında, dümen mili yataklarında, araba tekerleklerinde kullanılmaktadır (Erkan, 2015; Sarı, 2015). Bunlarla birlikte; bakır, alüminyum,



bronz, çelik, pirinç ve diğer metallerin kullanıldığı birçok yerde de bu metallerin yerine kullanılabilir (Erbay, 2009; İpek, 2011; Turgut, 2012).



Şekil 3.3. Döküm poliamid 6' dan üretilen ürünlerden bir görünüş.

### 3.4. YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE)

Yoğunluğu 0,94-0,96 gr/cm<sup>3</sup> olup geniş kullanım alanına sahip bir plastiktir. -80 ve 80 °C arası sıcaklıklarda kullanılmaya uygundur. Yapısında amorf ve kristal faz olmak üzere 2 çeşit faz bulunmaktadır. Amorf faz, oda sıcaklığında kauçuk gibi davranarak kristal fazın belli miktarda hareket etmesine izin vermektedir. Bu deformasyon şekli plastik olarak adlandırılmaktadır. Kuvvet kaldırıldıktan sonra toparlanabilir olan bu davranış zincirde kopmaya neden olmamaktadır (Demir, 2019). Erime sıcaklığı yaklaşık olarak 130 °C'dir (Karakuş, 2017). Ana zincirde en az 200 karbon atomu bulunmaktadır. Düşük yoğunluklu polietilene göre çok daha sert bir yapıya sahiptir (Aboulkas vd, 2010; Arda, 2011). Özellikleri; yoğunluğa, moleküler ağırlığa ve moleküler ağırlığın dağılımına olmak üzere üç önemli kritere bağlı olarak değişmektedir. HDPE'nin uzama, gerilme ve çatlak direnci yoğunluğun artmasıyla azalırken, çekme mukavemeti, yumuşama sıcaklığı ve kimyasal dirençleri artış göstermektedir. Moleküler ağırlık artırılarak uzama, gerilme, akma ve kopma mukavemeti, çatlak direnci, tokluk, sünme direnci, kimyasal dayanım iyileştirilebilir. Moleküler dağılımda ise dar aralıkta HDPE'lerin tokluğu, yumuşama sıcaklığı, gerilme çatlak direnci artar (Demir, 2019).

Yüksek yoğunluklu polietilenin endüstride ticari olarak birçok farklı alanda kullanımı bulunmaktadır. Bunlar; boru imalatı, kanalizasyon, sulama dağıtım şebekeleri, gıda ambalajlamalarında, çeşitli oyuncak ve mutfak eşyası imalatında, ağır hizmet torbaları, şerit, iplik ve halat yapımında, izolasyon malzemesi olarak kablo kaplamalarında, şişe kasası, sebze ve meyve taşımacılığında, alet kutusu, yükleme kasası yapımında, deterjan, şampuan ve kozmetik şişeleri imalatında, kerosenler, kimyasallar ve oto yağları için büyük konteynırların yapımı şeklinde sıralanmaktadır (Öksüz Çelebi, 2008).



Şekil 3.4. HDPE' nin granül ve levha halindeki görünüşü.

## BÖLÜM 4

### MATERYAL VE METOT

Mikrokristalin selülozu, göknar odunu ve pirinç kabuk unları kullanılarak farklı üretim reçetelerine göre üretilen odun plastik kompozitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir (Ek A.). Elde edilen sonuçlar içerisinde optimum özellik sergileyen odun plastik kompozitler tez kapsamında kullanılmıştır. Bu çalışmada, materyal ve metot iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda tez kapsamında kullanılan lignoselülozik dolgu maddeleri, plastik malzemeler, plastikleştiriciler, erime sıcaklığını düşürücü materyaller, bor nitrür, kullanılan levhalar ve piyasadan temin edilen bağlantı elemanları hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci kısımda ise odun plastik kompozitlerin üretimi, üretim sonrasında elde edilen kompozit malzemelerin ve bağlantı elemanlarının ve bu bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelerin özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler tanıtılmıştır.

#### 4.1. MATERYAL

##### 4.1.1. Lignoselülozik Dolgu Maddeleri

Lignoselülozik dolgu maddesi olarak Uludağ göknar odun talaşı ve pirinç kabukları kullanıldı. Dolgu maddesi olarak kullanılan Uludağ göknar odun talaşları Karabük’ te faaliyet gösteren kereste atölyelerinden temin edildi. Kullanılan Uludağ göknar’ ın yoğunluğu  $0,44 \text{ gr/ cm}^3$ , eğilme direnci  $73 \text{ N/mm}^2$ , çekme direnci  $62 \text{ N/mm}^2$ , elastikiyet modülü  $8300 \text{ N/ mm}^2$ , basınç direnci  $37 \text{ N/ mm}^2$  ve darbe direnci  $0,26 \text{ kN/ cm}^2$  dir (Hekimoğlu, 2014; Yıldız, 2015).

Tezde kullanılan pirinç kabukları ise Karabük bölgesindeki çiftçilerden temin edildi. Kompozit üretiminde kullanılan lignoselülozik dolgu maddelerinin homojenliğine ve

kabuk, taş, çamur, aşındırıcı maddeler gibi artık maddeler içermemesine dikkat edilmiştir.

#### 4.1.2. Kullanılan Plastik Malzemeler

Mobilyaların en zayıf noktasını oluşturan bağlantı elemanlarının direnç özelliklerini iyileştirmek amacıyla yüksek dayanım ve yorulma direnci özelliklerine sahip atık halde bulunan döküm poliamid 6 (PA6G) bu tez kapsamında kullanılmıştır. Atık haldeki döküm poliamid 6 plastikleri Plamek Plastik Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ.’ den temin edilmiştir. Çizelge 4.1’ de PA6G’ nin bazı özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.1. PA6G’ nin bazı özellikleri (Turgut, 2012; Polikim, 2018).

Özellikler	Standartlar	Değerler	Birimler
Yoğunluk	DIN 53479	1,15	gr/cm <sup>3</sup>
Çentikli Darbe	DIN 53453	Minimum 4	J
Sertlik	DIN 53505	Minimum 82	-
Çekme Dayanımı	DIN 53455	600-900	kg/ cm <sup>3</sup>
Kopma Uzaması	DIN 53455	20	%
Erime Noktası	DIN 53736	220	°C
Su Alma	ISO 62	7	%

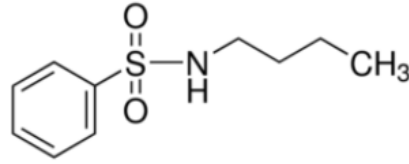
Bu tez çalışmasında PETKİM Petrokimya Holding A.Ş.’ den temin edilen Petilen YY I668 (UV) kodlu yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kullanılmıştır. Çizelge 4.2’ de HDPE’ nin bazı özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.2. HDPE’ nin bazı özellikleri (Petkim, 2021).

Özellikler	Standartlar	Değerler	Birimler
Erime Akış Hızı	ASTM D 1238	5,5	gr/10 min
Yoğunluk	ASTM D 1505	0,965	gr/cm <sup>3</sup>
Erime Noktası	ASTM D 3418	134	°C
Akmada Gerilme Dayanımı	ASTM D 638	30	MPa
Çekmede Gerilme Dayanımı	ASTM D 638	17	MPa
Kopmada Uzama	ASTM D 638	1250	%
Sertlik	ASTM D 2240	66	-

#### 4.1.3. Plastikleştirici

Isı ve basınçla biçimlendirmede plastiğin (PA6G) akışını ve işlenebilirliğini kolaylaştırmak, esnekliğini arttırmak ve kırılmasını azaltmak amacıyla N-bütıl benzen sülfonamid (N-BBSA) plastikleştiricisi kullanılmıştır. N-bütılbenzen sülfonamid; 25 °C’ de 1,15 gr/ml yoğunluğa ve 213,30 gr/mol molekül ağırlığına sahip bir plastikleştiricidir (Sigma Aldrich, 2018). Şekil 4.1’ de N- bütıl benzen sülfonamid’ in açık formülü verilmiştir.



Şekil 4.1. N-bütıl benzen sülfonamid’ in açık formülü.

#### 4.1.4. Erime Sıcaklığını Düşürücü Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan PA6G’nin erime sıcaklığını düşürmek amacıyla erime sıcaklığını düşürücü materyal olarak Carlo Erba firmasından temin edilen lityum klorür (LiCl) tuzu kullanılmıştır. LiCl tuzu; 20 °C’ de 2,068 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğa, % 99 saflığa ve 42,39 gr/mol ağırlığına sahip bir malzemedir (Carlo Erba, 2018).

#### 4.1.5. Bor Nitrür

Döküm poliamid 6’ nın enjeksiyon kalıplama üretimleri esnasında kalıba yapışmasını önlemek amacıyla ZYP Coatings, Inc. firmasından temin edilen bor nitrür (BN) kullanılmıştır. Bor nitrür; 20 °C’ de 1,2 özgül ağırlığına, % 85 saflığa ve 2-4 pH’ a sahip bir malzemedir.

#### 4.1.6. L Köşe Birleştirmelerde Kullanılan Levhalar

L köşe birleştirmelerde, melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış yonga levha (YL-lam) ve orta yoğunluklu lif levha (MDF-lam) Yükseller Orman Ürünleri firmasından temin edilmiştir. YL-lam ve MDF-lam'ın özellikleri aşağıdaki Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. YL-lam'ın özellikleri (İstek vd, 2017).

Özellikler	Standartlar	Değerler	Birimler
Yoğunluk	TS EN 323	633	kg/m <sup>3</sup>
Yüzey Sağlamlığı Direnci	TS EN 311	0,82	N/mm <sup>2</sup>
Yüzeye Dik Çekme Direnci	TS EN 319	0,32	N/mm <sup>2</sup>
Eğilme Direnci	TS EN 310	13,3	N/mm <sup>2</sup>
Vida Çekme	TS EN 320	615	Newton

Çizelge 4.4. MDF-lam'ın özellikleri (Kastamonu Entegre, 2021).

Özellikler	Standartlar	Değerler	Birimler
Yoğunluk	TS EN 323	715	kg/m <sup>3</sup>
Su Alma	TS EN 317	1,8	%
Aşınma Dayanımı	TS EN 438-2	500	Devir
Çizilme Testi	TS EN 438-2	4,5	Newton
Çatlamaya Karşı Mukavemet	TS EN 14323	5	Derece

#### 4.1.7. Piyasadan Temin Edilen Bağlantı Elemanları

Testlerde kullanılan polipropilen (Firma A) ve yüksek yoğunluklu polietilen esaslı L bağlantı elemanları (Firma B) piyasadaki yerel firmalardan temin edilmiştir.



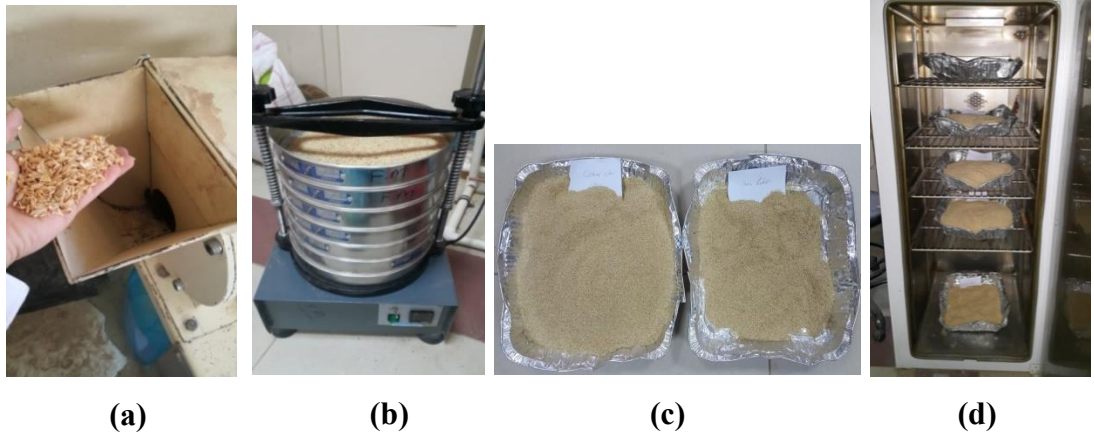
Şekil 4.2. Firma A ve Firma B' den temin edilen 'L' bağlantı elemanları.

## 4.2. METOT

### 4.2.1. Hammaddelerin Hazırlanması

Odun plastik kompozitlerin (OPK) üretiminde kullanılan hammaddelerden PA6G, HDPE, lityum klorür tuzu, N-butilbenzen sülfonamid ve bor nitrür gibi katkı maddeleri üreticiden satın alındığı haliyle kullanıldıkları için aşağıda sadece lignoselülozik dolgu maddelerinin üretime hazır hale getirilmesi açıklanmıştır.

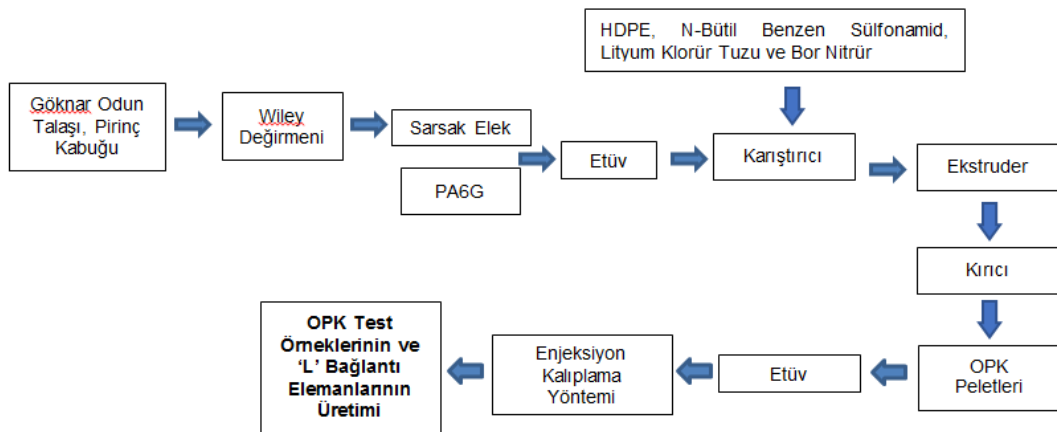
Karabük ilindeki kereste atölyelerinden temin edilen göknar odun talaşları ve Karabük ilindeki çiftçilerden temin edilen pirinç kabukları Wiley değirmeni yardımıyla un haline getirilmiştir. Üretilen malzemelerin performansları üzerinde dolgu maddelerinin boyutlarının etkili olması nedeniyle un halindeki lignoselülozik dolgu maddeleri sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu çalışmada kullanılan lignoselülozik dolgu maddeleri 60 mesh (0,25 mm) boyutundaki sarsak eleğin üzerinde kalan kısımdan alınmıştır. Sınıflandırılan lignoselülozik dolgu maddeleri daha sonra etüv içerisinde  $103\pm 2$  °C sıcaklık değerinde 24 saatlik kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Odun plastik kompozit üretiminde lignoselülozik dolgu maddelerinin kurutulmuş olarak kullanılması önemli bir yere sahiptir. Dolgu maddesi içerisindeki fazla su üretim esnasında buhar kabarcıklarının oluşmasına ve dolayısıyla üretilen malzemenin performansında kayba neden olabilmektedir.



Şekil 4.3. (a) Öğütme, (b) Eleme, (c) Elenmiş Numune, (d) Kurutma işlemlerinden bir görünüş.

#### 4.2.2. Odun Plastik Kompozitlerin Üretilmesi

Odun plastik kompozitlerin üretimi; pelletlerin (boncuk) üretilmesi ve kompozit üretimi olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Kompozit üretimi kendi arasında enjeksiyon kalıplama yöntemiyle odun plastik kompozit test örneklerinin ve mobilya bağlantı elemanlarının üretimi olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Şekil 4.4' te OPK test örneklerinin ve mobilya bağlantı elemanlarının üretim şeması verilmiştir.



Şekil 4.4. Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle OPK test örneklerinin ve 'L' bağlantı elemanlarının üretimi.



Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle odun plastik kompozit test örneklerinin ve ‘L’ bağlantı elemanlarının üretimi 6 farklı aşama olarak değerlendirilebilir. Bunlar sırasıyla;

1. Lignoselülozik dolgu maddelerinin ve PA6G’ nin rutubetleri  $103\pm 2$  °C sıcaklıkta 24 saat bekletilerek fırın kurusu haline getirilmiştir. Lignoselülozik dolgu maddelerinin ve PA6G’ nin kurutulmasının amacı üretim esnasında oluşan su buharlarının kompozit malzemelerde gözenekli bir yapının oluşmasına ve dolayısıyla özelliklerinin kötüleşmesine neden olmasıdır.

2. Hazırlanan üretim reçetesine bağlı olarak plastik matrisi (PA6G, HDPE), lignoselülozik dolgu maddeleri ve katkı maddeleri (N-BBSA, LiCl ve Bor Nitrür) yüksek devirli karıştırıcı (900-1000 devir/dak) kullanılarak homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

Çizelge 4.5. Döküm poliamid 6 esaslı göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi.

ID	Lignoselülozik Dolgu Maddesi	PA6G	LiCl	N-BBSA
Kontrol (Atık PA6G)	-	96	2	2
GOU-10	10	86	2	2
GOU-20	20	76	2	2
GOU-30	30	66	2	2
PKU-10	10	86	2	2
PKU-20	20	76	2	2
PKU-30	30	66	2	2

\*GOU: Göknar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK

Çizelge 4.6. Döküm poliamid 6-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı göknar odunu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi.

ID	Plastik Matris		Göknar Odun Unu	Pirinç Kabuğu Unu	Bor Nitrür
	PA6G (%50)	HDPE (%50)			
Kontrol	100		-	-	Toplam Karışımın %5
GOU-20-BN	80		20	-	Toplam Karışımın %5
PKU-20-BN	80		-	20	Toplam Karışımın %5

Çizelge 4.7. Gök nar odun unu dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı kompozitler için üretim reçetesi.

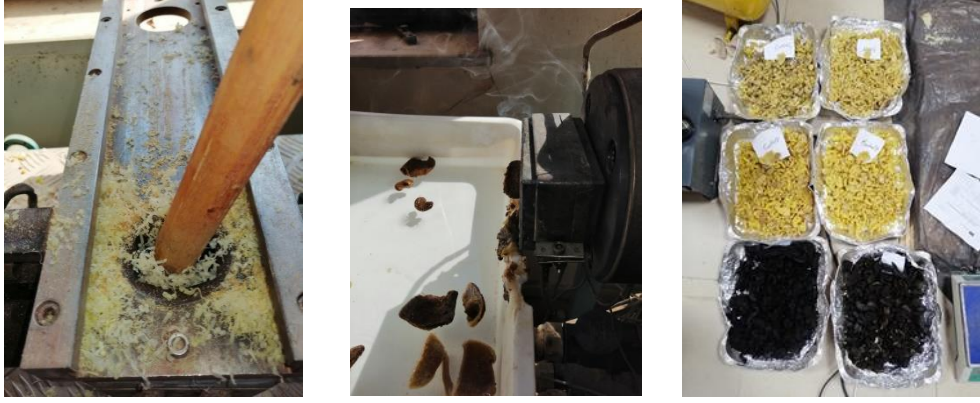
ID	Plastik Matris		Gök nar Odun Unu
	PA6G (%20)	HDPE (%80)	
Kontrol	100		0
GOU-10-PH	90		10



Şekil 4.5. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan karıştırıcı.

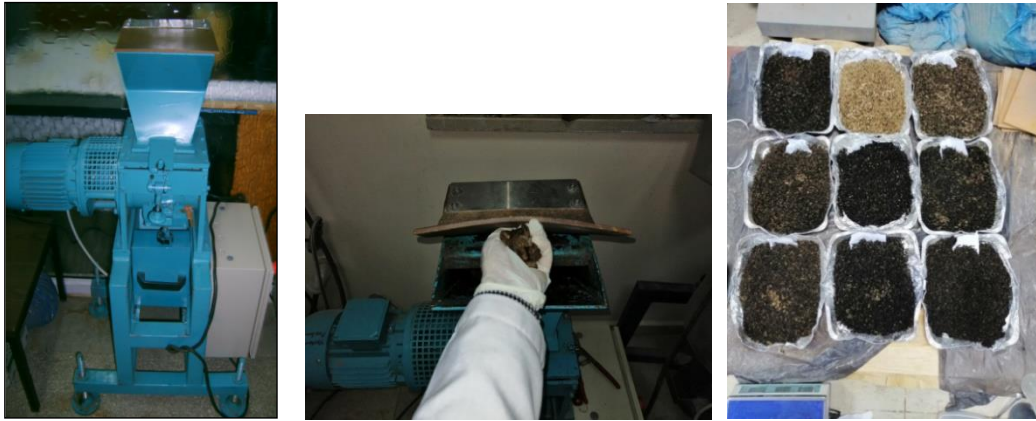
3. Oluşturulan homojen karışım ekstruder ağzından beslenmiştir ve ekstruder içerisindeki sıcaklık ve sürtünmenin etkisiyle bu karışımın eritilmesi ve içerisindeki fazla rutubetin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Üretim sırasında kullanılan sıcaklık profili diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA) sonuçlarına göre belirlenmiştir. Ekstruder içerisinde farklı ısıtma zonları bulunmaktadır. Bu kısımlar lignoselülozik dolgu maddeleri, plastiğin eritilmesi ve diğer katkı maddeleriyle homojen karışım haline gelmesini sağlamaktadır.

4. Ekstruder içerisinde 230-240-240-250-250 °C sıcaklıklarında eritilen odun plastik kompozit karışımı kalıba (die) doğru 60 rpm (dev/dak) vida hızı ile itilerek çıkan karışım su banyosunda soğutulmuştur.



Şekil 4.6. Ekstruder’de üretim.

5. Soğutulan ekstruder çıktısı kırıcı yardımıyla küçük boyutlu boncuklar haline dönüştürülmüştür.



Şekil 4.7. Kırıcıda boncuk üretimi.

6. Ekstrüzyon işlemi sonrasında su banyosunda soğutulan ve kırıcı yardımıyla boncuk haline getirilen malzeme su banyosunda kazanmış olduğu rutubeti uzaklaştırmak amacıyla tekrar  $103\pm 2$  °C sıcaklıkta 24 saat bekletilerek fırın kurusu haline getirilmiştir. Kurutulan bu boncuklar ile enjeksiyon kalıplama yöntemi vasıtasıyla levha ve ‘L’ bağlantı elemanlarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Odun plastik kompozit test örneklerinin üretiminde enjeksiyon sıcaklıkları 220- 200-190 °C, soğutma süresi 60 sn, her bir örneğin basılması için 70-75 gr arası ekstruder çıktısı kompozit karışımı kullanılmıştır. ‘L’ bağlantı elemanlarının üretiminde ise

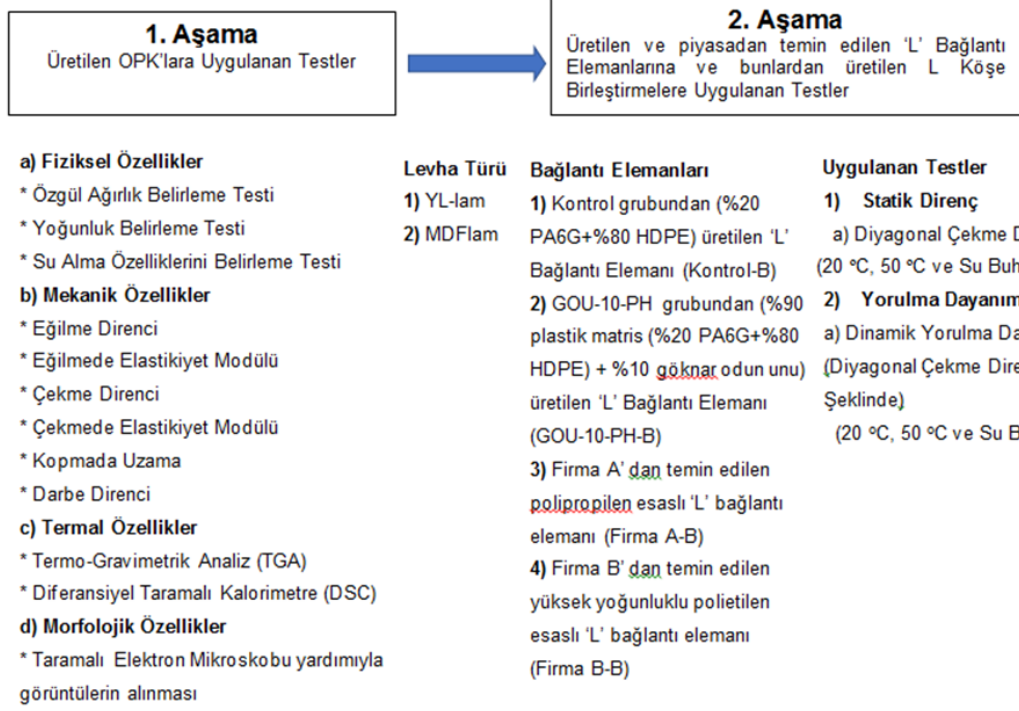
enjeksiyon sıcaklığı 220-220-200 °C, soğutma süresi 30 sn, her bir örneğin basılması için 60-65 gr arası ekstruder çıktısı kompozit karışımı kullanımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.8. Enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretim.

#### 4.2.3. Odun Plastik Kompozitlerinin ve Mobilya Bağlantı Elemanlarının Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Testler

Tez kapsamında, üretilen odun-plastik kompozitlerin (OPK) performans (fiziksel, mekanik, morfolojik ve termal) özellikleri ile mobilya bağlantı elemanlarının ('L' bağlantı elemanlarının) ve bu bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelerin mekanik özellikleri (moment taşıma kapasitesi ve yorulma dayanımı) incelenmiştir. Şekil 4.9' da OPK test örneklerine ve OPK' lardan üretilen mobilya bağlantı elemanlarına uygulanan testler verilmiştir.



Şekil 4.9. Odun plastik kompozitlere ve mobilya bağlantı elemanlarına uygulanan testler ile ilgili iş akış şeması.

#### 4.2.3.1. Odun Plastik Kompozitlerin Fiziksel Özelliklerini Belirleme Testleri

Bu çalışmada üretilen odun plastik kompozitlerinin fiziksel özellikleri “Malzemelerin Test Edilmesi için kullanılan Amerikan Standartları (ASTM)’ na uygun olarak belirlenmiştir. Odun plastik kompozitlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için yapılan testler ve kullanılan standartlar Çizelge 4.5’ te verilmiştir.

Çizelge 4.8. OPK örneklerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan testler.

No	Deney Metodu	Boyutlar (mm)	Standart	Her Bir Grup İçin Örnek Sayısı
1	Özgül Ağırlık	5 x 13 x 20	ASTM D 792	5
2	Yoğunluk	5 x 13 x 30	ASTM D 1505-03	5
3	Su Alma	5 x 20 x 20	ASTM D 570-98	5

Özgül ağırlığın (ÖA) belirlenmesi ASTM D 792 standardında belirtilen esaslara uyularak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, örneklerin ağırlıkları 0,01 g duyarlılıktaki

analitik terazi ile tespit edilmiştir. Daha sonra ise test örneklerinin ağırlıkları bir aparat yardımıyla 23 °C’ deki damıtılmış suya batırıldıktan sonrasında tekrardan belirlenmiştir ve özgül ağırlıkları (ÖA) bu değerlere göre aşağıdaki eşitlik yardımı (1) ile hesaplanmıştır.

$$\text{ÖA} = \frac{a}{[a + w) - b]} \quad (1)$$

Burada;

ÖA: Özgül ağırlık

a: Örnek ağırlığı (gr)

b: Suya batırıldıktan sonra örneğin ve batırma aparatının ağırlığı  
(kullanılan su dahil) (gr)

w: Batırma aparatının ağırlığı (kullanılan su dahil) (gr)

Yoğunluğun belirlenmesi, ASTM D 1505-03 standardında belirtilen esaslara uyularak gerçekleştirilmiştir. Örnekler 20± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nemde iklimlendirme dolabında ağırlığı değişmez olana kadar bekletilmiştir. Örneklerin ağırlıkları (m) 0,01 g duyarlılıktaki analitik teraziyle, boyutları ise ± 0,01 mm duyarlıklı dijital kumpasla belirlendikten sonra hacimleri (V) hesaplanmıştır. Bu değerlere göre yoğunlukları aşağıdaki eşitlik (2) yardımı ile belirlenmiştir.

$$d = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Burada;

d: Yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)

m: Örneklerin Kütlesi (gr)

V: Örneklerin Hacmi (cm<sup>3</sup>)

Odun plastik kompozitlerin su alma özellikleri ASTM D 570-98 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Deney örnekleri 2, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 168 ve 336 saat süre

ile oda sıcaklığında bulunan suda bekletilmiştir. Her bekletme süresi sonunda kalınlık ve ağırlık ölçümü yapılan örnekler bir sonraki aşama için tekrar suda bekletilmiştir. Bu değerlere göre su alma özellikleri aşağıdaki eşitlik (3,4) ile belirlenmiştir.

Kalınlıkça Artış Oranı;

$$KA (\%) = 100[(K2 - K1)/ K1 ] \quad (3)$$

Burada;

KA = Kalınlıkça artış oranı (%)

K1 = Örneğin ilk kalınlık değeri (mm).

K2 = Suyu batırılan örneğin kalınlık değeri (mm).

Ağırlıkça Artış Oranı;

$$AA (\%) = 100[(M2 - M1)/ M1 ] \quad (4)$$

Burada;

AA = Ağırlıkça artış oranı (%)

M1 = Örneğin ilk ağırlığı (g)

M2 = Suyu batırılan örneğin ağırlığı (g)

#### **4.2.3.2. Odun Plastik Kompozitlerin Mekanik Özelliklerini Belirleme Testleri**

Bu çalışmada üretilen odun plastik kompozitlerin mekanik özellikleri “Malzemelerin Test Edilmesi için kullanılan Amerikan Standartları (ASTM)”na uygun olarak yapılmıştır. Odun plastik kompozitlerin (OPK) mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan testler ve kullanılan standartlar Çizelge 4.6’ da verilmiştir.

Çizelge 4.9. OPK örneklerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan testler.

No	Deney Metodu	Boyutlar (mm)	Standart	Her Bir Grup İçin Örnek Sayısı
1	Çekme Direnci	5 x 13 x 165	ASTM D 638	5
2	Çekmede Elastikiyet Modülü	5 x 13 x 165	ASTM D 638	5
3	Kopmada Uzama	5 x 13 x 165	ASTM D 638	5
4	Eğilme Direnci	5 x 13 x 150	ASTM D 790	5
5	Eğilmede Elastikiyet Modülü	5 x 13 x 150	ASTM D 790	5
6	Darbe Direnci	5 x 13 x 65	ASTM D 256	5

Çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri ASTM D 638' e göre 5x13x165 mm boyutlarında her bir formülasyon için 5' er adet test örneği kullanılarak, Zwick Roel Universal test makinesinde 5 mm/dak. test hızında gerçekleştirilmiştir. Deneyden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı 0,01 duyarlılıkta ölçülüp, kırılma anındaki maksimum kuvvet belirlenerek çekme direnci, değerleri aşağıdaki eşitlikle (5) hesaplanmıştır.

$$CD = \frac{P_{max}}{a.b} \quad (5)$$

Burada;

ÇD: Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>=MPa)

Pmax = Maksimum yük ( N)

a ve b = Deney parçasının enkesitsel boyutları (mm<sup>2</sup>)

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi için her bir formülasyon için 5 örnek test edilmiştir. Test örnekleri 5 mm kalınlığında, 13 mm genişliğinde ve 150 mm uzunluğunda olacak şekilde kesilmiştir. Deney örneklerinin boyutları 0,01 mm duyarlılıktaki kumpas yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir. Deney örneğinin yerleştirildiği silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık 80 mm olarak ayarlanmıştır. Yük deney parçasının yüzeyine değişmez bir hızla yeknesak



olarak yüklenmiştir ve deney hızı 2 mm/dak. olacak şekilde ayarlanmıştır. Kırılma anındaki kuvvet (Pmax) okunup eğilme direnci (ED) aşağıdaki eşitliğe (6) göre hesaplanmıştır.

$$ED = \frac{3.P_{max}.L}{2.b.h^2} \quad (6)$$

Burada,

ED: Eğilme direnci (MPa)

Pmax: Kırılma anında uygulanan maksimum yük (N)

L: Silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

b: Deney parçasının eni (mm)

h: Deney parçasının kalınlığı (mm)

Çekmede ve eğilmede elastikiyet modüllerinin belirlenmesinde, elastikiyet deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı ( $\Delta F$ ) ve örnekteki sehimplere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark ( $\Delta f$ ) kullanılmıştır. Her iki elastikiyet modülü (EM), aşağıdaki eşitliğe (7) göre hesaplanmıştır.

$$EM = \frac{\Delta F.L^3}{4.b.h^3.\Delta f} \quad (7)$$

Burada,

EM: Elastikiyet modülü (MPa)

$\Delta F$ : Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)

L: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

$\Delta f$ : Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimplere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

b: Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

h: Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)



Şekil 4.10. OPK'lara uygulanan çekme ve eğilme testlerinden bir görünüş.

Izod darbe direnci, Zwick Roel Universal test makinesinde (HIT5.5P) belirlenmiştir. Test öncesi örnekler üzerinde Polytest RayRan cihazı yardımıyla çentikler açılmıştır. Deneysel örneklerinin 0,01 mm duyarlılıktaki dijital kumpas ile ölçüleri belirlenmiştir. Hazırlanan deneysel örnekleri darbe direnci test makinesine yerleştirilerek örneğin kırılması için gerekli enerji (Q) belirlenerek darbe direnci aşağıdaki eşitliğe (8) göre hesaplanmıştır.

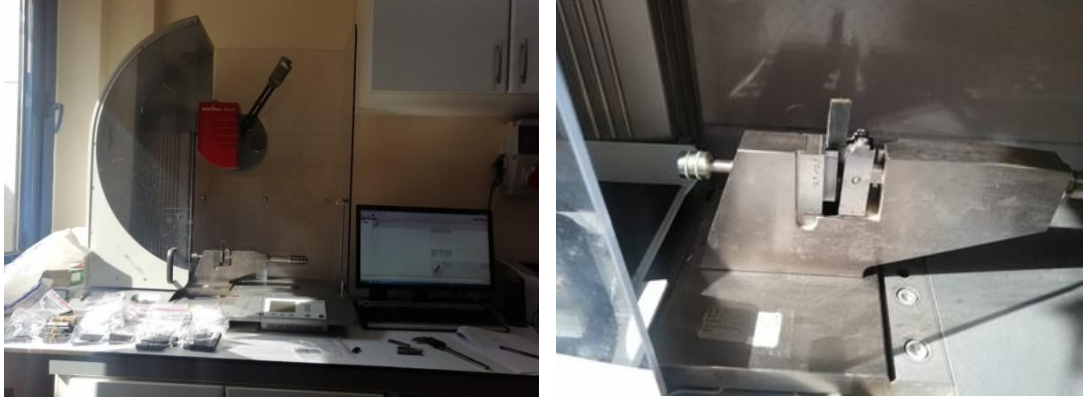
$$DE = \frac{Q}{b} \quad (8)$$

Burada;

$DE =$  Darbe direnci ( $\text{kJ/m}^2$ )

$Q =$  Deneş parçasının kırılması için gerekli enerji ( $\text{kJ}$ )

$b =$  Deneş parçasının radyal ve teğet yönlerdeki boyutları ( $\text{m}^2$ )



Şekil 4.11. OPK'lara uygulanan darbe testlerinden bir görünüş.

#### **4.2.3.3. Odun Plastik Kompozitlerin Termal Özelliklerini Belirleme Testleri**

##### **4.2.3.3.1. Termo-Gravimetrik Analizi (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)**

Üretilen odun plastik kompozitlerinin TGA ve DSC analizleri STA7300 HITACHI cihazında yapılmıştır. Termo-gravimetrik analiz ile odun plastik kompozitlerinde sıcaklığın ve zamanın bir fonksiyonu olarak meydana gelen kütle kaybı belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile OPK' ları oluşturan malzemelerin bozunma sıcaklıkları hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Termo-gravimetrik analiz sıvı azot ortamında dakikada 10 °C sıcaklık artışı ile oda sıcaklığından 800 °C arasında gerçekleştirilmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ile OPK' ları oluşturan malzemelerin erime sıcaklıkları belirlenmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre sıvı azot ortamında 10 °C/dak. sıcaklık artışı olacak şekilde oda sıcaklığından 300 °C kadar ki sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. DSC analizi sonucunda örneklerin kristalite oranı aşağıdaki formülasyona (9) göre hesaplanmıştır.

$$X_c = \frac{\Delta H_c}{\Delta H_o(1-Q)} * 100 \quad (9)$$

Burada:

$X_c$ =Kristalite Oranı

$\Delta H_c$ =DSC analizinde elde edilen değer (Harcana Enerji Miktarı)

$\Delta H_o$ = Malzemenin %100 Kristalite miktarında harcanacak toplam enerji miktarı (PA6G için  $\Delta H_o=230$  J/g (Milot vd, 2015; HDPE için  $\Delta H_o=290$  J/g (Munaro ve Akcelrud, 2008)

$Q$ = Lignoselülozik dolgu maddesi oranı (%)



Şekil 4.12. TGA ve DSC analizlerinden bir görünüş.

#### 4.2.3.4. Odun Plastik Kompozitlerin Morfolojik Özelliklerini Belirleme Testleri

Bu çalışmada üretilen OPK' ların morfolojik özelliklerini belirlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. OPK örnekleri öncelikle düzgün bir şekilde kırılmaları için sıvı azot içerisinde bekletilmiştir. Düzgün yüzeye sahip olan örnekler özenle seçilmiştir. Daha sonra ise altınla kaplanan örneklerin EVO LS10, Carl Zeiss marka SEM cihazında görüntüleri alınmıştır.



Şekil 4.13. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazı.

#### **4.2.3.5. ‘L’ Bağlantı Elemanlarının ve L Köşe Birleştirmelerinin Moment Taşıma Kapasitesinin ve Yorulma Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi**

Diyagonal çekme yüklemeleri altında moment taşıma kapasitesini belirlemek için 5’ er adet test örneği kullanılmıştır. Deneylerde, Firma A (PP) ve Firma B (HDPE)’ den temin edilen L bağlantı elemanları (Firma A-B ve Firma B-B) ile kontrol (%20 PA6G + % 80 HDPE) ve GOU-10-PH (%10 Gök nar odun unu + % 90 Plastik Matris (%20 PA6G + % 80 HDPE)) gruplarından üretimi gerçekleştirilen L bağlantı elemanları (Kontrol-B ve GOU-10-PH-B) kullanılmıştır. Bağlantı elemanları ve L köşe birleştirmelerine ait test örnekleri farklı sıcaklıklarda (20 °C ve 50 °C) ve su buharında (50 °C) 3 saat bekletilmiştir. Bekletilen test örneklerinin moment taşıma kapasitesi ASTM D 1037 standardına göre 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazında belirlenmiştir. Şekil 4.16’da gösterildiği gibi her bir L köşe birleştirme A ve B elemanlarından oluşmaktadır. Melamin emprenyeli kâğıt ile kaplanmış yonga levha (YL-lam) ve orta yoğunluklu lif levhadan (MDFlam)’ dan hazırlanan deney örneklerinde A elemanı 18 x 182 x 200 mm, B elemanı ise 18 x 200 x 200 mm ölçülerindedir. ‘L’ bağlantı elemanları levha kenarlarına 20 mm uzaklıkta 3,5 x 20 mm ebatlarında çelik yonga levha vidaları kullanılarak tutturulmuştur. Elde edilen verilerle deney örneklerinin moment taşıma kapasiteleri (M) aşağıdaki eşitliğin (9) yardımı ile belirlenmiştir.

Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Moment Taşıma Kapasitesi;

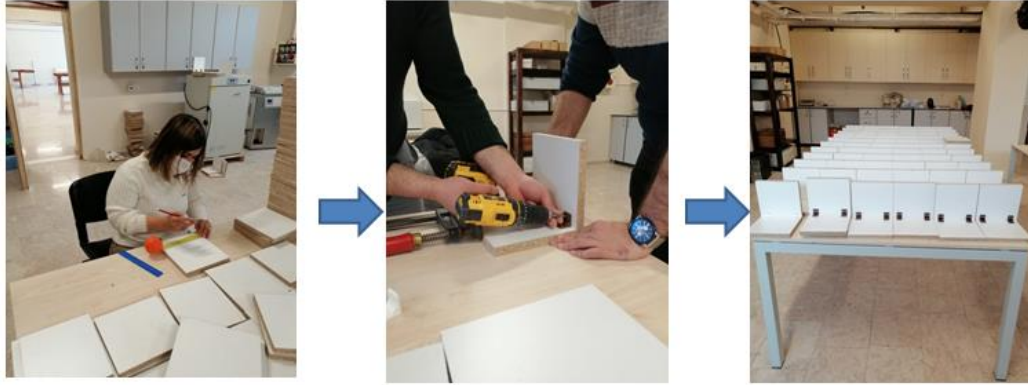
$$M_{\text{ç}} = 0,5F_{\text{max}} \times L_{\text{ç1}} \quad (L_{\text{ç1}}=L_{\text{ç2}}) \quad (\text{N.m}) \quad (9)$$

Burada;

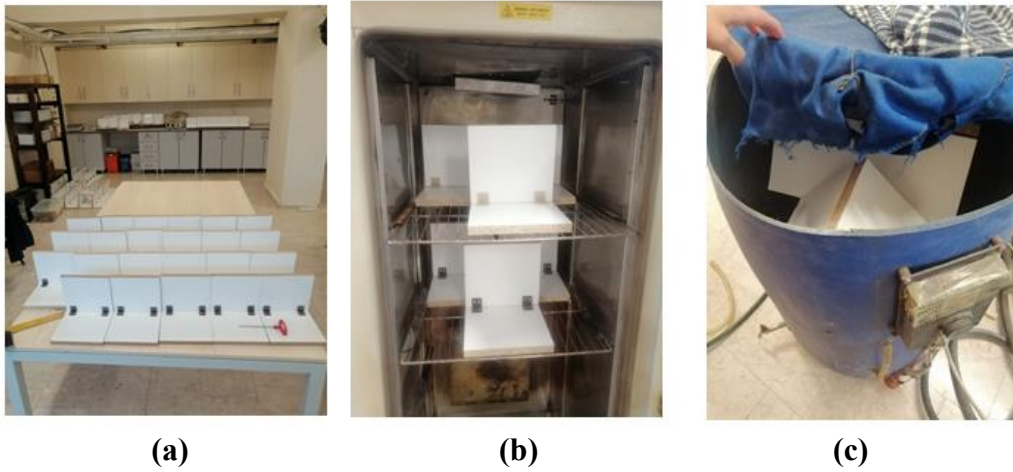
$M_{\text{ç}}$ = Diyagonal çekme yükü altında moment taşıma kapasitesi (N.m)

$F_{\text{max}}$ = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

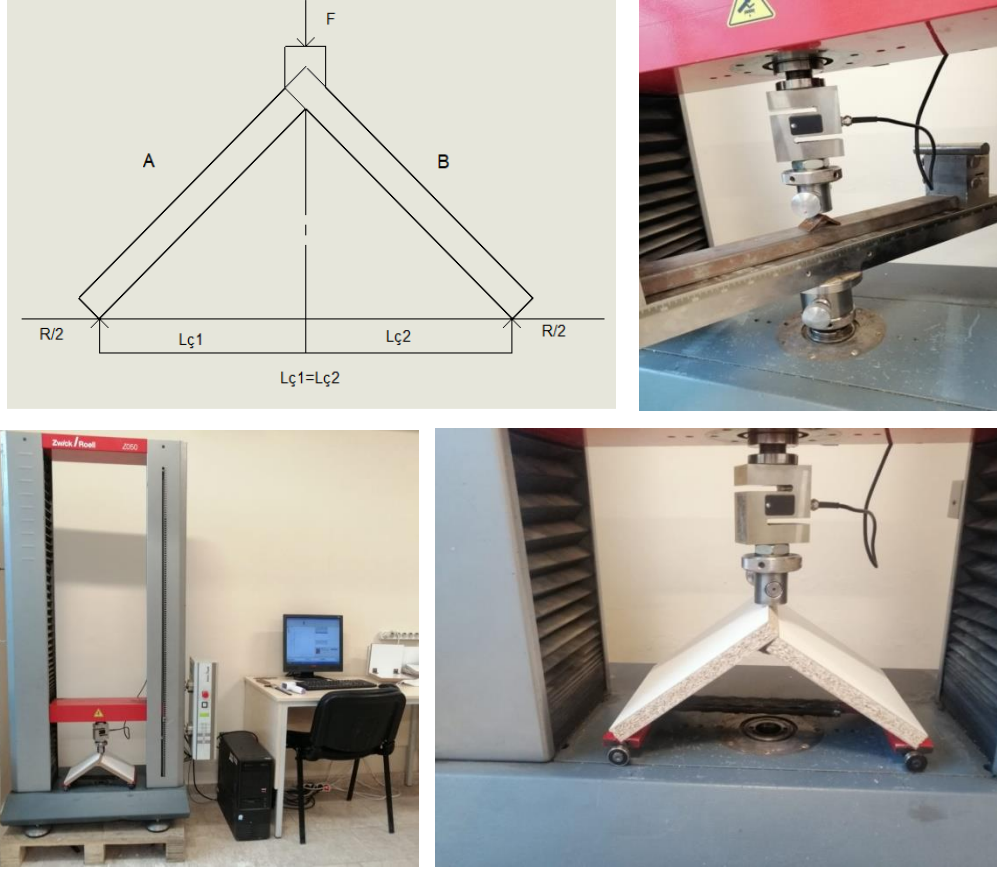
$L_{\text{ç1}}$ = Moment kolu (m) (Bağlantı elemanlarının moment taşıma kapasitesinin belirlenmesinde Firma A-B için 0,01591 m, Firma B-B için 0,01465 m, Kontrol-B için 0,01581 m, GOU-10-PH-B için 0,01581 m kullanılmıştır. L köşe Birleştirmelerinde ise  $L_{\text{ç1}} = 0,128695$  m' dir.)



Şekil 4.14. 'L' bağlantı elemanlarının levhalara montajlanması.



Şekil 4.15. 20 °C (a), 50 °C (b) ve Su Buharında (c) bekletme işlemlerinden bir görünüş.



Şekil 4.16. Diagonal çekme testlerinden bir görünüş.

Çizelge 4.10. Üretimi gerçekleştirilen ve piyasadan temin edilen 'L' bağlantı elemanlarına uygulanan ön işlemler ve test sayıları.

ID	Ön İşlem Türü	Test Sayısı
<b>Firma A-B</b>	20 °C	5 adet
	50 °C	5 adet
	Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>Firma-B-B</b>	20 °C	5 adet
	50 °C	5 adet
	Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>Kontrol-B</b>	20 °C	5 adet
	50 °C	5 adet
	Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>GOU-10-PH-B</b>	20 °C	5 adet
	50 °C	5 adet
	Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>Toplam</b>		<b>60 adet</b>

Çizelge 4.11. L köşe birleştirmelerine uygulanan ön işlemler ve test sayıları.

ID	Malzeme Çeşidi	Ön İşlem Türü	Test Sayısı
<b>Firma A-L</b>	YL-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
	MDF-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>Firma B-L</b>	YL-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
	MDF-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>Kontrol-L</b>	YL-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
	MDF-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>GOU-10-PH-L</b>	YL-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
	MDF-lam	20 °C	5 adet
		50 °C	5 adet
		Su Buharı (50 °C)	5 adet
<b>Toplam</b>			<b>120 adet</b>

Bağlantı elemanları ve ASTM D 1037' e göre hazırlanan MDFlam kullanılan L köşe birleştirmeleri (Kontrol-L ve GOU-10-PH-L) farklı sıcaklıklarda (20 °C ve 50 °C) ve su buharında (50 °C) 3 saat süre ile bekletilmiştir. Bekletilen test örneklerinin diyagonal çekme yüklemeleri altındaki yorulma dirençleri FNAE 80-214 kodlu Federal standardına göre gerçekleştirilmiştir. Dinamik yorulma yüklemeleri MTS 100kN kapasiteli servo-hidrolik dinamik test cihazında yapılmıştır (Şekil 4.17). Yorulma dayanımının belirlenmesinde uygulanan kuvvet deneysel verilerden elde edilen kuvvetin %80' ni (Yang vd, 2010; Fotouh vd, 2014), frekans 2 devir/dakika (Kartav vd, 2017), stres oranı (R):0 (Mejri vd, 2017) olarak kullanılmıştır ve örnekler 25000 devir (cycle) boyunca yorulmaya tabi tutulmuştur. 25000 devir (cycle) boyunca yorulmaya maruz bırakılan örneklerin toplam deformasyonu miktarı ve hasar durumu belirlenmiştir.





Şekil 4.17. MTS 100kN kapasiteli servo-hidrolik dinamik test cihazı ve yorulma testinden bir görünüş.

Çizelge 4.12. Diyagonal çekme yüklemeleri altında ‘L’ bağlantı elemanlarına uygulanan yorulma testleri.

ID	Ön İşlem Türü	Test Sayısı
<b>Firma A-B</b>	20 °C	3 adet
	50 °C	3 adet
	Su Buharı (50 °C)	3 adet
<b>Firma-B-B</b>	20 °C	3 adet
	50 °C	3 adet
	Su Buharı (50 °C)	3 adet
<b>Kontrol-B</b>	20 °C	3 adet
	50 °C	3 adet
	Su Buharı (50 °C)	3 adet
<b>GOU-10-PH-B</b>	20 °C	3 adet
	50 °C	3 adet
	Su Buharı (50 °C)	3 adet
<b>Toplam</b>		<b>36 adet</b>

Çizelge 4.13. Diyagonal çekme yüklemeleri altında L köşe birleştirmelere uygulanan yorulma testleri.

ID	Ön İşlem Türü	Test Sayısı
<b>Kontrol-L</b>	20 °C	3 adet
	50 °C	3 adet
	Su Buharı (50 °C)	3 adet
<b>GOU-10-PH-L</b>	20 °C	3 adet
	50 °C	3 adet
	Su Buharı (50 °C)	3 adet
<b>Toplam</b>		<b>18 adet</b>

#### **4.2.4. Veri Analizi**

Tez kapsamında üretilen odun plastik kompozit gruplarına ait her türlü veri analizleri Desing Expert® Version 7.0.3. istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Faktörlerin etkilerini belirlemek amacıyla 2<sup>2</sup> faktörlü dizayn analizi (ANOVA) testi uygulanmıştır. Mobilya bağlantı elemanlarına ve bu bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelere uygulanan ön işlemlerin etkilerini belirlemek amacıyla 2<sup>2</sup> faktörlü dizayn analizi (ANOVA) testi Minitab 17.3.1 istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Etkilenmenin anlamlı çıkması durumunda ortalama değerler üzerinden homojenlik gruplarını belirlemek amacıyla SPSS 16.0 istatistik paket programı kullanılarak Duncan testi yapılmıştır.

## BÖLÜM 5

### BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bulgular ve tartışmalar kısmı beş ana başlık altında yazılmıştır. Birinci kısımda enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen lignoselülozik dolgu maddesi katkılı döküm poliamid 6 (PA6G) esaslı kompozitlerin özellikleri, ikinci kısımda enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen lignoselülozik dolgu maddesi katkılı döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin özellikleri ve üçüncü kısımda ise göknar odunu dolgululu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin özellikleri tanıtılmıştır. Dördüncü kısımda piyasadan temin edilen ve göknar odunu dolgululu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden üretilen ‘L’ bağlantı elemanlarının moment taşıma kapasitesi ve yorulma dayanımı araştırılmıştır. Beşinci kısımda ise göknar odunu dolgululu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden üretilen ‘L’ bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelerin mekanik özellikleri incelenmiştir.

#### **5.1. ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G) ESASLI KOMPOZİTLER VE ÖZELLİKLERİ**

Lignoselülozik dolgu maddesi (göknar odunu ve pirinç kabuğu unu) katkılı ve döküm poliamid (PA6G) esaslı kompozitler Çizelge 5.1’de gösterilen reçeteler yardımıyla enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiştir. Bu çalışmada kategorik faktör olarak dolgu maddesi tipi (göknar odunu veya pirinç kabuğu unu) kullanılırken nümerik faktör olarak dolgu oranı kullanılmıştır. Göknar odunu unları kullanılarak üretilen kompozitler GOU grubu olarak adlandırılırken pirinç kabuğu unları kullanılarak üretilen kompozitler PKU grubu olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 5.1. Döküm poliamid 6 esaslı göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitler için üretim reçetesi.

ID	Lignoselülozik Dolgu Maddesi	PA6G	LiCI	N-BBSA
Kontrol (Atık PA6G)	-	96	2	2
GOU-10	10	86	2	2
GOU-20	20	76	2	2
GOU-30	30	66	2	2
PKU-10	10	86	2	2
PKU-20	20	76	2	2
PKU-30	30	66	2	2

GOU: Göknar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK

Üretilen odun plastik kompozitlerin fiziksel özelliklerinden yoğunlukları, özgül ağırlıkları, su almaları ile mekanik özelliklerinden çekme dirençleri, çekmede elastikiyet modülleri, kopmada uzamaları, eğilme dirençleri, eğilmede elastikiyet modülleri, darbe dirençleri ile termal özelliklerinden termogravimetrik analizleri (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetreleri (DSC) ile morfolojileri belirlenmiştir.

### 5.1.1. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen odun plastik kompozitlerin fiziksel özelliklerinden özgül ağırlıkları, yoğunlukları ve su almaları belirlenmiştir.

#### 5.1.1.1. Üretilen Kompozitlerin Özgül Ağırlıkları

Üretilen odun plastik kompozitlerin özgül ağırlıkları eğilme direnci belirleme örnekleri üzerinden Bölüm 4.2.3.1' de belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. Belirlenen bu özgül ağırlık değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. GOU ve PKU grubu kompozitlerin özgül ağırlıkları değerleri.

Grup No	Özgül Ağırlık
Kontrol	1,13 (0,01)
GOU-10	1,12 (0,02)
GOU-20	1,12 (0,02)
GOU-30	1,16 (0,01)
PKU-10	1,15 (0,01)
PKU-20	1,14 (0,00)
PKU-30	1,15 (0,02)

\*GOU: Göknaar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK  
\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Göknaar odun unu ile üretilen örneklerin (GOU grubu) özgül ağırlık değerleri en düşük 1,12, en yüksek 1,16, pirinç kabuğu ile üretilen örneklerin (PKU grubu) özgül ağırlık değerleri ise en düşük 1,14, en yüksek 1,15 olarak elde edilmiştir. %10 ve %20 GOU ilavesi ile özgül ağırlıklarda azalma meydana gelirken, %30 GOU ilavesi ile özgül ağırlıklarda artış olduğu belirlenmiştir. PKU ilavesine bağlı olarakta özgül ağırlıklarda artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

#### 5.1.1.2. Üretilen Kompozitlerin Yoğunlukları

Üretilen odun plastik kompozitlerin yoğunlukları eğilme direnci belirleme örnekleri üzerinden Bölüm 4.2.3.1' de belirtilen yöntemle göre tespit edilmiştir. Belirlenen bu yoğunluk değerlerinin ortalama ve standart sapmaları Çizelge 5.3 verilmiştir.

Çizelge 5.3. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerleri (g/cm<sup>3</sup>).

Grup No	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
Kontrol	1,08 <sup>1</sup> (0,02) <sup>2</sup>
GOU-10	1,10 (0,03)
GOU-20	1,12 (0,01)
GOU-30	1,15 (0,01)
PKU-10	1,12 (0,01)
PKU-20	1,12 (0,01)
PKU-30	1,11 (0,03)

\*GOU: Göknaar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK  
\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

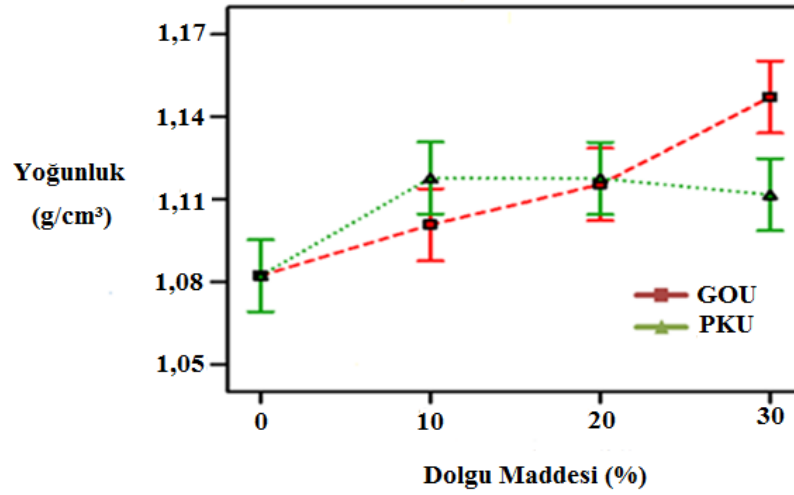
GOU grubu örneklerin yoğunluk değerleri 1,08–1,15 g/cm<sup>3</sup> aralığında bulunurken PKU grubu örneklerin yoğunluk değerleri 1,11–1,12 g/cm<sup>3</sup> arasında bulunmuştur. GOU grubuna ait sonuçlar incelendiğinde, lignoselülozik dolgu maddesi miktarındaki artışla yoğunluğun bir miktar arttığı tespit edilmiştir. PKU grubuna ait sonuçlar incelendiğinde ise lignoselülozik dolgu maddesindeki artışın yoğunluğu etkilediği gözlemlenmiştir.

Yoğunluk değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.4’ te verilmiştir. Bu istatistiksel analiz sonuçlarına göre yoğunluk üzerine dolgu maddesi oranının önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (P<0,0001). Dolgu tipinin ise yoğunluk üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir (P=0,5302). Ayrıca AxB faktörleri etkileşimi incelendiğinde, AxB etkileşiminin yoğunluk üzerinde etkili olduğu (P=0,0455) tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	0,016	7	2,254E-003	5,44	0,0004
A-Dolgu Tipi	1,670E-004	1	1,670E-004	0,4	0,5302
B-Dolgu Oranı (%)	0,012	3	3,965E-003	9,56	<0,0001
AxB	3,717E-03	3	1,239E-003	2,99	0,0455
Hata	0,013	32	4,15E-004		
Toplam	0,029	39			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin yoğunluk değerleri üzerine etkileri Şekil 5.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. GOU ve PKU grupları için yoğunluk değerlerine ait etkileşim grafiği.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının ve dolgu tipinin yoğunluk değerlerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir. Çizelge 5.5'te göknar odun unu kullanılan kompozitler ile pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitler arasındaki farklılıklar olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Yoğunluk
<b>Kontrol</b>	a
<b>GOU-10</b>	ab
<b>GOU-20</b>	bc
<b>GOU-30</b>	c
<b>PKU-10</b>	bc
<b>PKU-20</b>	bc
<b>PKU-30</b>	ab

\*GOU: Göknar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK

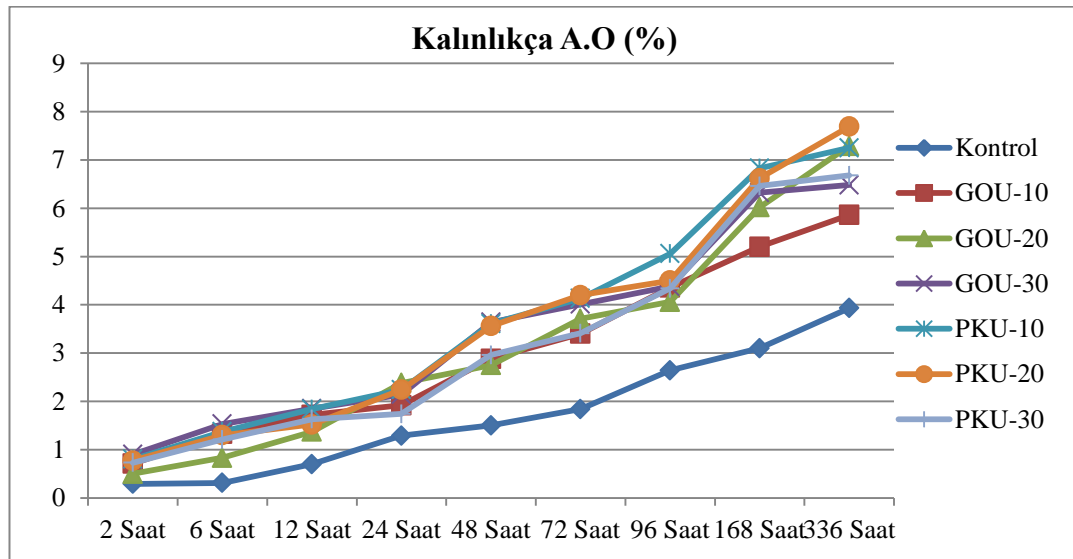
### 5.1.1.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Su Alma Özellikleri

Göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu katkılı döküm poliamid 6 esaslı kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış miktarları incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.6' da verilmiştir.

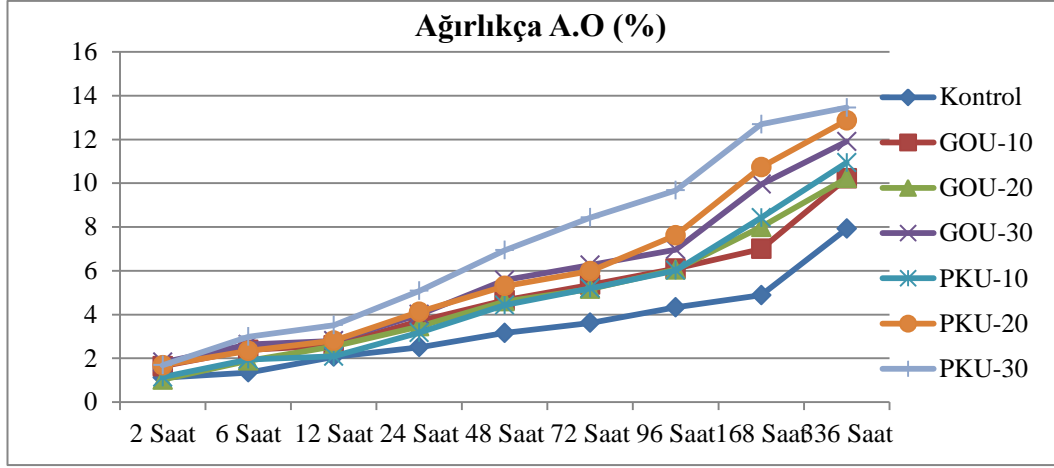
Çizelge 5.6. PA6G esaslı kompozitlerin su alma özellikleri (%).

		2	6	12	24	48	72	96	168	336
		Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
<b>Kontrol</b>	K.O.	0,29 (0,14)	0,31 (0,14)	0,70 (0,44)	1,29 (0,36)	1,5 (0,44)	1,84 (0,45)	2,64 (0,59)	3,10 (0,63)	3,93 (0,52)
	A.O.	1,12 (0,34)	1,35 (0,26)	2,07 (0,44)	2,51 (0,39)	3,16 (0,50)	3,62 (0,42)	4,33 (0,61)	4,88 (0,60)	7,92 (0,85)
<b>GOU-10</b>	K.O.	0,71 (0,32)	1,33 (0,12)	1,72 (0,31)	1,92 (0,36)	2,88 (0,39)	3,40 (0,61)	4,36 (0,56)	5,20 (0,70)	5,86 (0,87)
	A.O.	1,64 (0,17)	2,38 (0,24)	2,59 (0,27)	3,71 (0,32)	4,65 (0,50)	5,36 (0,60)	6,10 (0,68)	7,00 (0,88)	10,22 (0,99)
<b>GOU-20</b>	K.O.	0,50 (0,08)	0,83 (0,34)	1,37 (0,26)	2,38 (0,37)	2,75 (0,41)	3,71 (0,44)	4,06 (0,58)	6,02 (0,72)	7,29 (0,97)
	A.O.	1,02 (0,18)	1,89 (0,22)	2,55 (0,33)	3,46 (0,61)	4,60 (0,82)	5,17 (0,89)	6,05 (0,92)	8,00 (1,09)	10,23 (1,18)
<b>GOU-30</b>	K.O.	0,90 (0,17)	1,53 (0,15)	1,85 (0,11)	2,14 (0,47)	3,64 (0,38)	4,01 (0,56)	4,38 (0,68)	6,32 (1,12)	6,48 (0,95)
	A.O.	1,82 (0,24)	2,63 (0,13)	2,80 (0,10)	4,00 (0,21)	5,57 (0,17)	6,26 (0,23)	6,97 (0,86)	9,95 (1,08)	11,90 (1,07)
<b>PKU-10</b>	K.O.	0,80 (0,08)	1,37 (0,27)	1,84 (0,20)	2,24 (0,22)	3,61 (0,28)	4,13 (0,27)	5,06 (0,39)	6,83 (0,49)	7,25 (0,46)
	A.O.	1,14 (0,42)	1,95 (0,40)	2,09 (0,35)	3,17 (0,46)	4,43 (0,57)	5,20 (0,50)	6,02 (0,58)	8,42 (0,66)	10,94 (0,59)
<b>PKU-20</b>	K.O.	0,77 (0,12)	1,30 (0,18)	1,52 (0,21)	2,24 (0,11)	3,56 (0,33)	4,20 (0,21)	4,50 (0,32)	6,62 (0,58)	7,69 (0,86)
	A.O.	1,68 (0,40)	2,34 (0,33)	2,81 (0,28)	4,12 (0,27)	5,30 (1,28)	5,98 (1,66)	7,62 (0,75)	10,73 (0,82)	12,87 (0,62)
<b>PKU-30</b>	K.O.	0,73 (0,24)	1,21 (0,25)	1,63 (0,26)	1,74 (0,42)	2,96 (0,59)	3,41 (0,50)	4,34 (0,69)	6,46 (0,90)	6,68 (1,14)
	A.O.	1,69 (0,18)	2,99 (0,24)	3,52 (0,27)	5,08 (0,43)	6,94 (0,61)	8,43 (0,77)	9,67 (0,84)	12,69 (0,84)	13,45 (0,93)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. GOU: Gökmar odunu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK; K.O.: Kalınlıkça Artış Oranı; A.O.: Ağırlıkça Artış Oranı.







Şekil 5.2. GOU ve PKU grubu kompozitlerin su almaları sonucu meydana gelen kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarının grafiksel gösterimi.

Yapılan su alma deneyi sonucunda kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerlerinin 336 saat sonunda en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Kontrol örneklerine lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile kalınlıkça ve ağırlıkça artışların arttığı gözlemlenmiştir. 2 saat sonunda göknar odunu katkıli odun plastik kompozitler için kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %0,71, %0,50, %0,90 ve %1,64, %1,02, %1,82 olarak belirlenmiştir. 2 saat sonunda pirinç kabuğu katkıli odun plastik kompozitler için ise kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %0,80, %0,77, %0,73 ve %1,14, %1,68, %1,69 olarak tespit edilmiştir. 24 saat sonunda göknar odunu katkıli odun plastik kompozitler için kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %1,92, %2,38, %2,14 ve %3,71, %3,46, %4,00 olarak tespit edilmiştir. Pirinç kabuğu katkıli odun plastik kompozitler için ise kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %2,24, %2,24, %1,74 ve %3,17, %4,12, %5,08 olarak belirlenmiştir. 96 saat sonunda göknar odunu katkıli odun plastik kompozitler için kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %4,36, %4,06, %4,38 ve %6,10, %6,05, %6,97 olarak bulunmuştur. Pirinç kabuğu katkıli odun plastik kompozitlerde ise kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %5,06, %4,50, %4,34 ve %6,02, %7,62, %9,67 olarak tespit edilmiştir. Bozdemir (2011)'de 30 gün boyunca suda beklettiği PA6G'lerin su alma oranını %7 olarak tespit etmiştir. Bu durum plastiğin içerisine odunun ilavesi ile artan OH<sup>-</sup> gruplarının varlığı ile açıklanmaktadır. 336 saat sonunda göknar odunu katkıli odun plastik kompozitler için kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %5,86, %7,29, %6,48 ve %10,22,

%10,23, %11,90 olarak belirlenmiştir. Pirinç kabuğu unu katkılı odun plastik kompozitlerde ise kalınlıkça ve ağırlıkça artış değerleri sırası ile %7,25, %7,69, %6,68 ve %10,94, %12,87, %13,45 olarak bulunmuştur. Bu farklı sonuçların nedeni kompozitlerde meydana gelen su penetrasyonundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kompozitlerde su penetrasyonu üç farklı mekanizma ile meydana gelmektedir. İlk mekanizma, su moleküllerinin polimer zincirleri arasındaki mikro boşluklara dağılmasıdır. Diğer iki mekanizma ise yetersiz ıslanabilirlikten dolayı lif ve plastik ara yüzeyinde oluşan boşluk ve kusurlara suyun taşınmasıdır ve su moleküllerinin, üretim sırasında matraste oluşan mikro çatlaklara difüzyonudur (Lin vd, 2002; Razavi-Nouri vd, 2006).

### 5.1.2. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen odun plastik kompozitlerin mekanik özellikleri (çekme dirençleri, çekmede elastikiyet modülleri, kopmada uzamaları, eğilme dirençleri, eğilmede elastikiyet modülleri ve darbe dirençleri) belirlenmiştir ve bunlara ait aritmetik ortalamalar ve standart sapmalar GOU ve PKU grupları için Çizelge 5.7' de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Atık PA6G esaslı odun plastik kompozitlerin mekanik özellikleri.

Örnek Kodu	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Darbe Direnci (kJ/m <sup>2</sup> )
<b>Kontrol</b>	65.23 (2.46)	708.72 (57.98)	182.24 (6.71)	63.47 (2.71)	1237.02 (57.83)	18.72 (8.34)
<b>GOU-10</b>	37,97 (12,94)	819,19 (80,83)	4,93 (0,53)	54,21 (12,97)	1568,93 (101,07)	10,16 (6,12)
<b>GOU-20</b>	42,88 (2,58)	1035,81 (42,24)	4,23 (0,27)	77,31 (5,48)	2188,86 (494,37)	2,68 (1,55)
<b>GOU-30</b>	38,53 (3,23)	1039,01 (80,69)	3,63 (0,34)	63,67 (6,56)	2471,89 (161,36)	3,33 (3,25)
<b>PKU-10</b>	62,43 (3,28)	931,08 (46,12)	7,75 (2,04)	71,97 (11,55)	1481,77 (114,12)	3,10 (0,68)
<b>PKU-20</b>	30,13 (1,53)	893,43 (24,34)	3,80 (0,18)	63,62 (5,47)	1529,44 (155,30)	1,90 (0,34)
<b>PKU-30</b>	25,68 (3,70)	673,76 (116,29)	4,79 (0,25)	40,41 (1,82)	965,10 (39,86)	1,34 (0,27)

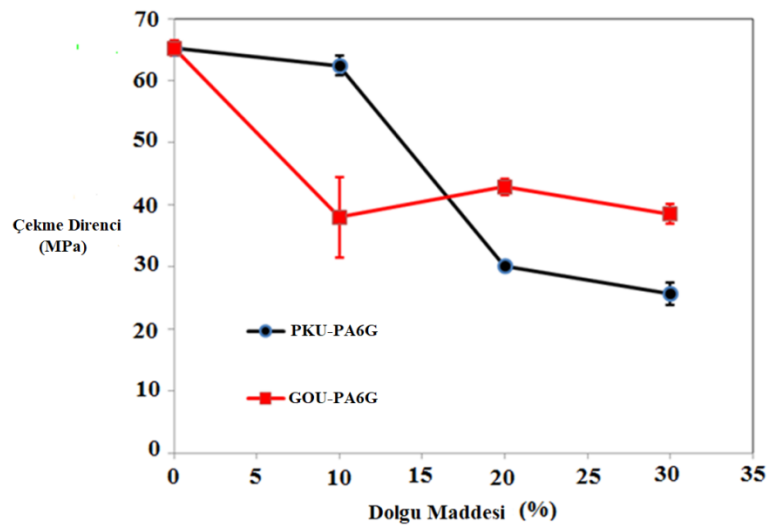
\*GOU: Gökmar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK; Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Yukarıdaki Çizelge 5.7' de her bir grup için elde edilen sonuçların aritmetik ortalamalarının ve standart sapmalarının verilmesine rağmen buradan sonuçların değerlendirilmesini istatistiksel analiz yardımı olmadan tartışmak zor olmaktadır. Bu nedenle GOU ve PKU grupları için yapılan 2<sup>2</sup> faktörlü dizayn analizi sonucunda araştırılan faktörlerin istatistiksel olarak önem düzeyi belirlenmiş ve araştırılan her bir mekanik özellik için etkileşim grafikleri oluşturulmuştur.

Çekme direnci değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.8' de verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre dolgu tipinin çekme direnci üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir (P=0,866). Dolgu oranının ise çekme direnci üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (P< 0,001). Ayrıca AxB faktörleri etkileşimi incelendiğinde odun plastik kompozitlerde dolgu tipi ve dolgu oranı etkisinin önemli oranda etkili olduğu tespit edilmiştir (P<0,001).

Çizelge 5.8. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler	Serbestlik	Ortalamalar		
	Toplamı	Derecesi	Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	9023,66	7	1289,09	46.17	<0,0001
A-Dolgu Tipi	0,80	1	0,80	0.029	0,8663
B-Dolgu Oranı (%)	6708,36	3	2236,12	80.09	<0,0001
AxB	2314,50	3	771,50	27.63	<0,0001
Hata	893,46	32	27,92		
Toplam	9917,12	39			



Şekil 5.3. GOU ve PKU grupları için çekme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının ve dolgu tipinin çekme direnci değerlerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.9’ da verilmiştir. Çizelge 5.9’ da duncan testi sonu elde edilen homojenlik analizine göre göknar odun unu kullanılan kompozitler ile pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin çekme dirençleri arasında farklılık olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.9. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Çekme Direnci
Kontrol	c
GOU-10	b
GOU-20	b
GOU-30	b
PKU-10	c
PKU-20	a
PKU-30	a

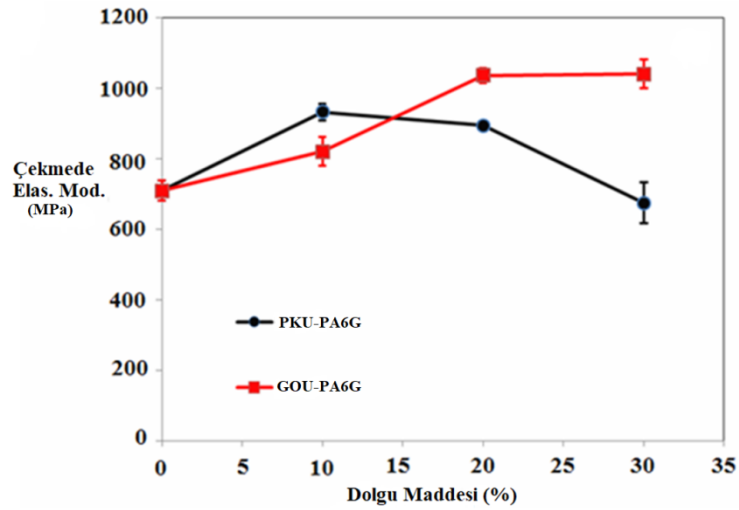
Grafikler incelendiğinde göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu katkılı kompozitlerin lignoselülozik dolgu maddesi miktarından etkilendiği görülmektedir. Odun plastik kompozitlerin çekme direnci değerleri 25,68 – 65,23 MPa arasında değişmektedir. Göknar odun unu ilaveli odun plastik kompozitlerde dolgu maddesinin miktarı arttıkça çekme direnci doğrusal olmayan bir davranış göstermiştir. Bu durum, kompozit malzeme içerisindeki lignoselülozik dolgu maddelerinin dağılımlarından ve bu dolgu maddelerinin bileşiminden kaynaklanmaktadır (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008). Pirinç kabuğu ilaveli odun plastik kompozitlerde kontrol örneklerine kıyasla lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile çekme dirençlerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Zierdt vd. (2016)’ da kayın lifi/ PA6/11 ile üretilen odun plastik kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesine bağlı olarak çekme direncinde azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Genel olarak, odun plastik kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesine bağlı olarak artan sertlikle birlikte çekme direncinde azalma olduğu literatürde de belirtilmektedir (Malkapuram vd, 2009; Ku vd, 2011).

Çekmede elastikiyet modülü değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.10’ da verilmiştir. Bu sonuçlara göre dolgu tipinin ve dolgu maddesi miktarının çekmede elastikiyet modülü üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur

(( $P < 0,0001$ )). Ayrıca çekmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde AxB faktörü etkileşiminin önemli oranda etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ).

Çizelge 5.10. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	7,531E+005	7	1,076E+005	22,77	<0,0001
A-Dolgu Tipi	97877,38	1	97877,38	20,72	<0,0001
B-Dolgu Oranı (%)	3,377E+005	3	1,126E+005	23,82	<0,0001
AxB	3,176E+005	3	1,059E+005	22,41	<0,0001
Hata	1,512E+005	32	4724,46		
Toplam	9,043E+005	39			



Şekil 5.4. GOU ve PKU grupları için çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının ve dolgu tipinin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.11' de verilmiştir.

Çizelge 5.11. GOU ve PKU grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.

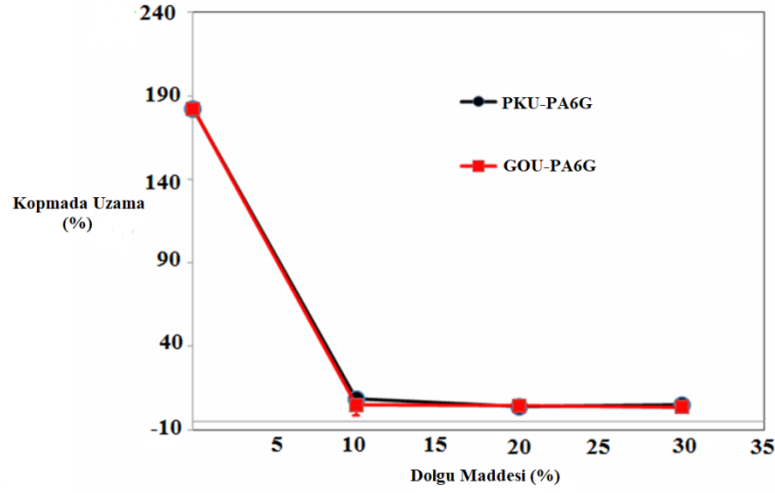
ID	Çekmede Elastikiyet Modülü
Kontrol	a
GOU-10	b
GOU-20	d
GOU-30	d
PKU-10	c
PKU-20	bc
PKU-30	a

Çekmede elastikiyet modülü grafiği ve analiz sonuçları incelendiğinde, bu değerlerin lignoselülozik dolgu maddesi miktarındaki artıştan etkilendiği görülmüştür. En yüksek çekmede elastikiyet modülü değeri % 30 göknar odun unu ilaveli OPK' larda 1037,01 MPa olarak tespit edilmiştir. En düşük çekmede elastikiyet modülü değeri ise % 30 pirinç kabuğu unu ilaveli OPK' larda 673,76 MPa olarak bulunmuştur. Göknar odun unu ilaveli odun plastik kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddelerinin ilavesi ile çekmede elastikiyet modüllerinde artış sağladığı gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni, odun veya lignoselülozik dolgu maddesinin polimer matrisine kıyasla daha yüksek bir elastikiyet modülüne sahip olması ile ilgilidir (Klyosov, 2007; Mengelolu ve Kabakci, 2008).

Kopmada uzama değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.12' de verilmiştir. Bu sonuçlara göre dolgu tipinin kopmada uzama değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır ( $P= 0,2945$ ). Dolgu oranının ise kopmada uzama değerleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur ( $P<0,0001$ ). Ayrıca AxB faktörleri etkileşimi incelendiğinde AxB etkileşiminin ise önemli oranda etkili olmadığı tespit edilmiştir ( $P=0,5287$ ).

Çizelge 5.12. GOU ve PKU grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	1,971E+005	7	28158,69	2770,29	<0,0001
A-Dolgu Tipi	11,58	1	11,58	1,14	0,2945
B-Dolgu Oranı (%)	1,970E+005	3	65663,65	6460,08	<0,0001
AxB	23,01	3	7,67	0,75	0,5287
Hata	294,77	32	10,16		
Toplam	1,974E+005	39			



Şekil 5.5. GOU ve PKU Grupları için kopmada uzama değerlerine ait etkileşim grafiği.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının ve dolgu tipinin kopmada uzama değerlerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.13’ te verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre, göknar odunu ve pirinç kabuğu odunu kullanımının kompozitlerin kopmada uzamalarını etkilediği belirlenmiştir.

Çizelge 5.13. GOU ve PKU grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Kopmada Uzama
Kontrol	b
GOU-10	a
GOU-20	a
GOU-30	a
PKU-10	a
PKU-20	a
PKU-30	a

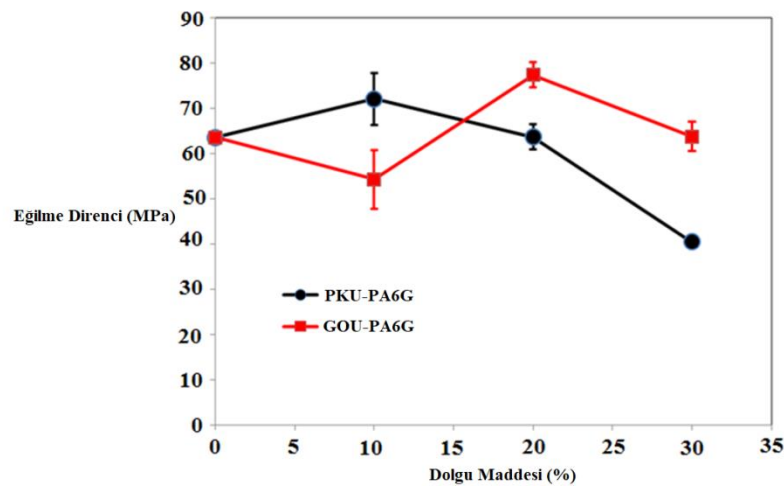
Kopmada uzama sonuçları incelendiğinde, bu değerlerin lignoselülozik dolgu maddesi miktarından etkilendiği görülmüştür. Kontrol örneklerine kıyasla lignoselülozik dolgu maddesinin (GOU, PKU) ilavesiyle odun plastik kompozitlerin kopmada uzama değerlerinde önemli ölçüde düşüş meydana gelmiştir. Nunez vd. (2003); La Mantia vd. (2005); Dönmez Çavdar vd. (2011)’ de plastik içerisine lifin eklenmesi sonucunda odun plastik kompozitlerde meydana gelen sertlik artışına bağlı

olarak kopmada uzama değerlerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek kopmada uzama değeri kontrol örneğinde % 182,24 olarak belirlenmiştir, en düşük kopmada uzama değeri ise % 30 göknar odunu ilaveli OPK' larda % 3,63 olarak elde edilmiştir.

Eğilme direnci değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.14' de verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre dolgu tipinin eğilme direnci üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur ( $P=0,0447$ ). Dolgu maddesi oranının ise eğilme direnci üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,0001$ ). Ayrıca AxB faktörleri etkileşimi incelendiğinde AxB etkileşiminin hem GOU hem de PKU grubu kompozitlerde önemli oranda etkili olduğu belirlenmiştir ( $P<0,0001$ ).

Çizelge 5.14. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	4348,65	7	621,24	11,77	<0,0001
A-Dolgu Tipi	230,45	1	230,45	4,36	0,0447
B-Dolgu Oranı (%)	1739,14	3	579,71	10,98	<0,0001
AxB	2379,06	3	793,02	15,02	<0,0001
Hata	1689,49	32	52,80		
Toplam	6038,14	39			



Şekil 5.6. GOU ve PKU grupları için eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.



Çizelge 5.15. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları.

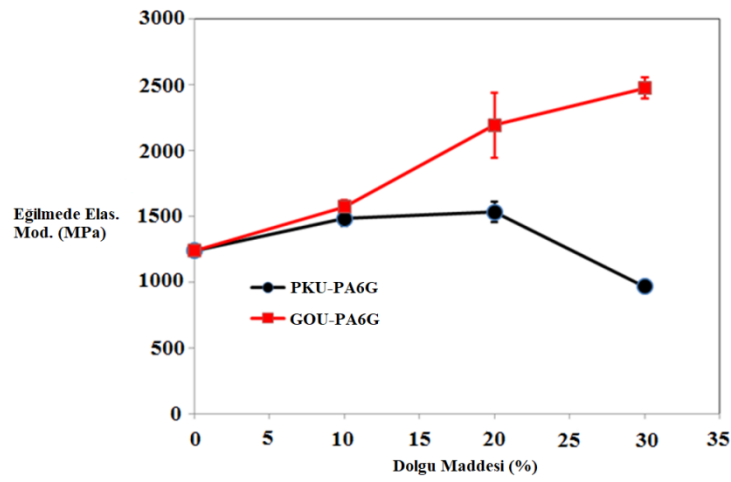
ID	Eğilme Direnci
Kontrol	bc
GOU-10	b
GOU-20	d
GOU-30	bc
PKU-10	cd
PKU-20	bc
PKU-30	a

Eğilme direnci grafiği ve analiz sonuçları incelendiğinde, eğilme direnci değerlerinin lignoselülozik dolgu maddesi miktarından etkilendiği gözlemlenmiştir. En yüksek eğilme direnci değeri % 20 Gök nar odun unu kullanılan odun plastik kompozitlerde 77,31 MPa, en düşük eğilme direnci değeri ise % 30 pirinç kabuğu unu kullanılan odun plastik kompozitlerde 40,41 MPa olarak belirlenmiştir. Odun plastik kompozitlerin kullanım alanları bakımından genelde plastik kerestelere alternatif olarak düşünüldüklerinden bunların ASTM D 6662 (2007) standardıyla kıyaslanmasında fayda vardır. Bu standarda göre eğilme direnci değerleri en az 6,9 MPa olarak istenmektedir. Çizelge 5.7’ de görüldüğü gibi; gök nar odunu ve pirinç kabuğu unları ile PA6G kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin ASTM D 6662’ ye göre daha yüksek eğilme direnci vererek, plastik kereste kullanım alanlarında değerlendirilmelerinin mümkün olduğunu göstermektedir.

Eğilmede elastikiyet modülü değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.16’ de verilmiştir. Bu sonuçlara göre dolgu tipinin ve dolgu maddesi oranının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur ( $P < 0.0001$ ). Ayrıca AxB faktörleri etkileşimi incelendiğinde AxB etkileşiminin de önemli oranda etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.16. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	8,958E+006	7	1,280E+006	31,40	<0,0001
A-Dolgu Tipi	3,174E+006	1	3,174E+006	77,86	<0,0001
B-Dolgu Oranı (%)	2,176E+006	3	7,254E+005	17,80	<0,0001
AxB	3,609E+006	3	1,203E+006	29,51	<0,0001
Hata	1,304E+006	32	40759,89		
Toplam	1,026E+007	39			



Şekil 5.7. GOU ve PKU grupları için eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.

Çizelge 5.17. GOU ve PKU grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Eğilmede Elastikiyet Modülü
Kontrol	ab
GOU-10	c
GOU-20	d
GOU-30	f
PKU-10	bc
PKU-20	c
PKU-30	a

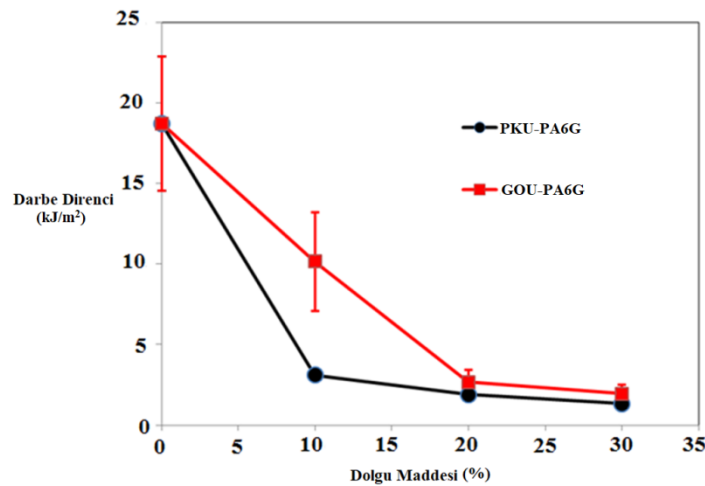
Analiz sonuçları ve etkileşim grafiği incelendiğinde, eğilmede elastikiyet modülünün lignoselülozik dolgu maddesi miktarından etkilendiği gözlemlenmiştir. Gök nar odunu kullanılan odun plastik kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile eğilmede elastikiyet modüllerinde artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. % 30

gök nar odun unun ilavesi ile eğilmede elastikiyet modülünde yaklaşık olarak % 99,82 oranında artış tespit edilmiştir. % 10 ve % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan odun plastik kompozitlerin kontrol örneklerine kıyasla eğilmede elastikiyet modüllerinde artış olduğu görülmüştür. Kızıldaş vd. (2014)' de naylon 6 esaslı kompozitlerde % 20 lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile eğilmede elastikiyet modülünde yaklaşık olarak % 47 oranında artış meydana geldiğini belirlemiştir.

Darbe direnci değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 5.18' de verilmiştir. Bu istatistiksel analiz sonuçlarına göre dolgu maddesi oranının darbe direnci üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir ( $P < 0,0001$ ). Dolgu maddesi tipinin ise darbe direnci üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir ( $P = 0,1743$ ). Ayrıca AxB faktörleri etkileşimi incelendiğinde, AxB etkileşiminin darbe direnci üzerinde etkili olmadığı ( $P = 0,3375$ ) tespit edilmiştir.

Çizelge 5.18. GOU ve PKU grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	1976,77	7	282,40	12,11	<0,0001
A-Dolgu Tipi	45,08	1	45,08	1,93	0,1743
B-Dolgu Oranı (%)	1836,62	3	612,21	26,26	<0,0001
AxB	81,73	3	27,24	1,17	0,3375
Hata	722,67	32	23,31		
Toplam	2699,43	39			



Şekil 5.8. GOU ve PKU grupları için darbe direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının ve dolgu tipinin darbe direnci değerlerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.19' de verilmiştir. Duncan testi ile elde edilen homojenlik analizine göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanımının kompozitlerin darbe direnci etkilediği belirlenmiştir. %10 göknar odun unu kullanılan kompozitlerin darbe direncinin lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan diğer gruplardan farklı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.19. GOU ve PKU grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait homojenlik grubları.

ID	Darbe Direnci
<b>Kontrol</b>	c
<b>GOU-10</b>	b
<b>GOU-20</b>	a
<b>GOU-30</b>	a
<b>PKU-10</b>	a
<b>PKU-20</b>	a
<b>PKU-30</b>	a

Grafikler incelendiğinde, kontrol örneklerine kıyasla lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile odun plastik kompozitlerin darbe dirençlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan örneklerde en yüksek darbe direnci %10 göknar odun unu kullanılan kompozitlerden (%10,16) elde edilmiştir. En düşük ise %30 pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerden (%1,34) tespit edilmiştir. Polimer matris ve lif arasındaki ara yüzey direncinin darbe direncini etkilediği literatürde de belirtilmektedir (Liu vd, 2002; Cilleruelo vd, 2012; Lopez vd, 2013; Oliver-Ortega vd, 2018).

### 5.1.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Termal Özellikleri

Termal özellikler; odun plastik kompozitlerden üretilen nihai ürünün uygulama alanlarını seçmede ve işleme parametrelerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu tez çalışmasında atık PA6G'nin (kontrol) ve % 30 pirinç kabuğu ve göknar odun unu dolgulu kompozitlerin DSC ve TGA'sı değerlendirildi. İncelenen numunelerin DSC verileri ve erime eğrileri sırasıyla Çizelge 5.20 ve Şekil 5.9' da verilmiştir.

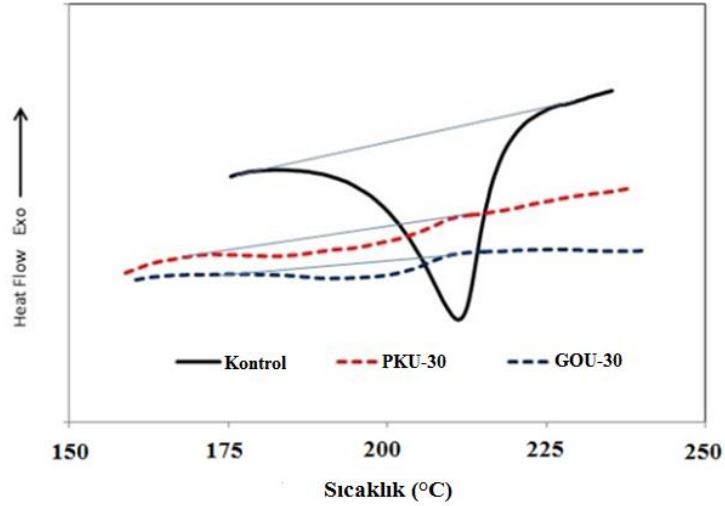
Çizelge 5.20. Atık PA6G esaslı odun plastik kompozitlerin DSC verileri.

ID	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH (J/g)	X <sub>c</sub> (%)
Kontrol	211.3	176.3	108.5	47.2
PKU-30	181.8	- <sup>a</sup>	29.14	13.5
GOU-30	190.5	- <sup>a</sup>	21.80	18.1

<sup>a</sup> DSC eğrisinde görülmemiştir; X<sub>c</sub> : Kristalite oranı.

Lignoselülozik dolgu maddesi ilavesinden sonra erime eğrisindeki meydana gelen değişiklikler Şekil 5.9' da verilmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan kompozitlerin kontrol örneklerine kıyasla daha geniş erime eğrilerine sahip olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş kristal büyümesi daha dar bir tepe noktası sağlamaktadır (Xu vd, 2013), ancak polimer kristallerinin oluşumunu kısıtlamak daha geniş tepe noktalarına neden olmaktadır (Ying vd, 2018). Kontrol grubuna hem pirinç kabuğu unun hem de göknar odun unun ilavesiyle, kontrol grubunun erime sıcaklığının (T<sub>m</sub>) sırasıyla 211 °C' den 182 ° C'ye ve 191 °C'ye düştüğü belirlenmiştir. %30 pirinç kabuğu ve göknar odun unu kullanılan kompozitlerinin kristalite oranları (%13,5 ve %18,1) kontrol örneklerinden (%47,2) daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni, kristalizasyonun moleküler zincirlerin yeniden düzenlendiği bir süreç olmasıdır. Lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi, polimerlerin moleküler zincirlerinin bütünlüğünü bozması ve hareketini engellemesinden dolayı kristalite oranı azalmaktadır (Guo vd, 2019). Klata vd. (2003)' de cam filament takviyesinin PA6 kompozitlerinin kristalite oranını azalttığını bildirmişlerdir. Diğer araştırmacılar ise lignoselülozik dolgu maddesinin çekirdeklenme kabiliyetinden dolayı polipropilen esaslı odun plastik kompozitlerin kristalite oranını arttırdığını rapor etmişlerdir (Joseph vd, 2003; Arbelaiz vd, 2006; Lei ve Wu, 2010). Joseph vd. (2003)' te % 10, 20 ve 30 sisal lifi dolgulu PP esaslı kompozitleri üretmişlerdir ve bu kompozitlerin erime sıcaklığında bir değişiklik olmaksızın kristalite oranında bir artış gözlemlemiştir. Benzer bulgular; PP esaslı %30 keten elyaf lifi dolgulu kompozitler için Arbelaiz vd. (2006) tarafından da rapor edilmiştir (üretilen örneklerin kristalizasyon sıcaklığı (T<sub>c</sub>): 135 ° C ve 140 °C' dir.). Fakat, 145 °C kristalite sıcaklığında PP ile kıyaslandığında PP esaslı %30 keten elyaf lifi dolgulu kompozitlerin %9 daha düşük kristalite oranına (X<sub>cPP</sub>: 57,4% and X<sub>cPP+Keten elyaf lifi</sub> :

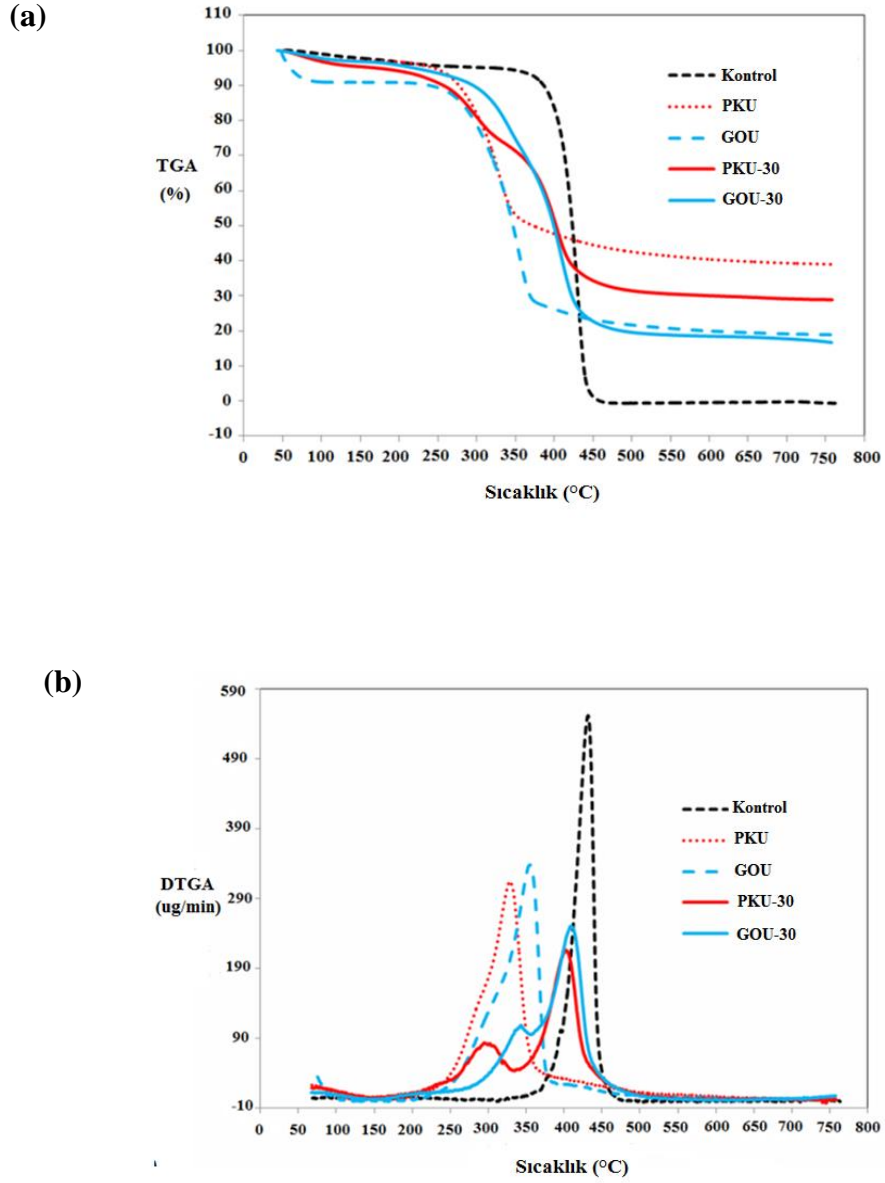
52,5) sahip olduğunu bulmuşlardır. Malzemelerin bileşimi, üretim parametreleri ve tercih edilen üretim işlemleri kompozitlerin kristalite oranını etkilemektedir.



Şekil 5.9. Örneklerin DSC erime eğrileri.

Termogravimetrik analiz (TGA), karbonlu malzemelerin termal davranışlarını araştıran en önemli termal analiz tekniklerinden biridir. Bu analiz tekniği, malzemenin termal davranışını tahmin etmek için kullanılan sıcaklık ve zamanın bir fonksiyonu olarak numunenin ağırlık kaybı oranını ölçmektedir (Mansaray ve Ghaly, 1998). Örneklerin TGA, DTG eğrileri ve TGA verileri sırasıyla Şekil 5.10a, Şekil 5.10b ve Çizelge 5.21' de sunulmuştur. Hem pirinç kabuğu hem de göknar odununun termogravimetrik analizinde, ortam sıcaklığı ile yaklaşık 100 °C arasında başlangıçta hafif bir ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Bu durumun nedeni, bünyelerinde bulunan rutubetin kademeli olarak buharlaşması olabilir. Pirinç kabuğunun  $T_{onset}$ ,  $T_{endset}$  ve en yoğun bozunmanın gerçekleştiği sıcaklıklar sırasıyla 173 °C, 493 °C ve 329 °C' dir. Göknar odunu için bu sıcaklıklar 182 °C, 461 °C ve 356 °C' dir. Bu kütle kaybı, lignoselülozik dolgu maddelerinin (selüloz, hemiselüloz ve lignin) üç ana bileşeninin ayrışmasından kaynaklanmaktadır. Hemiselüloz, selüloz ve lignin sırasıyla 150-350 °C, 275-350 °C ve 250-500 °C aralığında bozunmaktadır (Mansaray ve Ghaly, 1998; Kim vd, 2004). 750 °C' de, pirinç kabuğu unun kül içeriği (% 39), göknar odununkinden (% 18,9) çok daha yüksektir. Pirinç kabuğu unun külü esas olarak silisyumdan (% 96) oluşmaktadır (Kim vd, 2004). Atık PA6G'nin kütle kaybı adımları çok hızlı bir şekilde 400 °C' nin

üzerinde meydana gelmiştir. Kütle kaybı yaklaşık olarak 296 °C' de başlamıştır ve maksimum bozunma 432 °C meydana gelerek 466 °C' de tamamlanmıştır (Şekil 5.10b). PA6 için benzer sonuçlar Elsabbagh vd. (2017) tarafından rapor edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, pirinç kabuğu ve göknar odunu termal stabilitesinin atık PA6G' den daha düşük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.10. Örneklerin TGA (a) ve DTGA (b) eğrileri.

Pirinç kabuğu ve göknar odunu dolgulu PA6G katkılı kompozitlerde iki farklı DTGA tepe noktası tespit edilmiştir. Pirinç kabuğu ve göknar odunu

eklenmesiyle, bozunma için başlangıç sıcaklığının sırasıyla 171,7 °C ve 204,9 °C'ye düştüğü bulunmuştur. Bu azalma hemiselülozların ardından selülozların ve son olarak da ligninin termal bozunması ile ilgilidir (Elsabbagh vd, 2017). Pirinç kabuğu ve göknar odun unu dolgulu kompozitlerin ikinci ayrışma tepe noktalarının başlangıç ve bitiş sıcaklıkları sırasıyla 328 °C-492 °C ve 348 °C-447 °C' dir. 750 °C' de Pirinç kabuğu ve göknar odun unu dolgulu kompozitler için kalan (kül) miktarı sırasıyla % 29 ve % 17 civarındadır.

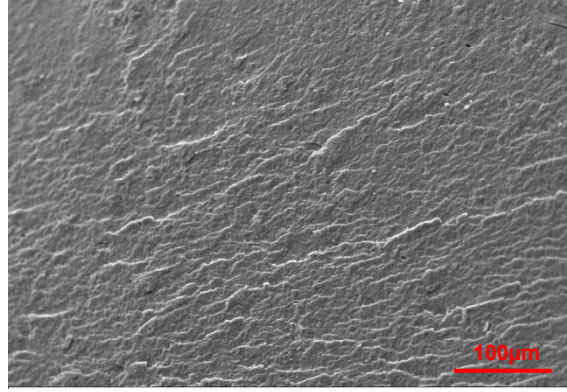
Çizelge 5.21. Atık PA6G esaslı odun plastik kompozitlerin TGA verileri.

ID		T <sub>Onset</sub> (°C)	T <sub>endset</sub> (°C)	T <sub>Bozunma</sub> (°C)	T <sub>onset</sub> -T <sub>endset</sub> 'deki Ağırlık Kaybı (%)	750°C Sonunda Kalan Miktar (%)
Atık PA6G (Kontrol)		296.4	465.6	431.6	95.2	-
PKU-30	1 <sup>st</sup> Peak	171.7	327.6	295.0	21.8	28.9
	2 <sup>nd</sup> Peak	327.6	492.0	404.0	43.1	
GOU-30	1 <sup>st</sup> Peak	204.9	348.8	338.6	20.4	16.9
	2 <sup>nd</sup> Peak	348.8	447.5	406.9	52.1	
PKU		172.8	492.7	328.6	54.2	39.0
GOU		182.3	461.0	355.6	68.2	18.9

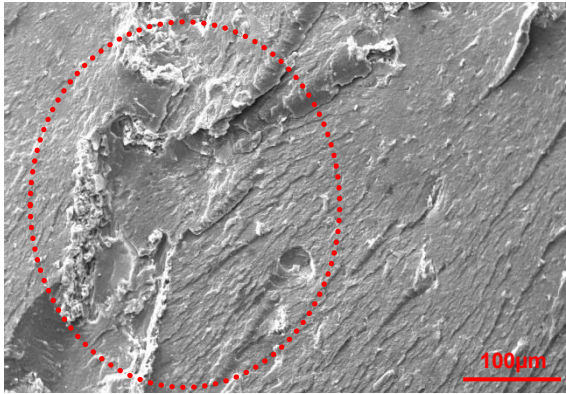
#### 5.1.4. Döküm Poliamid 6 (PA6G) esaslı Kompozitlerin Morfolojik Özellikleri

Kontrol (Atık PA6G), GOU-20 ve PKU-20 esaslı kompozitlerin morfolojisi taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. Seçilen numunelerin SEM görüntüleri Şekil 5.11' de sunulmuştur. Göknar odunu ve pirinç kabuğu unu dolgulu atık PA6G kompozitlerindeki homojen olmayan dağılımı sırasıyla Şekil 5.11b ve Şekil 5.11c'de görülmektedir. Polimer matrisin belirli bir bölümünde dolgu maddelerinin yakın mesafede gruplandığı gözlemlenmiştir.

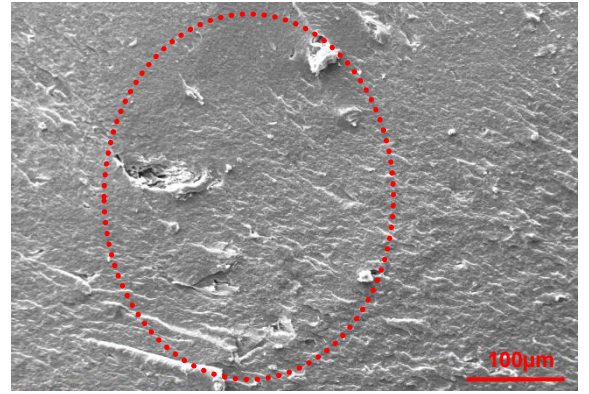




(a) Atık PA6G



(b) PKU-20



(c) GOU-20

Şekil 5.11. x 500 büyütmede seçilen örneklerin SEM görüntüleri: a) Atık PA6G, b)PKU-20 ve c) GOU-20.

## 5.2. ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G)-YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE) ESASLI KOMPOZİTLER VE ÖZELLİKLERİ

5.1' deki üretim reçetesine göre hazırlanan karışımların üretiminde ciddi zorluklar meydana gelmiştir. Bu tez çalışmasının amacı mobilya bağlantı elemanlarının (T çektirme ve L bağlantı elemanlarının) üretimini gerçekleştirmek olduğundan üretimleri kolaylaştırmak amacıyla üretim reçetesinde değişiklik yapılmıştır (Ek B.). Bu bağlamda, lignoselülozik dolgu maddesi (gök nar odunu ve pirinç kabuğu unu) katkı ve döküm polamid (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitler Çizelge 5.22' de gösterilen reçetelere göre enjeksiyon kalıplama

yöntemiyle üretilmiştir. Gök nar odun unları kullanılarak üretilen kompozitler GOU-20-BN grubu olarak isimlendirilirken pirinç kabuğu unları kullanılarak üretilen kompozitler PKU-20-BN grubu olarak isimlendirilmiştir.

Çizelge 5.22. Döküm poliamid 6-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı göknar odunu ve pirinç kabuğu unu katkıli kompozitler için üretim reçetesi.

ID	Plastik Matris		Gök nar Odun Unu	Pirinç Kabuğu Unu	Bor Nitrür
	PA6G (%50)	HDPE (%50)			
Kontrol	100		-	-	Toplam Karışımın %5
GOU-20-BN	80		20	-	Toplam Karışımın %5
PKU-20-BN	80		-	20	Toplam Karışımın %5

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. GOU: Gök nar Odun Unu ileveli OPK, PKU: Pirinç Kabuğu Unu İleveli OPK.

Üretilen lignoselülozik dolgu maddesi katkıli döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin fiziksel özelliklerinden özgül ağırlıkları, yoğunlukları ve su almaları ile mekanik özelliklerinden çekme dirençleri, çekmede elastikiyet modülleri, kopmada uzamaları, eğilme dirençleri, eğilmede elastikiyet modülleri, darbe dirençleri ile termal özelliklerinden termogravimetrik analizleri (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetreleri (DSC) belirlenmiştir.

### 5.2.1. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri

#### 5.2.1.1. Üretilen PA6G-HDPE Esaslı Kompozitlerin Özgül Ağırlıkları

Bu bölümde, lignoselülozik dolgu maddesi olarak göknar odun unu (GOU), pirinç kabuğu unu (PKU) ve termoplastik olarak PA6G-HDPE kullanılarak üretilen odun plastik kompozit test örneklerinin özgül ağırlıkları belirlenmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi tipinin odun plastik kompozit test örneklerinin özgül ağırlıkları üzerine etkisi incelenmiştir. Üretilen odun plastik kompozitlerin özgül ağırlık değerlerini belirlemek için eğilme direnci test örneklerinden kesilen parçalar kullanılmıştır. Odun plastik kompozit test örneklerinin ortalama özgül ağırlıkları ve standart sapma değerleri Çizelge 5.23'te verilmiştir.

Çizelge 5.23. Odun plastik kompozit test örneklerinin özgül ağırlık değerleri.

ID	Özgül Ağırlık
<b>Kontrol</b>	1,100 (0,01)
<b>GOU-20-BN</b>	1,098 (0,00)
<b>PKU-20-BN</b>	1,100 (0,01)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

\*GOU: Gökmar Odun Unu ileveli OPK, PKU: Pirinç Kabuğu Unu İlaveveli OPK.

Özgül ağırlık sonuçları incelendiğinde, değerlerin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. %20 Gökmar odunu kullanılan OPK' ların kontrol örneklerine kıyasla çok az oranda özgül ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir. % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan OPK' ların özgül ağırlıkları, kontrol örnekleri ile aynı çıkmıştır. Lignoselülozik dolgu maddesindeki öz odun ve diri odunun miktarı ve bunların hücre duvar kalınlığı, plastiğin yoğunluğunun bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (Oladejo ve Omoniyi (2017)).

### 5.2.1.2. Üretilen PA6G-HDPE Esaslı Kompozitlerin Yoğunlukları

Üretilen PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunlukları eğilme direnci belirleme örnekleri üzerinden ASTM D 1505-03 standardına göre belirlenmiştir. Üretilen PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin ortalama yoğunlukları ve standart sapma değerleri Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.24. Odun plastik kompozit test örneklerinin yoğunluk değerleri.

	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>Kontrol</b>	1,054 (0,02)
<b>GOU-20-BN</b>	1,095 (0,01)
<b>PKU-20-BN</b>	1,101 (0,00)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

\*GOU: Gökmar Odun Unu ileveli OPK, PKU: Pirinç Kabuğu Unu İlaveveli OPK.

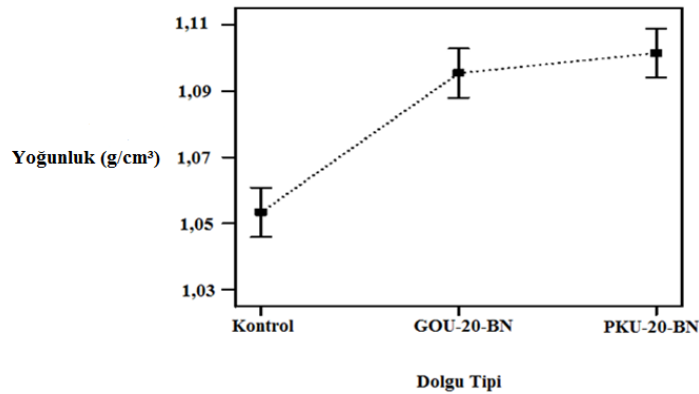
PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunluk değerleri 1,054–1,101 g/cm<sup>3</sup> aralığında bulunmuştur. En yüksek yoğunluk değeri % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden elde edilmiştir. En düşük değer ise kontrol örneklerinde bulunmuştur. Bu durumun nedeni ise lignoselülozik dolgu maddesinin daha yüksek

hücre duvarı yoğunluğuna sahip olması, kendisini meydana getiren bileşenlerin miktarı ve özellikleri ile yakından ilişkili olması ile açıklanabilir (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Çavuş, 2017). Ayrıca, PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde dolgu maddesi olarak katılan GOU yoğunluğunun  $0,44 \text{ g/cm}^3$  (Yıldız, 2015) ve PKU yoğunluğunun  $0,55 \text{ g/cm}^3$  (Yalçın ve Sevinç, 2001) olması yoğunluk değerleri üzerinde de etkili olmuştur.

Odun plastik kompozitlerin yoğunluk değerleri üzerine dolgu tipinin önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen değerler Çizelge 5.25’de gösterilmiştir. Çizelge 5.25 incelendiğinde dolgu tipinin yoğunluk değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ).

Çizelge 5.25. Odun plastik kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	6,373E-03	2	3,186E-03	29,34	<0,0001
A-Dolgu Tipi	6,373E-03	2	3,186E-03	29,34	<0,0001
Hata	1,303E-03	12	1,086E-04		
Toplam	7,676E-03	14			



Şekil 5.12. Odun plastik kompozitleri için yoğunluk değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grubları Çizelge 5.26’ da verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik gruplarına göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin yoğunluk değerleri arasında bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.26. GOU ve PKU grubu kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Yoğunluk
Kontrol	a
GOU-20-BN	b
PKU-20-BN	b

### 5.2.1.3. PA6G-HDPE esaslı Kompozitlerin Su Alma Özellikleri

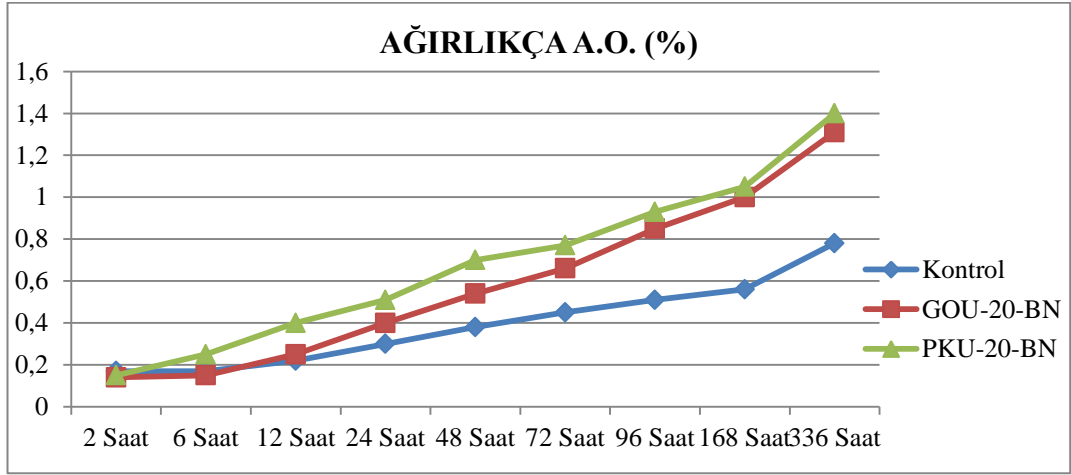
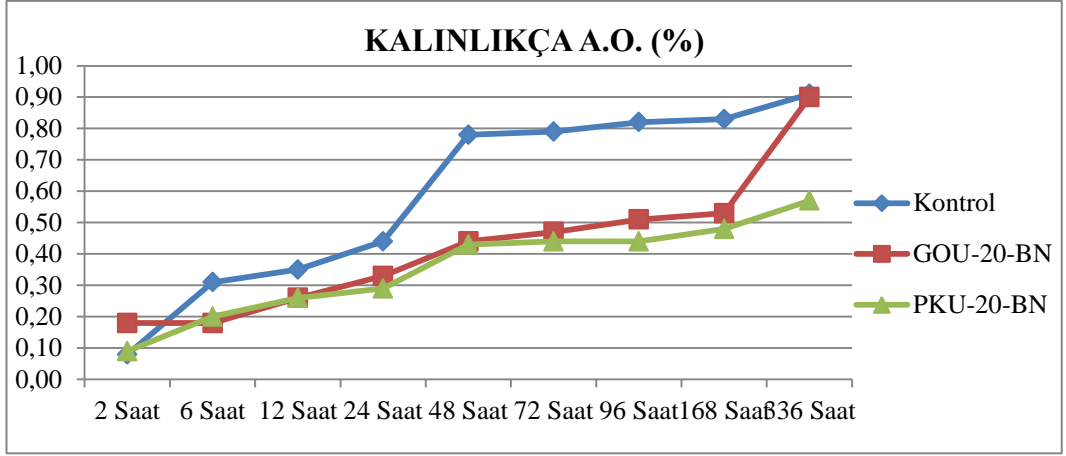
GOU ve PKU' nun aynı parametreler kullanılarak PA6G ve HDPE katılması ile üretilen odun plastik kompozitlerin suda bekletme sonucu kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranları belirlenmiştir. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin ilk ölçümleri yapıldıktan sonra, 2 saat, 6 saat, 12, saat, 24 saat, 48 saat, 72 saat, 96 saat, 168 saat ve 336 saat süreyle destile su içerisinde tutularak periyodik olarak ölçülmüştür. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranları Çizelge 5.27 ve Şekil 5.13' te verilmiştir.

Çizelge 5.27. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin su alma özellikleri (%).

		2	6	12	24	48	72	96	168	336
		Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
Kontrol	K.O.	0,08 (0,08)	0,31 (0,26)	0,35 (0,25)	0,44 (0,25)	0,78 (0,22)	0,79 (0,21)	0,82 (0,26)	0,83 (0,26)	0,91 (0,27)
	A.O.	0,17 (0,09)	0,17 (0,09)	0,22 (0,11)	0,30 (0,08)	0,38 (0,07)	0,45 (0,09)	0,51 (0,09)	0,56 (0,12)	0,78 (0,10)
GOU-20-BN	K.O.	0,18 (0,12)	0,18 (0,10)	0,26 (0,16)	0,33 (0,15)	0,44 (0,21)	0,47 (0,23)	0,51 (0,21)	0,53 (0,23)	0,90 (0,25)
	A.O.	0,14 (0,07)	0,15 (0,08)	0,25 (0,10)	0,40 (0,11)	0,54 (0,11)	0,66 (0,08)	0,85 (0,19)	1,00 (0,13)	1,31 (0,14)
PKU-20-BN	K.O.	0,09 (0,05)	0,20 (0,10)	0,26 (0,14)	0,29 (0,14)	0,43 (0,20)	0,44 (0,22)	0,44 (0,21)	0,48 (0,20)	0,57 (0,16)
	A.O.	0,15 (0,08)	0,25 (0,09)	0,40 (0,15)	0,51 (0,09)	0,70 (0,05)	0,77 (0,06)	0,93 (0,12)	1,05 (0,10)	1,40 (0,14)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

\*GOU: Gökna Odun Unu ileveli OPK, PKU: Pirinç Kabuğu Unu İleveli OPK.



Şekil 5.13. Odun plastik kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarına ait sonuçların grafiksel gösterimi (%).

Çizelge 5.27 incelendiğinde en düşük 2 saatlik kalınlıkça artış oranı kontrol (%50 PA6G+ %50HDPE) örneklerinde (%0,08) tespit edilirken, en yüksek 2 saatlik kalınlıkça artış oranı (%0,18) olarak %20 oranında göknar odun unu katılmış test örneklerinden elde edilmiştir. En düşük 12 saatlik kalınlıkça artış oranı % 20 lignoselülozik dolgu maddesi (göknar odun ve pirinç kabuğu unları) kullanılan test örneklerinden (%0,26) elde edilirken, en yüksek 12 saatlik kalınlıkça artış oranı (%0,35) olarak kontrol örneklerinden tespit edilmiştir. En düşük 72 saatlik kalınlıkça artış oranı % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden (%0,44) belirlenirken, en yüksek 72 saatlik kalınlıkça artış oranı (%0,79) olarak kontrol gruplarından elde edilmiştir. En düşük 96 saatlik kalınlıkça artış oranı % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan test örneklerinde (%0,44) belirlenirken, en yüksek 96

saatlik kalınlıkça artış oranı (%0,82) olarak kontrol örneklerinden elde edilmiştir. Genel olarak; kontrol gruplarının kalınlıkça artış oranının lignoselülozik dolgu maddesi (göknar odun ve pirinç kabuğu unları) kullanılan odun plastik kompozitlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, PA6 moleküler zincirlerinde yer alan güçlü hidrofiliklik özellik sergileyen amid gruplarının (-NHCO-) varlığından kaynaklanmaktadır (Do vd, 2016; Zhu vd, 2020).

Ağırlıkça artış sonuçları incelendiğinde; en düşük 2 saatlik ağırlıkça artış oranı göknar odun unu kullanılan odun plastik kompozitlerde (%0,14) belirlenirken, en yüksek 2 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,17) olarak tespit edilmiştir. En düşük 12 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol grubu kompozitlerden (%0,22) elde edilirken, en yüksek 12 saatlik ağırlıkça artış oranı % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan odun plastik kompozit test örneklerinden (%0,40) olarak tespit edilmiştir. En düşük 48 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol grubu kompozitlerde (%0,38) belirlenirken, en yüksek 48 saatlik ağırlıkça artış oranı %20 pirinç kabuğu unu kullanılan odun plastik kompozit test örneklerinden (%0,70) olarak elde edilmiştir. En düşük 336 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol grubu kompozitlerde (%0,78) belirlenirken, en yüksek 336 saatlik ağırlıkça artış oranı %20 pirinç kabuğu unu kullanılan odun plastik kompozit test örneklerinden (%1,40) olarak elde edilmiştir. Genel olarak sonuçlar incelendiğinde kontrol örneklerinin lignoselülozik dolgu maddesi (göknar odunu ve pirinç kabuğu unları) kullanılan kompozitlere kıyasla daha düşük ağırlıkça artış oranı verdiği belirlenmiştir. Bu durum daha önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Avcı, 2012; Çavuş, 2017). Yapılan çalışmalarda plastik matris içerisindeki lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesine paralel olarak test örneklerinin su alma oranında artış olduğunu ve bu artışında lignoselülozik dolgu maddesinin hidrofilik yapıya sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Stark ve Rowlands, 2003; Kord, 2011; Avcı, 2012). Pirinç kabuğu unu kullanılan odun plastik kompozitlerin göknar odunu kullanılan OPK' lara kıyasla daha yüksek ağırlıkça artış oranı gösterdiği tespit edilmiştir. Suda bekletme süresi arttıkça tüm deney örneklerinde kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranının paralel bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.

## 5.2.2. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri (çekme dirençleri, çekmede elastikiyet modülleri, kopmada uzamaları, eğilme dirençleri, eğilmede elastikiyet modülleri ve darbe dirençleri) incelenmiştir ve bunlara ait aritmetik ortalamalar ve standart sapmalar kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için Çizelge 5.28’ de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri.

ID	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Darbe Direnci (J/m)
Kontrol	18,69 (1,80)	452,36 (41,27)	4,85 (0,58)	34,13 (1,92)	1009,64 (44,44)	5,77 (1,45)
GOU-20-BN	21,23 (0,87)	725,05 (20,62)	3,96 (0,24)	37,13 (0,51)	2025,21 (30,50)	3,39 (0,55)
PKU-20-BN	18,14 (1,21)	635,20 (17,01)	3,73 (0,34)	32,98 (2,96)	1645,68 (49,84)	3,95 (0,49)

<sup>\*</sup>GOU: Gökmar odun unu ilaveli OPK; PKU: Pirinç kabuğu unu ilaveli OPK

<sup>\*</sup> Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Kontrol örneklerinin (PA6G-HDPE) çekme direnci 18,69 MPa olarak bulunmuştur. Gökmar odun unu kullanılarak üretilen PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direncinin ise 21,23 MPa olduğu tespit edilmiştir. PA6G-HDPE içerisine gökmar odun unun katılmasıyla çekme direnci değerlerinde bir artış görülmüştür. Gökmar odun lifleri ile polimer matris arasında oluşan ara yüzey bağlanmanın bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Luo vd. (2002)’ de kudzu lifi ile güçlendirilen PP kompozitlerinde ara yüzey bağlanmanın artışıyla çekme direncinin arttığını bildirmişlerdir. % 20 pirinç kabuğu unu kullanılarak üretilen PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direnci 18,14 MPa olarak bulunmuştur. %20 pirinç kabuğu unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direncinde çok az bir azalma meydana gelmiştir. Dolgu maddesinin ilavesi ile ara yüzey alanı artmakta ve meydana gelen bu durumda polar dolgu maddesi ve apolar matris arasındaki bağı olumsuz yönde etkilemesinden dolayı çekme direncinde azalma meydana

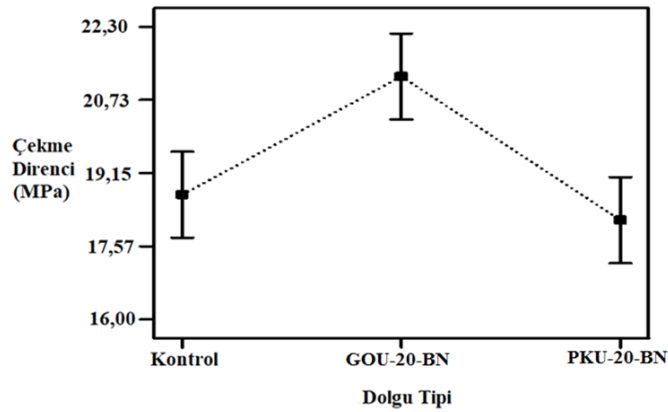


gelmektedir (Lee vd, 2004; Rosa vd, 2009). Yang vd. (2004) pirinç kabuğu-PP kompozitlerinde dolgu maddesinin artışıyla çekme direncinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Fuad vd, 1995; Rosa vd, 2009; Aridi vd, 2016).

Çizelge 5.29’ da PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direncine ait ANOVA sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde dolgu maddesi tipinin çekme direnci üzerinde etkili olduğu bulunmuştur (P=0,0076).

Çizelge 5.29. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	27,26	2	13,63	7,52	0,0076
A-Dolgu Tipi	27,26	2	13,63	7,52	0,0076
Hata	21,74	12	1,81		
Toplam	49,00	14			



Şekil 5.14. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için çekme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların çekme direnci değerlerine ait homojenlik grubları Çizelge 5.30’ da verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin çekme direnci değerleri arasında farklılık olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.30. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların çekme direnci değerlerine ait homojenlik grubları.

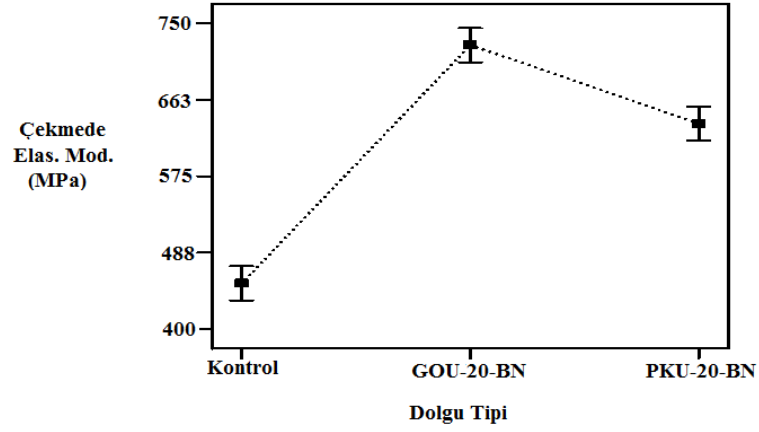
ID	Çekme Direnci
Kontrol	a
GOU-20-BN	b
PKU-20-BN	a

PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi (gök nar odunu ve pirinç kabuğu unu) ile çekmede elastikiyet modülü değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, birden fazla malzeme ile üretilen kompozitlerde karışım kuralından dolayı kullanılan lignoselülozik dolgu maddesine ait elastikiyet modülünün plastik malzemelerden daha yüksek olması ile açıklanmaktadır (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008). Acar vd. (2014) HDPE ve atık pirinç saplarından ürettikleri kompozitlerde dolgu maddesinin ilavesi ile çekmede elastikiyet modülünün arttığını belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafında da bildirilmiştir (Taşdemir vd, 2009; Karakuş vd, 2014).

Çizelge 5.31' de PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekmede elastikiyet modülüne ait ANOVA sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde dolgu maddesi tipinin çekmede elastikiyet modülü üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ).

Çizelge 5.31. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	1,931E+005	2	96551,25	119,77	<0,0001
A-Dolgu Tipi	1,931E+005	2	96551,25	119,77	<0,0001
Hata	9673,64	12	806,14		
Toplam	2,028E+005	14			



Şekil 5.15. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grubları Çizelge 5.32’ de verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre göknar odunu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerleri arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.32. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Çekmede Elastikiyet Modülü
<b>Kontrol</b>	a
<b>GOU-20-BN</b>	b
<b>PKU-20-BN</b>	c

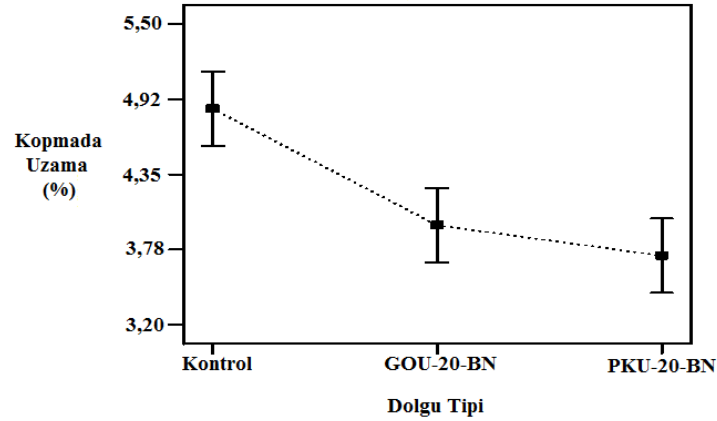
Üretilen PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kopmada uzama değerleri incelendiğinde göknar odunu ve pirinç kabuğu ununun ilavesi ile ciddi bir azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. PA6G-HDPE matrisi içerisine göknar odunu ununun ilavesi ile kopmada uzama değerinin yaklaşık olarak % 18,36 oranında, pirinç kabuğu ununun katılması ile yaklaşık olarak % 23,1 oranında azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durumun nedeni, lignoselülozik dolgu maddesinin kopmada uzama değerinin plastik malzemelere göre daha düşük değerde olmasından kaynaklanmaktadır (Taşdemir vd, 2009). Karakuş vd. (2011)’ de yer fıstığı kabuğu, buğday sapı ve odun unları ile polistiren’ den üretilen odun plastik kompozitlerde dolgu maddesinin

ilavesi ile kopmada uzamanın azaldığını tespit etmişlerdir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Turku vd, 2017; Effah vd, 2018; Çavuş ve Mengeloğlu, 2020).

Çizelge 5.33' te PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde dolgu maddesi tipinin kopmada uzama değeri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (P=0,0025).

Çizelge 5.33. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	3,52	2	1,76	10,32	0,0025
A-Dolgu Tipi	3,52	2	1,76	10,32	0,0025
Hata	0,05	12	0,17		
Toplam	5,57	14			



Şekil 5.16. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için kopmada uzama değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların kopmada uzama değerlerine ait homojenlik grupları Çizelge 5.34' te verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin kopmada uzama değerleri arasında farklılık meydana gelmediği belirlenmiştir.

Çizelge 5.34. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait homojenlik grupları.

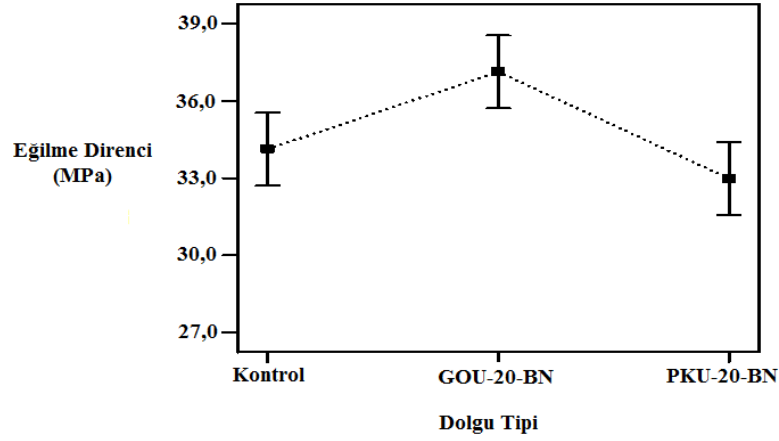
ID	Kopmada Uzama
Kontrol	b
GOU-20-BN	a
PKU-20-BN	a

PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilme direnç değerleri kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN için sırası ile 34,13 MPa; 37,13 MPa ve 32,98 MPa olarak bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değeri % 20 pirinç kabuğu unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden elde edilmiştir. Dolgu maddelerinin kompozit yapı içerisindeki varlığı ile polimer malzeme katılım oranı azalmaktadır ve bu durumun eğilme direncinde düşüşe neden olabileceği literatürde de belirtilmiştir (Kord, 2011; Çavuş, 2017). En yüksek eğilme direnci değeri ise % 20 göknar odun unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde bulunmuştur. Bu durum, hidrofil karakterde olan lignoselülozik dolgu maddesi ve PA6G ile hidrofobik karakterde olan HDPE arasındaki zayıf bağlanmadan dolayı kompozit yapı içerisinde homojen dağılımın sağlanamamasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafından da tespit edilmiştir (Chaharmahali vd, 2010; Kaymakçı vd, 2012).

Dolgu tipinin eğilme direnci üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen değerler Çizelge 5.35' te verilmiştir. Çizelge 5.35 incelendiğinde dolgu tipinin eğilme direnci değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P=0,0209).

Çizelge 5.35. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	45,97	2	22,98	5,43	0,0209
A-Dolgu Tipi	45,97	2	22,98	5,43	0,0209
Hata	50,8	12	4,23		
Toplam	96,77	14			



Şekil 5.17. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grubları Çizelge 5.36’ da verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin eğilme direnci değerleri arasında farklılık olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.36. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Eğilme Direnci
<b>Kontrol</b>	a
<b>GOU-20-BN</b>	b
<b>PKU-20-BN</b>	a

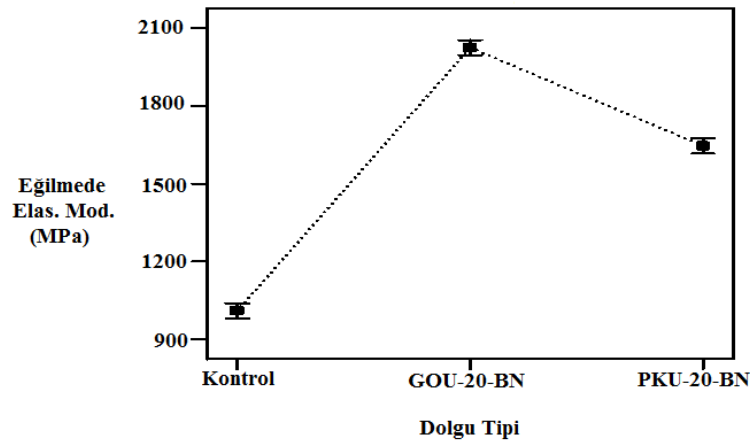
PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri 1009,64 MPa ile 2025,21 MPa aralığında tespit edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde göknar odun unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin en yüksek değeri (2025,21 MPa) verdiği belirlenmiştir. Polimer matris içerisine PKU katılımı eğilmede elastikiyet modülü değerlerini arttırmasına rağmen, bu değerler GOU ile karşılaştırıldığına oldukça düşük oranda kalmıştır. Lignoselülozik dolgu maddelerinin plastıklere göre daha yüksek elastikiyet modülüne sahip oldukları diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Chaharmahali vd, 2010; Çavuş, 2017). Elastikiyet modülü, test sırasında kompozit

malzemede oluşan deformasyon hızına bağlıdır. Deformasyon hızı artması elastikiyet modülünün artmasına yol açar. Bu ise polimer zincirindeki gevşeme süresinin azalması ile ilişkilidir. Lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça levhanın viskoz akış etkisi (akıcılığı) azalır ve buna bağlantılı olarak elastikiyet modülü artar (Brandt ve Fridley, 2007; Altuntaş vd, 2017).

Dolgu tipinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerinin önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen değerler Çizelge 5.37’de gösterilmiştir. Çizelge 5.37 incelendiğinde dolgu tipinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ).

Çizelge 5.37. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	2,633E+0,006	2	1,317E+06	732,84	<0,0001
A-Dolgu Tipi	2,633E+0,006	2	1,317E+06	732,84	<0,0001
Hata	21559,76	12	1796,65		
Toplam	2,655E+006	14			



Şekil 5.18. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları Çizelge 5.38’ de verilmiştir. Duncan testi

sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.38. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Eğilmede Elastikiyet Modülü
Kontrol	a
GOU-20-BN	c
PKU-20-BN	b

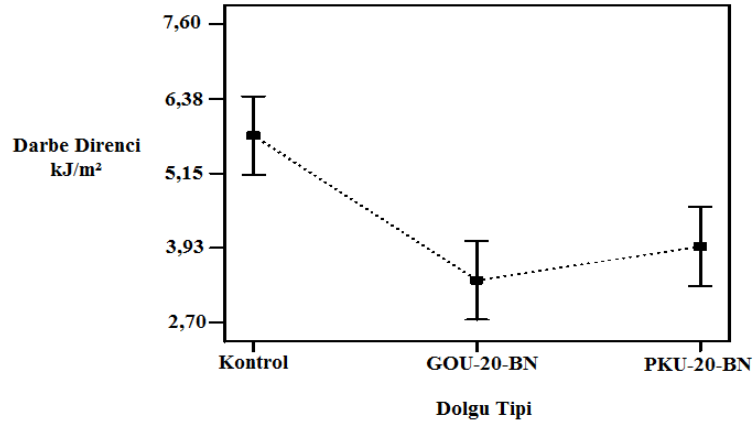
PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde darbe direnci değerleri 3,39 kJ/m<sup>2</sup> ile 5,77 kJ/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile darbe dirençlerinde düşüş meydana gelmiştir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafından da tespit edilmiştir (Kabakçı, 2009; Çavuş ve Mengeoğlu, 2017). Pirinç kabuğu unu kullanılan PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin göknar odun unu kullanılanlara göre daha yüksek darbe direncine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun yoğunluk farkından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Dolgu tipinin darbe direnci üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen değerler Çizelge 5.39’da gösterilmiştir. Çizelge 5.39 incelendiğinde dolgu tipinin darbe direnci değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P=0,0045).

Çizelge 5.39. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	15,46	2	7,73	8,79	0,0045
A-Dolgu Tipi	15,46	2	7,73	8,79	0,0045
Hata	10,56	12	0,88		
Toplam	26,02	14			





Şekil 5.19. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupları için darbe direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grupların darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları Çizelge 5.40' da verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre göknar odun unu ve pirinç kabuğu unu kullanılan kompozitlerin darbe direnci değerleri arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 5.40. Kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN grubu kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları.

ID	Darbe Direnci
Kontrol	b
GOU-20-BN	a
PKU-20-BN	a

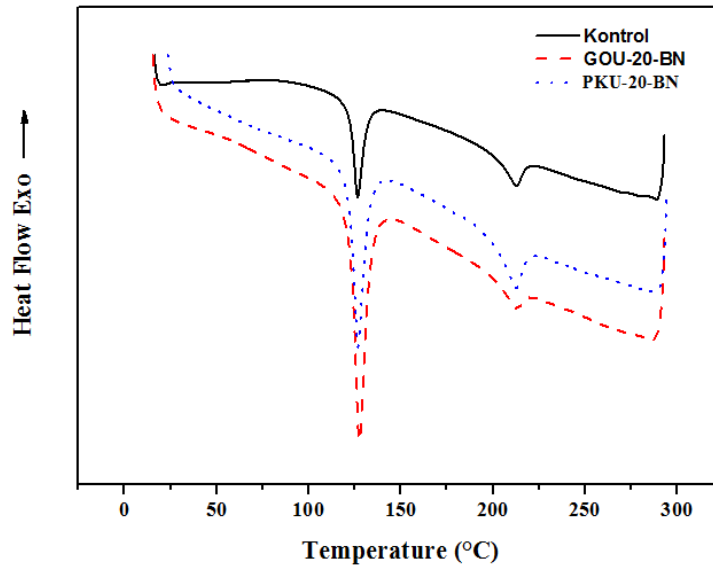
### 5.2.3. Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Termal Özellikleri

Termal analiz yöntemleri; sıcaklık farkına dayalı DSC (diferansiyel taramalı kalorimetri) ve kütle kaybı ölçümüne dayalı TGA (Termogravimetrik analiz) yöntemleri olmak üzere iki çeşittir. Bu çalışmada, döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin DSC, TGA ve DTGA özellikleri

belirlenmiştir. Aşağıdaki Çizelge 5.41 ve Şekil 5.20’ de PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin DSC sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.41. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin DSC verileri.

ID		$T_m$ (°C)	$T_c$ (°C)	$\Delta H$ (J/g)
Kontrol	1 <sup>st</sup> Peak	127	118	143
	2 <sup>nd</sup> Peak	213	182	50
GOU-20-BN	1 <sup>st</sup> Peak	127	182	220
	2 <sup>nd</sup> Peak	213		19,4
PKU-20-BN	1 <sup>st</sup> Peak	127	119	136
	2 <sup>nd</sup> Peak	213	184	41,5



Şekil 5.20. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) termogramı.

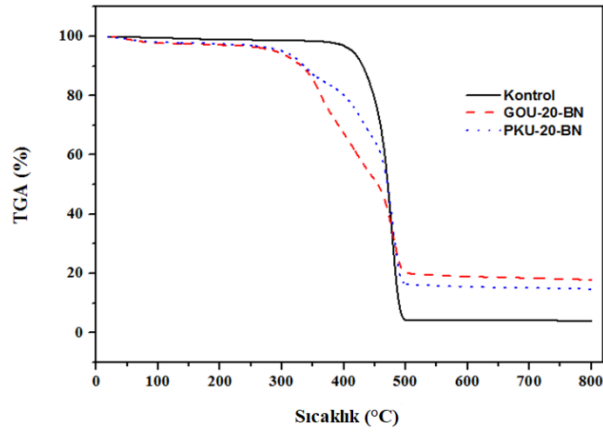
Sonuçlar incelendiğinde; lignoselülozik dolgu maddesinin varlığının erime sıcaklığını ( $T_m$ ) etkilemediği gözlemlenmiştir. Çizelge 5.41’ de yer alan 127 °C’ nin yüksek yoğunluklu polietilenin erime sıcaklığını, 213 °C’ nin döküm poliamid 6’ nın erime sıcaklığını ifade etmektedir. Bu durum, kompozitin dağıtılmış faz yapılarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Liu vd, 2014). Vranjes ve Rek (2007) yaptıkları çalışmalarında yüksek yoğunluk polietilenin erime sıcaklığını 128,8 °C olarak belirlemişlerdir. Özdemir vd. (2018) sarıçam-PP kompozitlerinde dolgu maddesi kullanımının erime sıcaklığı üzerinde çok bir etkisi olmadığını

belirlemişlerdir. %20 Gökmar odun unun ilavesinin  $T_c$  (kristalleşme sıcaklık) değerini değiştirmediği gözlemlenmiştir. %20 pirinç kabuğu unu ilavesinin  $T_c$  değerini 1-2 °C arasında arttırdiği belirlenmiştir.

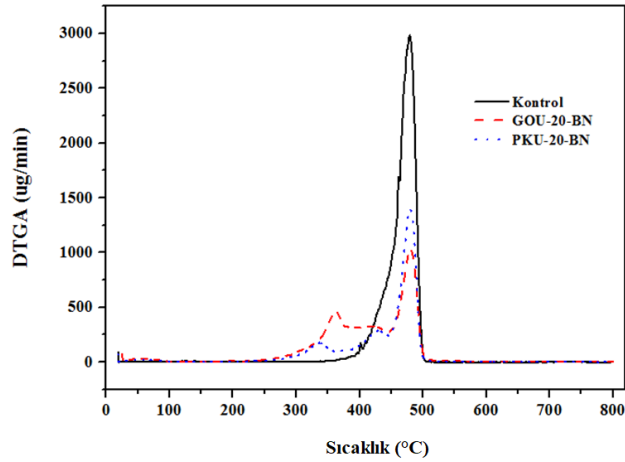
Çizelge 5.42. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA verileri.

ID		$T_{Onset}$ (°C)	$T_{endset}$ (°C)	$T_{Bozunma}$ (°C)	$T_{onset} - T_{endset}$ 'teki Ağırlık Kaybı (%)	750 °C
						Sonunda Kalan Miktarı (%)
Kontrol	1 <sup>st</sup> Peak	127	150	135	95,52	4,48
	2 <sup>nd</sup> Peak	420	515	490		
GOU-20-BN	1 <sup>st</sup> Peak	125	155	137	26,35	19,07
	2 <sup>nd</sup> Peak	480	515	498	54,58	
PKU-20-BN	1 <sup>st</sup> Peak	135	155	135	29,12	15,71
	2 <sup>nd</sup> Peak	480	520	498	55,17	

(a)



(b)



şekil 5.21. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA (a) ve DTGA (b) eğrileri.

TGA sonuçları, literatürle uyumlu olarak, odun plastik kompozitlerin oksidatif termal bozunmasının iki ana aşamada gerçekleştiğini göstermektedir. İlk aşamada kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN için bozunma sırası ile yaklaşık olarak 127–150 °C, 125-155 °C ve 135-155 °C 'de gerçekleşti. Bu aşamada meydana gelen ağırlık kayıpları PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin ısıya bağlı su kaybından kaynaklıdır. İkinci aşamada ise kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN için bozunma sırası yaklaşık olarak 420–515 °C, 480-515 °C ve 480-520 °C 'de gerçekleşti. 270 °C'den sonra meydana gelen kütle kayıpları PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin bünyesindeki doğal lif bileşenlerinin bozunması ve polimer zincirlerinin parçalanmasından kaynaklanmaktadır (Cavdar vd, 2015; Çetin, 2019). 750 °C sonunda kalan madde miktarı kontrol, GOU-20-BN ve PKU-20-BN için sırası ile % 4,48, % 19,07 ve % 15,71' dir. Polimer matris içerisinde lignoselülozik dolgu maddesi ilavesinin ısıl bozunma sonunda kalıntı miktarını yükselttiği bilinmektedir (Çavdar, 2011; Çetin, 2019).

### **5.3. GÖKNAR ODUN UNU DOLGULU DÖKÜM POLİAMİD 6 (PA6G)-YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE) ESASLI KOMPOZİTLER VE ÖZELLİKLERİ**

5.2' deki üretim reçetesine göre 'L' bağlantı elemanları üretilirken T çekirme bağlantı elemanları üretilmemiştir (Ek B.). Üretimi gerçekleştirilen 'L' bağlantı elemanlarının levhalara vidalanması esnasında kırılmalar ve kopmalar meydana geldiği (Ek C.) için üretim reçetesinde değişiklik yapılmıştır. Bu bağlamda, göknar odun unu dolgulu ve döküm polamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitler Çizelge 5.43' te gösterilen reçeteler yardımıyla enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiştir. Buradaki üretim reçetesine göre 'L' bağlantı elemanlarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Fakat T çekirme bağlantı elemanlarının üretiminde karşılaşılan sorunlar nedeniyle bu tez kapsamında bu bağlantı elemanlarının kullanımı çıkarılmıştır (Ek B.). Çizelge 5.43' teki üretim reçetesinde plastik matris kontrol grubu olarak adlandırılırken göknar odun unu kullanılan kompozitler GOU-10-PH grubu olarak adlandırılmışlardır.

Çizelge 5.43. Gök nar odun unu dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı kompozitler için üretim reçetesi.

ID	Plastik Matris		Gök nar Odun Unu
	PA6G (%20)	HDPE (%80)	
Kontrol	100		0
GOU-10-PH	90		10

Bu kısımda, göknar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı odun plastik kompozit test örneklerinin özellikleri üzerine dolgu maddesinin etkisini belirlemek amacıyla fiziksel (ö zgül ağırlık, yoğunluk ve su alma), mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama, darbe direnci) ve termal (diferansiyel taramalı kalorimetre, termogravimetrik analiz) özellikler incelenmiştir.

### **5.3.1. Gök nar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Fiziksel Özellikleri**

Bu kısımda, göknar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin fiziksel özelliklerinden ö zgül ağırlık, yoğunluk ve su alma (kalınlıkça artış, ağırlıkça artış) belirlenmiştir.

#### **5.3.1.1. Gök nar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Ö zgül Ağırlıkları**

Bu bölümde, göknar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin ö zgül ağırlıkları tespit edilmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi ilavesinin göknar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerinin ö zgül ağırlıkları üzerine etkisi araştırılmıştır. Üretilen kompozitlerin ö zgül ağırlık değerlerini belirlemek için eğilme direnci test örneklerinden kesilen parçalar kullanılmıştır. Gök nar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin ortalama ö zgül ağırlıkları ve standart sapma değerleri Çizelge 5.44'te verilmiştir.

Çizelge 5.44. Gök nar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin özgül ağırlık değerleri.

ID	Özgül Ağırlık
Kontrol	0,977 (0,008)
GOU-10-PH	1,010 (0,009)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. GOU: Gök nar Odun Unu İlaveli OPK.

Plastik matris içerisine %10 göknar odun unun ilavesi ile özgül ağırlık değerinde artış meydana gelmiştir. Bu artış % 3,37 kadardır. Kompozitler arasında gözlemlenen yoğunluk farklılıkları farklı şekillerde açıklanabilir. Klyosov (2007) ve Chaudemanche'ye (2018) göre yoğunluk farklılığı gözeneklilik oluşumundan kaynaklanmaktadır. Gözeneklilik, işleme sırasında faz dönüşümlerinin (odun lifindeki nemin buharlaşması, plastik, odun ekstraktiflerinin ve uçucu bileşiklerde bulunan lignin bozunması) veya işlem sırasında partikül duvar pürüzlülüğüne bağlı olarak hapsolmuş havanın bir sonucu oluşmaktadır.

### 5.3.1.2. Gök nar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Yoğunlukları

Üretilen göknar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin ortalama yoğunlukları ve standart sapma değerleri Çizelge 5.45'te verilmiştir.

Çizelge 5.45. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunluk değerleri.

	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
Kontrol	1,00 (0,01)
GOU-10-PH	1,02 (0,01)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. GOU: Gök nar Odun Unu İlaveli OPK.

Yoğunluk değerleri incelendiğinde, lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile yoğunluğun arttığı tespit edilmiştir. Bu artış % 2 kadardır. Bledzki vd. (2005) keten ve odun lifi katkılı PP esaslı kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddesinin artışı ile yoğunluğun arttığını belirlemişlerdir. Bu durumun lignoselülozik dolgu maddesi ve

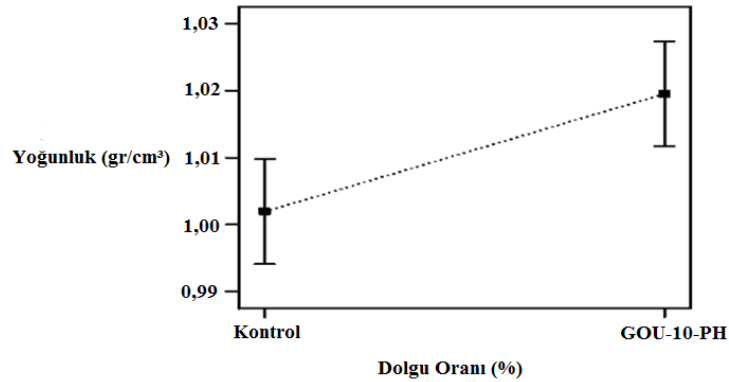
PP' nin farklı yoğunluklarda olmasından kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Benzer sonuçları Leu vd.'de (2012) rapor etmişlerdir.

Göknar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunluk değerleri üzerine dolgu oranının önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi gerçekleştirilmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.46'da verilmiştir. Çizelge 5.46 incelendiğinde dolgu oranının yoğunluk değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir ( $P=0,0324$ ).

Çizelge 5.46. Göknar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin yoğunluk değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	6,985E-004	1	6,985E-004	6,68	0,0324
A-Dolgu Oranı	8,368E-004	1	6,985E-004	6,68	0,0324
Hata	8,368E-004	8	1,046E-004		
Toplam	1,535E-003	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri Şekil 5.22' de gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Göknar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için yoğunluk değerlerine ait etkileşim grafiği.

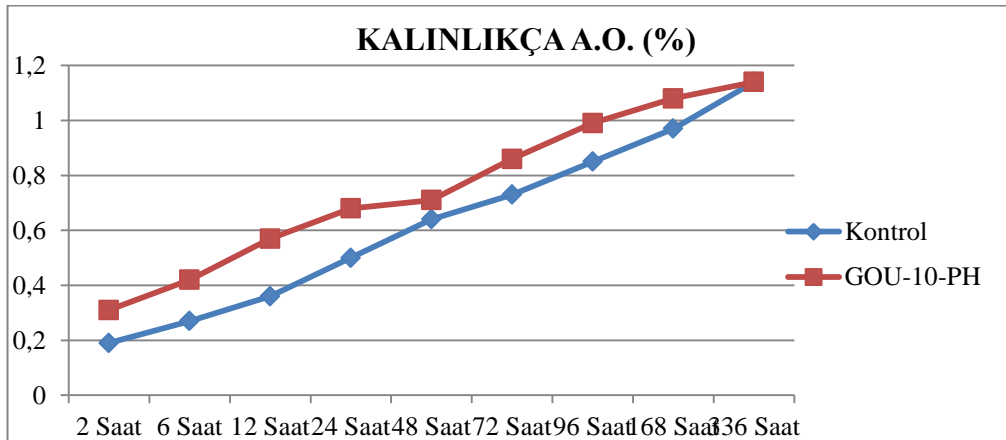
### 5.3.1.3. Gök nar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Su Almaları

Odun plastik kompozitlerde su absorpsiyonu (su alma) kompozitin son kullanım yerini belirleyen önemli bir karakteristiktir. Bu bölümde, göknar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin suda bekletme sonucu kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranları araştırılmıştır. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin ilk ölçümleri yapıldıktan sonra, 2 saat, 6 saat, 12, saat, 24 saat, 48 saat, 72 saat, 96 saat, 168 saat ve 336 saat süreyle destile su içerisinde tutularak periyodik olarak kalınlık ve ağırlıkları ölçülmüştür. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranları Çizelge 5.47 ve Şekil 5.23’ te verilmiştir.

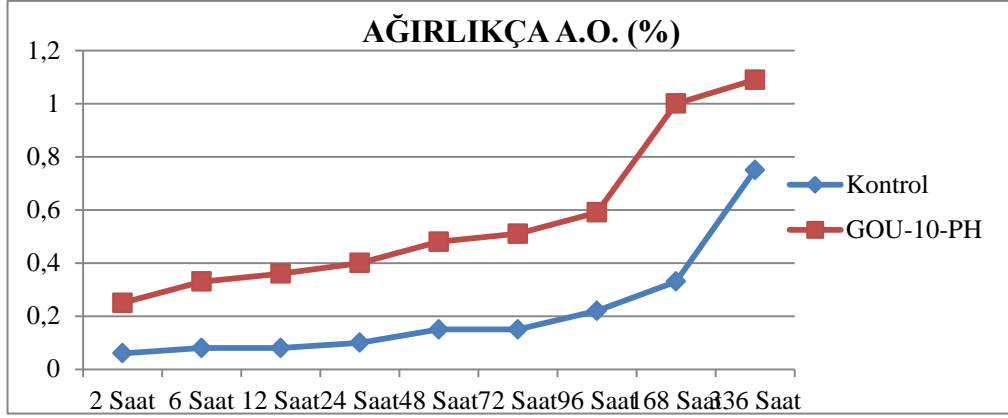
Çizelge 5.47. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin su alma özellikleri (%).

		2 Saat	6 Saat	12 Saat	24 Saat	48 Saat	72 Saat	96 Saat	168 Saat	336 Saat
<b>Kontrol</b>	<b>K.O.</b>	0,19 (0,08)	0,27 (0,08)	0,36 (0,11)	0,50 (0,14)	0,64 (0,08)	0,73 (0,05)	0,85 (0,07)	0,97 (0,07)	1,14 (0,17)
	<b>A.O.</b>	0,06 (0,02)	0,08 (0,02)	0,08 (0,04)	0,10 (0,02)	0,15 (0,08)	0,15 (0,08)	0,22 (0,10)	0,33 (0,07)	0,75 (0,32)
<b>GOU-10-PH</b>	<b>K.O.</b>	0,31 (0,15)	0,42 (0,17)	0,57 (0,14)	0,68 (0,20)	0,71 (0,19)	0,86 (0,16)	0,99 (0,19)	1,08 (0,19)	1,14 (0,19)
	<b>A.O.</b>	0,25 (0,12)	0,33 (0,14)	0,36 (0,18)	0,40 (0,17)	0,48 (0,18)	0,51 (0,22)	0,59 (0,29)	1,00 (0,31)	1,09 (0,38)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. GOU: Gök nar Odun Unu İlaveli OPK.







Şekil 5.23. Gök nar odun unu dolgul u PA6G-HDPE kompozitlerin kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarına ait sonuçların grafiksel gösterimi (%).

Çizelge 5.47 incelendiğinde 6 saatlik kalınlıkça artış oranı kontrol (% 20 PA6G+ % 80 HDPE) örneklerinde (% 0,27) belirlenirken, %10 oranında göknar odun unu katılmış test örneklerinden (%0,42) olarak elde edilmiştir. 24 saatlik kalınlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,50) elde edilirken, GOU-10-PH grubunda (%0,68) olarak belirlenmiştir. 72 saatlik kalınlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,73) tespit edilirken, GOU-10-PH grubunda (%0,86) olarak elde edilmiştir. 168 saatlik kalınlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,97) belirlenirken, GOU-10-PH grubunda (% 1,08) olarak tespit edilmiştir.

Ağırlıkça artış oranları incelendiğinde, 2 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,06) elde edilirken, %10 oranında göknar odunu kullanılan GOU-10-PH grubunda (%0,25) olarak belirlenmiştir. 12 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,08) belirlenirken, %10 oranında göknar odunu kullanılan GOU-10-PH grubunda (%0,36) olarak tespit edilmiştir. 48 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol örneklerinden (%0,15) elde edilirken, GOU-10-PH grubunda (%0,48) olarak belirlenmiştir. 96 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,22) belirlenirken, GOU-10-PH grubundan (%0,59) olarak elde edilmiştir. 336 saatlik ağırlıkça artış oranı kontrol örneklerinde (%0,75) tespit edilirken, GOU-10-PH grubunda (% 1,09) olarak belirlenmiştir. Genel olarak sonuçlar incelendiğinde; zamana bağlı olarak kalınlıkça ve ağırlıkça artış oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, %10 göknar odun unun ilavesi ile hem kalınlıkça hem de ağırlıkça artış oranlarının arttığı tespit edilmiştir.

### 5.3.2. Gök nar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen göknar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri belirlenmiştir ve bunlara ait aritmetik ortalamalar ve standart sapmalar kontrol, GOU-10-PH grupları için Çizelge 5.48’ de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Gök nar odun unu dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri.

ID	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Darbe Direnci (J/m <sup>2</sup> )
<b>Kontrol</b>	17,84 (0,21)	634,51 (23,58)	6,62 (0,41)	29,14 (0,40)	977,19 (19,69)	5,44 (0,25)
<b>GOU-10-PH</b>	17,34 (0,25)	668,61 (7,19)	5,16 (0,68)	30,31 (0,37)	1241,98 (23,30)	5,53 (0,26)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. GOU: Gök nar Odun Unu İlaveli OPK.

Kontrol örneklerinin çekme direnci 17,84 MPa’ dır. GOU-10-PH grubunun çekme direnci ise 17,34 MPa olarak bulunmuştur. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında göknar odun unun ilavesi ile yaklaşık olarak %2,80 oranında çekme direncinde düşme meydana geldiği görülmektedir. Literatürde, çekme direncindeki düşüşün ana nedeninin kullanılan lignoselülozik dolgu maddesi ile plastik matris arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan adhezyon problemleri olduğu bildirilmiştir (Cui vd, 2010; Altuntaş vd, 2017). Birbilen (2014) LDPE esaslı kompozitlerde şeker pancarı küspesi kullanımının çekme direncinde düşüşe sebep olduğunu belirlemiştir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Ratanakamnuan ve Aht Ong, 2005; Taşdemir vd, 2009).

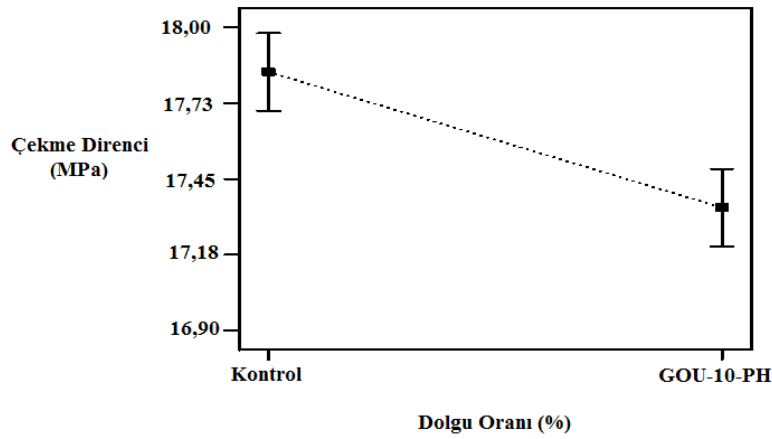
Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direnci değerleri üzerine dolgu oranının etkisini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 5.49’da gösterilmiştir. Çizelge 5.49 incelendiğinde dolgu

oranın çekme direnci değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P=0,0038).

Çizelge 5.49. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	0,61	1	0,61	16,25	0,0038
A-Dolgu Oranı	0,61	1	0,61	16,25	0,0038
Hata	0,30	8	0,0038		
Toplam	0,90	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin çekme direnci üzerine etkileri Şekil 5.24’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.24. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için çekme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

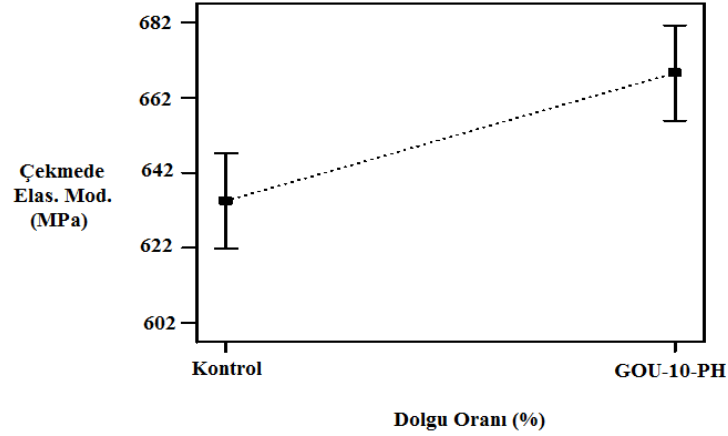
Gök nar odun unun ilavesi ile çekmede elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu artış % 5,37 olarak bulunmuştur. Tuncer (2019) kızılçam ve bambu dolgulu kompozitlerde lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile çekmede elastikiyet modülünün arttığını belirlemiştir. Altuntaş vd. (2017) sarıçam-HDPE kompozitlerde dolgu maddesinin artışı ile çekmede elastikiyet modülünün arttığını tespit etmiştir. Benzer sonuçlar Özmen vd. (2014) tarafından da rapor edilmiştir.

Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerleri üzerine dolgu oranının önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 5.50’de gösterilmiştir. Çizelge 5.50 incelendiğinde dolgu oranın çekmede elastikiyet modülü değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P=0,0148).

Çizelge 5.50. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	2907,02	1	2907,02	9,57	0,0148
A-Dolgu Oranı	2907,03	1	2907,03	9,57	0,0148
Hata	2430,51	8	303,81		
Toplam	5337,54	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin çekmede elastikiyet modülü üzerine etkileri Şekil 5.25’ te gösterilmiştir.



Şekil 5.25. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için çekmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.

Gök nar odun ununun plastik matriks içerisine ilavesi ile kopmada uzama değerlerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Li vd. (2014) LDPE esaslı kompozitlerde odun lifinin ilavesi ile kopmada uzama değerinde ciddi bir düşüş belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Yam vd, 1990; Rosa, 2009; Birinci, 2011; Karakuş vd, 2014). Plastik matriks

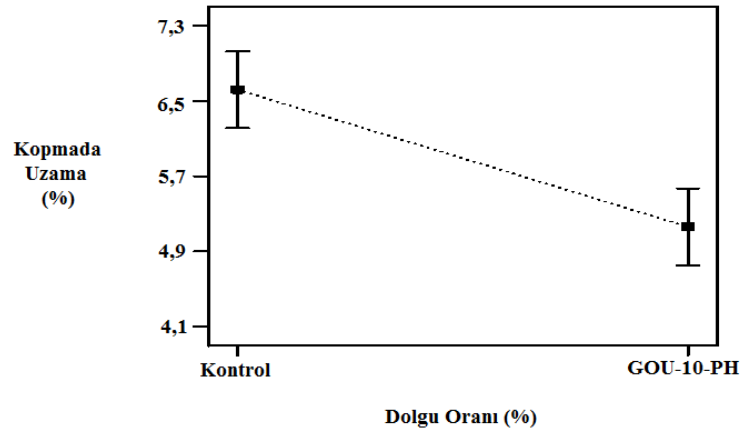
içerisine dolgu maddesinin ilavesi ile sertlik artışı meydana gelmekte ve buna paralel olarak da ara yüzey bağlanma azalmaktadır bu nedenden dolayıda kopmada uzama değerleri düşmektedir (Effah vd, 2018).

Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kopmada uzama değerleri üzerine dolgu oranının önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 5.51’de verilmiştir. Çizelge 5.51 incelendiğinde dolgu oranının kopmada uzama değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (P=0,0033).

Çizelge 5.51. Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin kopmada uzama değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	5,31	1	5,31	16,98	0,0033
A-Dolgu Oranı	5,31	1	5,31	16,98	0,0033
Hata	2,50	8	0,31		
Toplam	7,82	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin kopmada uzama üzerine etkileri Şekil 5.26’ da gösterilmiştir.



Şekil 5.26. Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için kopmada uzama değerlerine ait etkileşim grafiği.

Kontrol örneklerinin eğilme direnci 29,14 MPa olarak bulunmuştur. Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilme direnci ise 30,31 MPa olarak

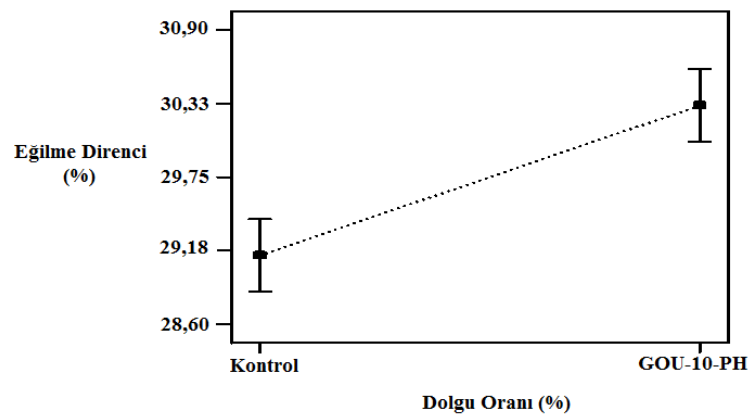
belirlenmiştir. Gökmar odun ununun ilavesi ile eğilme direnci % 4,01 olarak artmıştır. Narlıoğlu vd. (2018) karaçam-PP kompozitlerde dolgu maddesinin ilavesi ile eğilme direncinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafından da bildirilmiştir (Panthapulakkal ve Sain, 2006a; Panthapulakkal vd, 2006b; Bengtsson vd, 2007; Kabakcı, 2009; Basiji vd, 2010; Kajaks vd, 2018; Narlıoğlu vd, 2018; Eraydın, 2019).

Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilme direnci değerleri üzerine dolgu oranının önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 5.52’de gösterilmiştir. Çizelge 5.52 incelendiğinde dolgu oranının eğilme direnci değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P=0,0014).

Çizelge 5.52. Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilme direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değerı	P Değerı
Model	3,43	1	3,43	22,67	0,0014
A-Dolgu Oranı	3,43	1	3,43	22,67	0,0014
Hata	1,21	8	0,15		
Toplam	4,65	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin eğilme direnci üzerine etkileri Şekil 5.27’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.27. Gökmar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

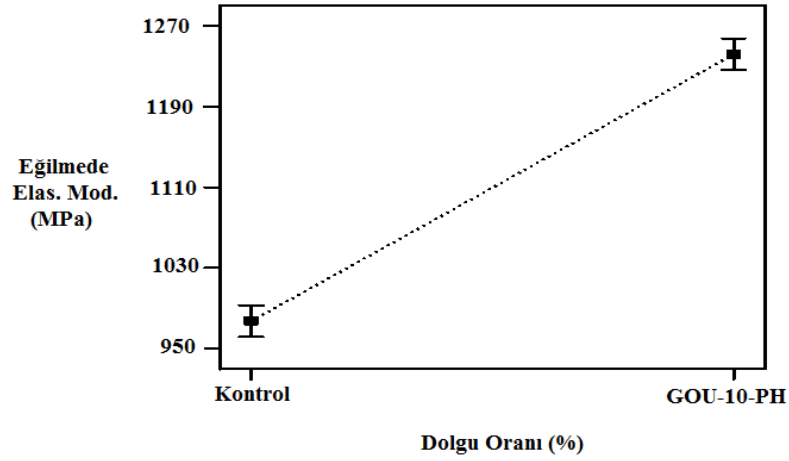
Göknar odununun polimer matrisine katılması ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü 977,19 MPa olarak bulunurken, göknar odununu dolgulu kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü 1241,98 MPa olarak belirlenmiştir. Sonuçlar kıyaslandığında göknar odununun ilavesi ile eğilmede elastikiyet modülü % 27,09 olarak artmıştır. Migneault vd. (2014) titrek kavak, kayın ve ladin odununu kullanarak ürettikleri HDPE esaslı kompozitlerde dolgu maddesi artışı ile eğilmede elastikiyet modülünün arttığını saptamışlardır. Benzer bulgular diğer yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Zaini vd, 1996; Poletto vd, 2011)

Göknar odununu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine dolgu oranının etkilerinin önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 5.53'te verilmiştir. Çizelge 5.53 incelendiğinde dolgu oranının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir ( $P < 0,0001$ ).

Çizelge 5.53. Göknar odununu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	1,753E+005	1	1,753E+005	376,77	<0,0001
A-Dolgu Oranı	1,753E+005	1	1,753E+005	376,77	<0,0001
Hata	3721,66	8	465,21		
Toplam	1,790E+005	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkileri Şekil 5.28' de gösterilmiştir.



Şekil 5.28. Göknar odunu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait etkileşim grafiği.

Plastik matris içerisine göknar odununun ilavesi ile darbe direncinde çok az bir artış meydana gelmiştir. Bu artış %1,65 kadardır. Sözen vd. (2017) %10 odun lifi kullanımının yaklaşık %6 oranında darbe direncinde bir artış meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bu duruma diğer mekanik özelliklerde olduğu gibi PP, odun lifinin etkileşiminden/kimyasal bağların oluşmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

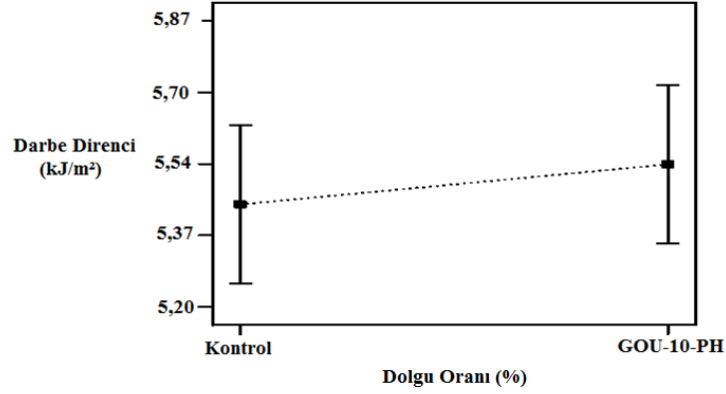
Göknar odunu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin darbe direnci değerleri üzerine dolgu oranının önem düzeyini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.54'te gösterilmiştir. Çizelge 5.54 incelendiğinde dolgu oranının darbe direnci değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $P=0,5755$ ).

Çizelge 5.54. Göknar odunu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin darbe direnci değerlerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
Model	0,022	1	0,022	0,34	0,5755
A-Dolgu Oranı	0,022	1	0,022	0,34	0,5755
Hata	0,52	8	0,065		
Toplam	0,54	9			

Dolgu oranının odun plastik kompozit test örneklerinin darbe direnci üzerine etkileri Şekil 5.29' da gösterilmiştir.





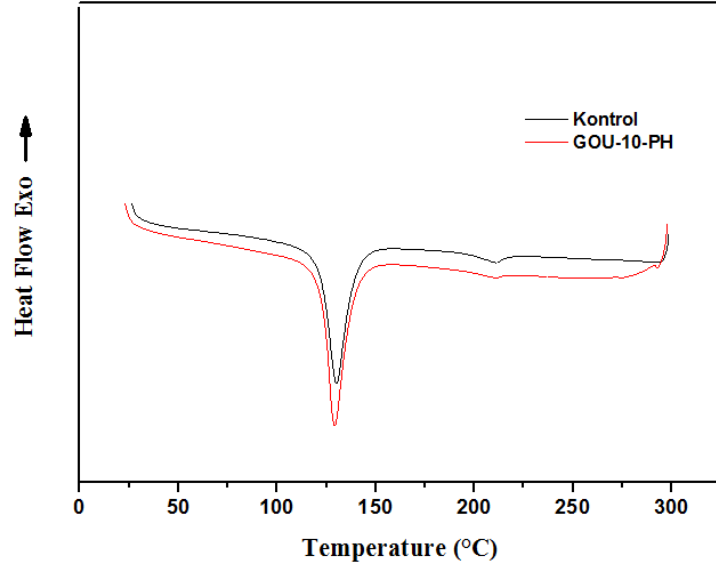
Şekil 5.29. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE kompozitler için darbe direnci değerlerine ait etkileşim grafiği.

### 5.3.3. Gök nar Odun Unu Dolgulu Döküm Poliamid 6 (PA6G)-Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) esaslı Kompozitlerin Termal Özellikleri

Gök nar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerin termal özelliklerini belirlemek amacıyla diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analizi (TGA) gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 5.55 ve Şekil 5.30' da PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin DSC sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.55. Gök nar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin DSC verileri.

ID		$T_m$ (°C)	$T_c$ (°C)	$\Delta H$ (J/g)
Kontrol	<i>1<sup>st</sup> Peak</i>	130,1	115,9	318
	<i>2<sup>nd</sup> Peak</i>	210,4	176,3	13,8
GOU-10-PH	<i>1<sup>st</sup> Peak</i>	128,9	116,2	327
	<i>2<sup>nd</sup> Peak</i>	210,6	130,1	4,48

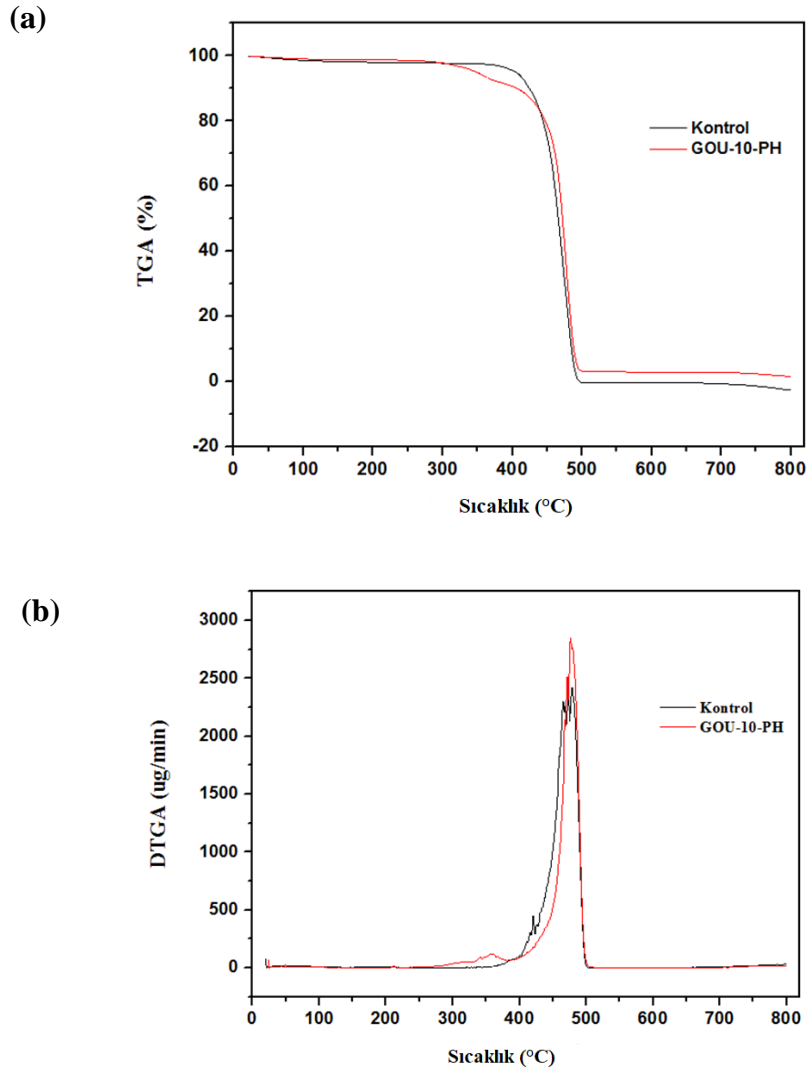


Şekil 5.30. Gökmar Odun Unu Dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) termogramları.

Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) sonuçları incelendiğinde kontrol ve GOU-10-PH kompozitlerinin erime sıcaklıklarında ( $T_m$ ) belirgin değişimler izlenmedi. Üretilen deney numunelerinin DSC eğrilerinde gökmar odun unu ilavesinin kompozitin erime sıcaklığı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. PA6G için erime başlangıç sıcaklığı 210 °C, HDPE için ise 128 °C olarak bulunmuştur. Kontrol örneklerine kıyasla gökmar odun ununun ilavesi ile HDPE için  $T_c$  değeri artarken PA6G için azalmıştır.

Çizelge 5.56. Gökmar Odun Unu Dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA verileri.

ID		$T_{Onset}$ (°C)	$T_{Endset}$ (°C)	$T_{Bozunma}$ (°C)	$T_{onset} - T_{endset}$ 'teki Ağırlık Kaybı (%)	800 °C Sonunda Kalan Miktarı (%)
Kontrol	<i>1<sup>st</sup> Peak</i>	124,9	147,9	135,9	100	0
	<i>2<sup>nd</sup> Peak</i>	206,6	219,9	212,1		
	<i>3<sup>rd</sup> Peak</i>	408,9	497,3	465,3		
GOU-10-PH	<i>1<sup>st</sup> Peak</i>	124,8	146,0	135,4	98,49	1,51
	<i>2<sup>nd</sup> Peak</i>	207,8	215,3	211,4		
	<i>3<sup>rd</sup> Peak</i>	353,6	372,1	369,3		
	<i>4<sup>th</sup> Peak</i>	457,0	498,1	478,0		



Şekil 5.31. Gök nar odun unu dolgul u PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA (a) ve DTGA (b) eğrileri.

Üretilen gök nar odun unu dolgul u PA6G-HDPE esaslı kompozitlerin TGA ve DTGA grafikleri incelendiğinde, kontrol gruplarında üç ana bozunma bölgesi meydana gelirken GOU-10-PH gruplarında dört ana bozunma bölgesi meydana gelmiştir. Kontrol ve GOU-10-PH gruplarında meydana gelen ilk iki bozunma bölgesi, kullanılan plastik hammaddelerinin (HDPE, PA6G) erimesinden kaynaklı meydana gelen su buharı çıkışlarından oluştuğu düşünülmektedir. GOU-10-PH gruplarında meydana gelen, üçüncü bölgedeki bozunma lignoselülozik dolgu maddesini oluşturan hemiselüloz, selüloz ve ligninin bozunması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu bölgede meydana gelen bozunma sıcaklıkları 353,6-372,1 °C arasındadır.

Maksimum bozunma sıcaklığı ise 369,3 °C'dir. Kontrol gruplarında oluşan üçüncü bölgedeki bozunmanın plastik malzemelerden, GOU-10-PH gruplarında meydana gelen dördüncü bölgedeki bozunmanın ise plastik malzemelerden ve lignoselülozik dolgu maddesinde bulunan ligninden dolayı meydana geldiği düşünülmektedir. Plastik malzemelerin bozunması ise kontrol gruplarında 408,9-497,3 °C sıcaklıkları arasında iken GOU-10-PH gruplarındaki bozunma 457-498,1 °C sıcaklıkları arasında gerçekleşmiştir. Maksimum bozunma sıcaklığı kontrol gruplarında 465,3 °C iken GOU-10-PH gruplarında 478 °C olarak bulunmuştur.

#### **5.4. 'L' BAĞLANTI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

Bu çalışmada, göknar odununu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerden üretilen mobilya bağlantı elemanları (L bağlantı elemanları) Bölüm 5.3' te yer alan Kontrol ve GOU-10-PH gruplarından üretilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen ve piyasadan temin edilen L bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki (20 °C ve 50 °C) ve su buharı sonrası mekanik özellikleri bu bölümde incelenmiştir. Burada, Firma A-B hammaddesi polipropilen olan Firma A' dan temin edilen L bağlantı elemanlarını, Firma B-B hammaddesi yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) olan Firma B' den temin edilen L bağlantı elemanlarını, Kontrol-B kontrol gruplarından üretilen L bağlantı elemanlarını, GOU-10-PH-B; GOU-10-PH gruplarından üretilen L bağlantı elemanlarını ifade etmektedir.

##### **5.4.1. 'L' Bağlantı elemanlarının Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Moment Taşıma Kapasiteleri**

Aşağıdaki Çizelge 5.57' de L bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasiteleri verilmiştir.

Çizelge 5.57. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasiteleri (N.m).

ID	Ön İşlem Türü	Xmin (N.m)	Xmax (N.m)	Xort (N.m)	Standart Sapma
Firma A-B	20 °C	3,21	3,52	3,35	0,11
	50 °C	2,87	3,16	3,00	0,11
	Su Buharı (50 °C)	2,86	2,99	2,98	0,12
Firma B-B	20 °C	1,45	1,57	1,52	0,04
	50 °C	1,33	1,41	1,38	0,03
	Su Buharı (50 °C)	1,34	1,42	1,36	0,04
Kontrol-B	20 °C	1,63	1,88	1,78	0,10
	50 °C	1,59	1,75	1,67	0,06
	Su Buharı (50 °C)	1,61	1,99	1,78	0,18
GOU-10-PH-B	20 °C	2,09	2,24	2,19	0,06
	50 °C	1,76	1,94	1,86	0,07
	Su Buharı (50 °C)	1,96	2,47	2,13	0,21

Uygulanan ön işlemlerin (farklı sıcaklıklarda ve su buharında bekletme işlemlerinin) bağlantı elemanlarının moment taşıma kapasitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen değerler Çizelge 5.58'de gösterilmiştir. Çizelge 5.58 incelendiğinde farklı sıcaklıklarda ve su buharında bekletme işlemlerinin bağlantı elemanlarının moment taşıma kapasitesi üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P=0,000). Farklı bağlantı elemanlarının kullanımının önemli düzeyde moment taşıma kapasitesi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (P=0,000).

Çizelge 5.58. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
A-Grublar	1,16424	3	0,388081	537,33	0,000
B-Ön İşlem	0,02914	2	0,014570	20,17	0,000
AxB	0,0154	6	0,002566	3,55	0,005
Hata	0,03467	48	0,000722		
Toplam	1,24345	59			

Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları Çizelge 5.59’ da verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre grupların moment taşıma kapasiteleri arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.59. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları.

<b>Moment Taşıma Kapasitesi</b>			
<b>ID</b>	<b>20 °C</b>	<b>50 °C</b>	<b>Su Buharı (50 °C)</b>
<b>Firma A-B</b>	d	d	d
<b>Firma B-B</b>	a	a	a
<b>Kontrol-B</b>	b	b	b
<b>GOU-10-PH-B</b>	c	c	c

Çizelge 5.57 incelendiğinde Firma A-B’ nin diğer bağlantı elemanlarından daha yüksek moment taşıma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Tufan vd. (2015) PP’ den üretilen kompozitlerin HDPE’ den üretilen kompozitlere kıyasla %23,92 oranında daha yüksek çekme direncine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. HDPE esaslı bağlantı elemanlarının sonuçları incelendiğinde ise GOU-10-PH-B bağlantı elemanlarından elde edilen değerlerin Firma-B-B ve Kontrol-B’ den daha fazla olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışı ve su buharında bekletme işleminin bağlantı elemanlarının moment taşıma kapasitesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Sıcaklık artışı sonucu Firma A-B, Firma B-B, Kontrol-B ve GOU-10-PH-B gruplarında sırası ile %10,44, %9,21, %6,17 ve %15,06 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Su buharında bekletme sonucu Firma A-B, Firma B-B ve GOU-10-PH-B gruplarında sırası ile %11,04, %10,52 ve %2,73 oranında bir azalma olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışı ile en fazla azalma ve su buharında bekletme sonucu en düşük azalma GOU-10-PH-B gruplarında meydana gelmiştir. Bu durum üzerinde hidroksil gruplarını içeren lignoselülozik dolgu maddesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

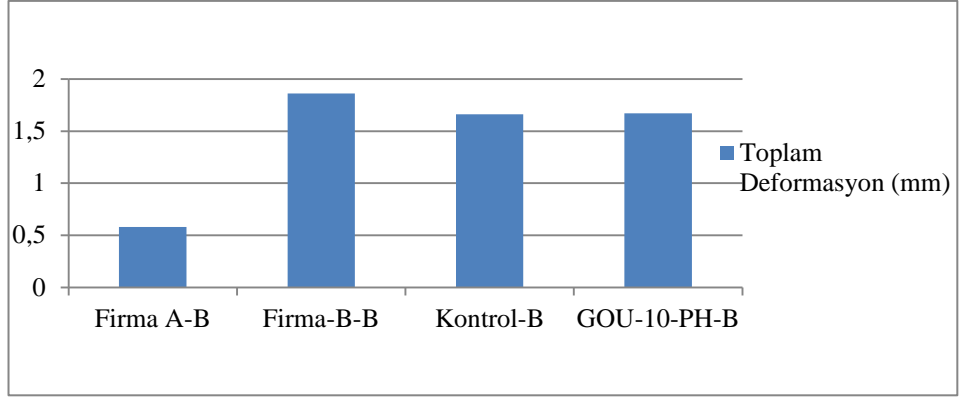
#### 5.4.2. 'L' Bağlantı elemanlarının Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Yorulma Direnç Özellikleri

L bağlantı elemanlarının diyagonal çekme yüklemelerinden elde edilen maksimum kuvvet, gerilme düzeyi, uygulanan kuvvet, toplam deformasyon miktarı ve hasar durumu Çizelge 5.60' da verilmiştir.

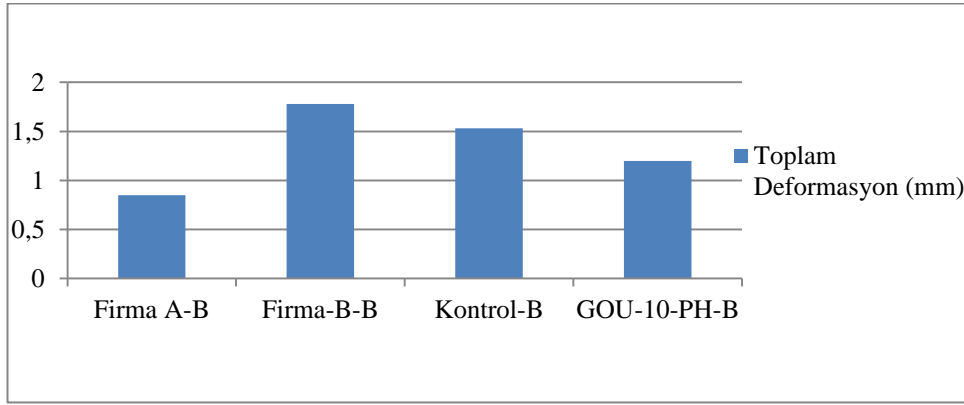
Çizelge 5.60. Bağlantı elemanlarının farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki yorulma dayanımına ilişkin ortalama değerler.

ID	Ön İşlem	D.Ç. Değerleri (N)	Gerilme Düzeyi (%)	Uygulanan Kuvvet (N)	Toplam Deformasyon (mm)	Hasar Durumu
<b>Firma A-B</b>	20 °C	420,52	%80	336,42	0,58	Hasar Yok
	50 °C	376,91	%80	301,53	0,85	Hasar Yok
	Su Buharı (50 °C)	374,28	%80	299,42	1,13	Hasar Yok
<b>Firma-B-B</b>	20 °C	206,92	%80	165,54	1,86	Hasar Yok
	50 °C	188,35	%80	150,68	1,78	Hasar Yok
	Su Buharı (50 °C)	186,08	%80	148,86	1,83	Hasar Yok
<b>Kontrol-B</b>	20 °C	219,77	%80	175,82	1,66	Hasar Var
	50 °C	211,49	%80	169,19	1,53	Hasar Var
	Su Buharı (50 °C)	224,89	%80	179,91	1,89	Hasar Var
<b>GOU-10-PH-B</b>	20 °C	277,15	%80	221,72	1,67	Hasar Var
	50 °C	235,33	%80	188,26	1,20	Hasar Var
	Su Buharı (50 °C)	269,08	%80	215,26	1,25	Hasar Var

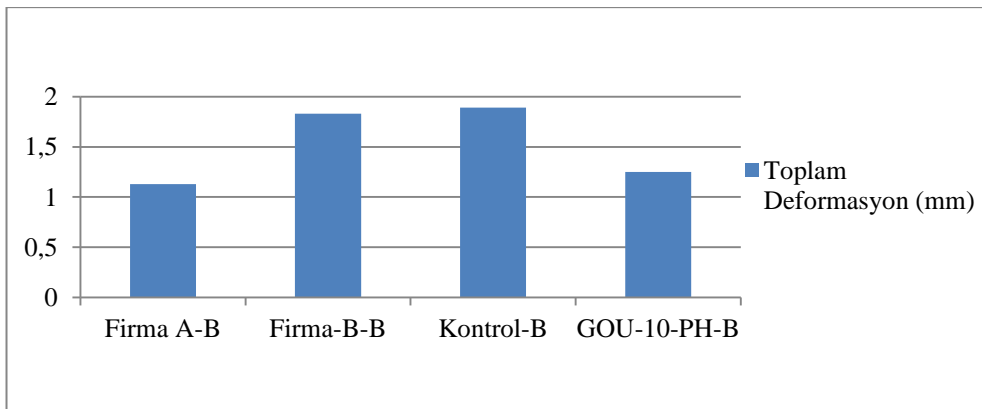
D.Ç. Değerler: Diyagonal Çekme Yüklemelerinden Elde Edilen Kuvvet Değerleri.



Şekil 5.32. 'L' bağlantı elemanlarının 20 °C' deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.



Şekil 5.33. 'L' bağlantı elemanlarının 50 °C' deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.



Şekil 5.34. 'L' bağlantı elemanlarının su buharında bekletme sonrası toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.



Çizelge 5.60 incelendiğinde, genel olarak bütün sonuçlarda HDPE esaslı L bağlantı elemanlarının (Firma B-B, Kontrol-B, GOU-10-PH-B) polipropilen esaslı L bağlantı elemanlarına (Firma A-B) kıyasla daha yüksek toplam deformasyon miktarının meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek yoğunluklu polietilen esaslı bağlantı elemanlarında sıcaklık artışının toplam deformasyon miktarını düşürdüğü belirlenmiştir. Sıcaklık artışı sonucu, Firma B-B, Kontrol-B ve GOU-10-PH-B gruplarında sırası ile %4,30, %7,83 ve %28,14 oranında bir azalma meydana gelmiştir. GOU-10-PH gruplarından üretilen bağlantı elemanlarının HDPE esaslı diğer gruplardan üretilen bağlantı elemanlarına (Firma-B-B ve Kontrol-B) kıyasla daha yüksek bir deformasyon kaybının meydana geldiği görülmüştür. Sıcaklık artışı ile polipropilen esaslı bağlantı elemanlarının toplam deformasyon miktarı ise %46,55 oranında artmıştır. Su buharında bekletme sonucu, Firma A-B ve Kontrol-B gruplarının toplam deformasyon miktarı artarken Firma B-B ve GOU-10-PH-B gruplarının toplam deformasyon miktarı azalmıştır. 25000 cycle sonucunda Firma A-B ve Firma B-B gruplarında hasar meydana gelmezken Kontrol-B ve GOU-10-PH-B gruplarında hasar meydana gelmiştir. Kontrol-B ve GOU-10-PH-B gruplarının üretiminde birden fazla malzemenin kullanılmasının bu duruma neden olduğu düşünülmektedir.

## **5.5. L KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

Burada; Firma A-L, hammaddesi polipropilen olan Firma A' dan temin edilen L bağlantı elemanları kullanılan L köşe birleştirmelerini, Firma B-L hammaddesi yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) olan Firma B' den temin edilen L bağlantı elemanları kullanılan L köşe birleştirmelerini, Kontrol-L kontrol gruplarından üretilen L bağlantı elemanları kullanılan L köşe birleştirmelerini, GOU-10-PH-L, GOU-10-PH gruplarından üretilen L bağlantı elemanları kullanılan L köşe birleştirmelerini ifade etmektedir.

### 5.5.1. L Köşe Birleştirmelerin Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı Sonrası Diyagonal Çekme Yüklemeleri Altındaki Moment Taşıma Kapasiteleri

Ahşap esaslı levhalar (MDF-Lam, YL-Lam) ve piyasadan temin edilen ve üretimi gerçekleştirilen L bağlantı elemanları kullanılarak hazırlanan L köşe birleştirmelerin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasiteleri Çizelge 5.61’ de verilmiştir.

Çizelge 5.61. L köşe birleştirmelerin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasiteleri (N.m).

ID	Malzeme Çeşidi	Ön İşlem Türü	Xmin (N.m)	Xmax (N.m)	Xort (N.m)	Standart Sapma
<b>Firma A-L</b>	YL-lam	20 °C	46,97	51,18	49,25	1,98
		50 °C	36,17	43,03	40,00	3,12
		Su Buharı (50 °C)	35,37	47,05	42,75	5,30
	MDF-lam	20 °C	46,86	55,64	50,53	3,27
		50 °C	36,86	43,41	39,18	2,75
		Su Buharı (50 °C)	39,23	43,09	41,19	1,56
<b>Firma B-L</b>	YL-lam	20 °C	19,16	20,73	20,22	0,65
		50 °C	14,95	18,90	16,73	1,64
		Su Buharı (50 °C)	15,66	28,79	22,19	5,33
	MDF-lam	20 °C	19,69	32,36	22,65	5,44
		50 °C	14,73	16,74	15,83	0,83
		Su Buharı (50 °C)	19,24	29,11	25,49	3,95
<b>Kontrol-L</b>	YL-lam	20 °C	20,47	22,94	21,28	1,04
		50 °C	15,63	17,01	16,51	0,57
		Su Buharı (50 °C)	13,75	27,26	22,18	5,22
	MDF-lam	20 °C	19,64	21,68	20,74	0,80
		50 °C	14,91	17,34	15,67	1,31
		Su Buharı (50 °C)	17,97	24,62	20,26	2,74
<b>GOU-10-PH-L</b>	YL-lam	20 °C	18,05	20,22	19,13	0,89
		50 °C	13,65	15,41	14,33	0,75
		Su Buharı (50 °C)	13,30	22,43	20,67	3,64
	MDF-lam	20 °C	19,08	22,27	20,42	1,30
		50 °C	13,55	19,74	15,35	2,65
		Su Buharı (50 °C)	13,92	27,35	20,93	5,31

Ön işlemlerin (farklı sıcaklıklarda ve su buharında bekletme işlemlerinin) YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 5.62’de verilmiştir. Çizelge 5.62 incelendiğinde farklı sıcaklıklarda ve su buharında bekletme işlemlerinin YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (P=0,000). Ayrıca, farklı bağlantı elemanları kullanımının YL-lam’dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir (P=0,000).

Çizelge 5.62. YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalamalar Karesi	F Değeri	P Değeri
A-Grublar	0,011403	3	0,003801	77,34	0,000
B-Ön İşlem	0,001701	2	0,00085	17,3	0,000
AxB	0,000383	6	0,000064	1,3	0,276
Hata	0,002359	48	0,000049		
Toplam	0,015845	59			

YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları Çizelge 5.63’ te verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre 50 °C ve su buharında bekletme sonrası Firma A-L’nin moment taşıma kapasitesinin diğer gruplardan (Firma B-L, Kontrol-L, GOU-10-PH-L) farklı olduğu tespit edilmiştir. 20 °C’ de ise grupların moment taşıma kapasitelerinin birbirinden farklı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.63. YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grubları.

<b>Moment Taşıma Kapasitesi</b>			
<b>ID</b>	<b>20 °C</b>	<b>50 °C</b>	<b>Su Buharı (50 °C)</b>
<b>Firma A-L</b>	c	b	b
<b>Firma B-L</b>	ab	a	a
<b>Kontrol-L</b>	b	a	a
<b>GOU-10-PH-L</b>	a	a	a

Uygulanan ön işlemlerin (farklı sıcaklıklarda ve su buharında bekletme işlemlerinin) MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla ANOVA testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.64'te verilmiştir. Çizelge 5.64 incelendiğinde farklı sıcaklıklarda ve su buharında bekletme işlemlerinin MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (P=0,000). Ayrıca farklı bağlantı elemanlarının kullanımının MDFlam' dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir (P=0,000).

Çizelge 5.64. MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait ANOVA tablosu.

<b>Kaynak</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Ortalamalar Karesi</b>	<b>F Değeri</b>	<b>P Değeri</b>
A-Grublar	0,010283	3	0,003428	80,08	0,000
B-Ön İşlem	0,002697	2	0,001348	31,51	0,000
AxB	0,000702	6	0,000117	2,73	0,023
Hata	0,002054	48	0,000043		
Toplam	0,015736	59			

MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grubları Çizelge 5.65' te verilmiştir. Duncan testi sonucuna göre elde edilen homojenlik grubu analizine göre 20 °C ve 50 °C' de Firma A-L'nin diğer gruplardan (Firma B-L, Kontrol-L, GOU-10-PH-L) farklı değer verdiği tespit

edilmiştir. Su buharında bekletme işlemi sonucu ise grupların moment taşıma kapasiteleri arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.65. MDFlam kullanılan L köşe birleştirmelerinin farklı sıcaklıklardaki ve su buharı sonrası diyagonal çekme yüklemeleri altındaki moment taşıma kapasitelerine ait homojenlik grupları.

<b>Moment Taşıma Kapasitesi</b>			
<b>ID</b>	<b>20 °C</b>	<b>50 °C</b>	<b>Su Buharı (50 °C)</b>
<b>Firma A-L</b>	b	b	c
<b>Firma B-L</b>	a	a	b
<b>Kontrol-L</b>	a	a	a
<b>GOU-10-PH-L</b>	a	a	ab

Genel olarak bütün sonuçlarda polipropilen esaslı L bağlantı elemanları kullanılan birleştirmelerin (Firma A-L) HDPE esaslı L bağlantı elemanları kullanılan birleştirmelere (Firma B-L, Kontrol-L, GOU-10-PH-L) kıyasla daha yüksek moment taşıma değeri verdiği tespit edilmiştir. HDPE esaslı L bağlantı elemanları kullanılan Firma B-L ile döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerden üretilen L bağlantı elemanları kullanılan Kontrol-L ve GOU-10-PH-L gruplarının birbirine yakın değer verdiği tespit edilmiştir. Döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerden üretilen L bağlantı elemanlarının sonuçları incelendiğinde; 20 °C, 50 °C ve su buharı sonrası YL-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinde en yüksek moment taşıma değeri Kontrol-L (21,28 N.m, 16,51 N.m ve 22,18 N.m) örneklerinde belirlenmiştir. En düşük moment taşıma değeri ise GOU-10-PH-L (19,13 N.m, 14,33 N.m, 20,67 N.m) örneklerinde tespit edilmiştir. 20 °C, 50 °C’de MDF-lam kullanılan L köşe birleştirmelerinde ise en yüksek moment taşıma değeri kontrol gruplarında sırası ile 20,74 N.m, 15,67 N.m olarak elde edilmiştir. En düşük moment taşıma değeri sırası ile 20,42 N.m, 15,35 N.m olarak GOU-10-PH-L grubunda belirlenmiştir. Su buharı sonrası ise en yüksek moment taşıma kapasitesi GOU-10-PH-L grubundan (20,93 N.m) elde edilirken, en düşük moment taşıma kapasitesi 20,26 N.m olarak Kontrol-L grubundan tespit edilmiştir. Genel sonuçlar incelendiğinde, 20 °C’ de MDF-lam’ dan üretilen L köşe birleştirmelerin (Kontrol-L grubu hariç) moment taşıma kapasitesinin YL-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Derikvand and Eckalman (2015) çalışmalarında kırılmaçukuyruğu bağlantı tipi ile ürettikleri L köşe birleştirmelerinde; MDF-lam ile üretilenler YL-lam ile üretilenlere kıyasla % 7,8 oranında daha yüksek değer verdiğini tespit etmişlerdir. 50 °C sıcaklık uygulamasında YL-lam' dan üretilen L köşe birleştirmelerin (GOU-10-PH-L grubu hariç) moment taşıma kapasitesinin MDF-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Türk (2007) çalışmasında plastik bisküvi bağlantı elemanını kullanarak ürettiği L köşe birleştirmelerde, YL-lam kullanımının MDF-lam kullanımına kıyasla daha yüksek değer verdiğini tespit etmiştir. Bu duruma, YL-lam' daki boşluklu yapının MDF-lam' dakine kıyasla daha fazla olmasının neden olduğunu belirtmiştir. Tankut ve Tankut (2004) ahşap bisküvi kullanarak ürettikleri kutu tipi mobilya birleştirmelerinde YL-lam' ın MDF-lam kullanılanlara kıyasla daha yüksek moment taşıma kapasitesine sahip olduğunu bulmuşlardır. Genel olarak her iki levha kullanılarak üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin sıcaklık artışı ile birlikte azaldığı belirlenmiştir. Su buharında bekletme sonrasında Firma-A-L ve Kontrol-L gruplarında YL-lam' dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesinin MDF-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir, Firma-B-L ve GOU-10-PH-L gruplarında ise MDF-lam' dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesinin YL-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Taçcı (2019) gizem çekirme somonu, plastik kavela ve zamak dübeli kullanarak ürettiği L köşe birleştirmelerin sıcaklık artışına bağlı olarak diyagonal çekme dirençlerinde bir azalmanın meydana geldiğini bildirmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan bağlantı elemanları ile üretilen L köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitelerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum üzerinde lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesi ile bağlantı elemanlarında meydana gelen kırılma artışı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

### **5.5.2. L Köşe Birleştirmelerin Farklı Sıcaklıklardaki ve Su Buharı sonrası Yorulma Direnç Özellikleri**

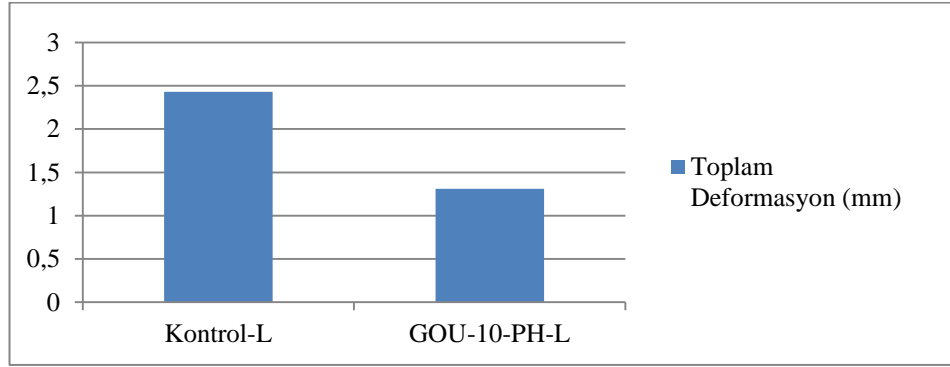
Periyodik olarak inip çıkan yüklere veya strese tabi olan malzemelerde, zamanla ilerleyen hasarlara yorulma denmektedir. Yorulma analizinin temel amacı, malzemenin ömrü süresince ne kadarlık bir çevrime dayanabileceğini karakterize

etmektedir. MDF-lam kullanılan L köşe birleştirmelerin diyagonal çekme yüklemelerinden elde edilen maksimum kuvvet, gerilme düzeyi, uygulanan kuvvet, toplam deformasyon miktarı ve hasar durumu Çizelge 5.62’ de verilmiştir.

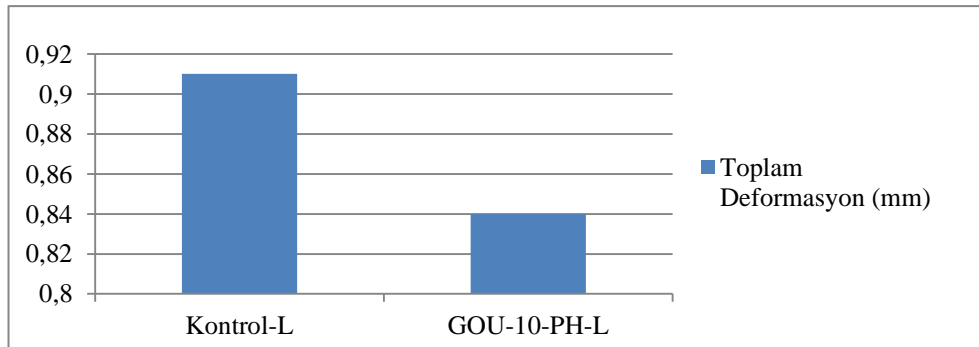
Çizelge 5.62. L köşe birleştirmelerin yorulma dayanımına ilişkin ortalama değerler.

ID	Ön İşlem	D.Ç. Değerler (N)	Gerilme Düzeyi (%)	Uygulanan Kuvvet (N)	Toplam Deformasyon (mm)	Hasar Durumu
<b>Kontrol-L</b>	20 °C	322,32	%80	257,86	2,43	Hasar Var
	50 °C	243,53	%80	194,82	0,91	Hasar Var
	Su Buharı (50 °C)	314,89	%80	251,91	1,56	Hasar Yok
<b>GOU-10-PH-L</b>	20 °C	317,33	%80	253,86	1,31	Hasar Yok
	50 °C	238,55	%80	190,84	0,84	Hasar Var
	Su Buharı (50 °C)	325,31	%80	260,25	1,82	Hasar Yok

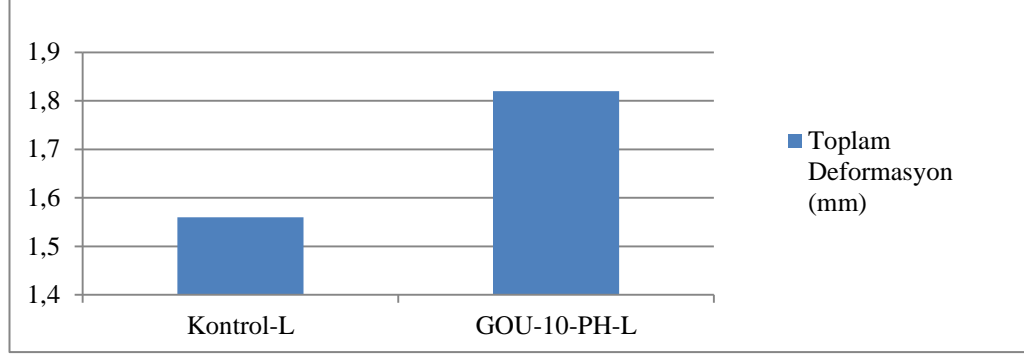
D.Ç. Değerler: Diyagonal Çekme Yüklemelerinden Elde Edilen Kuvvet Değerleri.



Şekil 5.35. ‘L’ köşe birleştirmelerinin 20 °C’ deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.



Şekil 5.36. ‘L’ köşe birleştirmelerinin 50 °C’ deki toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.



Şekil 5.37. ‘L’ köşe birleştirmelerinin su buharında bekletme sonrası toplam deformasyon miktarlarının şematik gösterimi.

Çizelge 5.62 incelendiğinde, 20 °C ve 50 °C’ de % 10 göknar odun unun ilavesi ile toplam deformasyon miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Su buharında ise artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, büyük olasılıkla lif-matriks ara yüzey kuvvetinin bozulmasından ve emilen nem nedeniyle lifin kendisinden kaynaklanmaktadır (Panthapulakkal ve Sain, 2007). Fotouh vd. (2014) %20 kenevir lifi kullandıkları kompozitlerde suda bekletme sonucu yorulma direncinin arttığını belirlemişlerdir. 20 °C ve 50 °C’ de Kontrol-L’ de meydana gelen toplam deformasyon miktarının GOU-10-PH-L’ den daha fazla olmasının nedeni ligoselülozik dolgu maddesinin eklenmesi ile meydana gelen sertlik artışından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, lif takviyeli kompozitlerde, lif/matrisin ayrılması, lif kırılması, delaminasyon ve matris çatlaması gibi başlıca hasar mekanizmalarının (Haque vd, 2019) bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. 25000 cycle sonucunda 20 °C’ de kontrol gruplarında hasar meydana gelirken GOU-10-PH-L gruplarında hasar meydana gelmemiştir. 50 °C’ de her iki grupta da hasar meydana gelmiştir. Su buharında bekletme sonrasında her iki grupta da hasar meydana gelmemiştir



## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, atık PA6G ve PA6G-HDPE esaslı odun plastik kompozitlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca göknar odun unu ilaveli PA6G-HDPE esaslı kompozitlerden üretilen bağlantı elemanlarının ve bu bağlantı elemanları ile oluşturulan L köşe birleştirmelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar;

1. Göknar odunu ve pirinç kabuğu unu dolgulu atık PA6G ve PA6G-HDPE esaslı kompozitler, ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama kombinasyonu kullanılarak başarıyla üretilmiştir.
2. Göknar odun unu dolgulu PA6G esaslı kompozitler % 20 ve % 30 dolgu oranlarında pirinç kabuğu unu dolgulu olanlardan daha iyi çekme ve eğilme özellikleri (hem mukavemet hem de elastikiyet modülü) göstermiştir. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde hem çekme hem de eğilme direncinde en yüksek değer % 20 göknar odun unu dolgulu kompozitlerden elde edilmiştir.
3. Lignoselülozik dolgu maddesinin varlığı PA6G esaslı kompozitlerin erime sıcaklığının ve kristalliğinin azalmasına neden olmuştur. Erime sıcaklıklarındaki azalma pirinç kabuğu ve göknar odun unu kullanılan kompozitlerde sırası ile %13,96 ve %9,84 olarak gerçekleşmiştir. PA6G-HDPE esaslı kompozitlerde ise erime sıcaklığına lignoselülozik dolgu maddesinin etki etmediği gözlemlenmiştir.
4. Göknar odun unu dolgulu PA6G-HDPE esaslı kompozitlere %10 göknar odun unun ilavesi ile çekme direnci ve kopmada uzama sırası ile %2,80

ve %22,05 oranında azalırken eğilme direncinde ve elastikiyet modüllerinde artış meydana gelmiştir. Bu artış miktarları eğilme direnci, eğilmede elastikiyet ve çekmede elastikiyet modülleri için sırası ile %4,01, %27,09 ve %5,37 oranlarında meydana gelmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesinin ilavesinin erime sıcaklığında belirgin bir değişim meydana getirmediği tespit edilmiştir.

5. Gök nar odun unu dolgulu döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitlerden üretilen mobilya bağlantı elemanlarının moment taşıma kapasitesinin ön işlem sonucunda (50 °C ve su buharı) azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek moment taşıma kapasitesinin GOU-10-PH-B gruplarından elde edilmiştir. Yorulma dayanımları incelendiğinde, sıcaklık artışı ile GOU-10-PH-B grubunda en yüksek deformasyon kaybı (%28,14) meydana gelmiştir.
6. 20 °C’ de MDF-lam’ dan üretilen L köşe birleştirmelerin (Kontrol-L grubu hariç) moment taşıma kapasitesinin YL-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 50 °C sıcaklıkta ise YL-lam’ dan üretilen L köşe birleştirmelerin (GOU-10-PH-L grubu hariç) moment taşıma kapasitelerinin MDF-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık artışı ile birlikte L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin azaldığı belirlenmiştir. Su buharında bekletme sonrasında Firma-A-L ve Kontrol-L gruplarında YL-lam’ dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesinin MDF-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir, Firma-B-L ve GOU-10-PH-L gruplarında ise MDF-lam’ dan üretilen L köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitesinin YL-lam ile üretilenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yorulma direnç özellikleri incelendiğinde, 20 °C ve 50 °C’ de % 10 göknar odun unun ilavesi ile toplam deformasyon miktarının %46,09 ve %7,69 oranlarında azaldığı

tespit edilirken, su buharında bekletme sonucu ise toplam deformasyon miktarında %16,66 oranında bir artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

### **Öneriler;**

1. Atık haldeki döküm poliamid 6' nın enjeksiyon kalıplama makinesindeki üretimi esnasında kalıpta sıkışmalar ve yapışmalar meydana gelmiştir bu durumun giderilmesi amacıyla bu plastik ile birlikte bor nitür kullanımı önerilmektedir. Bu plastiğin yüksek oranlarda kullanımı üretilen malzemenin işlenmesini zorlaştırmakta ve ürün eldesini güçleştirmektedir. Bu nedenle döküm poliamid 6' nın kullanımında düşük oranların tercih edilmesi önerilmektedir.
2. Bu tez kapsamında bağlantı elemanlarının üretimi için kalıp yapımı gerçekleştirilmiştir. Kalıp yapımında karşılaşılan fiyat farklılığı ve firmadan kaynaklı iş bitirme süresindeki gecikmeden dolayı tezin bitim süresinde uzama meydana gelmiştir. Bu nedenden dolayı referanslı firmalar tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca kalıpta meydana gelen sıkışmalardan dolayı tez kapsamında yapılması planlanan 'T' çektirme bağlantı elemanlarının üretimi gerçekleştirilememiştir (Ek B.). Bu nedenle bu bağlantı elemanlarının üretimi için tam otomatik bir kalıp yapımı tavsiye edilmektedir.
3. Bu tez çalışmasında %20 lignoselülozik dolgu maddesi (GOU-PKU) ve %80 plastik matris ile üretilen (%50 PA6G + %50 HDPE) 'L' bağlantı elemanlarının levhaya montajlanması esnasında kopmalar meydana gelmiştir (Ek C.). Ayrıca bu üretim reçetesine göre 'T' çektirme bağlantı elemanlarının üretimi de gerçekleştirilememiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi ve döküm poliamid 6 kullanımı azaltılarak yeni üretim reçetesi oluşturulmuştur. Bunun sonucunda 'L' bağlantı elemanlarında meydana gelen montaj sırasındaki kopmaların önüne geçilmiştir. Fakat tez kapsamında üretimi planlanan 'T' çektirme bağlantı elemanlarının üretimi gerçekleştirilememiştir (Ek B.). Bu nedenle 'T' çektirme bağlantı elemanlarının üretimi için farklı kompozit karışımlar denenebilir.

4. Bu tez çalışmasında, Zwick Roel Universal test makinesinde deney örneklerinin test esnasında kaymasından dolayı planlanan diyagonal basınç testleri gerçekleştirilememiştir. Bu durumu çözmek amacıyla ara aparat ve uygulanan ön yükte değişiklikler denenmiştir. Fakat kayma problemi devam ettiği için bu test yapılamamıştır. Bu bağlamda örneklerin kaymasını engellemek için test cihazına yerleştirmede farklı yöntemlerin ve materyallerin kullanımı önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

Aboulkas, A., El Harfi, K., El Bouadılı A., “Thermal degradation behaviors of polyethylene and polypropylene. part 1: pyrolysis kinetics and mechanisms”, **Energy Conversion Management**, 51, 7, 1363-1369 (2010).

Acar, H., Salan, T., Altuntaş, E., & Alma, M. H., “Yüksek yoğunluklu polietilen (yype) ve atık pirinç saplarından üretilen kompozitlerin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi”, **II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu**, 808-818 (2014).

Acar H. “MDF tozu ve pirinç sapı atıklarının termoplastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi” **Master Thesis. KSÜ Graduate School of Natural and Applied Sciences**, pp.74 (2014).

Araz, Ç., “İnegöl ilçesinde mobilya sanayi ve kümelenmesi”, **Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü** (2020).

Arda, B., “Çeşitli ticari plastiklerin bozunma kinetiklerinin termogravimetrik analiz yöntemi ile incelenmesi”, **Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi**, (2011).

Altuntaş, E., Yılmaz, E., Salan, T., “Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması”, **Türkiye Ormancılık Dergisi**, 18(3): 258-263 (2017).

Altuntaş, E., Yılmaz, E., Salan, T. “Investigation of the effect of high-fibrous filling material on the mechanical properties of wood plastic composites”, **Türkiye Ormancılık Dergisi**, 18(3), 258-263 (2017).

Aridi, N., A., M., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., AL-Oqla, F. M., “Mechanical and morphological properties of injection-molded rice husk polypropylene composites”, **International Journal of Polymer Analysis and Characterization**, 21(4), 305-313 (2016).

Ashori, A. “Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries”, **Bioresource Technology**, 99: 4661-4667 (2008).

Atar, M., Ozçifçi, A., Altınok, M., & Çelikel, U. “Determination of diagonal compression and tension performances for case furniture corner joints constructed with wood biscuits”, **Materials & Design**, 30(3), 665-670 (2009).

Arbelaiz, A., Fernández, B., Ramos, J. A., and Mondragon, I. “Thermal and crystallization studies of short flax fibre reinforced polypropylene matrix composites: Effect of treatments”, **Thermochimica Acta**, 440 (2). 111-121 (2006).

Artunal, S., “Mobilya üretiminde kullanılan birleştirme elemanlarının moment kapasiteleri üzerine levha rutubetinin etkisi”, **Fen Bilimleri Enstitüsü Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş**, (2019).

Avcı, E., “Ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar”, **Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı Doktora tezi İstanbul Üniversitesi, İstanbul**, 1-260s 2012.

Basiji, F., Safdari, V., Nourbakhsh, A., and Pilla, S., “The effects of fiber length and fiber loading on the mechanical properties of wood-plastic (polypropylene) composites”, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 34(3), 191-196 (2010).

Başboğa, İ., H., “Melamin emdirilmiş kağıt (MEK) atıkların yongalevha üretiminde değerlendirilmesi”, **Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi**, (2018).

Bayrak, E., “Pirinç kabuğu ve pirinç kabuğu külü kullanılarak sulu ortamdan katyonik boyar madde adsorpsiyonu”, **Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum** (2008).

Bengtsson, M., Le Baillif, M., and Oksman, K., “Extrusion and mechanical properties of highly filled cellulose fibre–polypropylene composites”, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, 38(8), 1922-1931, (2007).

Bledzki, A. K., Zhang, W., & Faruk, O. “Microfoaming of flax and wood fibre reinforced polypropylene composites”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 63(1), 30-37 (2005).

Brandt, C. W., Fridley, K. J., “Effect of load rate on flexural properties of wood-plastic composites”, **Wood and Fiber Science**, 35(1), 135-147 (2007).

Bozdemir, M. “The Effect of water absorbtion in cast PA6G material on processing parameters”, **scientific Research and Essays**, 6 (4): 714-719 (2011).

Birinci, E., “Asetillendirilmiş Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) “Odun unu ile yeni odun plastik kompozitlerinin üretimi”, **Fen Bilimleri Enstitüsü Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi”** (2011).

Cavdar, A. D., Mengeloğlu, F., Karakus, K. “Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites”. **Measurement**, 60, 6-12 (2015).

Chaharmahali, M., Tajvidi. M., Najafi, S. K., “Mechanical properties of wood plastic composite panels made from waste fiberboard and particleboard”, **Polymer Composites**, 29, 6, 606–610s (2008).

Chaudemanche, S., Perrot, A., Pimbert, S., Lecompte, T., & Faure, F., Properties of an industrial extruded HDPE-WPC: The effect of the size distribution of wood flour particles, **Construction and Building Materials**, 162, 543-552 (2018).

Cilleruelo, L., Lafranche, E., Krawczak, P., Pardo, P., Lucas, P. "Injection moulding of long glass fibre reinforced poly (Ethylene Terephthalate): Influence of carbon black and nucleating agents on impact properties," **Express Polymer Letters**, 6 (9) (2012).

Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K. "Mirbagheri Y., Mechanical and physical properties of wood-plastic composite panels", **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 29, 310–319, (2010).

Cui, Y.H., Tao, J., Noruziaan, B., Cheung, M., Lee, S., "DSC analysis and mechanical properties of wood-plastic composites", **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 29(2): 278-289 (2010).

Çamlıbel, O., "Orta Yoğunlukta Lif levha (MDF) Üretiminde İnorganik Dolgu Maddelerinden Kaya Tuzu Kalsit, Boraks Pentahidrat ve Talk Minerallerinin Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması", **Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Düzce (2012).

Çavdar, D. A., Kalaycıoğlu, H., and Mengeloğlu, F. "Tea mill waste fibers filled thermoplastic composites: the effects of plastic type and fiber loading," **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 30 (10), 833-844 (2011).

Çavdar, A. D., "Farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odun-plastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi", **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (2011).

Çavuş, V., "Farklı erime akış indeksine sahip polipropilen esaslı ahşap polimer kompozitlerin özelliklerinin belirlenmesi", Doktora Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü**, Kahramanmaraş (2017).

Çavuş, V., Mengeloğlu, F., "Effect of wood particle size on selected properties of neat and recycled wood polypropylene composites", **BioResources**, 15(2), 3427-3442, (2020).

Çavuş, V., Kurt, R., Dizman Tomak, E., Karademir, A., Ertaş, M., "Mobilya sektörünün bursa ekonomisindeki yeri ve önemi", **TMMOB Bursa İl Koordinasyon Kurulu Bursa 4. Kent Sempozyumu** (2013).

Çelikel Ü., "Ahşap bisküit tipi yabancı çıtalı mobilya köşe birleştirmelerinin direnç özellikleri", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2006).

Çetin Yerlikaya, N., "Kabin tipi demonte mobilya köşe birleştirmelerinde mukavemet değerleri ve optimum delgi planlarının araştırılması", **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (2010).

Çetin, B., “Doğal lif ile güçlendirilmiş polilaktik asit/polipropilen kompozitlerin mekanik ve termal özellikleri”, **Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa (2019).

Çolak, M., “Mobilya endüstrisinde karlılığı etkileyen faktörlerin belirlenmesi: karşılaştırmalı lojistik regresyon ve UTADİS yaklaşımları”, Doktora Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara (2009).

Çukur, U., “Giresun ilinde bulunan lignoselülozik materyallerden polimer kompozit üretimi”, **Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Artvin (2016).

Dalvand, M., Ebrahimi, G., Tajvidi, M., & Layeghi, M., “Bending moment resistance of dowel corner joints in case-type furniture under diagonal compression load”, **Journal of forestry research**, 25(4), 981-984 (2014).

Dayanıklıoğlu, S., “Türkiye’de lif levha ve yonga levha sektörünün durumu, avrupa birliği ülkeleriyle karşılaştırılması, problemleri ve çözüm yolları”, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2004).

Demir, Y.C., “Farklı isil koşulların yüksek yoğunluklu polietilen malzemelerin mekanik performans ve yapısal özellikleri üzerine etkileri”, **Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2019).

Demirarslan, S., “Plastik malzemenin özellikleri ve inşaat sektöründeki kullanım yerleri”, **KOÜ – KMYO / İnşaat Programı**, (2009).

Demirel E., “Kutu tipi mobilya konstrüksiyonlarının köşe birleştirmelerinde kullanılan farklı birleştirme, tutkal ve malzeme türlerinin birleştirme mukavemetine etkileri”, **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, zonguldak (2008).

Devlet Planlama Teşkilatı, Kimya Çalışma Grubu Raporu, **Onuncu Kalkınma Planı**, Yayın No: KB: 2929 ÖİK: 756, Pp: 53–89 (2015).

Derikvand, M., Eckelman, C. A. “Bending moment capacity of L-shaped mitred frame joints constructed of MDF and particleboard”, **BioResources**, 10(3), 5677-5690 (2015).

Do, V. T., Nguyen-Tran, H. D., Chun, D. M., “Effect of polypropylene on the mechanical properties and water absorption of carbon-fiber-reinforced-polyamide-6/polypropylene composite”, **Composite Structures**, 150, 240-245 (2016).

Eckelman C. A., “Textbook of product engineering and strength design of furniture PART 1”, **Unpublished lecture notes Purdue University** (2003).

Effah, B., Van Reenen, A., Meincken, M., “Mechanical properties of wood-plastic composites made from various wood species with different compatibilisers”, **European Journal of Wood and Wood Products**, 76(1), 57-68 (2018).



Efe, H., Özen, E., Danacı, E., Kasal, A., Demirci, S., “L-tipi mobilya köşe birleştirmelerde malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğinin moment taşıma kapasitesine etkisi”, **Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 14(1), 15-23, (2014).

Efe, H., “Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri”, Doktora Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (1994).

Elsabbagh, A., Steuernagel, L., Ring, J. “Natural fibre/PA6 composites with flame retardance properties: Extrusion and characterization,” **Composites Part B: Engineering**, 108, 325-333 (2017).

Erkan, T., “Polimer malzemelerde yüzey pürüzlülüğünün sürtünme kaynaklı gürültü üzerine etkisi”, **Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü** (2015).

Erbay, K. “Silah gövdeleri için polimer esaslı kompozit malzeme üretimi ve özelliklerinin incelenmesi”, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (2009).

Eraydın, E., “Pişirme kağıtlarının plastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi”, Fen Bilimleri Enstitüsü, **Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Artvin (2019).

Fotouh, A., Wolodko, J. D., Lipsett, M. G., “Fatigue of natural fiber thermoplastic composites”, **Composites Part B: Engineering**, 62, 175-182, (2014).

Fuad, M. A., Ismail, Z., Mansor, M. S., Ishak, Z. M., Omar, A. M., “Mechanical properties of rice husk ash/polypropylene composites”, **Polymer journal**, 27(10), 1002-1015, (1995).

Kabakcı, A., “Buğday sapı unu oranının ve plastik tipinin odun-plastik kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karamanmaraş** (2009).

Kajaks, J., Kalnins, K., & Naburgs, R., “Wood plastic composites (WPC) based on high-density polyethylene and birch wood plywood production residues”, **International Wood Products Journal**, 9(1), 15-21, (2018).

Karakus, K., Mengeloğlu, F., “Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) esaslı polimer kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine nişasta oranının etkisi” **Kastamonu University Journal of Forestry Faculty**, 16(1) (2016).

Karakuş, K., Başboğa, İ. H., Mengeloğlu, F., “Termoplastik esaslı polimer kompozitlerin üretilmesinde orman budama atıklarının değerlendirilmesi”, **Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre**, 22-24 (2014).

Karakuş, K., Şeker, B., Kılıç, İ., Ciobanu, R. C., Mengeloğlu, F., “Lignoselülozik esaslı atıkların termoplastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi”, **I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu** (2011).

Karakuş, K., Mengeloğlu, F., “Odun plastik kompozitlerin üretilmesinde tarımsal atıkların değerlendirilmesi”, **Selçuk-Teknik Dergisi** (2015).

Karakuş, R., “Atık üreormaldehit katkılı polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilen polimer kompozitlerinin özellikleri”, **Fen bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi** (2017).

Karabıyık K., “Güncel dijital teknolojilerin mobilya tasarım ve üretim aşamasına etkileri”, **Beykent Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü** (2016).

Karaman, A., Yıldırım, M. N., & Aykan, R., “Mobilya köşe birleştirmelerinde demonte tipi bağlantı elemanlarının moment kapasitesine etkileri”, **Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 19(2), 144-153 (2018).

Karaman, A., Yıldırım, M.N, “Farklı ahşap malzemelerden elde edilen kavelalar ile birleştirilmiş “L” tipi mobilya köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin belirlenmesi”, 7, 413-423, **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi** (2019).

Kartav, O., Ay, Z., Tanoğlu, M., Fatigue, tensile and impact behaviour of short glass/carbon fiber reinforced hybrid polyamide composites, **5<sup>th</sup> International Polymeric Composites Symposium and Workshops**, İzmir, 349-354 (2017).

Kasal, A., “Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performansı”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2004).

Kalaycıoğlu, H., Aras., U. & Çınar, T. Mobilyada tamamlayıcı elemanlar “Aksesuarlar”. **İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi**, 6(3), 1188-1198 (2017).

Kastamonu Entegre, “[https:// www. kastamonuentegre.com.tr / en / keas-product- detail /40/ melamine-coated--mdf](https://www.kastamonuentegre.com.tr/en/keas-product-detail/40/melamine-coated--mdf)” (2021).

Kaymakçı, A., Ayrılmış, N., Akbulut, T., “Atık alüminyum polietilen (tetrapak) ve pirinç sapı kullanılarak üretilen ahşap polimer kompozitlerin mekanik davranışlarının belirlenmesi”, **Tüketim Toplumu ve Çevre Sempozyumu**, 724-733 (2012).

Kayısoğlu. B., Tuğ. S., Dalmış, İ.S., Aktaş, T., Durgut, M.R., ve Durgut, F.T. “Farklı katkı maddeleri kullanılarak hazırlanmış çeltik sapı peletlerinin gazlaştırılması”, **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 12(1), 37-44 (2016).

Komwood. Ahşap Plastik Kompozit Nedir ?, <http://www.komwood.com.tr/TR/15/Ahsap-Plastik-Kompozit-Nedir?.htm>, Erişim : 14.05.2017. Saat: 17:58. (2017).

Korucu, T., Mengeloğlu, F., “Potentials of agricultural residues as raw materials and their alternative usage possibilities in Turkey” **National Agricultural Mechanisation Congress**, Kahramanmaraş, S. 297-307 (2007).

Kord, B., “Effect of wood flour content on the hardness and water uptake of thermoplastic polymer composites”, **World Applied Sciences Journal**, 12 (9), 1632- 1634s (2011).

Kim, H. S., Yang, H. S., Kim, H. J., and Park, H. J. “Thermogravimetric analysis of rice husk flour filled thermoplastic polymer composites,” **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 76(2), 395-404 (2004).

Ku, H., Wang, H., Pattarachaiyakoop, N., and Trada, M. “A Review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites,” **Composites Part B: Engineering**, 42 (4) (2011).

Kurt, R., Karademir, A., Çetin, N.S., Özmen, N. “Potential utilization of wood residue in Turkey”, **First International Ukrainian Conference on Biomass**, Kiev, Ukrainian (CD) (2002).

Klyosov, A. A. “Wood-plastic composites 1st ed. ”, **Wiley Interscience**, Hoboken, NJ, USA (2007).

Klata, E., Van de Velde, K., and Krucińska, I. “DSC investigations of polyamide 6 in hybrid GF/PA 6 yarns and composites,” **Polymer Testing**, 22 (8), 929-937 (2003).

Kızıldaş, A., Gardner, D. J., Han, Y., and Yang, H. S. “Mechanical Properties of Microcrystalline Cellulose (MCC) Filled Engineering Thermoplastic Composites”, **Journal of Polymers and the Environment** 22 (3), 365-372 (2014).

Güleç, T., & Kaymakçı, A., “Böcek tahribatına uğramış göknar odunlarının enjeksiyon kalıplama yöntemiyle odun plastik kompozit üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması”, **Kastamonu University Journal of Forestry Faculty**, 16 (2) (2016).

Guo, Y., Zhu, S., Chen, Y., & Li, D. “Thermal properties of wood-plastic composites with different compositions”, **Materials**, 12(6), 881 (2019).

Ghanbari, A., Madhoushi, M., & Ashori, A. “Wood plastic composite panels: Influence of the species, formulation variables and blending process on the density and withdrawal strength of fasteners”, **Journal of Polymers and the Environment**, 22(2), 260-266 (2014).

Gözalan, M., “Yonga levhalarda parafin kullanım miktarının optimizasyonu üzerine araştırmalar”, **Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2016).

Haftkhani, A. R., Ebrahimi, G., Tajvidi, M., & Layeghi, M., “Investigation on withdrawal resistance of various screws in face and edge of wood–plastic composite panel”, **Materials & Design**, 32(7), 4100-4106 (2011).

Haque, M. M. U., Goda, K., Ogoe, S., Sunaga, Y., “Fatigue analysis and fatigue reliability of polypropylene/wood flour composites”, **Advanced Industrial and Engineering Polymer Research**, 2(3), 136-142 (2019).

Hekimoğlu, V., “Gökmar ve sarıçam odunlarından nanokil ilaveli çapraz lamine kereste üretim olanaklarının incelenmesi”, **Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2014).

İpek, H., “Cam elyaf takviyeli kestamid matrisli kompozitlerin üretimi ve mekanik özelliklerinin incelenmesi”, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2011).

Jam, N. J., Behraves, A., H., “Challenge to the production of fine wood—plastic injection molded composites”, **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 28(1), 73-82 (2009).

Joseph, P. V., Joseph, K., Thomas, S., Pillai, C. K. S., Prasad, V. S., Groeninckx, G., and Sarkissova, M. “The thermal and crystallisation studies of short sisal fibre reinforced polypropylene composites”, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, 34 (3), 253–266 (2003).

Jittima, P., “Comparative life cycle assesment of rice husk utilization in Thailand”, **RMIT University** (2009).

JRS Pharma, [https://www.jrspharma.com/pharma\\_en/products-services/excipients/binders/vivapur.php](https://www.jrspharma.com/pharma_en/products-services/excipients/binders/vivapur.php) (2018). (Son Erişim Tarihi: 11.08.2018).

La Mantia, F. P., Morreale, M., and Izhak, Z. A. M. “Processing and mechanical properties of organic filler-polypropylene composites,” **Journal of Applied Polymer Science**, 96, 1906-1913 (2005).

Lei, Y., and Wu, Q. “Wood plastic composites based on microfibrillar blends of high density polyethylene/poly (ethylene terephthalate),” **Bioresource Technology**, 101 (10), 3665-3671 (2010).

Lee SY, Yang HS, Kim, HJ, Jeong, CS, Lim BS and Lee JN. “Creep behavior and manufacturing parameters of wood flour filled polypropylene composites”, **Composite Structures**, 65(3-4):459-469 (2004).

Leu, S. Y., Yang, T. H., Lo, S. F., & Yang, T. H., “Optimized material composition to improve the physical and mechanical properties of extruded wood–plastic composites (WPCs) ’’, **Construction and Building Materials**, 29, 120-127 (2012).

Lin Q., Zhou X., Dai G. “Effect of hydrothermal environment on moisture absorption and mechanical properties of wood flour-filled polypropylene composites,” **J. Appl. Polym. Sci.**, 85, 2824-2832 (2002).

Liu, H., Wu, Q., and Zhang, Q. "Preparation and properties of banana fiber-reinforced composites based on high density polyethylene (HDPE)/Nylon-6 blends", **Bioresource Technology**, 100 (23), 6088-6097 (2009).

Liang, S., Nouri, H., & Lafranche, E., "Thermo-compression forming of flax fibre-reinforced polyamide 6 composites: influence of the fibre thermal degradation on mechanical properties", **Journal of Materials Science**, 50(23), 7660-7672 (2015).

Liu, T., Wang, Q., Xie, Y., Lee, S., & Wu, Q., "Effects Of Use Of Coupling Agents On The Properties Of Microfibrillar Composite Based On High-Density Polyethylene And Polyamide-6", **Polymer Bulletin**, 71(3), 685-703 (2014).

Lu, J. Z., Wu, Q., & Negulescu, I. I. Wood-fiber/high-density-polyethylene composites: Coupling agent performance. **Journal of Applied Polymer Science**, 96(1), 93-102 (2005).

Luo, X., Benson, R. S., Kit, K. M., Dever, M., "Kudzu fiber reinforced polypropylene composite", **Journal of Applied Polymer Science**, 85(9), 1961-1969 (2002).

López, J. P., Gironès, J., Mendez, J. A., Pèlach, M. A., Vilaseca, F., Mutjé, P. "Impact and flexural properties of stone ground wood pulp reinforced polypropylene composites," **Polymer Composites**, 34(6), 842-848 (2013).

İstek, A., Gözalan, M., & Özlüsoylu, İ., "Yonga levha özelliklerine yüzey kaplama veya boyama işlemlerinin etkisi", **Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 17(4), 619-629 (2017).

Matuana L.M., Heiden P.A. "Wood composites", **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, 12, 521-546 (2004).

Malkapuram, R., Kumar, V., & Negi, Y. S., "Recent development in natural fiber reinforced polypropylene composites," **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 28 (10), 1169-1189 (2009).

Mansaray, K. G., Ghaly, A. E. "Thermal degradation of rice husks in nitrogen atmosphere", **Bioresource Technology**, 65(1-2), 13-20 (1998).

Mengeloğlu F. ve Karakuş K., "Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic", **Sensors**, ISSN 1424-8220. 8, 497-516 (2008).

Mengelöglü, F., Kabakci, A., "Determination of thermal properties and morphology of eucalyptus wood residue filled high density polyethylene composites", **International Journal of Molecular Sciences**, 9 (2), 107-119 (2008).

Mengelöglü, F., "Wood/Thermoplastic Composites", I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi, **TBMOB Kimya Mühendisleri Odası**, 471-480 (2006).

Mejri, M., Toubal, L., Cuillière, J. C., François, V., “Fatigue life and residual strength of a short-natural-fiber-reinforced plastic vs nylon”, **Composites Part B: Engineering**, 110, 429-441 (2017).

Migneault, S., Koubaa, A., & Perré, P., “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(4), 241-261 (2014).

Millot, C., Fillot, L. A., Lame, O., Sotta, P., & Seguela, R., “Assessment of polyamide-6 crystallinity by DSC”, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 122(1), 307-314 (2015).

Munaro, M., Akcelrud, L., “Correlations between composition and crystallinity of LDPE/HDPE blends”, **Journal of Polymer Research**, 15(1), 83-88, (2008).

Naghipour, M., Nematzadeh, M., & Yahyazadeh, Q. “Analytical and experimental study on flexural performance of WPC–FRP beams”, **Construction and Building Materials**, 25(2), 829-837 (2011).

Narlıoğlu, N., Çetin, N. S., & Alma, M. H., “Karaçam Testere Talaşının Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisi”, **Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi**, 1(1), 38-45 (2018).

Ndazi, B., Tesha, J. V., & Bisanda, E. T. Some opportunities and challenges of producing bio-composites from non-wood residues. **Journal of materials science**, 41(21), 6984 (2006).

Nuñez, A. J., Sturn, P. C., Kenny, J. M., Aranguren, M. I., Marcovich, N. E., and Reboredo, M. M. “Mechanical Characterization of Polypropylene-Wood Flour Composites,” **Journal Applied Polymer Science**, 88(6), 1420–1428 (2003).

OGM, <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2015.pdf> (2015). (Son Erişim Tarihi: 06.08.2018).

Oliver-Ortega, H., Méndez, J. A., Espinach, F. X., Tarrés, Q., Ardanuy, M., and Mutjé, P. “Impact strength and water uptake behaviors of fully bio-based PA11-SGW composites,” **Polymers**, 10 (7), Article number 717 (2018).

Oladejo, K. O., Omoniyi, T. E., “Dimensional stability and mechanical properties of wood plastic composites produced from sawdust of *Anogeissus leiocarpus* (ayin) with recycled polyethylene terephthalate (PET) chips”, **European Journal of Applied Engineering and Scientific Research**, 5(1), 28-33 (2017).

Olgun, Z., “Pirinç kabuğu külünden magnezyum silikat üretimi ve kızartma yağlarının rejenerasyonunda kullanılması”, **Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi**, (2009).

Ongan, A., A., “Odun plastik kompozitlerden üretilen birleştirici elemanların mekanik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans, **İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2019).

Öksüz Çelebi, M.S., “Polietilenin silan yöntemi ile karşıt bağlanma kinetiğinin incelenmesi”, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2008).

Oğuz, K., Şahin, Ö., Bekar, İ., Kayacan, B., “Endüstriyel ağaç ve ahşap ürünleri sektörünün uluslararası rekabet gücü analizi: Türkiye Örneği”, **Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 15(1): 15-32 (2019).

Özçifçi, A., “Yonga levha ile hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerine ait mukavemet özelliklerinin araştırılması”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (1995).

Özçifçi, A., Kılıçalp, H., Toker, H. “Kutu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerinin belirlenmesi”, **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2008).

Özkalaycı, A., “Mobilya endüstrisinde kullanılan odun esaslı levhaların teknolojik özelliklerinin araştırılması”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2017).

Özmen, N., Çetin, N. S., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., Altuntaş, E., “MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 15, 65-71. Teknoloji, 11 (1), 45-57 (2014).

Özdemir, F., Çot, A., Alma, H., “Odun Plastik Kompozit Malzemelerin Termal ve Isı İletkenliği Özellikleri Üzerine Sepiolit Mineralinin Etkisi”, **Türkiye Ormanlık Dergisi**, 19(2), 205-209 (2018).

Parlar, Z., “Poliamid malzemelerin sürtünme ve aşınma karakteristiğine sıcaklığın etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2002).

Panthapulakkal, S., Sain, M., “Injection molded wheat straw and corn stem filled polypropylene composites”, **Journal of Polymers and the Environment**, 14(3), 265-272 (2006a).

Panthapulakkal, S., Zereshkian, A., Sain, M., “Preparation and characterization of wheat straw fibers reinforcing application in injection molded thermoplastic composites”, **Bioresource Technology**, 97: 265-272 (2006b).

Panthapulakkal S, Sain M., “Studies on the water absorption properties of short hemp–glass fiber hybrid polypropylene composites”, **J Compos Mater**, 41(15):1871–83 (2007).

Perçin A., “Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda kullanılan vidalı düz köşe birleştirmelerde klavuz deliği çapının çekme ve eğilme dirençleri üzerine etkisinin belirlenmesi”, **Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2009).

PETKİM, [https:// www.petkim.com.tr/ UserFiles/file/uretim /urunler/ kataloglar/termoplastikler/files/termoplastikler\\_katalog.pdf](https://www.petkim.com.tr/UserFiles/file/uretim/urunler/kataloglar/termoplastikler/files/termoplastikler_katalog.pdf) (2021). (Son Erişim Tarihi: 14.01.2021)

Ratanakamnuan, U., Aht-Ong, D., “Preparation and characterization of low-density polyethylene/banana starch films containing compatibilizer and photosensitizer”, **Journal of Applied Polymer Science**, 100 : 2717-2724 (2005).

Razavi-Nouri, M., Jafarzadeh-Dogouri, F., Oromiehie, A., Langroudi, A. E. “Mechanical properties and water absorption behaviour of chopped rice husk filled polypropylene composites”, **Iranian Polymer Journal**, 15 (9), 757-766 (2006).

Rogers, J., & Simonsen, J., “Interfacial shear strength of wood–plastic composites: a new pullout method using wooden dowels”, **Journal of Adhesion Science and Technology**, 19(11), 975-985 (2005).

Rosa, S. M. L., Santos, E. F., Ferreira, C. A., Nachtigall, S. M. B., “Studies on the properties of rice-husk-filled-PP composites: Effect of maleated PP”, **Materials Research**, 12(3), 333-338 (2009).

Sarı, A., “Polimer Yatak Malzemelerin Tribolojik Özelliklerinin Araştırılması”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2015).

Sert, A., “Çeşitli ölçülerdeki mobilya kapaklarında levha türü ve menteşe konfigürasyonunun yer değiştirme özelliklerine etkileri”, **Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2018).

Sözen, E., Aydemir, D., Gündüz, G. “Nano TiO<sub>2</sub> ve nano borun odun plastik kompozitlerinin mekanik özellikleri üzerine etkileri”, **İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi**, 6 (3), 331-337 (2017).

Sigma Aldrich [https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/b90653? lang=en&region=TR](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/b90653?lang=en&region=TR) (2018). (Son Erişim Tarihi: 11.08.2018)

Stark, N.M.; Rowlands, R.E., “Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites”, **Wood Fiber Science**, 35 (2): 167–174s (2003).

Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM D 256, **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, Philadelphia, (2000).



Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM D 638, **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, Philadelphia, (2001).

Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM D 790, **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, Philadelphia, (2003).

Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique, ASTM D 1505-03, Current edition approved Nov, 1, 1-7. **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, Philadelphia, (2003).

Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement, ASTM-D 792, **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, Philadelphia, (2007).

Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, ASTM D 570-98, **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, Philadelphia (2010).

Standard specification for polyolefin-based plastic lumber decking boards, ASTM, D. 6662, **Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards**, West Conshohocken, PA, 8, 03 (2007).

Vassiliou, V., Barboutis, I., “Strength of furniture joints constructed with biscuits”, **In International Conference of Nabytok**, Bratislava, Slovakia (pp. 1-6) (2008).

Vranjes, N., Rek, V., “Effect of EPDM on morphology, mechanical properties, crystallization behavior and viscoelastic properties of iPP+ HDPE blends”, **In Macromolecular symposia**, Vol. 258, No. 1, pp. 90-100, (2007).

Tankut, A. N., Tankut, N. “Effect of some factors on the strength of furniture corner joints constructed with wood biscuits”, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 28(5), 301-309 (2004).

Taşdemir, M., Biltekin, H., Caneba, G. T., “Preparation and characterization of LDPE and PP—Wood Fiber Composites”, **Journal of Applied Polymer Science**, 112(5), 3095-3102, (2009).

Tuncer, T., “Bambu ve kızılçam odun unu takviyeli farklı molekül ağırlığına sahip polietilen esaslı kompozitlerin üretilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2019).

Turgut, D., “Farklı tür sıvı ortamlarda tutulan kestamid malzemelerde darbe dayanımının deneysel incelenmesi”, **Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2012).

Turku, I., Keskisaari, A., Kärki, T., Puurtinen, A., Marttila, P., “Characterization of wood plastic composites manufactured from recycled plastic blends”, **Composite Structures**, 161, 469-476, (2017).

Tufan, M., Güleç, T., Çukur, U., Akbaş, S., İmamoğlu, S., “Atık bardaklardan üretilen odun plastik kompozitlerin bazı özellikleri” **Kastamonu University Journal of Forestry Faculty**, 15(2), 176-182, (2015).

TÜİK. İstatistiklerle Türkiye (Turkey in Statistics), **Türkiye İstatistik Kurumu**, Yayın No: 4431. ISBN 978-975-19-6546-2 (2015).

Türkiye Geliştirme Vakfı (TTGV) Sektörel İnceleme Çalışmaları-1, İleri Teknoloji Projeleri (İtep) Destek Programı Raporu (<http://docplayer.biz.tr/898748-Sektorel-inceleme-calismalari-1-ileri-teknoloji-projeleri-itep-destek-programi-turkiye-teknoloji-gelistirme-vakfi-ttgv.html>) (2011).

TS 2128 EN 313-2, “Kontrplak-Sınıflandırma ve Terimler-Bölüm 2: Terimler”, **Türk Standartları Enstitüsü** (2005).

Türk, M., “Plastik ve ahşap esaslı kompozit bisküvilerle hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerinde bazı direnç özelliklerinin araştırılması”, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2007).

Uçarkkoşar, B., Pirinç Kabuğu Katkılı Yüksek Dayanımlı Betonun Yüksek Sıcaklık Performansı, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2013).

Uzer, E., “Atık MDF’lerin MDF üretiminde yeniden değerlendirilmesi”, **Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kastamonu (2018).

Yam, K. L., Gogoi, B. K., Lai, C. C., Selke, S. E., “Composites from compounding wood fibers with recycled high density polyethylene”, **Polymer Engineering & Science**, 30(11), 693-699 (1990).

Yang, H. S., Qiao, P., & Wolcott, M. P., “Fatigue characterization and reliability analysis of wood flour filled polypropylene composites”, **Polymer Composites**, 31(4), 553-560 (2010).

Yang HS, Kim HJ, Son J, Park HJ, Lee BJ and Twang TS, “Rice-husk flour filled polypropylene composites; mechanical and morphological studies”, **Composite Structures**, 63(3-4):305-312 (2004).

Yalçın, N., Sevinç, V., “Studies on silica obtained from rice husk”, **Ceramics International**, 27(2), 219-224, (2001).

Yeşil, H., “Kutu mobilyada arkalık panelinin mobilyanın mukavemet ve kararlılık performansına etkilerinin belirlenmesi”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2014).

Yerlikaya, N. Ç., “Effects of glass–fiber composite, dowel, and minifix fasteners on the failure load of corner joints in particleboard case-type furniture”, **Materials & Design**, 39, 63-71 (2012).

Ying, J., Wang, W., Peng, X., Qiu, Z., Ma, X., Zhang, S., and Wang, J. “Preparation of monomer casting Nylon-6-B-Polydimethylsiloxane copolymers with enhanced mechanical and surface properties”, **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, 57 (16), 1634-1641(2018).

Yıldız. T., “Göknar ve Meşe Ağaç Malzemelerinde alternatif retensiyon artırma denemeleri” **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük (2015).

Yörür, H., “Ahşap malzemeden üretilen köşe birleştirmelerin simülasyon (ANSYS) ortamında teknolojik özelliklerinin belirlenmesi”, **Bartın Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü**, Bartın (2012).

Zaini, M. J., Fuad, M. A., Ismail, Z., Mansor, M. S., Mustafah, J., “The effect of filler content and size on the mechanical properties of Polypropylene/Oil Palm wood flour composites”, **Polymer International**, 40(1), 51-55 (1996).

Zierdt, P., Mitzner, E., Gomoll, A., Theumer, T., Lieske, A., “Synthesis of polyamide 6/11 copolymers and their use as matrix polymer in wood-plastic composites”, **Journal of Applied Polymer Science**, 133 (46) (2016).

Zierdt, P., Theumer, T., Kulkarni, G., Däumlich, V., Klehm, J., Hirsch, U., and Weber, A., “Sustainable wood-plastic composites from bio-based polyamide 11 and chemically modified beech fibers”, **Sustainable Materials and Technologies**, 6, 6-14 (2015).

Zhou, Y., Fan, M., Lin, L., “Investigation of bulk and in situ mechanical properties of coupling agents treated wood plastic composites”, **Polymer Testing** (2017).

Zhu, S., Guo, Y., Chen, Y., Liu, S., “Low water absorption, high-strength polyamide 6 composites blended with sustainable bamboo-based biochar”, **Nanomaterials**, 10(7), 1367 (2020).

Wellekötter, J., Christian, B., “Comparison of fiber-reinforced recycled polyamide in single stage and two stage injection molding”, **Polymer Composites** (2018).

Xu, S., Zhao, X., and Ye, L. “Mechanical and crystalline properties of monomer casting nylon-6/SiO<sub>2</sub> composites prepared via in situ polymerization,” **Polymer Engineering & Science**, 53 (9), 1809-1822 (2013).

**EK AÇIKLAMALAR A.**  
**TEZ KAPASAMINDA YAPILAN DİĞER ÜRETİMLER**

PA6G esaslı kompozitlerden 24 grup daha üretim yapılmıştır. Fakat elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu çıkmamasından dolayı ‘Bulgular ve Tartışmalar’ kısmında yer verilmemiştir. Aşağıdaki çizelgelerde bahsi geçen 24 grubun üretim reçeteleri ve sonuçları verilmiştir.

Çizelge Ek A.1. Gök nar odun unu katkı lı kompozitlerin üretim reçetesi (%).

Kodlama	Gök nar Odun Unu	LiCl	N-BBSA	SEBS-Ma	PA6G
G1	-	-	-	-	100
G2	10	-	-	-	90
G3	10	2	2	0,5	85,5
G4	20	2	2	1,5	74,5
G5	20	2	2	0,5	75,5
G6	30	2	2	0,5	65,5
G7	30	2	2	1,5	64,5
G8	30	2	2	3	63

Çizelge Ek A.2. Kontrol Örneklerinin Üretim Reçetesi (%).

Kodlama	Dolgu Maddesi	LiCl	N-BBSA	SEBS-Ma	PA6G
C1=G1	-	-	-	-	100
C2	-	2	-	-	98
C3	-	-	-	0,5	99,5
C4	-	2	-	0,5	97,5
C5	-	-	2	-	98
C6	-	-	2	0,5	97,5
C7	-	2	2	0,5	95,5

Çizelge Ek A.3. Pirinç kabuğ u nu katkı lı kompozitlerin üretim reçetesi (%).

Kodlama	Pirinç Kabuğ Unu	LiCl	N-BBSA	SEBS-Ma	PA6G
P1	10	2	2	0,5	85,5
P2	20	2	2	0,5	75,5
P3	30	2	2	0,5	65,5

Çizelge Ek A.3. Mikrokristalin selülozu katkılı kompozitlerin üretim reçetesi (%).

Kodlama	Mikrokristalin Selülozu	LiCl	N-BBSA	SEBS-Ma	PA6G
M1	10	2	2	-	86
M2	10	2	2	0,5	85,5
M3	20	2	2	-	76
M4	20	2	2	0,5	75,5
M5	30	2	2	-	66
M6	30	2	2	0,5	65,5

LiCl: Lityum Klorür Tuzu, N-BBSA: N-bütül benzen sülfonamid, SEBS-Ma: Maleik anhidridle muamele edilmiş stiren etilen bütülen, PA6G: Döküm poliamid 6 (PA6G)' i ifade etmektedir.

Çizelge Ek A.5. Göknar odun unu katkılı ve PA6G esaslı kompozitlere ait mekanik özellikler.

	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmelerde Elastikiyet Modülü (MPa)	Darbe Direnci (kJ/m <sup>2</sup> )
<b>G1=C1</b>	56,20 <sup>1</sup> (3,20) <sup>2</sup>	625,55 (23,67)	184,90 (27,57)	39,32 (3,48)	796,93 (24,37)	17,04 (1,53)
<b>G2</b>	26,07 (1,07)	803,19 (18,16)	3,76 (0,24)	50,44 (1,23)	1200,03 (80,11)	1,68 (0,25)
<b>G3</b>	35,38 (10,81)	931,85 (59,12)	4,91 (0,89)	74,78 (18,58)	1835,08 (300,65)	6,13 (1,97)
<b>G4</b>	30,05 (9,81)	874,43 (119,41)	3,85 (0,63)	58,06 (14,23)	1614,32 (338,89)	1,82 (0,82)
<b>G5</b>	36,69 (2,68)	979,48 (20,73)	3,68 (0,23)	72,77 (9,38)	2381,31 (330,24)	2,89 (0,72)
<b>G6</b>	36,47 (1,46)	1005,34 (66,12)	4,53 (0,74)	67,10 (8,18)	1885,06 (207,32)	1,25 (0,40)
<b>G7</b>	33,48 (5,83)	908,22 (57,16)	3,59 (0,50)	54,41 (7,24)	2332,36 (186,89)	1,73 (0,72)
<b>G8</b>	31,27 (3,42)	942,19 (57,78)	3,93 (0,34)	57,46 (6,70)	1783,48 (195,87)	1,94 (0,25)

<sup>1</sup>. Mekanik özelliklere ait aritmetik ortalamalar,

<sup>2</sup>. Mekanik özelliklere ait standart sapmalar.

Çizelge Ek A.6. Kontrol örneklerine ait mekanik özellikler.

	<b>Çekme Direnci (MPa)</b>	<b>Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)</b>	<b>Kopmada Uzama (%)</b>	<b>Eğilme Direnci (MPa)</b>	<b>Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)</b>	<b>Darbe Direnci (kJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>C1=G1</b>	56,20 <sup>1</sup> (3,20) <sup>2</sup>	625,55 (23,67)	184,90 (27,57)	39,32 (3,48)	796,93 (24,37)	17,04 (1,53)
<b>C2</b>	68,22 (3,56)	888,46 (76,71)	38,00 (48,14)	74,11 (3,99)	1457,46 (116,86)	1,68 (0,25)
<b>C3</b>	56,12 (3,14)	646,61 (68,96)	121,21 (28,91)	59,83 (3,54)	1189,32 (61,81)	2,04 (0,69)
<b>C4</b>	65,21 (5,62)	666,20 (48,34)	109,70 (87,20)	71,31 (3,60)	1364,12 (97,86)	6,96 (1,12)
<b>C5</b>	56,13 (2,91)	613,39 (144,92)	149,40 (18,09)	52,01 (1,15)	1032,46 (41,68)	123,58 (0,34)
<b>C6</b>	52,16 (5,82)	577,28 (26,06)	104,34 (50,79)	51,37 (3,24)	959,06 (123,60)	121,17 (4,71)
<b>C7</b>	66,12 (6,39)	1023,56 (34,39)	84,84 (62,22)	74,67 (2,12)	1431,66 (87,11)	9,45 (1,94)

<sup>1</sup> Mekanik özelliklere ait aritmetik ortalamalar, <sup>2</sup> Mekanik özelliklere ait standart sapmalar.

Çizelge Ek A.6. Pirinç kabuğu unu katkılı ve PA6G esaslı kompozitlere ait mekanik özellikler.

	<b>Çekme Direnci (MPa)</b>	<b>Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)</b>	<b>Kopmada Uzama (%)</b>	<b>Eğilme Direnci (MPa)</b>	<b>Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)</b>	<b>Darbe Direnci (kJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>P1</b>	50,23 (6,65)	784,15 (21,85)	8,06 (2,61)	60,00 (5,97)	1244,00 (164,20)	2,92 (0,27)
<b>P2</b>	35,42 (1,55)	927,78 (44,69)	3,89 (0,22)	75,49 (5,41)	1987,64 (151,13)	2,29 (0,78)
<b>P3</b>	27,76 (3,63)	812,18 (73,42)	10,06 (8,77)	52,82 (4,69)	1554,75 (182,86)	1,31 (0,23)

<sup>1</sup> Mekanik özelliklere ait aritmetik ortalamalar, <sup>2</sup> Mekanik özelliklere ait standart sapmalar.

Çizelge Ek A.7. Mikrokrystalin selülozu katkılı ve PA6G esaslı kompozitlere ait mekanik özellikler.

	<b>Çekme Direnci (MPa)</b>	<b>Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)</b>	<b>Kopmada Uzama (%)</b>	<b>Eğilme Direnci (MPa)</b>	<b>Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)</b>	<b>Darbe Direnci (kJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>M1</b>	34,22 (9,86)	582,81 (105,71)	23,92 (15,94)	42,82 (2,53)	838,49 (54,73)	8,39 (4,82)
<b>M2</b>	28,69 (2,35)	890,38 (41,44)	3,22 (0,28)	54,70 (3,22)	2044,90 (106,57)	2,24 (0,73)
<b>M3</b>	44,58 (8,06)	1112,45 (27,73)	4,49 (0,58)	66,39 (8,64)	2048,16 (229,43)	4,79 (0,95)
<b>M4</b>	48,34 (3,39)	1087,78 (71,29)	4,70 (0,16)	70,86 (9,12)	1913,32 (177,13)	2,72 (0,16)
<b>M5</b>	37,42 (3,58)	1091,59 (59,10)	3,61 (0,21)	54,82 (4,07)	2428,06 (290,57)	1,80 (0,38)
<b>M6</b>	50,88 (2,63)	1182,84 (75,16)	4,53 (0,28)	75,98 (4,51)	2228,02 (75,20)	2,61 (0,79)

<sup>1</sup> Mekanik özelliklere ait aritmetik ortalamalar,

<sup>2</sup> Mekanik özelliklere ait standart sapmalar.

Çizelge Ek A.8. Gökmar odun unu katkılı ve PA6G esaslı kompozitlere ait yoğunluk değerleri.

ID	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
G1=C1	1,09 (0,01)
G2	1,08 (0,02)
G3	1,08 (0,03)
G4	0,99 (0,12)
G5	1,11 (0,01)
G6	1,15 (0,01)
G7	1,13 (0,01)
G8	1,13 (0,02)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.9. C grubu kompozitlere ait yoğunluk değerleri.

ID	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
C1	1,09 (0,01)
C2	1,08 (0,02)
C3	1,08 (0,01)
C4	1,07 (0,02)
C5	1,09 (0,01)
C6	1,08 (0,01)
C7	1,08 (0,02)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.10. P grubu kompozitlere ait yoğunluk değerleri.

ID	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
P1	1,12 (0,02)
P2	1,13 (0,02)
P3	1,18 (0,01)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.11. M grubu kompozitlere ait yoğunluk değerleri.

ID	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
M1	1,10 (0,02)
M2	1,11 (0,01)
M3	1,12 (0,01)
M4	1,14 (0,01)
M5	1,16 (0,01)
M6	1,15 (0,02)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.



Çizelge Ek A.13. Gök nar odun unu katkı lı ve PA6G esaslı kompozitlere ait özgül ağırlıkları.

Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	
<b>G1</b>	1,13 (0,00)
<b>G2</b>	1,08 (0,02)
<b>G3</b>	1,12 (0,02)
<b>G4</b>	0,99 (0,12)
<b>G5</b>	1,13 (0,01)
<b>G6</b>	1,18 (0,02)
<b>G7</b>	1,15 (0,00)
<b>G8</b>	1,14 (0,01)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.14. C grubu kompozitlere ait özgül ağırlıkları.

Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	
<b>C1=G1</b>	1,13 (0,00)
<b>C2</b>	1,13 (0,01)
<b>C3</b>	1,13 (0,00)
<b>C4</b>	1,11 (0,03)
<b>C5</b>	1,13 (0,00)
<b>C6</b>	1,13 (0,01)
<b>C7</b>	1,13 (0,02)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.15. P grubu kompozitlere ait özgül ağırlıkları.

Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	
<b>P1</b>	1,16 (0,00)
<b>P2</b>	1,15 (0,02)
<b>P3</b>	1,21 (0,00)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.16. M grubu kompozitlere ait özgül ağırlıkları.

Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	
<b>M1</b>	1,13 (0,01)
<b>M2</b>	1,13 (0,01)
<b>M3</b>	1,13 (0,00)
<b>M4</b>	1,16 (0,01)
<b>M5</b>	1,18 (0,01)
<b>M6</b>	1,18 (0,02)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Çizelge Ek A.18. Gökmar odun unu katkılı ve PA6G esaslı kompozitlere ait su alma değerleri (%).

		2	6	12	24	48	72	96	168	336
		Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
<b>G1=C1</b>	K.A.	0,24 (0,13)	0,48 (0,19)	0,58 (0,13)	0,93 (0,22)	1,99 (0,13)	2,08 (0,22)	2,88 (0,29)	3,43 (0,40)	4,00 (0,47)
	A.A.	0,94 (0,21)	1,64 (0,21)	1,73 (0,24)	2,08 (0,21)	2,96 (0,24)	3,38 (0,27)	3,88 (0,24)	5,52 (0,16)	6,88 (0,33)
<b>G2</b>	K.A.	0,27 (0,14)	0,38 (0,20)	0,53 (0,51)	1,08 (0,53)	2,06 (0,68)	2,35 (0,66)	2,70 (0,53)	3,36 (0,28)	3,68 (0,25)
	A.A.	0,87 (0,06)	1,14 (0,12)	1,22 (0,07)	2,15 (0,13)	2,46 (0,14)	2,80 (0,17)	3,5 (0,20)	5,44 (0,37)	5,73 (0,32)
<b>G3</b>	K.A.	0,63 (0,21)	1,15 (0,43)	1,54 (0,57)	2,08 (0,56)	3,31 (0,73)	3,71 (0,92)	4,27 (0,87)	4,97 (0,70)	5,99 (1,03)
	A.A.	1,73 (0,31)	2,45 (0,33)	2,69 (0,41)	3,66 (0,61)	4,85 (0,55)	5,52 (0,60)	5,78 (0,64)	7,65 (0,32)	10,16 (0,86)
<b>G4</b>	K.A.	0,69 (0,17)	0,92 (0,12)	1,29 (0,36)	1,93 (0,51)	3,53 (0,82)	3,84 (0,85)	4,05 (1,14)	5,61 (1,58)	6,53 (1,59)
	A.A.	1,39 (0,27)	2,11 (0,51)	2,61 (0,60)	3,73 (0,68)	5,12 (1,10)	6,23 (1,59)	6,95 (1,54)	9,48 (1,96)	11,25 (2,57)
<b>G5</b>	K.A.	0,29 (0,10)	1,23 (0,38)	1,81 (0,09)	2,64 (0,39)	3,69 (0,44)	4,13 (0,48)	4,53 (0,63)	6,13 (0,68)	7,58 (0,58)
	A.A.	0,87 (0,10)	2,21 (0,11)	2,51 (0,20)	3,77 (0,29)	5,07 (0,22)	5,8 (0,25)	6,93 (0,33)	8,87 (1,03)	11,66 (0,75)
<b>G6</b>	K.A.	0,71 (0,16)	1,07 (0,20)	1,75 (0,14)	2,07 (0,28)	3,14 (0,34)	3,89 (0,38)	4,8 (0,54)	6,03 (0,81)	6,94 (0,80)
	A.A.	1,42 (0,11)	2,18 (0,18)	2,9 (0,13)	3,77 (0,13)	5,42 (0,18)	6,22 (0,26)	7,35 (0,20)	10,14 (0,13)	12,15 (0,09)
<b>G7</b>	K.A.	0,91 (0,44)	1,29 (0,15)	1,54 (0,28)	2,66 (0,16)	3,53 (0,28)	4,30 (0,67)	4,73 (0,70)	7,08 (1,07)	7,62 (1,08)
	A.A.	1,89 (0,18)	2,68 (0,24)	2,99 (0,25)	4,64 (0,30)	6,28 (0,92)	7,19 (0,41)	8,31 (0,80)	12,55 (1,66)	13,86 (1,09)
<b>G8</b>	K.A.	0,91 (0,27)	1,24 (0,15)	1,44 (0,22)	2,57 (0,34)	3,88 (0,69)	4,64 (0,40)	4,86 (0,34)	6,34 (0,60)	6,77 (0,54)
	A.A.	1,56 (0,13)	2,19 (0,22)	2,8 (0,28)	4,28 (0,37)	6,06 (0,64)	6,98 (0,78)	7,88 (0,73)	12,12 (0,95)	12,99 (0,90)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. K.A.: kahlılıkça Artış; A.A.: Ağırılıkça Artış.

Çizelge Ek A.19. C grubu kompozitlere ait su alma değerleri (%).

		2	6	12	24	48	72	96	168	336
		Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
<b>C1</b>	K.A.	0,24 (0,13)	0,48 (0,19)	0,58 (0,13)	0,93 (0,22)	1,99 (0,13)	2,08 (0,22)	2,88 (0,29)	3,43 (0,40)	4,00 (0,47)
	A.A.	0,94 (0,21)	1,64 (0,21)	1,73 (0,24)	2,08 (0,21)	2,96 (0,24)	3,38 (0,27)	3,88 (0,24)	5,52 (0,16)	6,88 (0,33)
<b>C2</b>	K.A.	0,25 (0,09)	0,39 (0,16)	0,64 (0,29)	1,55 (0,25)	2,08 (0,34)	2,23 (0,44)	2,96 (0,53)	3,74 (0,75)	3,75 (0,86)
	A.A.	0,91 (0,04)	1,47 (0,34)	2,11 (0,24)	2,87 (0,20)	3,76 (0,21)	4,17 (0,24)	4,76 (0,22)	6,61 (0,21)	7,98 (0,32)
<b>C3</b>	K.A.	0,33 (0,12)	0,5 (0,23)	0,78 (0,18)	1,48 (0,13)	2,03 (0,25)	2,14 (0,39)	2,95 (0,49)	3,91 (0,56)	4,07 (0,58)
	A.A.	0,74 (0,20)	1,16 (0,23)	1,73 (0,48)	2,10 (0,32)	2,53 (0,37)	2,96 (0,35)	3,48 (0,40)	4,93 (0,52)	7,98 (0,52)

<b>C4</b>	K.A.	0,23 (0,07)	0,61 (0,15)	0,75 (0,26)	1,15 (0,26)	2,41 (0,31)	2,37 (0,31)	3,30 (0,40)	3,94 (0,43)	4,64 (0,64)
	A.A.	1,34 (0,39)	1,72 (0,44)	1,69 (0,42)	2,39 (0,60)	3,01 (0,51)	3,74 (0,43)	4,11 (0,45)	5,21 (0,54)	7,52 (0,42)
<b>C5</b>	K.A.	0,38 (0,24)	0,47 (0,38)	0,63 (0,25)	1,47 (0,34)	1,96 (0,35)	2,27 (0,40)	2,83 (0,35)	3,56 (0,27)	4,03 (0,30)
	A.A.	0,76 (0,11)	1,12 (0,07)	1,06 (0,10)	1,86 (0,09)	2,52 (0,11)	2,45 (0,15)	3,2 (0,17)	4,82 (0,22)	5,59 (0,26)
<b>C6</b>	K.A.	0,38 (0,17)	0,55 (0,10)	0,43 (0,32)	0,71 (0,31)	1,72 (0,29)	1,61 (0,33)	2,43 (0,40)	3,22 (0,55)	3,58 (0,51)
	A.A.	0,71 (0,17)	1,32 (0,24)	1,39 (0,22)	1,74 (0,24)	2,35 (0,24)	2,71 (0,24)	3,17 (0,24)	4,36 (0,24)	5,61 (0,35)
<b>C7</b>	K.A.	0,47 (0,34)	0,82 (0,38)	1,17 (0,28)	1,06 (0,29)	2,18 (0,46)	2,3 (0,32)	2,96 (0,51)	4,27 (0,39)	4,67 (0,47)
	A.A.	1,84 (0,81)	2,64 (1,07)	2,33 (0,68)	3,09 (0,56)	3,86 (0,44)	4,64 (0,55)	5,14 (0,67)	7,22 (0,84)	8,81 (0,70)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. K.A.: kalınlıkça Artış; A.A.: Ağırlıkça Artış.

Çizelge Ek A.20. P grubu kompozitlere ait su alma değerleri (%).

		2	6	12	24	48	72	96	168	336
		Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
<b>P1</b>	K.A.	0,34 (0,04)	0,69 (0,25)	1,27 (0,34)	2,79 (0,63)	3,41 (0,85)	3,95 (1,09)	4,34 (1,34)	6,04 (1,58)	7,46 (1,49)
	A.A.	1,27 (0,16)	2,26 (0,22)	3,00 (0,23)	4,25 (0,22)	5,65 (0,31)	6,7 (0,51)	7,53 (0,75)	8,64 (1,00)	11,44 (1,77)
<b>P2</b>	K.A.	0,46 (0,18)	1,06 (0,45)	1,36 (0,41)	1,77 (0,80)	2,79 (0,92)	3,16 (1,09)	3,94 (1,37)	4,41 (1,75)	5,10 (1,94)
	A.A.	1,40 (0,62)	2,05 (0,74)	2,09 (0,79)	3,17 (1,17)	4,11 (1,44)	4,81 (1,58)	5,63 (1,81)	7,08 (2,27)	9,62 (2,81)
<b>P3</b>	K.A.	1,08 (0,88)	1,71 (0,60)	1,83 (0,57)	2,98 (0,26)	3,27 (0,49)	4,05 (0,43)	5,19 (0,56)	6,10 (0,32)	7,66 (1,25)
	A.A.	1,79 (0,16)	2,80 (0,17)	2,90 (0,22)	4,58 (0,37)	6,09 (0,59)	7,07 (0,70)	8,19 (0,73)	9,63 (0,75)	12,98 (1,62)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. K.A.: kalınlıkça Artış; A.A.: Ağırlıkça Artış.

Çizelge Ek A.21. M grubu kompozitlere ait su alma değerleri (%).

		2	6	12	24	48	72	96	168	336
		Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
<b>M1</b>	K.A.	0,31 (0,19)	0,58 (0,20)	1,11 (0,35)	1,57 (0,47)	1,84 (0,92)	1,91 (0,95)	2,78 (1,26)	3,34 (1,26)	3,87 (1,30)
	A.A.	1,51 (0,69)	1,99 (0,45)	2,02 (0,55)	2,73 (0,43)	3,14 (0,28)	3,71 (0,51)	4,25 (0,36)	5,96 (0,69)	6,35 (1,30)
<b>M2</b>	K.A.	0,31 (0,11)	0,51 (0,13)	0,98 (0,12)	1,56 (0,16)	1,70 (0,22)	2,49 (0,20)	2,80 (0,21)	3,98 (0,40)	4,69 (0,43)
	A.A.	1,16 (0,10)	1,95 (0,12)	1,92 (0,13)	2,61 (0,12)	3,39 (0,15)	3,91 (0,14)	4,41 (0,18)	6,49 (0,19)	7,93 (0,14)
<b>M3</b>	K.A.	0,50 (0,17)	0,84 (0,23)	1,41 (0,18)	1,80 (0,35)	2,71 (0,44)	3,36 (0,59)	4,02 (0,28)	5,70 (0,90)	6,50 (0,98)
	A.A.	1,48 (0,08)	1,88 (0,12)	2,50 (0,08)	3,48 (0,20)	4,60 (0,28)	5,43 (0,25)	6,43 (0,19)	8,77 (0,34)	10,67 (0,36)
<b>M4</b>	K.A.	0,64 (0,18)	1,26 (0,17)	1,66 (0,32)	2,69 (0,19)	3,45 (0,23)	3,99 (0,31)	4,37 (0,60)	5,27 (1,35)	7,52 (1,58)

	A.A.	1,70 (0,10)	2,39 (0,16)	2,86 (0,19)	3,92 (0,11)	5,32 (1,54)	5,84 (0,26)	6,76 (0,28)	8,38 (1,47)	12,02 (1,60)
<b>M5</b>	K.A.	0,80 (0,34)	1,67 (0,21)	2,00 (0,23)	2,48 (0,21)	3,74 (0,57)	4,48 (0,26)	4,97 (0,24)	6,67 (0,64)	8,27 (1,06)
	A.A.	1,74 (0,17)	2,76 (0,19)	3,10 (0,24)	4,18 (0,35)	5,76 (0,48)	6,43 (0,55)	7,32 (0,62)	10,40 (0,99)	12,59 (1,26)
<b>M6</b>	K.A.	1,00 (0,24)	1,80 (0,37)	2,09 (0,34)	2,44 (0,80)	3,97 (0,89)	4,57 (0,96)	5,11 (1,00)	7,33 (1,23)	7,66 (1,05)
	A.A.	1,94 (0,19)	3,01 (0,14)	3,29 (0,21)	4,70 (0,22)	6,42 (0,35)	7,37 (0,34)	8,40 (0,47)	11,61 (0,39)	13,83 (0,45)

\*Parantez içindeki değerler standart sapmadır. K.A.: kalınlıkça Artış; A.A.: Ağırlıkça Artış.

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**TEZ KAPSAMINDA PLANLANAN T ÇEKTİRME BAĞLANTI  
ELEMENLARININ ÜRETİLEMEME NEDENİ**

T çekirme bağlantı elemanlarının kalıp basma işlemi sırasında sıkışarak parçanın içinde kırılması neticesinde kalıbın içinde çapak oluşturarak kalıpta tamiri zorunlu kılan durum meydana gelmiştir. Üreticisi GETHAM (Gaziantep Endüstriyel Tasarım ve Hibrit Modelleme Merkezi) tarafından kalıp üretim yerinde kalıp tamiri yapılmış ve yeniden Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesine getirilip tekrar deneme yapılmış ve kalıpsal sıkıntı tekrar etmiştir. Ayrıca, GETHAM aracılığı ile piyasadaki yerel bir firmaya Bölüm 5.2 reçetesine göre hazırlanan ekstruder çıktısı ile T çekirme bağlantı elemanlarının üretimi denenmiştir. Fakat, sınırlı sayıda üretimi yapılabilen T çekirme bağlantı elemanlarının birleşim yerinde ayrılmalar meydana gelmiş ve yine kalıpsal problemler devam etmiştir. Bu durum üzerine hazırlanan yeni üretim reçetesine (Bölüm 5.3) göre Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde T çekirme bağlantı elemanlarının üretim denemesi yeniden yapılmıştır fakat aynı problem burada da ortaya çıkmıştır. T çekirme bağlantı elemanlarının üretimindeki kalıpsal problemlerin her denemede süreklilik arz edebileceği kalıp üreticisi tarafından beyan edilmiştir. 80-100 kg ağırlığındaki kalıbın montaj-demontaj işleminin insan gücü ile yapılması, üretici firmaya tamiri için nakliyesi, tamir için beklenen süre ve kalıbın tamir sonrası geri nakliye işlemlerinin maliyeti ile zaman kaybı göz önüne alındığında ve kalıpta parça sıkışma probleminin devam etmesi nedeniyle T çekirme bağlantı elemanlarının kalıp basma işlemi yapılamamıştır. Bu durumlar göz önüne alınarak T çekirme bağlantı elemanlarının üretimi tez kapsamından çıkarılmıştır.



Şekil B.1. T çekirme bağlantı elemanında kullanılan maçanın kalıpta kırılmasına ait görünüş.



Şekil B.2. T çekirme bağlantı elemanının birleşim yerinde meydana gelen ayrılmalardan bir görünüş.

**EK AÇIKLAMALAR C.**

**ÜRETİMİ GERÇEKLEŞTİRİLEN ‘L’ BAĞLANTI ELEMANLARININ TEZ  
KAPSAMINDA KULLANILAMAMA NEDENİ**



Bölüm 5.2.' de enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen lignoselülozik dolgu maddesi katkılı döküm poliamid 6 (PA6G)-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitler başlığı altında yer alan üretim reçetesine göre her bir grup için 200' er adet olmak üzere toplamda 600 adet 'L' bağlantı elemanlarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Fakat sunta vidaları ile 'L' bağlantı elemanlarının levhaya montajı sırasında kopmalar ve çatlamlar meydana gelmiştir. Bu nedenden dolayı bu ürünlerin tez kapsamında kullanımını gerçekleştirilememiştir.



Şekil 1.C. L bağlantı elemanlarının montajı sırasında meydana gelen kopmalar ve çatlamalardan bir görünüş.

## ÖZGEÇMİŞ

Belgin ŞEKER HIRÇIN, 2006 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Lisans eğitime başlamış ve 4 yılda tamamlamıştır. Yüksek Lisans Eğitime 2010 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış ve 2012 yılında tamamlamıştır. Doktora Eğitime ise 2015 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamıştır. 2014 yılından bu yana Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.