



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**POLİMER MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
POLİMER MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**FINDIK KABUĞU VE TALK DOLGULU POLİPROPİLEN
KOMPOZİTLERİN MEKANİK VE ISIL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER CENGİZ

**DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi İDRİS KARAGÖZ
ORTAK DANIŞMAN: Prof. Dr. HALİL DEMİRER**

**YALOVA
NİSAN 2022**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

POLİMER MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
POLİMER MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

FINDIK KABUĞU VE TALK DOLGULU POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN
MEKANİK VE ISIL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER CENGİZ
195101025

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi İDRİS KARAGÖZ
ORTAK DANIŞMAN: Prof. Dr. HALİL DEMİRER

YALOVA
NİSAN 2022

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Ömer CENGİZ



Annem'e ithafen,





ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda, fındık kabuğu tozu hazırlanmasından tezin bitimine kadar olan süreçte bana her türlü kaynağı sağlayan, üstün bilgisiyle tecrübelerini aktaran, tez çalışmam süresinde önerileri ile yönlendiren, desteğini ve emeğini esirgemeyen, değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İdris KARAGÖZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fındık kabuğu tozu ve ekstrüzyon yöntemiyle granül üretiminde desteğini esirgemeyen ve tecrübelerini aktaran hocam Sayın Prof. Dr. Halil DEMİRER'e teşekkür ederim.

Enjeksiyon yöntemi ile numune üretiminde bana destek olan Çağdaş ASLAN'a teşekkür ederim.

Enjeksiyon yöntemi ile numune üretiminde ve sonrasında yapılan testler ile ilgili Yalova Üniversitesindeki arkadaşlara teşekkür ederim.

Enjeksiyon yöntemi ile üretilen numunelerde yapılan testler ile ilgili bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen iş arkadaşım Emel GÜNGÖR'e teşekkür ederim.

Bu çalışma, Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2021/YL/0004 nolu proje ile desteklenmiştir. Bu nedenle, Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederim.

Tez çalışmamda her zaman yanımda olan ve desteğini bir an olsun esirgemeyen eşim Melek Irmak CENGİZ'e ve çocuklarım Yiğit Ali CENGİZ, Ata Mert CENGİZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan – 2022

Ömer CENGİZ



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Literatür Araştırması	3
1.3. Hipotez	9
2. MALZEME VE METOT	10
2.1. Malzemeler	10
2.1.1. Polipropilen.....	11
2.1.2. Fındık kabuğu (FK)	12
2.1.3. Talk.....	13
2.1.4. SEBS (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren).....	14
2.1.5. SEBS-g-MA (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren Graft Edilmiş Maleik Anhidrit)	15
2.1.6. Kaydırıcı	16
2.1.7. Antioksidan.....	16
2.2. Fındık Kabuğunun Öğütülmesi ve Sınıflandırılması.....	16
2.3. Ekstrüzyon Makinesinde Malzemelerin Granül Haline Getirilmesi	17
2.4. Enjeksiyon Makinesinde Test Numunelerinin Üretilmesi	18
2.5. Çekme Testi.....	20
2.6. Üç Nokta Eğme Testi	21
2.7. Darbe Testi	21
2.7.1. Charpy darbe testi	22
2.7.2. Izod darbe testi.....	22
2.8. Yoğunluk Ölçümü	23
2.9. Eriyik Akış İndisi (MFI) Testi.....	23
2.10. Isıl Deformasyon Testi (HDT)	24



2.11. VICAT Yumuşama Sıcaklığı Testi	25
2.12. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC).....	25
2.13. Kül Tayini.....	26
2.14. Spektrometre (FTIR) Analiz.....	26
2.15. Termogravimetrik Analiz (TGA)	27
2.16. Sertlik Ölçümü	28
2.17. Parlaklık (Gloss) Ölçümü.....	29
2.18. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleme	30
3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	33
3.1. Çekme Testi Sonuçları	33
3.2. Eğme Testi Sonuçları	35
3.3. Darbe Testi Sonuçları.....	37
3.4. Yoğunluk Testi Sonuçları.....	39
3.5. Eriyik Akış İndisi Sonuçları (MFI)	40
3.6. Isıl Deformasyon Testi Sonuçları (HDT).....	41
3.7. Vicat Yumuşama Sıcaklığı Testi Sonuçları.....	42
3.8. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Testi Sonuçları.....	44
3.9. Kül Testi Sonuçları.....	46
3.10. Spektrometre Analiz (FTIR)Sonuçları	46
3.11. Termogravimetrik Analiz (TGA) Testi Sonuçları.....	48
3.12. Sertlik Ölçümü	51
3.13. Gloss Ölçümü.....	52
3.14. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülemeleri.....	54
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
4.1. Sonuçlar.....	67
4.2. Öneriler.....	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	77
TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER.....	77
DİĞER YAYIN VE ESERLER	77

KISALTMALAR LİSTESİ

KISALTMALAR

CPE	: Klorlanmış Polietilen
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
DTG	: Diferansiyel Termal Gravimetre
EB	: Etilen Butadien
EPDM	: Etilen Propilen Dien Monomer Kauçuğu
EVA	:Etilen Vinil Asetat
FK	: Fındık Kabuğu
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GU	: Gloss Unit Parlaklık Birimi
HDT	: Isıl Deformasyon Sıcaklığı
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
LHP	: L-histidiniumdihidrojen Fosfat-fosforik Asit
MA	: Maleik Anhidrit
MAPP	: Maleik Anhidritli Polipropilen
MFI	: Eriyik Akış İndisi
NBR	: Nitril Kauçuk
PE	: Polietilen
PIB	: Polibüten
PP	: Polipropilen
PP-g-MA	: Maleik Anhidrit ile Graft edilmiş Polipropilen
SEBS	: Stiren Etilen-Butilen Stiren Blok Kopolimer
SEBS-g-MA	: Maleik Anhidrit ile Graft Edilmiş Stiren Etilen-Butilen Stiren Blok Kopolimer
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu
Tc	: Kristallenme Sıcaklığı
TDS	: Teknik Bilgi Formu
TG	: Termogravimetrik
TGA	: Termogravimetrik Analiz
Tm	: Erime sıcaklığı
TPE	: Termoplastik Elastomer
TPO	: Termoplastik poliolefin
UV	: Ultraviyole
VICAT	: Vicat Yumuşama Sıcaklığı



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan karışım oranları	11
Tablo 2.2. Petkim MH 418 kodlu PP'nin Termal, fiziksel ve mekanik özellikleri.....	11
Tablo 2.3. Fındık kabuğu kimyasal analizi	12
Tablo 2.4. Fındık kabuğu içeriği	13
Tablo 2.5. Talkın kimyasal içeriği	14
Tablo 2.6. SEBS fiziksel ve mekanik özellikleri	15
Tablo 2.7. SEBS-g-MA fiziksel ve mekanik özellikleri	16
Tablo 2.8. Enjeksiyon parametreleri.	20
Tablo 3.1. Çekme testi sonuçları.....	33
Tablo 3.2. Üç nokta eğme testi sonuçları.....	35
Tablo 3.3. Darbe test sonuçları	37
Tablo 3.4. Yoğunluk testi sonuçları	40
Tablo 3.5. Eriyik akış indisi sonuçları	41
Tablo 3.6. HDT testi sonuçları.....	41
Tablo 3.7. Vicat Sıcaklığı testi sonuçları.	42
Tablo 3.8. DSC test sonuçları	44
Tablo 3.9. Kül Testi Sonuçları	46
Tablo 3.10. TGA/DTG Test Ölçüm Sonuçları.....	50
Tablo 3.11. Sertlik Ölçüm Test Sonuçları.....	52
Tablo 3.12. Gloss Testi Ölçüm Sonuçları	53
Tablo 3.13. Parlaklık seviyeleri ve karşılık gelen değerlendirmeler.....	53



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dünyada kompozit kullanılan alanlar	3
Şekil 1.2. Kompozit malzeme örnekleri.....	4
Şekil 2.1. Fındık kabuğunun şekli ve özellikleri.....	13
Şekil 2.2. Maleikanhidridin polimer zincirine graft edilme reaksiyonu	15
Şekil 2.3. a) Laviol HC-500Y marka öğütücü, b) Elenmemiş Fındık Kabuğu Tozu.....	16
Şekil 2.4. a) Eleme Makinesi b) Elenmiş Fındık Kabuğu Tozu	17
Şekil 2.5. a) ve b) Gülnar ekstrüder makinesi, c) Granül Hammadde	18
Şekil 2.6. Enjeksiyon Makinesi ve Kullanılan kalıp	19
Şekil 2.7. Kalıplanmış Numune	19
Şekil 2.8. Instron 3366 Marka Çekme Test Cihazı	20
Şekil 2.9. Instron 3366 Marka Eğme Test Cihazı	21
Şekil 2.10. Devotrans CD-I Marka Darbe Test Cihazı	22
Şekil 2.11. Metler ToledoMarka Yoğunluk Ölçüm Cihazı.....	23
Şekil 2.12. ZwickRoell Marka MFI Ölçüm Cihazı.....	24
Şekil 2.13. Ceast HV3 HDT sıcaklık ölçüm cihazı.....	24
Şekil 2.14. Q 2000 marka DSC Test Ölçüm Cihazı.....	25
Şekil 2.15. Thermomac marka kül tayini ölçüm cihazı	26
Şekil 2.16. Perkin ElmerSpectrum 100 FTIR Cihazı.....	27
Şekil 2.17. EXSTAR TG/DTA 6300 Test Ölçüm Cihazı	28
Şekil 2.18. Sertlik ölçüm cihazı	28
Şekil 2.19. Işığın yüzey üzerindeki davranışı	29
Şekil 2.20. Sertlik ölçüm cihazı	30
Şekil 2.21. INSPECT S50SEM görüntüleme cihazı	31
Şekil 3.1. Çekme mukavemet değerlerinin karşılaştırılması.....	34
Şekil 3.2. Çekme elastisite modüllerinin karşılaştırılması	35
Şekil 3.3. Eğme mukavemeti karşılaştırılması	37
Şekil 3.4. Darbe testi sonuçları karşılaştırılması	38
Şekil 3.5. Darbe testi sonuçları karşılaştırılması	39
Şekil 3.6. FTIR analizi PPht01-PPht05 sonuçları karşılaştırılması.....	47
Şekil 3.7. FTIR analizi PPht06-PPht012 sonuçları karşılaştırılması.....	48
Şekil 3.8. TGA analizi PPht01-PPht06 sonuçları karşılaştırılması	48
Şekil 3.9. TGA analizi PPht06-PPht12 sonuçları karşılaştırılması	49



Şekil 3.10. TGA analizi PPht01-PPht12 DTG sonuçları karşılaştırılması.....	51
Şekil 3.12. PPht02 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	55
Şekil 3.13. PPht03 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	56
Şekil 3.14. PPht04 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	57
Şekil 3.15. PPht05 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	58
Şekil 3.16. PPht06 numunenin 200X, 1000X, 2000X,5000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri	60
Şekil 3.17. PPht07 numunenin 200X, 1000X, 2000X,5000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri	61
Şekil 3.18. PPht08 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000Xbüyütme mikro yapı görüntüleri	62
Şekil 3.19. PPht09 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X, büyütme mikro yapı görüntüleri	63
Şekil 3.20. PPht10 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	64
Şekil 3.21. PPht11 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	65
Şekil 3.22. PPht12 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikro yapı görüntüleri.....	66



FINDIK KABUĞU VE TALK DOLGULU POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN MEKANİK VE ISIL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

PP matrisli polimer kompozitlerde, fındık kabuğu inorganik dolgu malzemesine alternatif olan bir organik dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Ülkemizde fındık üretiminin bol olması ve buna bağlı olarak fındık kabuğunun kolay bulunması, düşük maliyeti ve sahip olduğu kendine has rengi ile polimer matrisli kompozitlerde, fındık kabuğu dolgu malzemesi olarak tercih edilmektedir. Bu çalışmada; atık halinde ülkemiz ekonomisine bir katma değer üretmeyen ve yakılarak tüketilen fındık kabuklarından, PP içerisine talk, SEBS, SEBS-g-MA ile birlikte farklı oranlarda katılarak organik ve inorganik katkılı polimer hibrid kompozit elde edilmiştir. Fındikkabuğu katkılı hibrid kompozitlerin mekanik özellikleri (çekme, eğme, darbe, sertlik ölçümü vb.), termal özellikleri (HDT, VICAT, DSC, MFI, TGA vb.) ve oluşan mikro yapılar (SEM) deneysel olarak incelenmiştir. PP içerisine, fındık kabuğu ve talk ilave edildiğinde, hazırlanan karışımların çekme mukavemeti düşmüş, çekme elastisite modülü ise artmıştır. Ancak SEBS ve SEBS-g-MA ilavesi sonrası çekme elastisite modülünde de düşme gözlemlenmiştir. Eğme mukavemet ve eğme elastisite modülünde genel anlamda pozitif yönde bir artış görülürken, SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde ise elastisite modülünde düşme tespit edilmiştir. Fındık kabuğu ve talk ilavesiyle darbe mukavemetleri azalmış, ancak SEBS ve SEBS-g-MA oranının %3'ten fazla olduğu karışımlarda ise, darbe mukavemetinde artış görülmüştür. En yüksek darbe mukavemeti %9'luk SEBS-g-MA ilave edilen karışımlardan elde edilmiştir. Genel olarak fındık kabuğu ve talk ilavesiyle hazırlanan karışımların, yoğunluk, HDT, VICAT, kristal erime başlama ve kristallenme sıcaklığında artış görülürken, MFI değeri ve Tm sıcaklığında azalma gözlemlenmiştir. Yapılan sertlik ölçümlerinde, tüm karışımlarda Shore D sertliğinde bir miktar artış gerçekleşmiş, fakat karışıma SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde sertliğin düştüğü tespit edilmiştir. Yüzey parlaklık ölçümünde tüm numunelerde, fındık kabuğu rengine bağlı olarak referans numuneye oranla daha düşük GLOSS değeri ölçülmüştür. TGA ve kül testinde kalan kalıntı miktarlarının talk ile doğru orantılı olduğu ve karışımların homojen bir şekilde yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak, fındık kabuğunun dolgu malzemesi olarak polimer kompozit üretiminde kullanılabileceği, yapıya farklı inorganik malzeme ilavesiyle üretilen hibrid kompozitlerin mekanik ve ısı özelliklerinin iyileştirilebileceği ve çevre ile uyumlu daha ekonomik ürünlerin üretilabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fındık kabuğu, Organik dolgu malzemesi, Hibrid kompozitler



INVESTIGATION OF MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF HAZELNUT SHELL AND TALC FILLED POLYPROPYLENE COMPOSITES

ABSTRACT

In PP matrix polymer composites, hazelnut shell can be used as an organic filling material as an alternative to inorganic filling material. In our country, hazelnut shell is preferred as a filling material in polymer matrix composites due to the abundance of hazelnut production and, accordingly, the easy availability of hazelnut shells, their low cost and unique colour. In this study, organic and inorganic additive polymer hybrid composite was obtained by adding talc, SEBS, SEBS-g-MA to PP in different proportions from hazelnut shells, which do not produce any added value to our country's economy in the form of waste and are consumed by burning. Mechanical properties (tensile, bending, impact, hardness measurement, etc.), thermal properties (HDT, VICAT, DSC, MFI, TGA, etc.) and formed microstructures (SEM) of hybrid composites with hazelnut shell were experimentally investigated. When hazelnut shell and talc were added to PP, the tensile strength of the prepared mixtures decreased, and the tensile elasticity module increased. However, a decrease was observed in the tensile modulus of elasticity after the addition of SEBS and SEBS-g-MA. While there was a positive increase in the bending strength and bending modulus of elasticity in general, a decrease was observed in the elasticity modulus when SEBS and SEBS-g-MA were added. Impact strength decreased with the addition of hazelnut shell and talc, but an increase in impact strength was observed in mixtures with SEBS and SEBS-g-MA ratio more than 3%. The highest impact strength was obtained from mixtures with 9% SEBS-g-MA added. In general, the density, HDT, VICAT, crystal melting initiation and crystallization temperature of the mixtures prepared with the addition of hazelnut shell and talc increased, while a decrease was observed in the MFI value and T_m temperature. In the hardness measurements, there was a slight increase in Shore D hardness in all mixtures, but it was determined that the hardness decreased when SEBS and SEBS-g-MA were added to the mixture. In the surface gloss measurement, lower GLOSS value was measured in all samples compared to the reference sample, depending on the hazelnut shell colour. It was concluded that the residual amounts remaining in the TGA and ash test were directly proportional to the talc and the mixtures were made homogeneously. As a result, it is thought that hazelnut shell can be used as a filling material in the production of polymer composites, the mechanical and thermal properties of hybrid composites produced by adding different inorganic materials to the structure can be improved, and more economical products compatible with the environment can be produced.

Keywords: Hazelnut shell, Organic filling material, Hybrid composites



1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda, diğer malzemelere oranla ekonomik olması, bakteri üretmemesi, daha düşük sıcaklıklarda ve kolay işlenebilmeleri gibi nedenlerle plastik malzeme kullanımı tercih edilmektedir [1]. Plastik malzemeler tek başına kullanıldıklarında beklenen mekanik ve diğer özelliklerde istenilen performansı çoğu zaman sağlamazlar. Ancak; son kullanıcıların talepleri doğrultusunda plastik türüne uygun olan katkı ve dolgu malzeme ilavesi yapılarak farklı ısı ve mekanik özelliklere sahip polimer karışımları hazırlanabilmektedir [2,3].

Plastiklerin herhangi bir ilave katkı ya da dolgu malzemesi olmaksızın saf halde kullanımı, üretilen ürünün mekanik, ısı ve diğer özelliklerinin üründen beklenen değerlerin altında kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle polimer malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla ilave edilen katkı malzemeleri, ürün çeşitliliğinin artmasına ve üründen beklenen özelliklerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu amaçla, iki veya daha fazla organik ya da inorganik malzemenin uygun olan özelliklerini tek bir malzemedeki toplamak ve yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde birleştirilme ile oluşturulan hafif yapı malzemeler üretilmektedir. Üretilen bu malzemeler kompozit malzemeler olarak isimlendirilmektedir. Kompozit malzemelerin üretiminde polimer içerisine katılan katkı maddeleri organik ve inorganik malzemelerden oluşabilir. Kullanım amacı ve yerine göre; inorganik malzemeler talk, CaCO_3 , silika, cam lifi vb. organik malzemeler, fındık kabuğu, keten lifi, odun talaşı vb. malzemeler olabilir [4].

Günümüzde, çevreye duyarlılık, sürdürülebilirlik ve maliyet gibi nedenlerle, yenilenebilir malzemelerin kullanımı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu sayede katma değer sağlamayan pek çok tarımsal atık ülkelerin ekonomisine katkı sağlamaktadır. Dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi, ülkemizde de bu tür tarımsal atıkların kullanılmasıyla polimer kompozit üretilmesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde bol bulunması, kendine has rengi, yenilenebilir olması, kolayca ulaşılması, çevreci ve rekabetçi olması, kullanıldığında fiyat avantajı sağlaması ve sahip olduğu diğer özellikler nedeniyle fındık kabuğu atıkları en çok dikkat çeken tarımsal atıkların başında gelmektedir [4].

Endüstride kullanım oranları dikkate alındığında en yaygın kullanım alanına sahip olan plastik malzemelerin başında PP (polipropilen) ve PE (polietilen) gelmektedir.

Matris malzemesi olarak PP kullanılarak hem inorganik hem organik malzemelerden oluşan ya da her iki malzeme türünün belirli oranlarda birlikte kullanıldığı polimer kompozitler hazırlanmaktadır. Bu şekilde hazırlanmış malzemelere hibrid malzemeler denilmektedir. Hibrid malzeme ile üretilecek ürünlerde üstün mekanik özelliklerin yanı sıra doğal bir görünümde kazanılmaktadır. Bu sayede ilave renk için katkıya ihtiyaç kalmamaktadır. Üretilen ürünle otomotivde, bina dış cephe giydirmelerinde, havacılık vb. sanayilerde kullanılmaktadır [5].

İnorganik ve organik malzemelerin birlikte kullanıldığı hibrid kompozitlerde mekanik özelliklerinde iyileştirme amaçlı bazı termoplastik elastomerlerde karışıma ilave edilmektedir. Termoplastik elastomer malzemeler yapıya dahil edildiğinde genel olarak üründe esneklik sağlamakta ve bu da ürünün darbe mukavemetinde (İzod ve Charpy) iyileştirme sağlamaktadır [6].

Bu nedenle bu çalışmada organik (findık kabuğu) ve inorganik (talk, SEBS, SEBS-g-MA) katkılı PP matrisli hibrid kompozitler hazırlanacak, katkı ve dolguların birlikte kullanımı ve ayrı kullanılmasının PP'nin ısı ve mekanik özelliklerine etkisi incelenecektir. Atık halinde bir katma değer üretmeyen findık kabuklarının ekonomiye kazandırılması ve findık kabuğu kullanılarak hazırlanan hibrid kompozitlerin kullanım alanlarının geliştirilmesine çalışılacaktır.

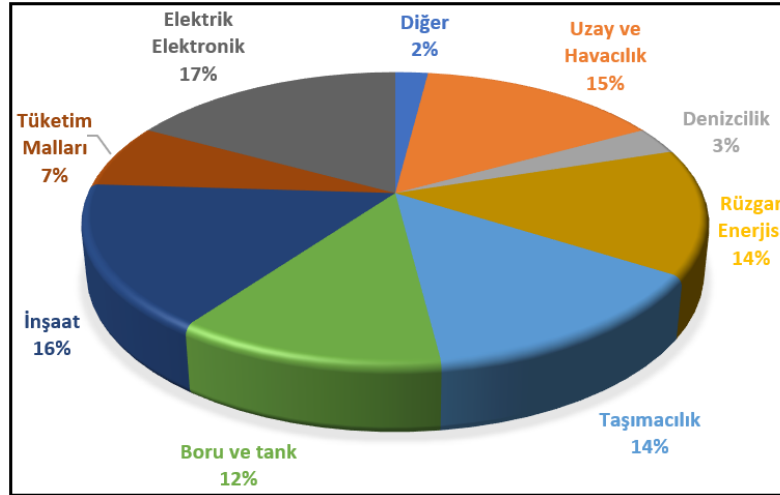
1.1. Tezin Amacı

Tabiatla, kabuklu yemişlerin yetiştiği birçok bitki çeşidi mevcuttur. Genellikle bu kabuklu yemişlerin iç kısmı alınıp satılmakta fakat kabuk kısmı ise yakılmaktadır. Ülkeye katma değer sağlamayan yakma işlemi yerine katma değer sağlayan kompozit malzeme üretimlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, kabuklu yemişlerden biri olan ve ülkemizde bol bulunan findık ve onun atığı tarımsal atığı olan findık kabuğu kullanılmıştır. Çalışmada findıkkabuğunun tercih edilmesinde, dünya üzerindeki tüm findık üretiminin yaklaşık %70'inin ülkemizde olması ve bu nedenle bol miktarda bulunması, kolay temin edilebilmesi, selüloz esaslı olması, göreceli olarak sert bir yapıda olması, kendine has rengi gibi pek çok etken etkili olmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda findık kabuğundan aktif karbon yapılarak atık su artımında kullanılmış fakat olumlu sonuçlar alınmasına rağmen aktif karbon üretiminin maliyetli olması vb. nedenlerle beklenen ilgiyi görmemiştir [7].

Bu çalışmada; tarımsal bir atık olan, küçük bir kısmı pudra haline getirilip çikolata gibi bazı gıda maddelerinde gıda katkısı olarak kullanılsa da büyük çoğunluğu yakılarak tüketilen ve atık halinde ülkemiz ekonomisinde katma değer üretmeyen fındık kabuklarının polipropilen matrisli hibrid kompozitlerin üretiminde, farklı oranlarda talk, SEBS (Stiren Etilen-Butilen Stiren) ve SEBS-g-MA (Maleik Anhidrit ile graft edilmiş Stiren Etilen-Butilen Stiren) eklenerek ısı ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi, en uygun karışım oranlarının belirlenmesi ve katma değeri yüksek doğa ile uyumlu farklı alanlarda kullanılabilecek ürünlere dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

1.2. Literatür Araştırması

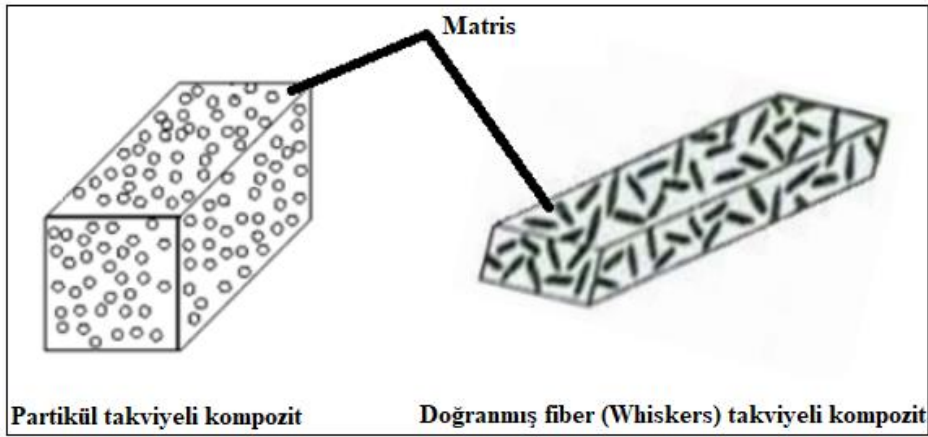
Makro ölçüde birbirinden farklı, iki veya daha fazla bileşenin bir ara yüzey boyunca kimyasal reaksiyon olmadan ve kendi özelliklerini kaybetmeden bir araya gelmesi ile oluşan malzemeler kompozit malzemeler olarak isimlendirilmektedir. Kompozit malzeme üretimindeki amaç, tek başına kullanımı uygun olmayan, birbiri içinde çözünmeyen malzemeleri birleştirerek kullanım alanına uygun yeni özelliklerin üretilen malzemelere kazandırılmasıdır. Bu özelliklerin bazıları; dayanım, hafiflik, tokluk, termal ve elektrik iletkenliği, korozyona karşı direnç sağlanması vb. şeklinde sıralanabilir [8]. Dünyada kompozit kullanılan alanlar Şekil 1.1’de belirtilmiştir.



Şekil 1.1. Dünyada kompozit kullanılan alanlar [8]

Malzeme bilimi açısından değerlendirildiğinde, kompozitler nispeten yeni ve ileri teknolojiye sahip malzemeler olarak görülmektedir. En önemli özellikleri ise mikro düzeyde yapının homojen olması şeklinde ifade edilebilir.

Kompozit malzemeler yapı itibari ile matris ana fazı ve bunun içinde dağılmış takviye kısmından oluşmaktadır. Kompozit parçalar dayanımını genel olarak sert ve gevrek olan takviye malzemelerinde alırlarken, malzemelerin bir arada tutulmasını, tokluk ve süneklik özelliklerini ise matris malzemesinden alırlar. Kompozitin dayanımını, matrisi yapı ve takviye malzemesinin boyutu, yönlenmesi homojen dağılımı gibi faktörler etkilemektedir. Şekil 1.2’de partikül ve doğranmış fiber takviyeli kompozit yapıların görünümü şematik olarak verilmiştir [9].



Şekil 1.2. Kompozit malzeme örnekleri [9]

Matris, kompozit parçaya şeklini veren, takviye malzemesini dış etkenlerden koruyan, takviye malzemesine üzerindeki yükü aktaran, mekanik veya termal özelliklerini takviye malzemesi ile artıran malzemelerdir. Matris ana fazı; seramik, metal ve polimer malzemelerden olabilir. Takviye, kompozit malzemeye dayanım, rijitlik, boyutsal kararlılık ve diğer mekanik özellikleri sağlayan malzemelerdir. Takviye olarak genellikle lifler, elyaflar, karbür, ve ahşap vb. malzemeler kullanılmaktadır. Kompozit üretiminde organik veya inorganik malzemeler tek başlarına veya birlikte kullanılmaktadır. Polimer matrisli kompozit malzemelerde iki farklı takviye malzemesinin kullanılması kompozit malzemeye tek tip takviye malzemesi ile kazandırılmayan farklı özellikleri kazandırmaktadır. Bu özellikler kısaca maliyet, işleme kolaylığı, düşük yoğunluk, estetik, mukavemet ve aşınma dayanımı şeklinde sayılabilir [10-12].

Organik ve inorganik malzemelerin aynı anda kullanılması ile hibrid kompozitler elde edilmektedir. Organik malzemeler, doğada var olan, çevreye olumsuz etkisi olmayan, sürekli olarak bulunabilen ahşap malzemeler, bitki lifleri vb. malzemelerdir. İnorganik

malzemeler, iyonik bağı olan, suda çözünen ve hızlı tepkime veren malzemelerdir. İnorganik malzemelere örnek olarak mineral (talk, kalsit), asit, baz, tuz verilebilir. Hibrid kompozitler, konvensiyon kompozitlerin üstün mekanik ve fiziksel özellikleriyle mikrofil kompozitlerin düzgün yüzey oluşumlarını bir araya getirmek için geliştirilmiş kompozit türleridir. Bu sayede konvansiyonel kompozitlere göre mekanik ve fiziksel özelliklerinde iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Organik ve inorganik malzemeler kullanılarak hibrid kompozitlerin üretilmesiyle ilgili olarak son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Yıldırım [1], matris malzemesi olarak kullandığı PP ile öğütülmüş fındık kabuğunu ağırlıkça farklı oranlarda hazırladığı karışımlardan enjeksiyon yöntemi ile elde ettiği numunelerin mekanik özelliklerini incelemiştir. PP matris içerisindeki fındık kabuğu oranının artması ile elastik modülü, Shore D sertliği, yoğunluğu, HDT ve Vicat sıcaklık değerlerinin arttığını, çentikli-çentiksiz izod darbe mukavemeti, çekme mukavemeti, kopma mukavemeti, kopma uzaması (% Uzama) ve MFI değerlerinin ise düştüğünü tespit etmiştir. Bledzki ve ark. [13], sert ve yumuşak ahşap tozu ilave edilmiş PP'nin fizikomekanik özelliklerine MAPP içeriğinin etkisini incelemişler ve MAPP'nin düşük miktarlarda çok daha etkili olduğu bulmuşlardır. Wu ve ark. [14], ahşap dolgu yüzeyinde ön hazırlıkların yapılmasının PP/ahşap tozu sistemlerinde mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, polimer matris ve dolgu arasındaki bağı artması nedeni ile kompozitin mekanik özelliklerinde ciddi derecede iyileşme olduğunu saptamışlardır. Lindberg ve Oksman [15], geri dönüşümlü LDPE ahşap tozu kompozit sistemlerinin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Kompozit yapıya uyumlaştırıcı olarak SEBS-g-MA eklemişler ve kompozit malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmeye çalışmışlardır. SEBS-g-MA'nın karışımdaki oranı en fazla %4 civarında sınırlamak suretiyle hazırladıkları kompozitlerin kopma uzama, darbe dayanımı ve çekme gerilmesinde iyileşme olduğunu tespit etmiştir. SEBS-g-MA karışımdaki oranı %4'ün üzerine çıktığında çekme geriliminde fayda sağlamadığı gözlemlenmiştir.

Myers ve ark. [16], PP/ahşap tozu kompozit sisteminin ekstrüzyon sıcaklığı üzerindeki etkisini ve MAPP'nin etkisini araştırmışlardır. MAPP, kompozit sistemlerinde esnekliği artırdığı, çekme dayanımının ise pozitif yönde etkilediğini, kompozit sistemindeki katkı miktarının artması ve yüksek ekstrüzyon sıcaklığında ahşap tozu

dolgularının esnekliğinin azaldığını, kırılma dayanımının arttığını bunlara ilave darbe dayanımında düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Karnani ve ark. [17], PP/lifli bitki (kenaf) dolgulu kompozit malzemesinde MAPP içeriği oranının %2'den %5'e çıkartılması ile bazı özelliklerinde pozitif yönde iyileştirme olduğunu bulmuşlardır. Le Thi ve Gauthier [18], PP-g-MA içerisindeki MA konsantrasyonu ve PP/sisal dolgu (bol lifli bitki) kompozitinde ekstrüzyon sırasında farklı parametrelerin etkilerini incelemiş olup PP-g-MA içeriğindeki MA oranının artmasıyla kopma ve darbe dayanımının artmasına sebep olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ishak ve ark. [19], talk, CaCO_3 ve kaolin katkılı PP'nin yüzey ve mekanik özelliklerini incelemişler. Malzemenin sertlik ve dayanım anlamında talkın diğer katkılara nazaran daha iyi sonuç verdiğini bunun yanında kullanılan üç katkının PP üzerinde çekirdekleştirici etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmalarında talk ve CaCO_3 katkılarının bir arada olduğu kompozit karışımlar ile tek katkılı kompozit karışımları incelemiş ve talk ile CaCO_3 katkılarının bir arada olduğu kompozit karışımlarında mekanik dayanımının arttığı gözlemlemişlerdir.

Ferrage ve ark. [20], talkın PP'nin kristallenme durumuna etkisini incelemişler ve talkın PP üzerinde çekirdekleştirici etki gösterdiğini tespit edilmiştir. Qui ve ark. [21], kompozite bağlayıcı ajan kullanımının talk dolgulu PP'nin kristallenme davranışını ve mekanik özelliklerindeki değişimi incelemişlerdir. Bağlayıcı malzemenin kullanımı kompozitin kristallenme oranını, kristallenme sıcaklığını ve mekanik özelliklerini arttığını gözlemlemişlerdir. Dao [22], PP matris içerisine ağaç tozu ilave ettiği kompozit malzemeye 0,1 μm - 1 μm ölçüleri arasında değişen EPDM kauçuğu kullanılmasında malzemenin darbe dayanımında iyileşme olduğunu tespit ederken, Jang ve ark. [23], kauçuk parçacık boyutlarının PP malzemenin darbe özelliklerindeki değişimi incelemiş ve küçük parçacıkların büyük parçacıklara göre PP malzemenin dayanımını artırdığını gözlemlemişlerdir.

Dalvag ve ark. [24], PP ahşap tozu kompozitinde MAPP'nin birleştirici olarak kullanılması sonucu kopma uzama, çekme dayanımı ve darbe özelliklerinde iyileşme olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca CPE, PIB, EVA, TPO ve NBR elastomerlerini %30'luk ahşap tozu içeren PP kompozitinde, %10 oranında ayrı ayrı ilave etmişlerdir. Darbe dayanımını en çok artıran elastomer NBR olmuş ve sırası ile PIB ve TPO takip etmiştir. Araştırmacılar tarafından diğer malzemelerin kullanımında, darbe

dayanımında değişim gözlenmediği saptanmıştır. Mitsuishi ve ark. [25], üç farklı partikül boyutundaki CaCO_3 dolgulu PP'nin mekanik özelliklerindeki değişimi incelemiş olup, malzemenin elastik modülünün ve gerilme dayanımının CaCO_3 karışımındaki oranının artırılması ile arttığı, CaCO_3 partikül boyutunun artması ile düştüğünü gözlemlemiştir. Pukanszky ve ark. [26], üç farklı bağlayıcı katkı ile kaplanmış CaCO_3 dolgulu PP'nin yüzey özelliklerini gözlemledikleri çalışmalarında amino fonksiyonlu silanların dolgu maddesi yüzeyine güçlü bir şekilde bağlandığını tespit etmişlerdir. Scott ve ark. [27], toz haldeki CaCO_3 ve SiO_2 PE Kompozit malzemelerine modifiye edilmemiş EPDM ve maleik anhidritlenmiş EPDM ilave edilmesi ile izod darbe dayanımında oldukça iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Stamhuis [28], NBR, SBS, EVA, EPDM ve SEBS'i PP kompozit sistemi içerisine darbe özelliklerinde iyileştirici olarak kullanmıştır. İlave ettiği malzemeler ile darbe dayanımında iyileşme olduğunu ve en iyi sonucu dolgu yüzeyinin katkı ile kaplanması halinde olduğunu gözlemlemiştir.

Han ve ark. [29], maleik anhidritlenmiş PP malzemeyi farklı selüloz-PP kompozit sistemlerinde uyumlaştırıcı olarak kullanmışlar ve mekanik özelliklerinde artış olduğunu bulmuşlardır. Gatenholm ve ark. [30], MA'nın PP/selüloz kompozit karışımlarında, çekme ve darbe dayanımını iyileştirdiğini ifade etmişlerdir. Oksman [31], PE/ağşap tozu kompozit sistemlerinde SEBS-g-MA'yı kullandığında malzemenin darbe dayanımında artış olduğunu ve aynı zamanda SEBS-g-MA'nın PE/ağşap tozu arasındaki bağlanmayı pozitif yönde etkilediğini tespit etmiştir. Xie ve ark. [32], PP/sisal dolgulu kompozit sistemlerinde darbe dayanımının, darbe süresinin, çatlak başlamasının ve ilerleme zamanının SEBS-g-MA oranının artması ile yükseldiğini belirlemişlerdir.

Kansu [33], kalsit, cam küre ve talk dolgulu PP kompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini araştırmıştır. Talk dolgusunun plak yapısındaki şeklinden dolayı PP ile yapışma özelliğinin iyi olması, akış yönüne paralel yönelmesi ve kristallenme miktarının artırması ile kazandırdığı avantajlardan dolayı PP'nin dayanımını, elastiklik modülünü ve termal özelliklerinin iyileştirdiğini, darbe kuvvetini ve uzama değerinin ise olumsuz olarak etkilediğini tespit etmiştir. Schöne ve ark. [34], farklı partikül boyutlarına sahip talkın, PP ile karışım hazırlamış ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Yaptığı araştırmada matris malzeme içerisindeki %23 ve %33 ağırlık

oranında talk ilave ettiğinde optimum mukavemet ve sertlik değerlerini tespit ederken, talk boyutunun ve katkı miktarının azalmasıyla tokluğunun arttığını, talkın çatlak oluşumunu yönlendirerek çatlak ilerlemesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Ammar ve ark. [35], PP matris içerisinde talk kullanımının mekanik ve ısı özelliklerindeki etkiyi incelemişlerdir. PP matris içerisinde %30 oranında üç farklı partikül boyutunda talk kullanmışlardır. PP/talk karışımları incelendiğinde talkın partikül boyutunun küçük olduğu numunelerde matris malzemesi ile talkın ara yüzey alanının arttığını bulmuşlardır. Talkın kullanımı ile kristallenme sıcaklığında artış sağlarken aynı anda aşınma direncini de arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Badano ve ark. [36], yaptığı çalışmada kompozit malzemeler alanında düşük maliyetli dolgu malzemelerinin kullanımı ile karışık bir inorganik-organik yapı genellikle ortaya çıktığını bu amaçla fındık kabuğu bazlı mikro partiküllerin yapısal iki bileşenli reçinenin dolgu maddesi olarak uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Fındık kabukları ile numune hazırlamışlar ve biyokompozit üzerinde bazı testler yapmışlardır. Yapılan araştırmada çekme mukavemetinde düşüş, sertlik değerlerinde değişimin olmaması ve yapışkan bağ mukavemetinin %25'den sonra düştüğünü saptamışlardır.

Salasinska ve ark.[37], öğütülmüş fındık kabuğu (FK) ile L-histidinyumdihidrojen fosfat-fosforik asit (LHP) bazlı yeni bir şişen yangın geciktirici (FR) sisteminde etkinliklerini görmek için epoksi reçinesine (EP) eklemiştir. Yanma davranışı ve duman emisyonunu, koni kalorimetre (CC) ve UL-94 testleri ile gözlemledi. Ayrıca, hem termal bozunma hem de yanma sırasında oluşabilecek durumları araştırmak için termogravimetrik analiz (TGA/FTIR) ve kararlı durum tüp fırını (Purser/FT-IR) testlerini uyguladılar. Ağırlıkça %5 FK ve%15 LHP içeren sistemin çok sayıda kapalı hücreli şişmiş bir kömür oluşumuna yol açtığı, bu da yanma sürecini ve duman emisyonunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Ünalve ark. [38], farklı oranlarda talk, wollastonit, ve kaolin gibi inorganik dolguları naylon-6 matris malzemesi ile karışım hazırlamışlar ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Karışım içerisindeki ağırlıkça dolgu oranı yükseltildiğinde çekme kuvvetinin ve elastiklik modülünün arttığını, çekme uzama ve izod ve charpy darbe değerlerinin azaldığını gözlemlemişlerdir.

Mimaroğlu ve ark. [39], polyamid-6 matris malzemesine ekledikleri talk, cam küre, wollastonit ve kaolin dolgu malzemelerini içeriğini ve dolgu tipini araştırmışlardır.

Polyamid-6 malzemesine ayrı ayrı veya bazılarının birlikte %10-%30 arasında değişen oranlarda ilave edilmesi ile reçeteler hazırlanmıştır. Bu karışımlarla elde ettikleri numunelere darbe ve çekme testleri uygulamışlardır. Polyamid-6 malzemesine ayrı ayrı ilave edilen kompozit karışımlarda çekme ve eğme değerlerinde ve elastiklik modülünde iyileşme olduğunu gözlemlemişlerdir.

1.3. Hipotez

Polimer kompozitlerde, malzeme mukavemetini arttırmak amacıyla içerisine talk, kalsit, silika, bazalt, cam elyaf, karbon elyaf gibi farklı türden katkı ve dolgular ilave edilmektedir. Ancak malzeme özelliklerini geliştirmek amacıyla inorganik katkıların fazla miktarda kullanımı malzemelerin geri dönüşümü esnasında zorluklara ve çevre problemlerine de neden olmaktadır. Benzer şekilde odun talaşı, fındık kabuğu, ceviz kabuğu, selüloz, küspe lifi, patlıcan sapları, ayçiçeği kabuğu, badem kabuğu, kakao ve okaliptüs lifi gibi doğada bulunan ve doğa ile uyumlu olan organik katkı maddeleri de malzeme özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla polimer malzeme içerisine eklenmektedir. Ancak yalnızca odun talaşı, fındık kabuğu gibi organik katkıların kullanıldığı durumlarda istenilen termal ve mekanik özelliklerin elde edilmesi zor olmaktadır. Malzemelerin geri dönüşüm problemlerini en aza indirmek ve daha çevreci malzemeler üretebilmek için plastik içerisine katılan inorganik katkı oranlarının azaltılması oldukça önemlidir. Organik (fındık kabuğu) ve inorganik katkıların (SEBS, SEBS-g-MA, talk) bir arada kullanılmasıyla kompozit malzemelerin termal ve mekanik özelliklerinin geliştirileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada polimer malzemelerin geri dönüşümündeki problemleri engelleyecek, çevre ile uyumlu organik ve inorganik katkıların birlikte kullanıldığı yeşil kompozitler olarak da bilinen termal ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş çevreci malzemelerin üretilmesi, atık halinde bir katma değer üretmeyen ve yakacak olarak kullanılan fındık kabuklarının ise bir katma değer yaratacak şekilde ekonomiye kazandırılması hedeflenmektedir.



2. MALZEME VE METOT

2.1. Malzemeler

Bu çalışmada matris malzemesi olarak Petkim'in PETOPLLEN ticari ismi ile bilinen PP MH418 kodlu polipropilen malzemesi kullanılmıştır. İzotaktik yapılı olan PP MH418'e ait mekanik, fiziksel ve ısı özellikleri ile ilgili bilgiler Tablo 2.2'de verilmiştir. Dolgu malzemesi olarak, fındık kabuğu (FK), talk, SEBS ve SEBS-g-MA kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan karışımlar ve numune kodları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan karışım oranları

Numune Kodları	PP (%)	FK %	Talk %	SEBS %	SEBS-g MA %	Kaydırıcı %	Antioksidan %
PPht01	100	-	-	-	-	-	-
PPht02	78,7	20,0	-	-	-	1,0	0,3
PPht03	78,7	-	20,0	-	-	1,0	0,3
PPht04	78,7	15,0	5,0	-	-	1,0	0,3
PPht05	78,7	5,0	15,0	-	-	1,0	0,3
PPht06	78,7	10,0	10,0	-	-	1,0	0,3
PPht07	75,7	10,0	10,0	-	3,0	1,0	0,3
PPht08	72,2	10,0	10,0	-	6,0	1,5	0,3
PPht09	69,2	10,0	10,0	-	9,0	1,5	0,3
PPht10	75,2	10,0	10,0	3,0	-	1,5	0,3
PPht11	72,2	10,0	10,0	6,0	-	1,5	0,3
PPht12	69,2	10,0	10,0	9,0	-	1,5	0,3

2.1.1. Polipropilen

Deneyisel çalışmada kullanılan PP/FK (fındık kabuğu) karışımlarının hazırlanmasında matris malzemesi olarak polipropilen kullanılmıştır. Kullanılan polipropilen Petkim'in PETOPLLEN ticari ismi ile bilinen PP MH 418 kodlu polimeri kullanılmıştır. İzotaktik yapılı olan bu polimere ait mekanik, fiziksel ve termal özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Petkim MH 418 kodlu PP'nin Termal, fiziksel ve mekanik özellikleri

PP	DEĞER	BİRİM	STANDART
----	-------	-------	----------

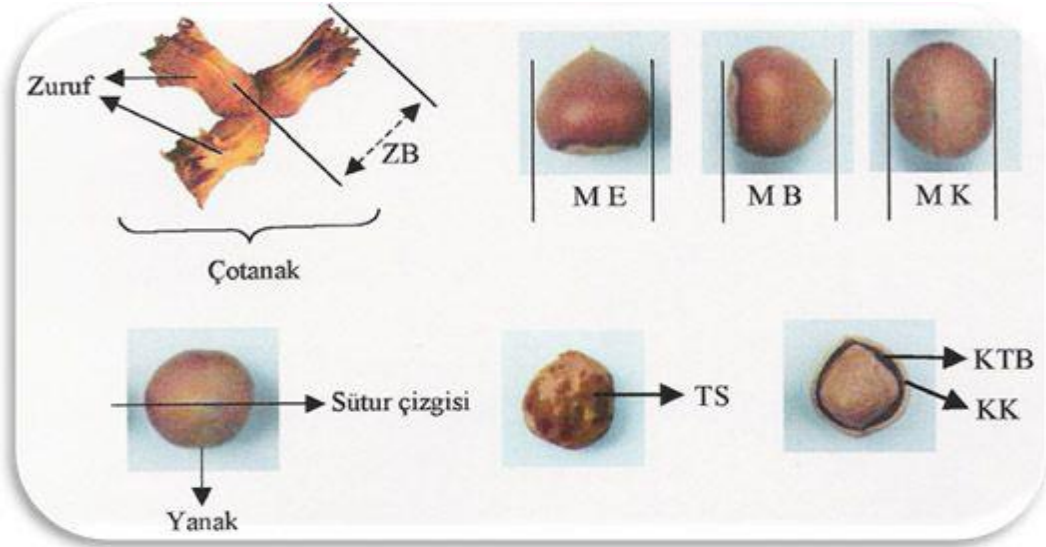
Çekme Mukavemeti	31	MPa	ISO 527
Yoğunluk	0,900	g/cm ³	ISO 1183
MFI (230 °C’de 2,16 kg)	6,015	g/10 min	ISO 1133
Sertlik	74	Shore D	ISO 868
İzod Çentiksiz darbe (23 °C’de)	Kırılmadı	kJ/m ²	ISO 180/4A
İzod Çentikli darbe (23 °C’de)	3,370	kJ/m ²	ISO 180/1A
Elastiklik Modülü	870	MPa	ISO 527
Kopma Mukavemeti	17	MPa	ISO 527
Kopma Uzaması	48	%	ISO 527
HDT	57,2-87,5	°C	ISO 75/B
VİCAT	155,6-98	°C	ISO 306/A

2.1.2. Fındık kabuğu (FK)

Çalışmada kullanılan fındık kabukları, Giresun yöresi tombul cinsi fındıklardan elde edilmiştir. Fındık kabuğu iki tabakadan oluşmaktadır. Dışta bulunan tabaka sert bir yapıda olup bu tabakanın içerisi yumuşak, gevşek bir tabaka ile sarılı durumdadır. Öğütme işlemi öncesinde fındık kabuğu bünyesinde bulunan yumuşak kısım ayrıştırılacak ve çalışma da yalnızca sert kısmı kullanılacaktır. Öğütülmüş fındık kabuğu suya ve neme karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle öğütülmüş fındık kabuğu tozu, ekstrüderde işlenmeden önce etüvde kurutulacaktır. Fındık kabuğunun şekline ait özellikler Şekil 2.1’de verilmiştir. Fındık kabuğunun kimyasal analizi ve içeriği Tablo 2.3 ve Tablo 2.4’te gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Fındık kabuğu kimyasal analizi [6]

KİMYASAL İÇERİK	%
C	45,59
H	4,59
O	38,14
Kül	1,26
Nem	10,42



Şekil 2.1. Fındık kabuğunun şekli ve özellikleri [6]

Tablo 2.4. Fındık kabuğu içeriği [6]

İÇERİK	%	STANDART
Selüloz	22,2	ASTM D1104
Hemiselüloz	24,8	ASTM D1103
Yağ	1,54	
Kül	1,26	ASTM D1102-56
Nem	10,12	
Lignin	37	ASTM 1106

2.1.3. Talk

Gerek sahip olduğu üstün fiziksel özellikleri, gerekse kullanıldığı yerlerde sağladığı avantajlar sebebiyle endüstri yaygın kullanılan bir çeşit magnezyum silikat mineralidir. Saf talkın yapısı iki Silika (SiO_2) tabakası arasında kalan bir Brusit ($\text{MgO.H}_2\text{O}$) tabakasından oluşmaktadır. Bu üç tabaka üst üste olacak şekilde bir yapıdadır. Birbirine yapışık talk tabakaları zayıf olan Van der Waals kuvvetlerle bir arada durmaktadır. Malzemeye kayma gerilmesi etki ettiğinde, bu tabakalar birbirleri üzerinde kolayca kayabilmektedir. Yassı, yapraksı yapısı sayesinde ısıya, elektriğe ve aside direnci çok yüksek olan talk için nihai kullanımlar, kimyasal ve mineralojik kompozisyon, parçacık boyutu ve şekli, özgül ağırlık, sertlik ve renk gibi değişkenler

tarafından belirlenir. Talk, PP bileşiklerinin elastite modülünü artırır. Eklenen malzemeye sertlik kazandırmaktadır. Parçalarda boyutsal kararlılık sağlamaları ve kalıplama sonrasında mümkün olduğunca az çekme oranı göstermesi önemlidir. Ayrıca kayganlaştırıcı maddesi görevi gibi işlev görür ve malzeme üzerinde çizilmenin mekanik etkisini azaltır. Talk, polimerlerden daha yüksek ısı iletkenliği sağlar. Bileşiklerin ısıtılması ve soğutulması hızlandırılır, çevrim süreleri azaltılır ve üretkenlik geliştirilir. Talkın sertliğinin düşük olması aşınma değerlerinin aşırı düşük olması ve böylece proses sırasında takım ömrünün uzamasına neden olur. Özellikle saf, ince, lamelli talklar polimerlerin sürünme direncini önemli ölçüde geliştirir. Talkın kimyasal içeriği Tablo 2.5’de gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Talkın kimyasal içeriği [40]

Kimyasal İçerik	%
MgO	31,7
SiO ₂	63,5
H ₂ O	4,8

2.1.4. SEBS (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren)

Stiren etilen butilen stiren (SEBS) önemli bir (TPE) termoplastik elastomerdir. SEBS vulkanize edilmek zorunda kalmadan kauçuk gibi davranan bir polimerdir. SEBS esnek, hava koşullarına dayanıklı, kimyasallara karşı dayanıklı, yüksek darbelere dayanıklı, mükemmel ısı ve UV direncine sahiptir ve işlemesi kolaydır.

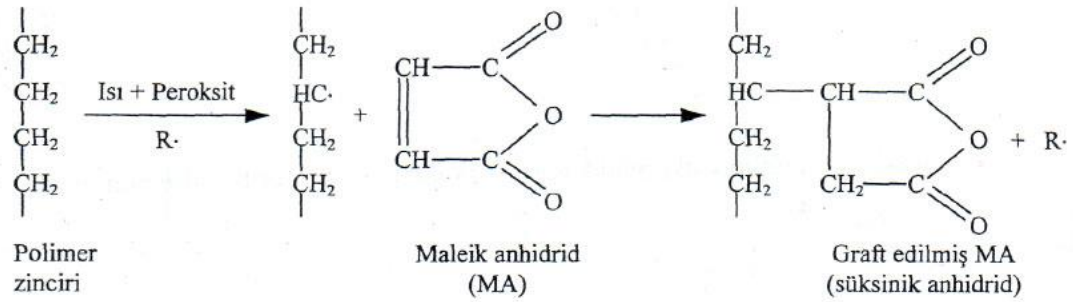
Yüksek stiren oranlarına sahip TPE’ler daha sert ve rijit davranış gösterirken, stiren oranlarının azalmasıyla (EB oranlarının artmasıyla) daha tok ve elastomerik davranış göstermektedir. Kraton TM (Shell Chemicals, Marsilya, Fr.) firmasından Kraton G 1652 ticari ismi ile temin edildi. Opak bir görünüme sahip olan SEBS’in üretici firmadan alınan verilere göre teknik özellikleri Tablo 2.6’da belirtilmiştir [41].

Tablo 2.6. SEBS fiziksel ve mekanik özellikleri [41]

SEBS	DEĞER	BİRİM	STANDART
Çekme Mukavemeti	31	MPa	ISO 37
Yoğunluk	0,91	g/cm ³	ISO 2781
MFR (230 °C’de 5 kg)	6,00	g/10 min	ISO 1133
Sertlik	69	Shore A	ASTM D 2240
%300 Modül	4,8	MPa	ISO 37
Kopma Uzaması	500	%	ISO 37

2.1.5. SEBS-g-MA (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren Graft Edilmiş Maleik Anhidrit)

Çok fazlı polimer sistemlerinde fazlar arasında ara yüzey etkileşimleri oluşturulması sistemin mekanik ve diğer özelliklerini iyileştirmektedir. Bu nedenle nötr durumdaki polimerlere genellikle reaktif ekstrüzyon yöntemi kullanılarak fonksiyonel sistemler graft edilmekte, diğer bir adı aşılama yapılamakta ve bu polimerlerin diğer fazlara ara yüzey etkileşimlerinin oluşumu sağlanmaktadır. Maleik Anhidrit (MA) fonksiyonel grubunun bir polimer zincirine graft edilme reaksiyonu Şekil 2.2. görülmektedir.



Şekil 2.2. Maleik anhidritin polimer zincirine graft edilme reaksiyonu

SEBS elastomerinin MA ile graft edilmiş türü olan SEBS-g-MA elastomeri, maleik anhidritte bulunan karboksil grupların sayesinde hidroksil (-OH) gibi aktif gruplarla etkileşime girerek bağ yapabilmektedir. Su ile tersinir olarak hidrolize olabilmektedir. SEBS-g-MA'nın üretici firmadan alınan verilere göre özellikleri Tablo 2.7'de verilmiştir. Shell Chemicals, Marsilya, Fr. üreticisinden Kraton FG 1901X ticari ismi ile temin edilmiştir[41].

Tablo 2.7. SEBS-g-MA fiziksel ve mekanik özellikleri [41]

SEBS-g-MA	DEĞER	BİRİM	STANDART
Çekme Mukavemeti	5000	Psi	ASTM D 412
Yoğunluk	0,91	g/cm ³	ASTM D 792
MFI (230 °C’de 5 kg)	22,00	g/10 min	ASTM 1238
Sertlik	71	Shore A	ASTM D 2240
Kopma Uzaması	500	%	ASTM D 412

2.1.6. Kaydırıcı

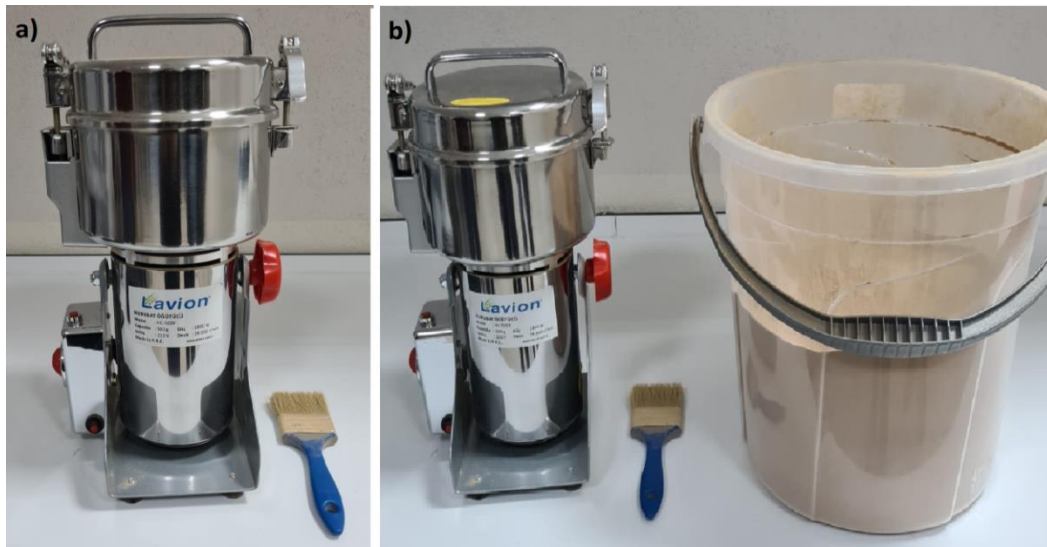
Bu çalışmada ekstruderde granül yapımını kolaylaştırmak amacıyla Innospec Leuna firmasının üretmiş olduğu OX.PE WAX LE 262 kodlu polietilen vaks kullanıldı.

2.1.7. Antioksidan

Antioksidanlar tüm karışımlarda ekstrüzyon prosesinde oluşabilecek ısıl degradasyonu (bozunmasını) engellemek amacıyla kullanılmaktadır [42]. Antioksidan olarak Ciba Geigy Firmasının üretmiş olduğu IRGANOX 1010 kodlu ürün kullanılmıştır.

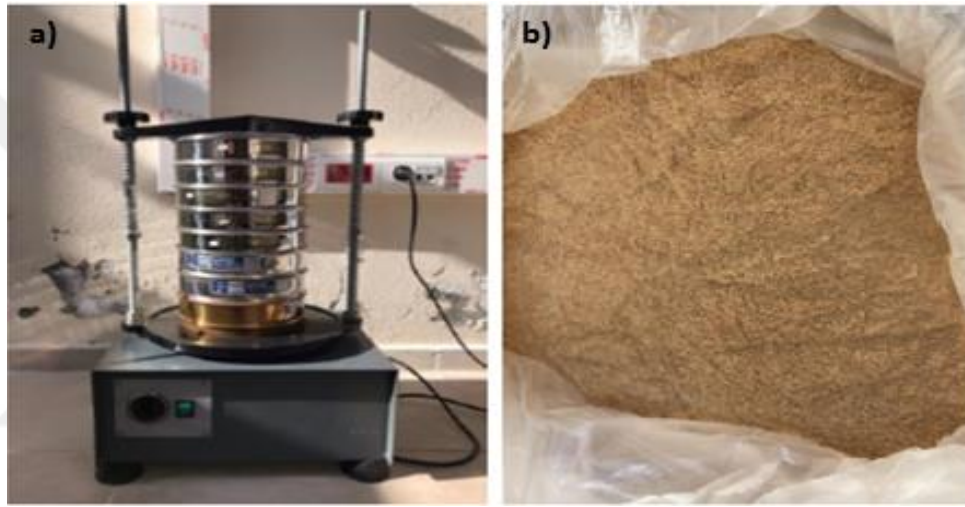
2.2. Fındık Kabuğunun Öğütülmesi ve Sınıflandırılması

Tombul cinsi fındıklardan (Giresun, Türkiye) elde edilen fındık kabukları, kırıcı/öğütücü değirmen (Laviol HC-500 Y Marka) kullanılarak öğütüldü. Kırma ve öğütme işlemi öncesinde fındık kabuğunda bir arada bulunan yumuşak ve sert kısımlar birbirinden ayrıldı.



Şekil 2.3. a) Laviol HC-500Y marka öğütücü, b) Elenmemiş Fındık Kabuğu Tozu

Kompozit hazırlamada kullanılacak olan dış kısımdan (sert kabuk) mümkün olduğu kadar küçük ölçüde tane boyutuna sahip fındık kabuğu tozu elde edilmeye çalışıldı. Kırma işleminde kullanılan öğütücüye ait görüntü Şekil 2.3'te verilmiştir. Elde edilen fındık kabuğu tozları, oluşturulması düşünülen kompozitin mekanik özelliklerini negatif olarak etkileyebilecek çok geniş dağılıma sahip tanelerden meydana geldiğinden daha dar dağılımlı toz elde etmek amacıyla maksimum tane boyutu <100 mikron olacak şekilde elendi. Eleme işleminde kullanılan titreşimli elek makinesi ve fındık kabuğunun farklı boylarda sınıflandırılmasına ait görüntü ve eleme sonrası fındık kabuğunun toz halindeki görüntüsü Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. a) Eleme Makinesi b) Elenmiş Fındık Kabuğu Tozu

2.3. Ekstrüzyon Makinesinde Malzemelerin Granül Haline Getirilmesi

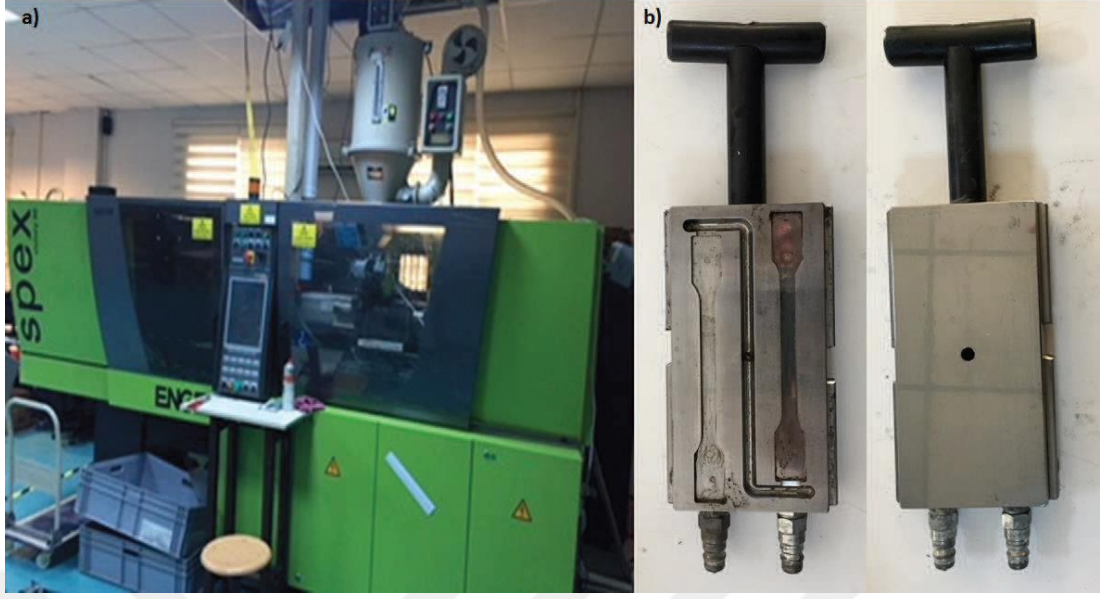
FK tozu PP'ne karıştırılmadan önce nemini almak için etüvde 100 °C'de 2 saat kurutuldu. Ekstrüder üzerinde otomatik dozajlama sistemi olmaması nedeni ile PP, fındık kabuğu, talk, SEBS, SEBS-g-MA'nın olduğu Tablo 2.1'de verilen reçetelerdeki malzeme oranlarına uygun bir şekilde terazide tartılarak yaklaşık 1000'er gramlık partiler halinde karışımlar hazırlandı. Karışımlar sırayla L/D=24 olan Şekil 2.5'de resmi verilen Gülnar marka çift vidalı ekstrüderde granül haline getirildi. Her reçete değişiminde ekstrüderin ocak ve vida kısmı orijinal malzeme ile temizlenmiştir.



Şekil 2.5. a) ve b) Gülnar ekstrüder makinesi, c) Granül Hammadde

2.4. Enjeksiyon Makinesinde Test Numunelerinin Üretilmesi

Tablo2.1’de verilen oranlara göre, ekstrüderde granül haline getirilen PP/FK karışımları, enjeksiyonla kalıplama öncesi, içerisindeki nemin giderilmesi ve kalıplama esnasında gaz ve boşluk oluşturmaması amacıyla etüvde 90 °C sıcaklıkta iki saat kurutuldu. Kurutulmuş malzemeler 80 ton kapama gücüne sahip Engel marka enjeksiyon makinesi kullanılarak ISO 294’e uygun olarak çekme ve darbe numuneleri elde edildi. PP/FK karışımı granüllerin enjeksiyonla kalıplanması sırasında kullanılan parametreler Tablo 2.8’de, enjeksiyon makinesi ve kullanılan kalıplar Şekil 2.6’da, kalıplanmış numunelerin görüntüsü Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.6. Enjeksiyon Makinesi ve Kullanılan Kalıp



Şekil 2.7. Kalıplanmış Numune

Tablo 2.8. Enjeksiyon parametreleri

Numune Kodları	Enjeksiyon basıncı (bar)	Enjeksiyon hızı (mm/sn)	Tutma basıncı (bar)	Çevrim zamanı (sn)
PPht01	70	60	55	35
PPht02	70	50	55	35
PPht03	70	50	55	35
PPht04	70	50	55	35
PPht05	70	50	55	35
PPht06	80	50	55	35
PPht07	80	50	55	35
PPht08	80	50	55	35
PPht09	80	50	55	35
PPht10	80	50	55	35
PPht11	80	50	55	35
PPht12	80	50	55	35

2.5. Çekme Testi

Çekme testi, enjeksiyon kalıplama ile test numunelerini Şekil 2.8’de görülen INSTRON 3366 test cihazında TS EN ISO 527-1 standartlarına uygun olarak 2 mm/dk. çekme hızı ile yapılmıştır. Test sonucunda Elastiklik Modülü (E), Çekme Mukavemeti (MPa), Yüzde Boyut Değişimi gibi değerler bulunmaktadır. Numune test cihazının alt ve üst çenesine bağlanır. Numune cinsine göre çekme hızı ayarlanır. Çeneler numuneye gerilim uygularken, cihaz numunenin Gerilim-Boyut Değiştirme grafiğini çizer ve bu grafiğe göre numunenin mekanik özellikleri ile ilgili yorumlar yapılır.



Şekil 2.8. Instron 3366 Marka Çekme Test Cihazı

2.6. Üç Nokta Eğme Testi

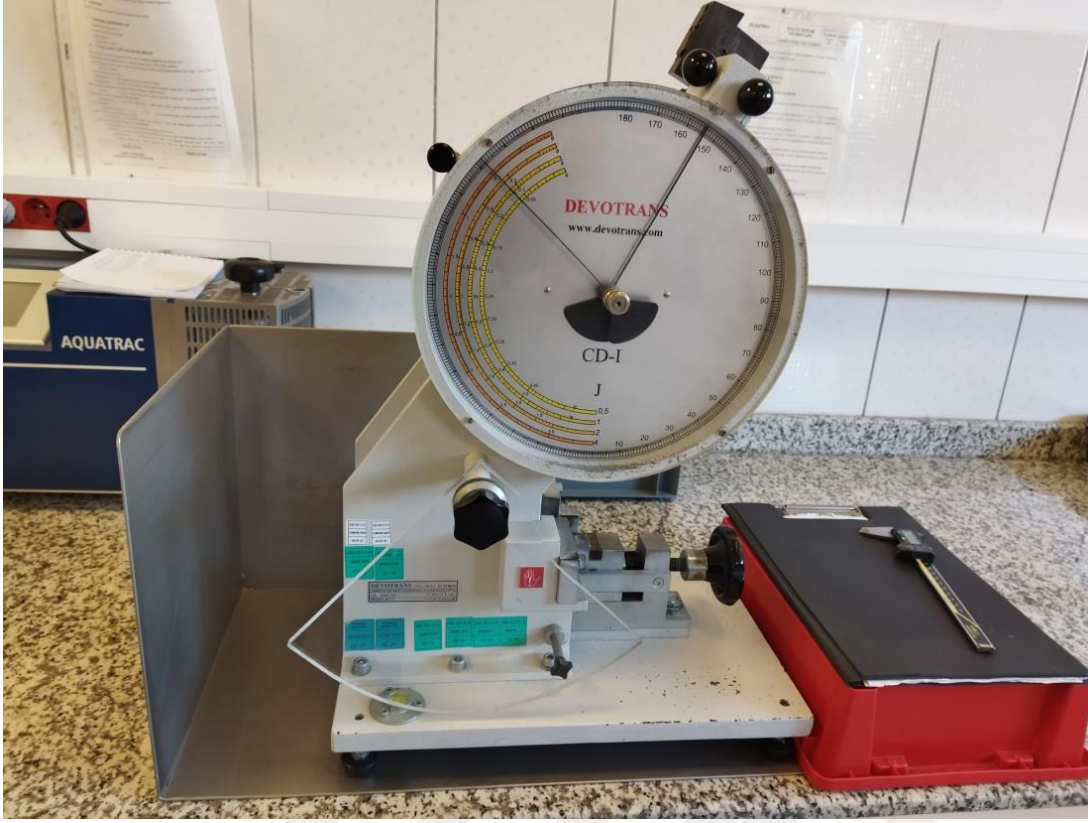
Eğme testi, enjeksiyon kalıplama ile üretilen numune parçasını Şekil 2.9’da görülen INSTRON 3366 marka test cihazında TS EN ISO 178 standardına uygun olarak 2 mm/dk eğme hızı ile test işlemleri yapılmıştır. Numune mesnetler arasındaki açıklığın orta noktasına darbe oluşturulmadan yük uygulama, üç noktada yükleme metoduyla eğilme özelliklerinin tayinini kapsar.



Şekil 2.9. Instron 3366 Marka Eğme Test Cihazı

2.7. Darbe Testi

Enjeksiyon kalıplama ile üretilen test numunelerin Şekil 2.10’da görülen Devotrans CD-I marka test cihazında TS EN ISO 180 standardında Izod Darbe, TS EN ISO 179-1 standardında Charpy Darbe testleri yapılmıştır. Bir malzemenin elastik bölgede kırılmaya karşı göstereceği direnç belirlenmektedir. Kullanılan numune, dışarıdan gelebilecek bir şok darbesine belli derecede dayanım göstermektedir. Şok darbesinden ortaya çıkan enerjinin numunesi hazırlanan malzeme tarafından soğurulması çok kısa zamanda olur. Darbe testi, belli bir yükseklikten serbest bırakılan sarkacın maksimum enerjide numuneyi kırması sağlanır. Sarkacın enerjisinin bir kısmı numuneyi kırmada harcanır. Artan enerji ise sarkacın belli bir yüksekliğe çıkmasını sağlar. Sarkacın ilk bırakıldığı yükseklik ile numuneyi kırıp çıktığı yükseklik farkının potansiyel enerjisi bizim o numunenin çentik darbe direncini vermektedir.



Şekil 2.10. Devotrans CD-I Marka Darbe Test Cihazı

2.7.1. Charpy darbe testi

Bu darbe testinde, numune cihaza yatay, iki tarafı dayamada olacak ve sarkacın çentiğın tam üstüne gelecek şekilde yerleştirilir. Basit bir kiriş durumunda bulunan numune çentik tabanına bir sarkacın darbe yapılp, çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmenin etkisi ile kırılması için harcanan enerji ölçümü yapılır.

2.7.2. Izod darbe testi

Bu darbe testinde, numune cihaza dikey olarak konsol şeklinde bir kavrama çenesi yardımı ile bağlanır. Çentik kısmı çene yüzeyinin tam ortasına gelecek şekilde olmalıdır. Sarkacın kavrama çenesinden belirli bir miktar yüksekte bulunan çekiç ile darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerji tayin edilir.

2.8. Yoğunluk Ölçümü

Bir malzemenin birim hacimdeki madde miktarıdır ve özgül ağırlık sıklıkla birbirinin yerine kullanılmaktadır. Yoğunluk 23 °C’ de plastiğin birim hacim ağırlığı iken, özgül ağırlık ise 23 °C plastiğin yoğunluğunun 23 °C suyun yoğunluğuna oranıdır. Yoğunluk ile özgül ağırlık arasındaki fark 23 °C’ de su yoğunluğunun 1 değil, 1’den biraz az olmasından kaynaklanmaktadır. Numunelerin yoğunluğu Şekil 2.11’de görülen Metler Toledo yoğunluk ölçüm cihazında ISO 1183 standardına uygun şekilde yapıldı.



Şekil 2.11. Metler Toledo Marka Yoğunluk Ölçüm Cihazı

2.9. Eriyik Akış İndisi (MFI) Testi

Eriyik akış indisi (MFI), polimerin erimiş halde belli bir süre ne kadar aktığını gösteren değerdir. Özellikle polimer üreticileri tarafından polimerlerin benzerliğinin belirlenmesi için kullanılan çok basit ve oldukça önemli bir yöntemdir. ISO 1133 standartları tüm polimer üreticiler tarafından uygulanmaktadır.

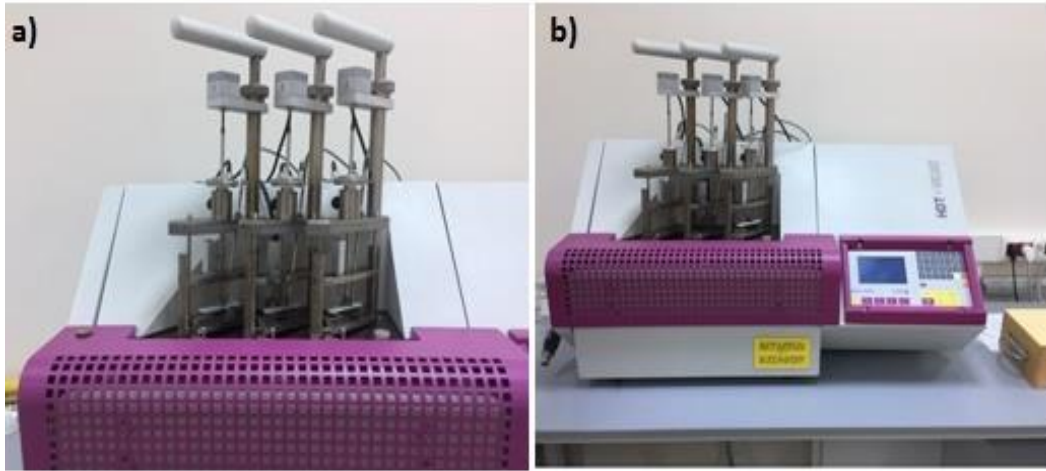
Eriyik akış indisi testi Şekil 2.12’de görülen ZWICK ROELL marka MFI cihazında testleri ISO 1133 standardına uygun olarak 2.16 kg yük ile yapılmıştır.



Şekil 2.12. Zwick Roell Marka MFI Ölçüm Cihazı

2.10. Isıl Deformasyon Testi (HDT)

HDT testleri ASTM D1525 standardına uygun olarak Instron marka Ceast HV3 model cihazda gerçekleştirilmiştir. ISO 75 A standardına uygun olarak numuneler, 1.8 MPa yük ve 120 °C/h. sıcaklık artışı ile 0.33 mm eğilme değerine ulaşınca kadar silikon yağ banyosu içerisinde yapılmıştır. Şekil 2.13’de testlerde kullanılan HDT cihazı gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Ceast HV3 HDT sıcaklık ölçüm cihazı

2.11. VICAT Yumuşama Sıcaklığı Testi

Deneyler Instron marka Ceast HV3 model cihazda üniversal tip cihazda ISO 306-B120 standardına uygun olarak 50 N yük ve 120 °C/h sıcaklık artışı ile gerçekleştirilmiştir. Vicat yumuşama sıcaklığı deneyi yağ banyosu, ucunda batma iğnesinden oluşan bir batırma kolu ve batırma kolu üzerinde yer alan iğnenin batma miktarını gösteren bir düzenden oluşmaktadır. Deney plastiklerin sıcaklık etkisi ile yumuşama özelliklerinin kıyaslanması açısından oldukça yararlı olan bir deneydir. Vicat yumuşama noktası deneyi için hazırlanan 4 mm kalınlığında 10 mm² olan kare numuneler batma iğnesi yüzeyinde serbestçe duracak şekilde cihaza yerleştirilmiştir. 50 °C altına ısıtılmış yağ banyosuna numuneler daldırıldıktan sonra sıcaklık arttırılmıştır. Batma kolu üzerindeki göstergelerden kontrol edilen batma iğnesinin 1 mm battığı sıcaklık vicat yumuşama sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

2.12. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

DSC, numune parça soğutulması, ısıtılması veya sabit sıcaklıkta tutulması esnasında soğrulan enerji miktarını ölçer ve referans numune ile farklılığın saptanması esasına dayanan bir yöntemdir. Plastik malzemenin camsı geçiş, kristallenme ve erime sıcaklıkları gibi değerlerin bulunmasında kullanılır. Bu sayede numune içerisinde termoplastikler ve termoset plastikler gibi polimerlerin termal analiz yolu ile hangi malzeme olduğunun tespiti yapılmaktadır. ISO 11357-1 Standardına göre Şekil 2.14’de görülen DSC Q 2000 test cihazında işlemler yapılmıştır.



Şekil 2.14. Q 2000 marka DSC Test Ölçüm Cihazı

2.13. Kül Tayini

Kül tayini ISO 3451-1 standardına uygun olarak Şekil 2.15’de görülen Thermomac marka kül fırını ile yapılmıştır. Bu test yöntemi ile numune içerisinde bulunan dolgu malzemesinin oranı tespit edilmektedir.



Şekil 2.15. Thermomac marka Kül Fırını

2.14. Spektrometre (FTIR) Analiz

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), bir tür titreşim spektroskopisidir. FTIR matematiksel Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın infrared yoğunluğuna karşı dalga sayısını ölçen bir kimyasal analitik yöntemdir. IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Matematiksel Fourier dönüşümü spektroskopisinde ışıma şiddeti, zamanın bir fonksiyonu olarak alınır. Her boyunu ayrı ayrı tarama gerekmeksizin hızlı ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilebilir. Bu yöntem ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik ya da alifatik olup olmadığı belirlenebilir.

FTIR Malzeme karakterizasyonu için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Analiz süresinin kısa olması, elde edilen detaylı bilgiler, analizleri gerçekleştirmek için herhangi bir sarf malzeme maliyetinin olmaması bu yöntemi oldukça avantajlı kılmaktadır. FTIR spektroskopisi her türlü organik ve inorganik maddeler, plastikler, polimerler, harmanlar, dolgu maddeleri, boyalar, kauçuklar, kaplamalar, reçineler ve yapışkanlar gibi bileşikler hızla ve kesin olarak tespit etmek için kullanılır. FTIR analizini Şekil 2.16’da görülen PERKİN ELMER Spectrum 100 cihazında yapılmıştır.



Şekil 2.16. Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR Cihazı

2.15. Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA, numunelerin sabit bir ısıtma hızında zamana bağlı olarak kütle değişimlerinin ölçülmesi prensibi ile çalışmaktadır. Her türlü elastomer, plastik ve karışımlarını termal etki ile bozarak, malzeme, katkıları, dolguları ve inorganik kısımlarının, nem uçucu madde, kül analizinde maddenin erime, termal bozunma, oksidasyon gibi her türlü termal davranışlarını incelemek suretiyle malzeme cinsi tayininde kullanılan bir testtir. TGA analizi Şekil 2.17’de görülen EXSTAR TG/DTA 6300 marka test cihazında yapılmıştır.



Şekil 2.17. Exstar TG/DTA 6300 Test Ölçüm Cihazı

2.16. Sertlik Ölçümü

Plastik malzemelerin sertlik değerinin ölçümü durometre ile yapılmakta olup ölçü birimi Shore olarak ifade edilmektedir. Sertlik ölçümü Shore A ve Shore D olmak üzere iki tür yapılmaktadır. Shore A yumuşak elastomer malzemelerin sertlik ölçümünde, Shore D ise daha sert polimerik malzemelerin sertlik ölçümlerinde kullanılmaktadır.

Durometre ile sertlik ölçümü, göstergeye bağlı iğnenin malzemeye batma miktarı ile ölçülmektedir. Sertlik ölçümünde iğne numune içerisine tamamen batıyorsa gösterge 0 değerini gösterir, bu değer 0 Shore olarak belirtilir. İğne hiç batmıyor ise gösterge 100 değerini gösterir, bu değer 100 Shore olarak belirtilir. Enjeksiyon ile kalıplanmış numunelerin sertlik ölçümleri Şekil 2.18’de görülen durometre ölçüm cihazı ile ISO 868 test standardına göre yapıldı.

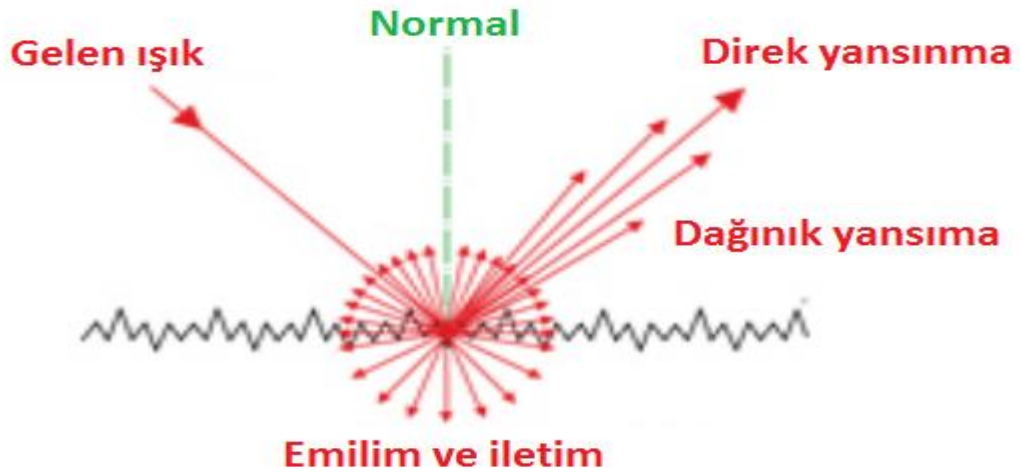


Şekil 2.18. Sertlik Ölçüm Cihazı

2.17. Parlaklık (Gloss) Ölçümü

Parlaklık kelimesini, tamamen geçirgen olmayan bir yüzeyin ışığı speküler (aynamsı) doğrultuda ne kadar iyi yansıttığını belirten bir optik özellik olarak tanımlayabiliriz. Daha basit bir tanımla; bir cismin yüzeyinden yansıyan ışık yoğunluğunun, yüzeye gelen ışık yoğunluğuna oranı olarak da denebilir. Parlaklık, 3 faktörün birleşiminden, (malzemenin kırılma indeksi, ışığın geliş açısı, yüzey topografisi) meydana geldiğini söyleyebiliriz. Işık yüzeye çarptığı zaman, bazı olaylar meydana gelir, bunların bazıları aşağıda sıralanmış ve Şekil 2.19’da şematik çizimde gösterilmiştir.

- Işık içinde emilir. (Renk oluşmasının ana nedeni)
- Işık içinde ilerler/iletilir. (Ki bu da, yüzeyin şeffaf ve opak olmasını belirler.)
- Işık etrafa veya kendi içinde dağılır/saçılır. (Nüfuz ederek yansıması, bulanıklık ve netlik kaybına neden olur)
- Işık “Ayna gibi” tek bir doğrultuda yüzeyden yansır. (Parlaklık-gloss)



Şekil 2.19. Işığın yüzey üzerindeki davranışı

Ortalama bir insan parlak bir nesne ile mat bir nesnenin farkını anlayabilir, ancak eğer parlaklık veya matlık karşılaştırması yapılması gerekiyorsa, hepimizin yorumu farklı olmaktadır. Ortalama bir insan 60 derecelik açıyla yüzeye bakar ve 3-5 GU farkı kavrayabilmektedir. Halbuki, endüstriyel hayatta hepimizin gayet iyi bildiği gibi az, çok, orta gibi mutlak ifadelerden çok, sayısal değerlere ihtiyacımız vardır. Sayısal verileri ise, GLOSSMETRE ismini verdiğimiz elektronik parlaklık ölçer cihazları bize

sağlamaktadır. Gloss ölçümü, Şekil 2.20 orta parlaklıkları ölçebilen Micro Gloss 60° ölçüm cihazında ISO 2813 standardında yapılmıştır.



Şekil 2.20. Sertlik Ölçüm Cihazı

2.18. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleme

Taramalı elektron mikroskobu veya SEM (scanning electron microscope), odaklanmış bir elektron demeti ile numune yüzeyini tarayarak görüntü elde eden bir elektron mikroskobu tipidir. Elektronlar numunedeki atomlarla etkileşerek numune yüzeyindeki topografi ve kompozisyon hakkında bilgiler içeren farklı sinyaller üretir. Elektron demeti raster tarama ile yüzeyi tarar ve demetin konumu, algılanan sinyalle eşleştirilerek görüntü oluşturulur. Standart SEM cihazları yüksek vakumda, kuru ve iletken yüzeyleri incelemek için uygundur. Ancak düşük vakumda, nemli koşullarda (çevresel taramalı elektron mikroskobu), çok düşük sıcaklıklardan yüksek sıcaklıklara değişen koşullarda çalışabilen özelleşmiş cihazlar da mevcuttur. SEM’ de görüntü oluşturmak için en çok elektron demeti tarafından uyarılan numune atomlarının yaydığı ikincil elektronlardan faydalanılır. Numunenin farklı bölgelerinden kopan ikincil elektronların sayısındaki değişim öncelikle demetin yüzeye buluşma açısına, yani yüzeyin topografisine bağlıdır. SEM görüntüleme Şekil 2.21’de görülen INSPECT S50 marka cihaz ile yapılmıştır. Matris malzeme içerisinde bulunan fındık kabuğunun SEM görüntülenme sırasından yanıp zarar görmemesi için numunede

incelenecek alana altın kaplama uygulaması yapılmıştır. Altın kaplama işlemi 200 sn boyunca 5 nm kalınlık oluşturacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 2.21. INSPECT S50 SEM Görüntüleme Cihazı



3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Çekme Testi Sonuçları

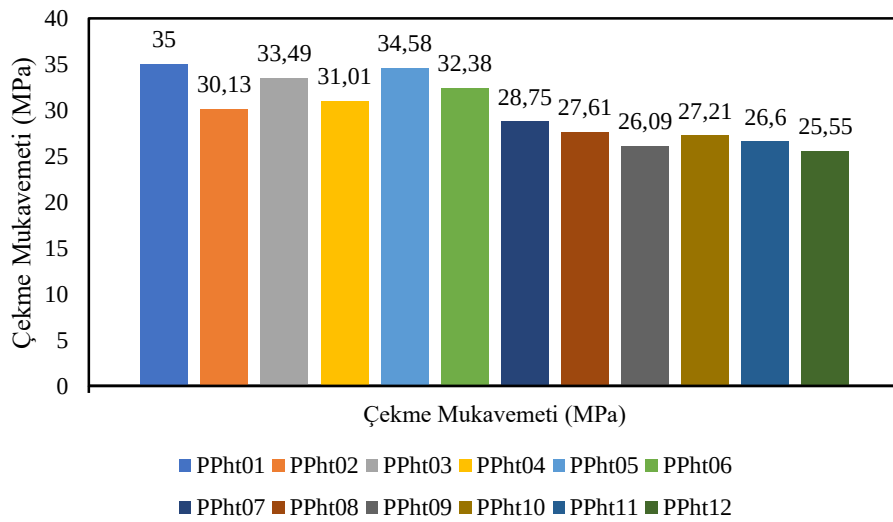
Çekme testine ait sonuçlar Tablo 3.1’de toplu şekilde verilmiştir. Çekme mukavemet değerleri Şekil 3.1’de, çekme elastisite modülleri Şekil 3.2’de grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1. Çekme testi sonuçları

Numune Kodu	Çekme Mukavemeti (MPa)	Standard Sapma	Elastisite Modülü (MPa)	Standard Sapma	Kopma Uzaması (%)	Standard Sapma
PPht01	35,00	0,20	1802,01	41,58	84,57	1,20
PPht02	30,13	0,61	2399,58	50,33	6,82	1,18
PPht03	33,49	0,64	2696,14	27,71	10,88	2,89
PPht04	31,01	0,60	2594,25	37,72	7,43	0,82
PPht05	34,58	0,08	2855,29	23,11	10,64	2,92
PPht06	32,38	0,53	2644,51	85,81	8,55	1,30
PPht07	28,75	1,29	2114,67	121,38	12,60	3,08
PPht08	27,61	1,04	1874,60	47,72	13,50	2,61
PPht09	26,09	0,25	1684,64	73,01	17,45	2,14
PPht10	27,21	0,36	2090,51	96,01	10,93	1,91
PPht11	26,60	0,58	2057,18	35,83	13,41	2,28
PPht12	25,55	0,30	1959,71	53,55	12,62	1,25

PPht01 kodlu numune (referans) çekme mukavemet değeri 35 MPa olarak elde edilmiştir. Verilen değerin üreticinin TDS’te belirttiği değerle uyumlu olduğu görülmüştür. Malzeme içerisinde fındık kabuğu ve talk eklendiğinde, çekme mukavemet değerinin düştüğü, çekme elastisite modülünün arttığı ve kopma uzamalarının düştüğü tespit edilmiştir. Karışıma fındık kabuğu ve talk birlikte eklendiğinde çekme mukavemet değerlerinde artış olduğu, talkın fındık kabuğuna oranla çekme mukavemeti üzerinde daha iyi bir sonuç verdiği görülmüştür. Eşit oranda talk ve fındık kabuğu karışıma eklendiğinde, çekme mukavemetinin fındık kabuğu ve talkın ortalama değerlerine yakın olarak elde edilmiştir.

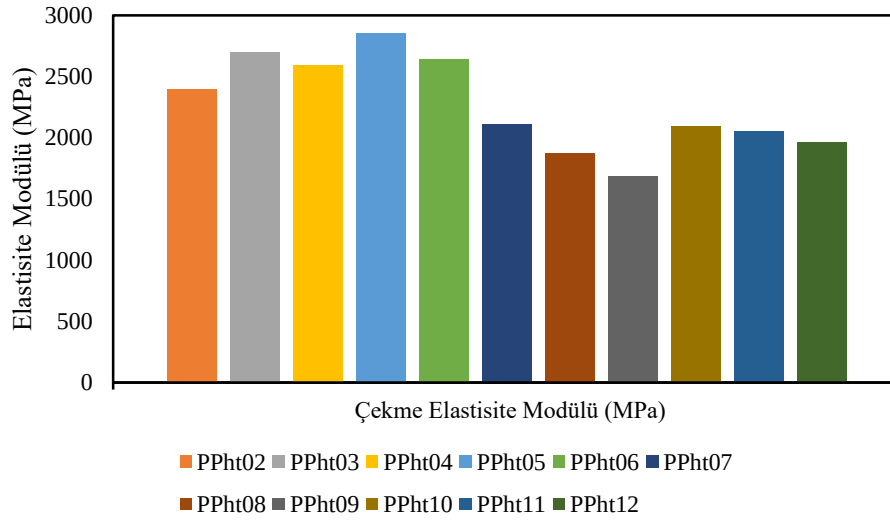
Karışıma SEBS eklendiğinde, çekme mukavemet değerlerinin düştüğü en yüksek çekme mukavemet değerinin SEBS katkısının %3 olduğu PPht10 kodlu numunede elde edildiği görülmüştür. SEBS katkısı arttıkça, malzemelerin çekme mukavemet değerleri düşmüştür. Karışıma SEBS-g-MA eklendiğinde, elde edilen çekme mukavemet değerleri SEBS katkısına oranla artmış, ancak fındık kabuğu ve talka oranla daha düşük olarak elde edilmiştir. SEBS-g-MA katkısı içinde çekme mukavemeti katkının %3 olduğu PPht07 kodlu numunede elde edilmiştir. Karışım içerisindeki SEBS ve SEBS-g-MA oranı %3'ü aştığında genel olarak çekme mukavemet değerleri olumsuz olarak etkilenmektedir.



Şekil 3.1. Çekme mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

PPht01 kodlu numune (referans) çekme elastisite modülü değeri 1802 MPa olarak elde edilmiştir. Malzeme içerisinde fındık kabuğu ve talk eklendiğinde, çekme elastisite modülü değerinin referans numuneye göre arttığı gözlemlenmiştir. Sadece fındık kabuğu ile yapılan karışımda, sadece talk ile yapılan karışıma göre çekme elastisite modülünün düştüğü tespit edilmiştir. Fındık kabuğu ve talk beraber ilave edildiğinde, en yüksek çekme elastisite modülünün %5 fındık kabuğu ile %15 talkın ilaveli karışımda olduğu bulunmuştur. Fındık kabuğu ve talkın eşit oranda karışıma dahil edildiği numunelerde çekme elastisite modül değerinin sadece talk ve sadece fındık kabuğu olan numunelerin çekme elastisite modül değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Eşit oranda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışımda farklı oranlarda SEBS-g-MA ilave edildiğinde çekme elastisite modül değerinin SEBS-g-MA olmayan karışımlara göre düştüğü bulunmuştur.

Eşit oranda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışımda farklı oranlarda SEBS ilave edildiğinde çekme elastisite modül değerinin SEBS olmayan karışımlara göre düştüğü bulunmuştur.



Şekil 3.2. Çekme elastisite modüllerinin karşılaştırılması

3.2. Eğme Testi Sonuçları

Üç nokta eğme testine ait sonuçlar Tablo 3.2’de, grafiksel olarak karşılaştırılması ise Şekil 3.3’de topluca verilmiştir. Tablo 3.2 incelendiğinde PPht01 numune kodlu malzemenin (referans malzeme) eğme mukavemeti 52 Mpa bulunmuştur. Buna göre karışıma sadece fındık kabuğu veya sadece talk eklendiğinde eğme mukavemetinin arttığı tespit edilmiştir. Karışım içerisine fındık kabuğu ve talk beraber eklendiğinde eğme mukavemetindeki değer artmış olup PPht05 karışımın da ise eğme mukavemet değeri pik yapmış olduğu tespit edilmiştir.

Eşit oranda fındık kabuğu ve talk içeren karışıma belli oranlarda SEBS-g-MA ilave edilmesi sonucu eğme mukavemetinde, ilave edilmeden önceki durumuna göre düşüş görülmüştür. Karışım içerisindeki SEBS-g-MA’nın oran olarak en az olduğu durumda eğme mukavemetinin referans karışıma göre bir miktar üstünde kaldığı görülmüştür.

Benzer şekilde eşit oranda fındık kabuğu ve talk içeren karışım içerisine SEBS belli oranlarda ilave edilmiş olup eğme mukavemetinde, karışıma ilave edilmeden önceki haline göre düşüş olduğu bulunmuştur.

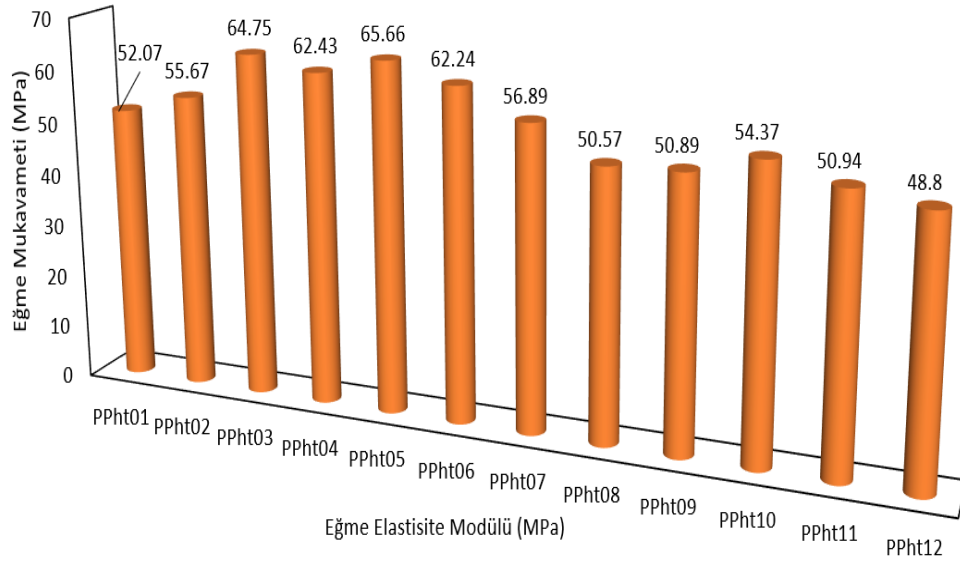
Tablo 3.2. Üç nokta eğme testi sonuçları

Numune Kodu	Eğme Mukavemeti (MPa)	St. Sapma	Elastisite Modülü (MPa)	St. Sapma	Eğilme Yüzdesi (%)	St. Sapma
PPht01	52,07	0,55	2019,43	47,15	6,32	0,14
PPht02	55,67	1,19	2674,38	63,76	5,21	0,09
PPht03	64,75	0,20	3491,30	97,14	5,24	0,17
PPht04	62,43	0,71	3312,72	106,45	4,85	0,20
PPht05	65,66	0,79	3583,20	77,39	5,02	0,17
PPht06	62,24	0,58	3250,52	87,66	5,17	0,03
PPht07	56,89	0,77	2690,18	43,47	5,44	0,38
PPht08	50,57	0,44	2270,17	71,20	5,83	0,15
PPht09	50,89	1,65	2205,70	96,79	6,17	0,30
PPht10	54,37	0,43	2673,40	35,49	5,37	0,25
PPht11	50,94	0,63	2544,12	92,17	5,39	0,08
PPht12	48,80	0,23	2328,29	46,22	6,65	0,33

PPht01 numune kodlu referans malzemenin eğme modülü değeri 2019 MPa olarak ölçülmüştür. Referans numune içerisine sadece fındık kabuğu eklendiğinde eğme modülü değeri artarak 2674 MPa olmuş, sadece talk eklendiğinde eğme modülünde artış olmuş ve 3491 MPa olarak bulunmuştur. Karışım içerisine fındık kabuğu ve talk belli oranlarda ilave edildiğinde eğme modülü değerinin arttığını görülmüştür. Şekil 3.3'te grafikte görülen değerlere incelendiğinde matris içerisinde %5 FK ve %15 talk olan PPht05 malzemesinin eğme elastisite modülü maksimum değere ulaştığı gözlemlenmiştir.

Eşit miktarda fındık kabuğu ve talk içeren karışım içerisine SEBS-g-MA ilave edildiğinde eğme bir miktar düştüğü, karışım içerisindeki oran arttıkça eğme elastisite modülünün neredeyse referans değerine kadar düştüğü tespit edildi.

Karışım içerisine SEBS malzemesi belli oranlarda ilave edildiğinde eğme elastisite modülünün düştüğü ancak SEBS ilavesinde SEBS-g-MA ilavesine göre eğme elastisite modülü değerinin yüksek olduğu bulunmuştur.



Şekil 3.3. Eğme mukavemeti karşılaştırılması

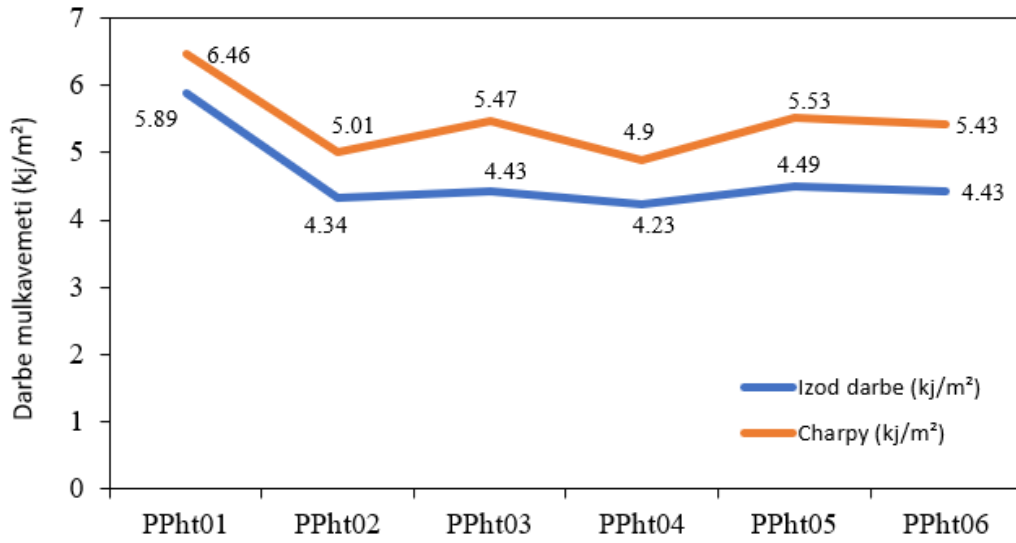
3.3. Darbe Testi Sonuçları

Izod ve Charpy darbe testlerine ait sonuçlar Tablo 3.3'te toplu şekilde verilmiştir. Izod ve Charpy darbe değerleri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.3. Darbe test sonuçları

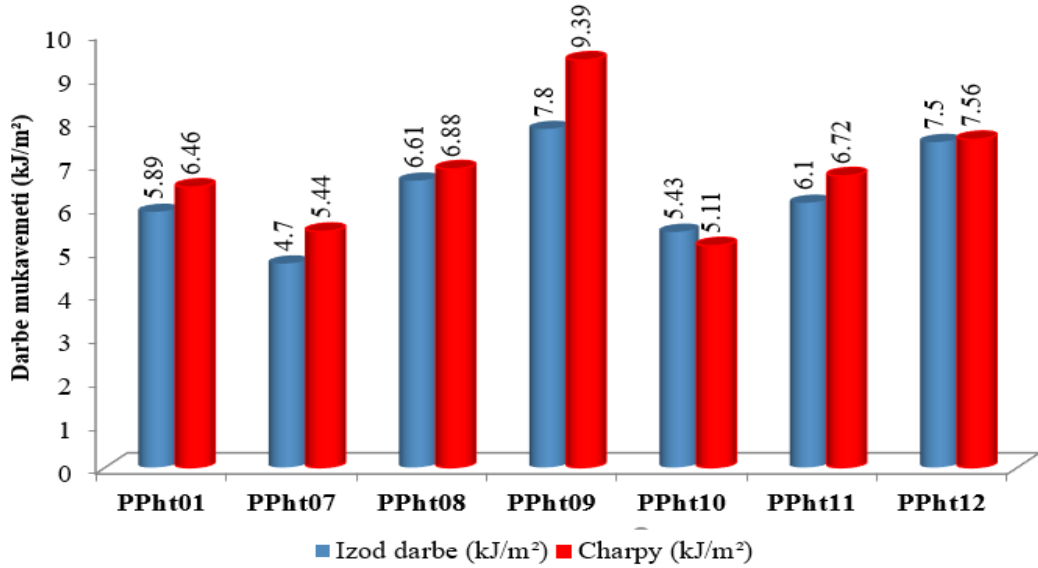
Numune Kodu	Izod darbe (kJ/m ²)	Standard Sapma	Charpy (kJ/m ²)	Standard Sapma
PPht01	5,89	0,21	6,46	0,15
PPht02	4,34	0,40	5,01	0,34
PPht03	4,43	0,34	5,47	0,39
PPht04	4,23	0,23	4,90	0,16
PPht05	4,49	0,32	5,53	0,41
PPht06	4,43	0,36	5,43	0,28
PPht07	4,70	0,27	5,44	0,34
PPht08	6,61	0,42	6,88	0,35
PPht09	7,80	0,33	9,39	0,51
PPht10	5,43	0,27	5,11	0,36
PPht11	6,10	0,41	6,72	0,46
PPht12	7,50	0,22	7,56	0,33

Tablo 3.3’de PPht01 numune kodlu referans numune içerisinde sadece fındık kabuğu veya sadece talk eklendiğinde izod ve charpy darbe değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Talkın darbe mukavemetini düşürücü etkisi literatürden bilinmektedir. Fındık kabuğunun darbe mukavemeti üzerinde talkla benzer bir etki gösterdiği bulunmuştur. PPht01 referans numunesine eşit miktarda fındık kabuğu ve talk ile belli oranlarda SEBS-g-MA eklenmesi sonucu izod ve charpy darbe değerlerinde artan SEBS-g-MA miktarına göre doğru orantılı bir şekilde artış olduğu görülmüştür. Matris malzemesi içerisinde fındık kabuğu ve talkın birlikte olduğu karışımda %9 oranında SEBS-g-MA olan PPht09 numaralı numunede darbe mukavemet değerlerinin en yüksek değere ulaştığı tespit edilmiştir. Aynı oranda fındık kabuğu ve talk içeren matris malzemesine belli oranlarda SEBS ilave edilmesi ile darbe mukavemet değerinin SEBS-g-MA ile benzer bir etki göstermiştir. Karışım içerisindeki artan SEBS oranına bağlı olarak darbe mukavemetinin arttığı görülmüştür.



Şekil 3.4. Darbe testi sonuçları karşılaştırılması

PPht01 referans numunesine fındık kabuğu ve talk ayrı ayrı veya beraber belli oranlarda kullanılsalar bile referans numunesine göre ızod darbe mukavemetinde yaklaşık %15'lik, charpy darbe mukavemetinde ise yaklaşık %25'lik kayıp olduğu görülmüştür. PPht01 referans numunesine eşit miktarda fındık kabuğu ve talk ile belli oranlarda SEBS-g-MA eklenmesi sonucu ızod ve charpy değerlerinin artan SEBS-g-MA miktarına göre artış görülmüştür. Darbe değerlerinin pik yaptığı karışımda %9 SEBS-g-MA mevcuttur. Karışım içerisinde belli oranlarda SEBS ilave edildiğinde darbe değerlerinin artan SEBS oranına bağlı olarak arttığı ancak SEBS-g-MA ilaveli numunelerdeki kadar olmadığı saptanmıştır.



Şekil 3.5. Darbe testi sonuçları karşılaştırılması

3.4. Yoğunluk Testi Sonuçları

Yoğunluk testine ait sonuçlar Tablo 3.4'de verilmiştir. PPht01 referans numunesinin yoğunluk ölçüm sonucu malzemenin TDS değerleri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Matris malzemesine fındık kabuğu ve talkın eklenmesi ile hazırlanan numunelerin yoğunluğunda artış gözlenmiştir. Bu artışa, talk ve fındık kabuğunun yoğunluğunun matris malzemesi yoğunluğundan fazla olması neden olmuştur. Yoğunluğun, matris içerisinde %5 FK ve %15 talk olan PPht05 numaralı numunede en yüksek değere ulaştığı bulunmuştur. Eşit oranda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışıma belirli oranlarda ilave edilen SEBS ve SEBS-g-MA'nın yoğunluğa olumlu veya olumsuz bir etkisi görülmemiştir.

Tablo 3.4. Yoğunluk testi sonuçları

Numune Kodu	Yoğunluk (g/cm ³)
PPht01	0,90
PPht02	0,96
PPht03	1,02
PPht04	0,98
PPht05	1,04
PPht06	0,99
PPht07	1,00
PPht08	0,99
PPht09	1,01
PPht10	1,00
PPht11	1,00
PPht12	1,00

3.5. Eriyik Akış İndisi Sonuçları (MFI)

MFI testine ait sonuçları Tablo 3.5’te verilmiştir. PPht01 referans numunesinin eriyik akış indisi değeri 5,58 g/10 dk olarak ölçülmüştür. Matris malzeme içerisine fındık kabuğu ve talkın belli oranlarda ilaveleri ile eriyik akış indisi değerinde genel ortalama düşüş olduğu görülmüştür. Tablodan 3.5’de de görüleceği gibi PP matris içerisinde sadece %20 talkın PPht03 numaralı numunenin eriyik akış indisi değeri, diğer karışımlara göre en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Matris malzeme içerisine eşit miktarda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışıma belli oranlarda SEBS-g-MA eklendiğinde eriyik akış indisi değerinin, olmayan karışıma nazaran yaklaşık %16 kadar düşüş olduğu tespit edilmiştir. Karışım içerisine SEBS-g-MA yerine belli oranlarda SEBS eklendiğinde, eriyik akış indisi değerinin, numune içerisinde artan SEBS oranına bağlı olarak düştüğü bulunmuştur. Eriyik akış indisi değeri, aynı oranda fındık kabuğu ile talkın olduğu ve %9 SEBS ilaveli PPht12 numaralı numunede en düşük değerde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.5. Eriyik akış indisi sonuçları

Numune Kodu	Eriyik Akış İndisi (MFI) (g/10dk)
PPht01	5,58
PPht02	5,28
PPht03	5,44
PPht04	5,37
PPht05	5,00
PPht06	5,05
PPht07	4,85
PPht08	4,21
PPht09	4,39
PPht10	4,94
PPht11	4,23
PPht12	3,96

3.6. Isıl Deformasyon Testi Sonuçları (HDT)

HDT ısııl deformasyon testine ait sonuçlar Tablo 3.6’de toplu şekilde verilmiştir. Referans malzemede ısııl deformasyon sıcaklık değeri 59,73 °C olarak ölçülmüştür. Matris malzeme içerisine fındık kabuğu ilavesi ile ısııl deformasyon değeri %10 artışla 65,57 °C’ye çıktığı tespit edilmiştir. Matris malzemesi içerisinde sadece %20 talk bulunan PPht03 numaralı numunede HDT sıcaklık değeri en yüksek seviye olan 66,67 °C’ye ulaşmıştır. Bunu, matris malzeme içerisinde %5 fındık kabuğu ve %15 talkın olduğu PPht05 numaralı numune takip etmektedir. Karışıma eşit oranda talk ve fındık kabuğu eklendiğinde ısııl deformasyon sıcaklık değeri 65,95 °C ölçülmüş olup referans numunenin ısııl deformasyon değerinin üstüne çıkmıştır. Talkın polimer malzemenin ısııl özellikleri iyileştirici etki gösterdiği literatürden bilinmektedir [40,43].

Eşit miktarda fındık kabuğu ve talkın yanında karışıma belirli oranlarda SEBS-g-MA eklendiğinde ısııl deformasyon değerinin matris malzemeye göre ciddi şekilde düştüğü ölçülmüştür. Isıl deformasyon değerinin en düşük olduğu numune PPht09 olup karışım içerisinde %9 oranında SEBS-g-MA içermektedir.

Tablo 3.6. HDT testi sonuçları

Numune Kodu	Ortalama Sıcaklık (°C)	Standard Sapma	Varyans
PPht01	59,73	1,40	1,96
PPht02	65,57	2,10	4,40
PPht03	66,67	0,95	0,89
PPht04	65,57	2,35	5,52
PPht05	66,50	1,18	1,39
PPht06	65,95	0,67	0,44
PPht07	65,00	0,75	0,57
PPht08	59,53	1,32	1,74
PPht09	57,53	0,80	0,64
PPht10	62,30	0,61	0,37
PPht11	61,47	1,34	1,80
PPht12	60,17	1,65	2,72

Eşit miktarda fındık kabuğu ve talkın olduğu reçeteye belirli oranlarda SEBS ilave edildiğinde ısıl deformasyon değerinde düşüş olduğu görülmüş ancak bu düşüş matris malzeme değerinin yine de üzerinde kaldığı belirlenmiştir.

3.7. Vicat Yumuşama Sıcaklığı Testi Sonuçları

Vicat sıcaklık testine ait sonuçlar Tablo 3.7’de toplu şekilde verilmiştir. Matris malzeme içerisine sadece fındık kabuğu ilave edildiğinde vicat sıcaklık değeri referans numuneye göre %20 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Matris malzeme içerisine sadece talk ilave edildiğinde ise vicat sıcaklık değeri referans numuneye göre %14 oranında artış olduğunu bulunmuştur.

Matris malzeme içerisine fındık kabuğu ve talkın belirli oranlarda karıştırıldığı numunelerde referans numuneye göre vicat sıcaklığında artış gözlemlenmiştir.

Eşit oranda fındık kabuğu ve talkın olduğu numunelere belirli oranlarda SEBS-g-MA eklendiğinde vicat sıcaklığında sadece talk veya sadece fındık kabuğunun olduğu numunelere göre düşüş yaşandığı görülmüştür.

Tablo 3.7. Vicat Sıcaklığı testi sonuçları.

Numune Kodu	Ortalama Sıcaklık (°C)	Standard Sapma	Varyans
PPht01	90,13	0,25	0,06
PPht02	108,53	2,48	6,16
PPht03	102,63	3,02	9,10
PPht04	107,40	2,17	4,71
PPht05	105,70	2,35	5,53
PPht06	107,30	3,91	15,31
PPht07	93,97	7,22	52,06
PPht08	89,00	2,59	6,69
PPht09	87,57	2,84	8,05
PPht10	100,70	1,39	1,93
PPht11	95,67	3,54	12,56
PPht12	95,87	1,82	3,32

Karışım içerisinde SEBS-g-MA oranı arttıkça, referans numuneye göre vicat sıcaklık değerinin %3 oranında altında kaldığı tespit edilmiştir.

Matris malzeme içerisinde eşit oranda talk ve fındık kabuğunun olduğu karışıma belirli oranlarda SEBS eklendiğinde vicat sıcaklığında SEBS olmayan numunelere oranla düşüş olduğu görülse de vicat sıcaklık değeri referans numune değerinin altına düşmediği saptanmıştır. Tablo 3.7'ye bakıldığında SEBS'in vicat sıcaklığına olan olumsuz etkisinin SEBS-g-MA'ya göre daha az olduğu görülmektedir.

Vicat sıcaklığı PPht02 numunede pik değerine ulaşmıştır. PPht02 numunesinin reçetesinde matris malzeme ile birlikte sadece %20 fındık kabuğu mevcuttur. Fındık kabuğunun malzemenin yumuşama sıcaklığını arttırdığı net bir şekilde görülmektedir. Bunun fındık kabuğunun sahip olduğu selüloz içeriğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Vicat sıcaklığında en fazla düşüşün, matris malzeme içerisinde eşit oranlarda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışıma %9 SEBS-g-MA ilaveli PPht09 numaralı numunede olduğu saptanmıştır.

3.8. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Testi Sonuçları

DSC testine ait sonuçlar Tablo 3.8’de toplu şekilde verilmiştir. Referans malzemeye ait erime sıcaklığı 168,54 °C olarak ölçülmüştür. Fındık kabuğu, talk, SEBS ve SEBS-g-MA katkılı numunelerin tamamında erime sıcaklık değerleri referans numuneye göre daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Matris malzeme içerisinde, sadece %20 oranında talk katkılı PPht03 kodlu numunede erime sıcaklığı 164,43 °C olarak ölçülürken, sadece %20 oranında fındık kabuğu katkılı PPht02 kodlu numunede ise erime sıcaklığı 163,72 °C olarak ölçülmüştür. Her iki katkı içinde erime sıcaklık değerlerinin benzer olduğu ve aralarında büyük farklılıklar olmadığı görülmüştür. Tablo 3.8 incelendiğinde, matris malzeme içerisine sadece talk ve sadece fındık kabuğunun eklenmesi ile erime sıcaklık değerinin üzerinde olumsuz bir etki gösterdiği saptanmıştır. Matris malzeme içerisine talk ve fındık kabuğunun birlikte kullanıldığı numunelerde, ayrı ayrı kullanıldığı numunelere göre erime sıcaklığının arttığı ancak yine de referans numune erime sıcaklığına göre düşük kaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.8. DSC test sonuçları

Numune Kodu	Erime Başlama Sıcaklığı (°C)	Erime Sıcaklığı T _m (°C)	Erime Bitiş Sıcaklığı (°C)	Kristallenme Sıcaklığı T _c (°C)
PPht01	130,56	168,54	174,35	106,84
PPht02	130,20	163,72	170,48	114,49
PPht03	134,97	164,43	174,33	125,88
PPht04	132,27	167,42	171,91	124,88
PPht05	147,40	164,56	172,56	125,72
PPht06	137,10	165,73	170,63	125,75
PPht07	139,52	164,84	171,20	118,49
PPht08	136,68	164,30	170,49	117,35
PPht09	134,97	162,52	171,06	116,64
PPht10	135,40	163,54	171,77	116,79
PPht11	132,27	163,68	170,07	120,75
PPht12	134,40	163,03	170,63	119,28

Erime sıcaklığının referans numuneye en yakın olduğu değer, matris malzeme içerisinde %15 fındık kabuğu ve %5 talk ilaveli PPht04 kodlu numunede olduğu bulunmuştur.

Matris malzeme içerisinde eşit oranda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışıma SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde ise SEBS ve SEBS-g-MA karışım içindeki oranı arttıkça erime sıcaklık değerinin olmayan numunelere göre düştüğü gözlemlenmiştir. SEBS ve SEBS-g-MA katkılarının erime sıcaklıkları üzerinde çok büyük bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kristallenme sıcaklığına, hem fındık kabuğu hem de talkın olumlu bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Talkın kristallenme sıcaklığını yükseltici bir etkiye sahip olduğu literatürden bilinmektedir [40,43]. Matris malzeme içerisine yalnızca fındık kabuğu eklenmesi ile referans numunenin kristallenme sıcaklığına göre %7 oranında, yalnızca talk eklenmesi ile yaklaşık olarak %18 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Fındık kabuğu ve talkın birlikte kullanıldığı numunelerdeki kristallenme sıcaklığı, yalnızca talk eklenmiş PPht03 kodlu numunedeki kristallenme sıcaklığına yakın ancak ona göre düşük olduğu ölçülmüştür.

Matris malzeme içerisinde eşit miktarda fındık kabuğu ve talkın olduğu karışıma belli oranlarda SEBS ve SEBS-g-MA ilave edilmesiyle elde edilen numunelerin kristallenme sıcaklıkları, ilave edilmeyen numunelere göre düştüğü görülmüştür. Kristallenme sıcaklıklarının talk katkılı numunelere oranla daha düşük elde edilmesine rağmen SEBS katkılı numunelerde SEBS oranı arttıkça kristallenme sıcaklıkları da referans numuneye göre artış olduğu tespit edilmiştir. SEBS-g-MA katkılı numunelerde ise SEBS-g-MA oranı arttıkça kristallenme sıcaklıklarında düşüş olduğu ancak yine de referans numunenin kristallenme sıcaklığının üzerinde kaldığı gözlemlenmiştir. Fındık kabuğu, talk, SEBS ve SEBS-g-MA ilave edilmesi ile hazırlanan numunelerin kristallenme sıcaklığı, referans numuneye göre genel anlamda artışı saptanmıştır.

3.9. Kül Testi Sonuçları

Kül testine ait sonuçlar Tablo 3.9’da toplu şekilde verilmiştir. Tablo 3.9 da belirtilen sonuçlar incelendiğinde, fındık kabuğunun kül fırınında yandığı ancak talkın ise kül olarak kaldığını söylemek mümkündür.

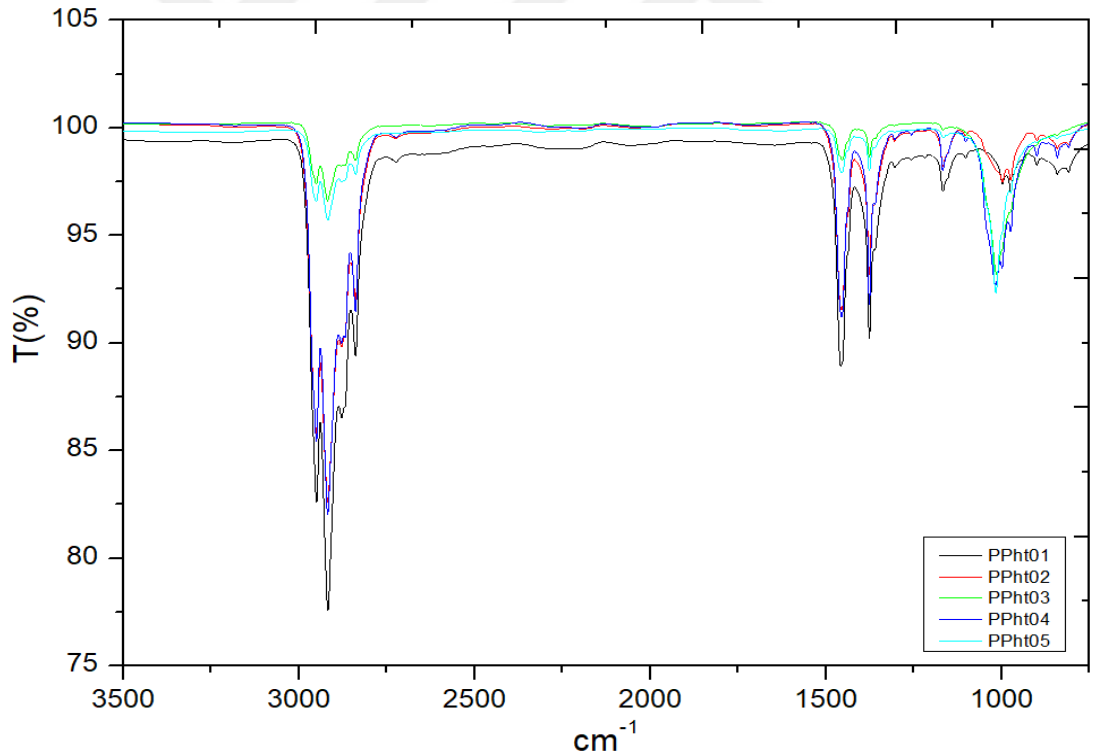
Tablo 3.9. Kül Testi Sonuçları

Numune Kodu	Kül Miktarı (%)	Numune Kodu	Kül Miktarı (%)
PPht01	0	PPht07	9,27
PPht02	0,46	PPht08	9,08
PPht03	18,37	PPht09	8,70
PPht04	5,12	PPht10	9,52
PPht05	13,90	PPht11	9,07
PPht06	9,71	PPht12	8,86

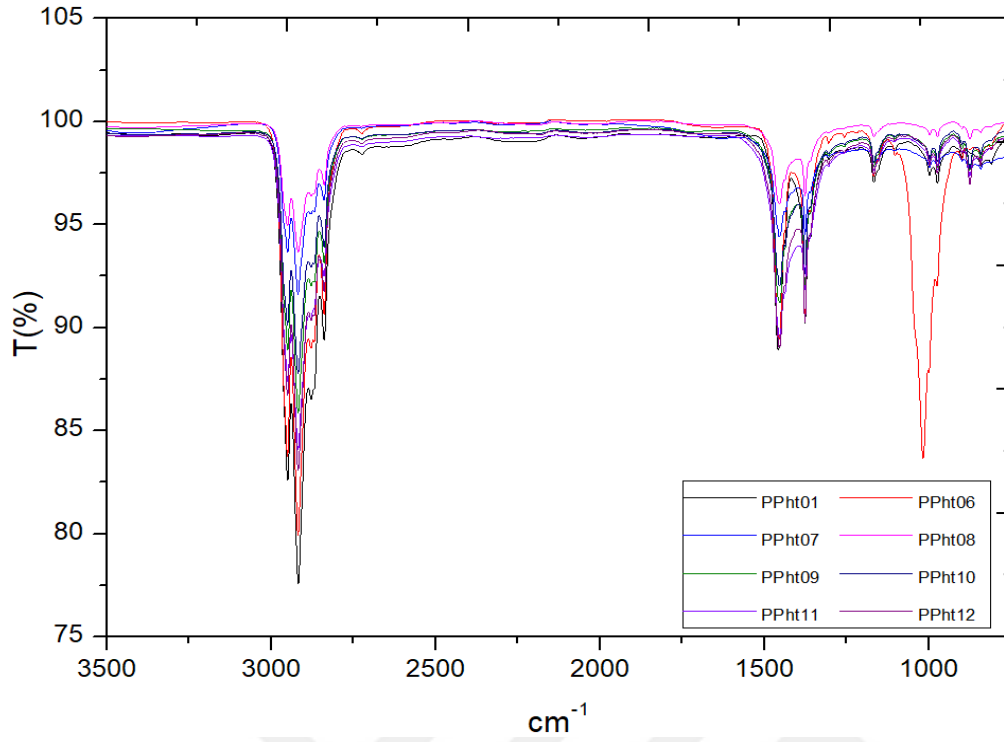
3.10. Spektrometre Analiz (FTIR) Sonuçları

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de PP ve karışımları için FTIR spektrumlarını göstermektedir. PP için FTIR pikleri 2950 cm^{-1} de simetrik olmayan CH_3 grubunun C-H bağ gerilmesi, 2920 cm^{-1} de simetrik olmayan CH_2 grubunun C-H bağ gerilmesi, 2870 cm^{-1} de simetrik CH_3 grubunun C-H bağ gerilmesi, 1456 cm^{-1} CH_3 grubunun C-H bağ eğilmesi, 1376 cm^{-1} CH_3 grubunun C-H bağ eğilmesi, 1166 cm^{-1} C-H bağ gerilmesi, 996 cm^{-1} C-C zincir germe titreşimi, 973 cm^{-1} C-C bağ titreşimi, 840 cm^{-1} C-H bağ eğilmesi, 808 cm^{-1} C-C bağ gerilmesi tüm örneklerde gözlenmiştir. Tüm spektrumlar PP’nin bilinen tüm karakteristik pikleri ile benzerdir [44]. Moleküller arası veya kristalli paketlenmeden kaynaklanan herhangi bir IR bölünmesi gözlemlenmedi. Çünkü zincirler birbirinden çok uzak. Aslında, moleküller arası kuvvetler kristal alan bölünmesinin gözlemlenmesi için çok küçüktür [45].

Yalnızca PPht09 ve PPht10 numunelerinde 3671 cm^{-1} ve 3800 cm^{-1} bandında görülen pikler hidroksil gruplarına karşılık gelmektedir. Bu pikler, katkı maddelerinden türetilmiş muhtemel polar grupların varlığıyla ilgili olabilir [44]. Bu durum aynı katkı maddesinin karışımları arasında bant yoğunluğundaki değişiklikler farklı konsantrasyonlarla da ilişkili olabilir. PPht09 ve PPht10 kodlu numuneler için SEBS katkısının karakteristik pikleri 2990 cm^{-1} ve 2880 cm^{-1} arasında görülmektedir. PPht11 kodlu numunede görülmeyen bu pikler SEBS ve SEBS-g-MA ve polimer arasında SEBS zincirlerinin bir kovalent bağ oluşturarak aşılmasını kanıtlamaktadır [46]. Tüm karışımların FTIR sonuçları karşılaştırıldığında göze çarpan bir kimyasal etkileşim yoktur. Ancak MA piklerin kaymasına neden olmaktadır. Benzer şekilde karışımın formülasyon oranlarına göre; tüm pik boylarında yükselme ya da alçalma şeklinde değişimler gözlenmiştir.



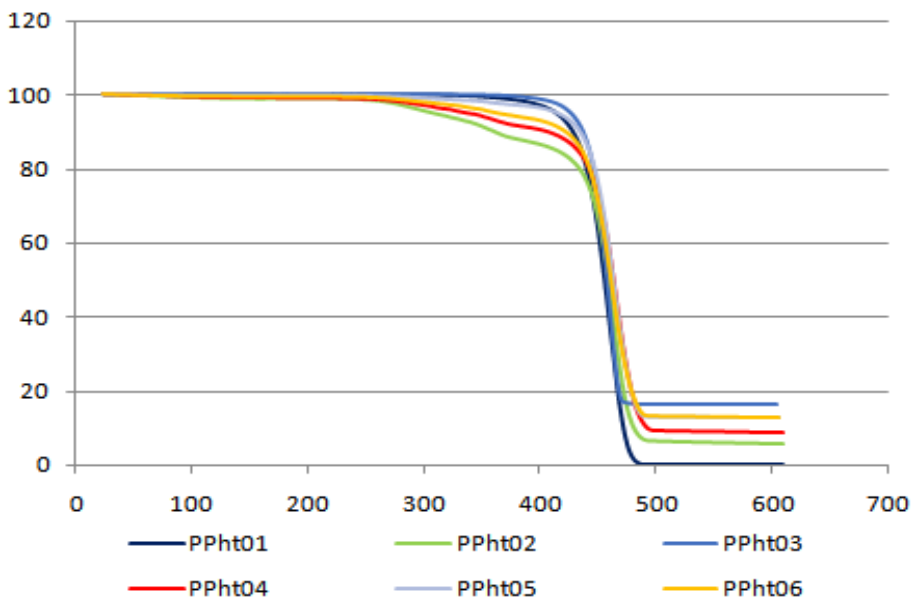
Şekil 3.6. FTIR analizi PPht01-PPht05 sonuçları karşılaştırılması



Şekil 3.7. FTIR analizi PPht06-PPht012 sonuçları karşılaştırılması

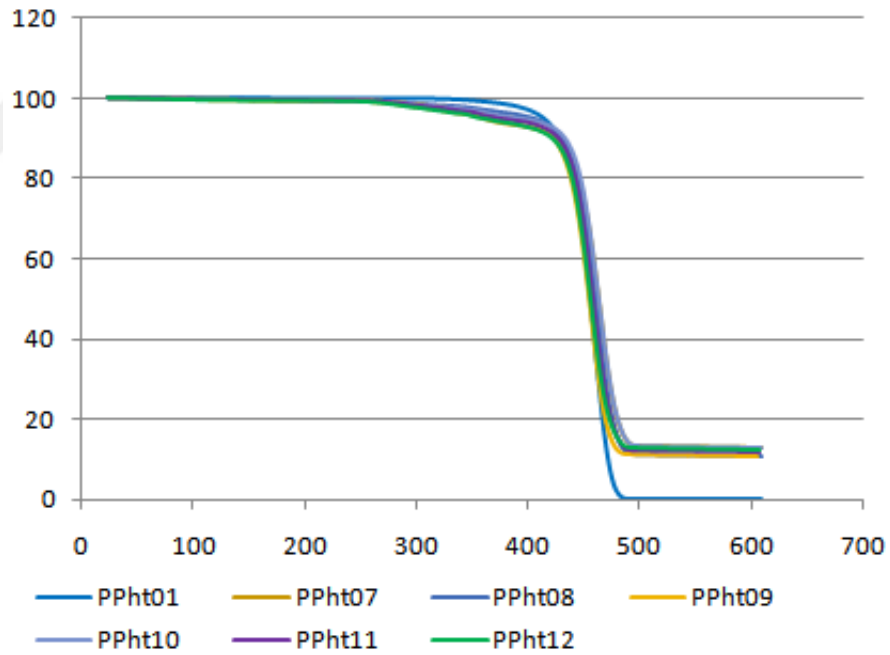
3.11. Termogravimetrik Analiz (TGA) Testi Sonuçları

Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da matris malzemesi PP ve karışımları için TGA analiz sonuçları % değer olarak grafikte belirtilmiştir. Şekil 3.10’da ise DTG mg/min olarak değerleri grafik şeklinde toplu şekilde verilmiştir.



Şekil 3.8. TGA analizi PPht01-PPht06 sonuçları karşılaştırılması

Tablo 3.10’da, hazırlanan karışımların %TG, DTG, bozulma başlangıç ve bitiş sıcaklıkları toplu olarak verilmiştir. Şekil 3.8’de PPht02, PPht04, PPht05 ve PPht06 numunelerinin kütle kaybı 300 °C mertebelerinde başlamış olup referans malzemeye göre düşüş görülürken, karışım içinde sadece %20 talk içeren PPht03 numaralı numunede bozunma sıcaklığının ise referans malzemeye göre bir miktar arttığı tespit edilmiştir. Bozunma sıcaklığının, %20 fındık kabuğu içeren PPht02 numaralı numunede düşüşün en fazla olduğu, bunu sırası ile %15 fındık kabuğu içeren PPht04 numaralı numune ve sonrasında %10 fındık kabuğu içeren PPht06 numaralı numunelerde olduğu gözlemlenmiştir. Referans numunesi hariç en büyük kütle kaybı %94,1’lik değer ile fındık kabuğunun %20 olduğu PPht02 numaralı numunede olduğu saptanmıştır. Sadece talkın olduğu PPht03 numaralı numunede ise referans numuneye göre bozunma sıcaklığı artmış, kütlesi ise %83.8’lik kayıpla diğer numunelere göre en az olacak şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. TGA analizi sonrası kalan malzemenin talkın kendisi olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 3.9. TGA analizi PPht06-PPht12 sonuçları karşılaştırılması

Şekil 3.9’da referans numune ve karışım içerisinde aynı oranda fındık kabuğu ve talk bulunan PPht06-PPht12 numunelerinin TGA analiz sonuçların % olarak grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde numunelerin bozunmaya başladığı sıcaklık değeri referans numuneye göre bir miktar düşüş yaşandığı, kütle kaybının referans numuneye göre daha erken olduğu görülmüştür. Düşüşün diğer karışımlara göre bir miktar az

olmasını karışıma ilave edilen SEBS ve SEBS-g-MA'nın sebep olduğunu düşünülebilir. Genel anlamda SEBS ve SEBS-g-MA ilaveli karışımlarda bozunma sıcaklıkları 400 °C civarında başlamış olup değerlerin birbirine çok yakın olduğu bulunmuştur.

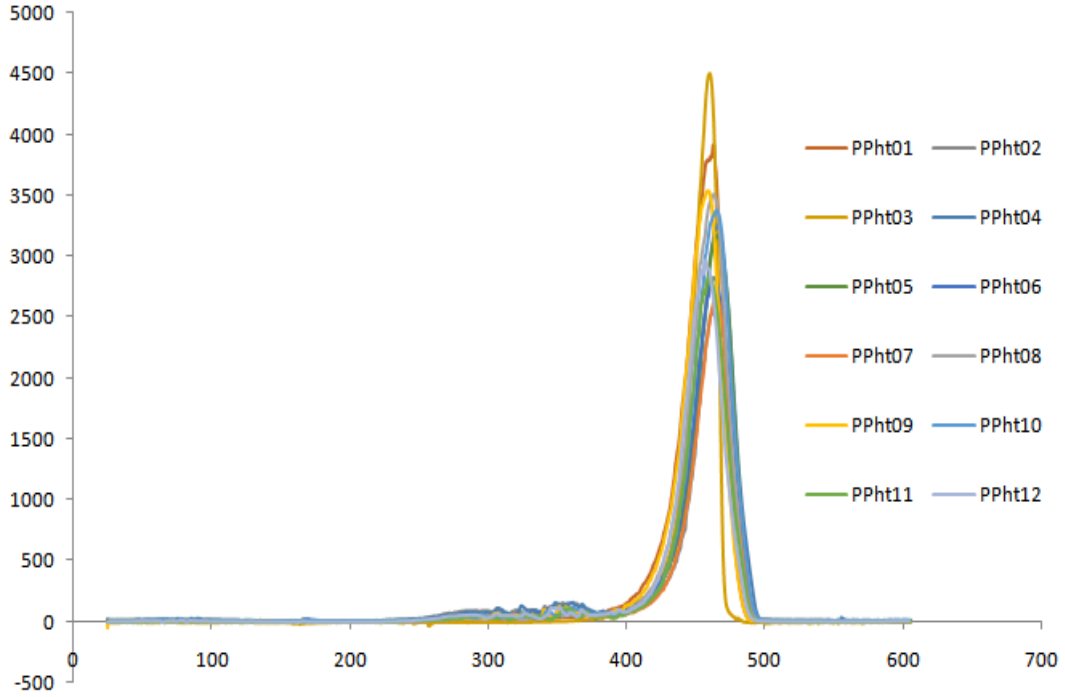
SEBS ve SEBS-g-MA'nın karışıma ilave edilmesi ile TGA analiz sonucu en büyük kütle kaybı %89,4 ile %9 SEBS-g-MA içeren PPht09 numaralı numunede görülmüş olup en az kütle kaybının %87 ile %3 SEBS içeren PPht10 numaralı numunede olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.10. TGA/DTG Test Ölçüm Sonuçları

Numune Kodu	TG (%)	DTG (mg/min)	DTG sıcaklık (°C)	Bozunma Başlangıç (°C)	Bozunma Bitiş (°C)
PPht01	100	3918	464,3	428,5	482,2
PPht02	94,1	2561	465,4	442,6	486,2
PPht03	83,8	4495	467,6	444,4	480,0
PPht04	91,3	3263	466,4	436,8	488,7
PPht05	87,1	3172	471,0	441,5	492,0
PPht06	87,3	2823	469,6	442,3	494,5
PPht07	87,1	2661	465,5	435,4	484,5
PPht08	89,2	3509	463,7	430,3	484,0
PPht09	89,4	3531	463,4	433,2	485,2
PPht10	87	3375	465,4	434,8	486,3
PPht11	88,1	2833	461,9	434,1	486,6
PPht12	87,8	2971	461,2	434,7	488,3

Tablo 3.10'da tabloda ve Şekil 3.10'da DTG değerlerine göre grafik olarak belirtilmiştir. Tablo ve grafik incelendiğinde PPht03 numaralı numune hariç yapılan tüm kompozit karışımların TGA ölçüm sonucunda grafiğin referans numuneye göre sağa doğru yönlendiği ya da bozunma sıcaklığının referans numuneye göre arttığı saptanmıştır. %20 talk içeren PPht03 numaralı numunenin referans numuneye göre sola doğru bir yönelme olduğu ve referans numuneye göre DTG pik sıcaklığında artış olduğu tespit edilmiştir. FK'nın ve talkın olduğu karışıma SEBS ve SEBS-g-MA ilave

edildiğinde referans numuneye göre DTG pik sıcaklığında düşüş olduğu, bozunma başlangıç ve bozunma bitiş sıcaklıklarında artış olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. TGA analizi PPht01-PPht12 DTG sonuçları karşılaştırılması

3.12. Sertlik Ölçümü

Sertlik ölçümü, her bir numuneden 5'er adet ölçüm yapıldı. Yapılan 5 ölçümün ortalama değerleri Tablo 3.11'de gösterilmiştir. Tablo 3.11 incelendiğinde sadece fındık kabuğunun veya sadece talkın matris malzemeye ilavesi sonucunda sertlik değerinde sadece fındık kabuğu ilave edildiği numunede %2,6'lık artış, sadece talkın olduğu numunede %3,3'lük artış olduğu bulunmuştur. Fındık kabuğu ve talkın matris malzemesine aynı oranda beraber katıldığı numunelerde referans numuneye göre %2,8'lik artış olduğu saptanmıştır.

Matris malzeme içerisinde fındık kabuğu ve talkın aynı oranda olduğu karışıma SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde, ağırlıkça oranı arttıkça sertlik değerinin referans numuneye göre %2'lik düşüş olduğu tespit edilmiştir. Matris malzemesine fındık kabuğu, talk, SEBS ve SEBS-g-MA kullanıldığında sertlik değerlerinde ciddi değişim olmadığı için referans malzemenin kullanıldığı alanlarda hibrid kompozit şeklinde de rahatlıkla kullanılabileceği söylenebilir.

Tablo 3.11. Sertlik Ölçüm Test Sonuçları

Numune Kodu	Sertlik Ölçümü Ortalama (Shore D)	Standart Sapma	Değişim (%)
PPht01	78,0	0,0	-
PPht02	80,0	0,7	2,6
PPht03	80,6	0,9	3,3
PPht04	78,2	0,7	0
PPht05	78,6	0,5	0,8
PPht06	80,2	0,4	2,8
PPht07	78,8	0,4	1,0
PPht08	76,4	0,9	-2,1
PPht09	75,8	0,4	-2,8
PPht10	79,4	0,9	1,8
PPht11	75,6	0,5	-3,1
PPht12	75,7	0,8	-2,3

3.13. Gloss Ölçümü

Gloss ölçümü, her bir numuneden 5'er adet alınarak yapıldı. Yapılan 5 ölçümün ortalama değerleri Tablo 3.12 de görülmekte olup gloss ölçüm birimi (GU) Gloss Unit'dir. Parlaklık sınıflandırması ise Tablo 3.13'de belirtilmiştir.

Tablo 3.12 incelendiğinde referans numune değeri 66,2 GU bulunmuş olup, Tablo 3.13'de görüldüğü üzere yarı parlak bir yüzeye sahiptir. Referans numuneye sadece fındık kabuğu ilavesinde GU değerinde %16'lık, sadece fındık kabuğu ilave edildiğinde ise %20'lik düşüş görülmüştür. Fındık kabuğu katkılı kompozit malzemede parlaklığın, fındık kabuğunun matris malzeme yüzeyinde oluşturduğu pürüzlülük nedeni ile referans numunesine göre %16 oranında düşürdüğünü, talkın ise fındık kabuğuna nazaran matris yüzeyinde beyazlama etkisi ile GU değerini daha da düşürdüğü tespit edilmiş, Tablo 3.13'de görüldüğü üzere bu numuneler de yarı parlak sınıfına girmektedir.

Tablo 3.12. Gloss Testi Ölçüm Sonuçları

Numune Kodu	GU Değeri Ortalama	Standart Sapma	Değişim (%)
PPht01	66,2	0,3	-
PPht02	55,2	0,4	-16,6
PPht03	52,9	1,4	-20,2
PPht04	50,8	1,7	-23,3
PPht05	46,7	1,3	-29,5
PPht06	50,6	0,6	-23,7
PPht07	36,5	1,0	-44,8
PPht08	25,8	0,9	-61,1
PPht09	23,2	1,2	-65,0
PPht10	30,9	1,1	-53,3
PPht11	24,9	1,5	-62,4
PPht12	21,6	1,1	-67,4

Tablo 3.13. Parlaklık seviyeleri ve karşılık gelen değerlendirmeler

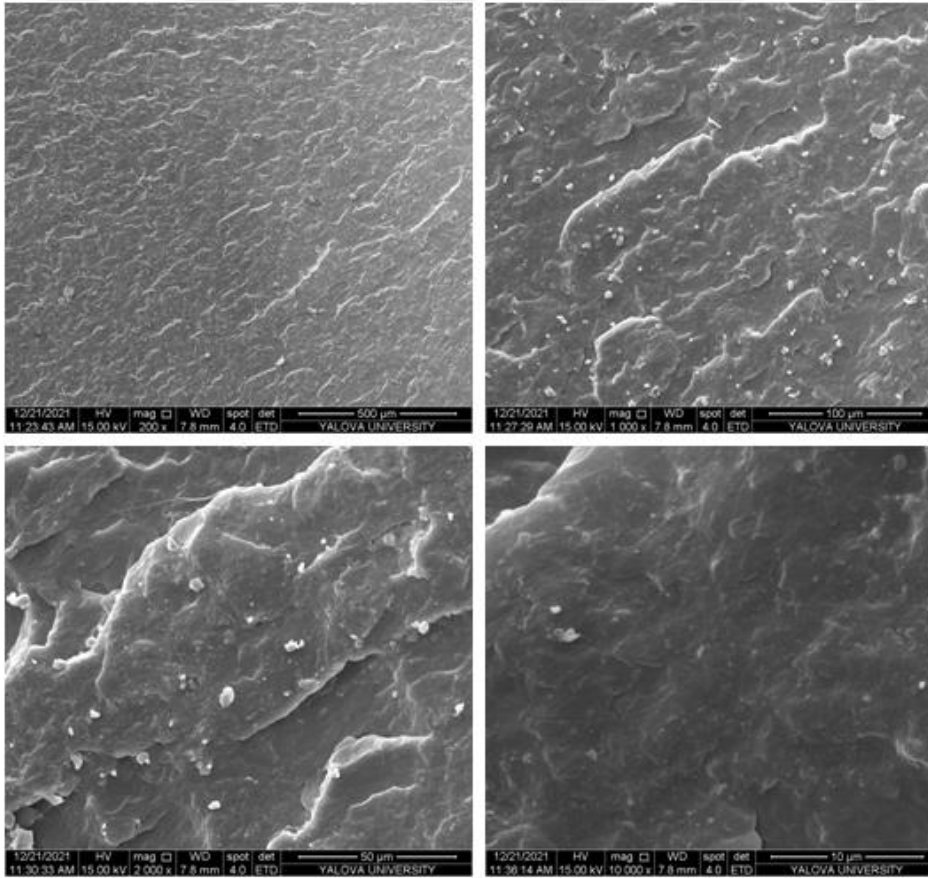
60°'de ölçülen Parlaklık (Gloss)	Parlaklık Sınıfı	Parlaklığa Karşılık Gelen Benzetim
En fazla 5 GU	Mat	Geleneksel mat
En fazla 10 GU	Mat	Kadifemsi
10 – 25 GU	Yarı mat	Yumurta kabuğu
25 – 35 GU	İpek mat	İpek mat
35 – 65 GU	İpek mat	Yarı parlak
70 – 80 GU	Yarı parlak	Yarı parlak
80 – 85 GU	Parlak	Parlak
85 GU'dan fazla	Çok parlak	Çok parlak

Aynı oranda fındık kabuğu ve talk içeren kompozit malzeme içerisinde SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde GU değerinin referans numuneye göre minimum %45 oranında düşürdüğü ölçülmüştür. Bunun nedeni SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde matris malzeme yüzeyinde matlık oluşturmuştur. SEBS ve SEBS-g-MA

ağırlıkça oranı arttığında GU değerinin bu orana paralele düştüğü bulunmuştur. Tablo 3.13’de görüldüğü üzere bu numuneler ipek mat ve yarı mat sınıfında yer aldığı anlaşılmaktadır.

3.14. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülemeleri

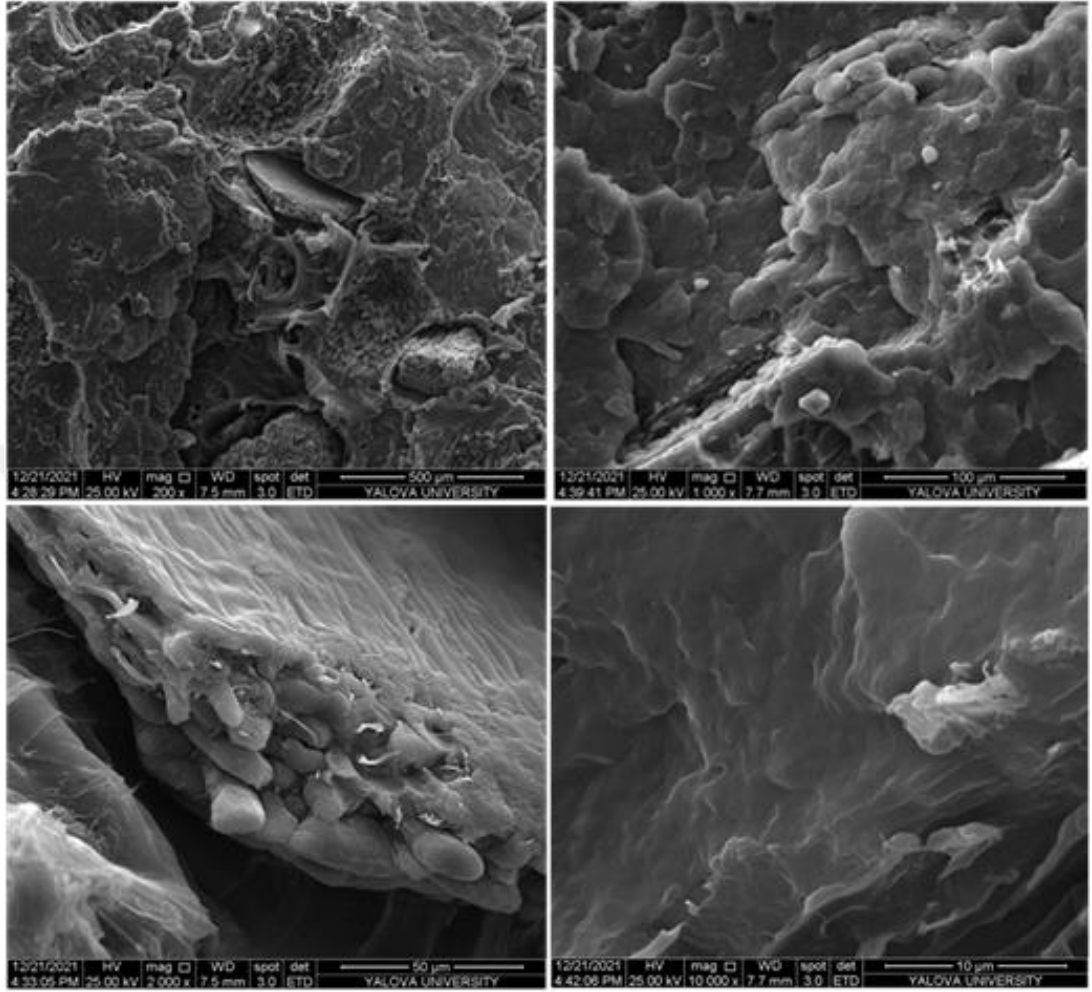
Matris malzemesi olarak kullandığımız Petkim PPMH418’in 200X, 1000X, 2000X ve 10.000X büyütme SEM görüntüleri çekilmiş ve Şekil 3.11’de görülmektedir. Şekildeki katkısız PP mikro yapısında izotaktik blokların sağlam bir yapı oluşturarak malzemelerin mekanik özelliklerini pozitif yönde etki ettiğini söyleyebiliriz. Referans numune incelendiğinde homojen bir dağılım olduğu, boşlukların olmadığı görüntüsü sergilemektedir.



Şekil 3.11. Saf PP’nin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroskop görüntüleri

Saf PP nin boşluksuz ve düzgün dağılımın olması nedeni ile çekme mukavemeti, izod, charpy darbe testi ve GU sonuçları tüm numunelere göre en yüksek değerde olduğu, çekme, eğme elastisite modülü, eğme mukavemeti, HDT, Vicat ve

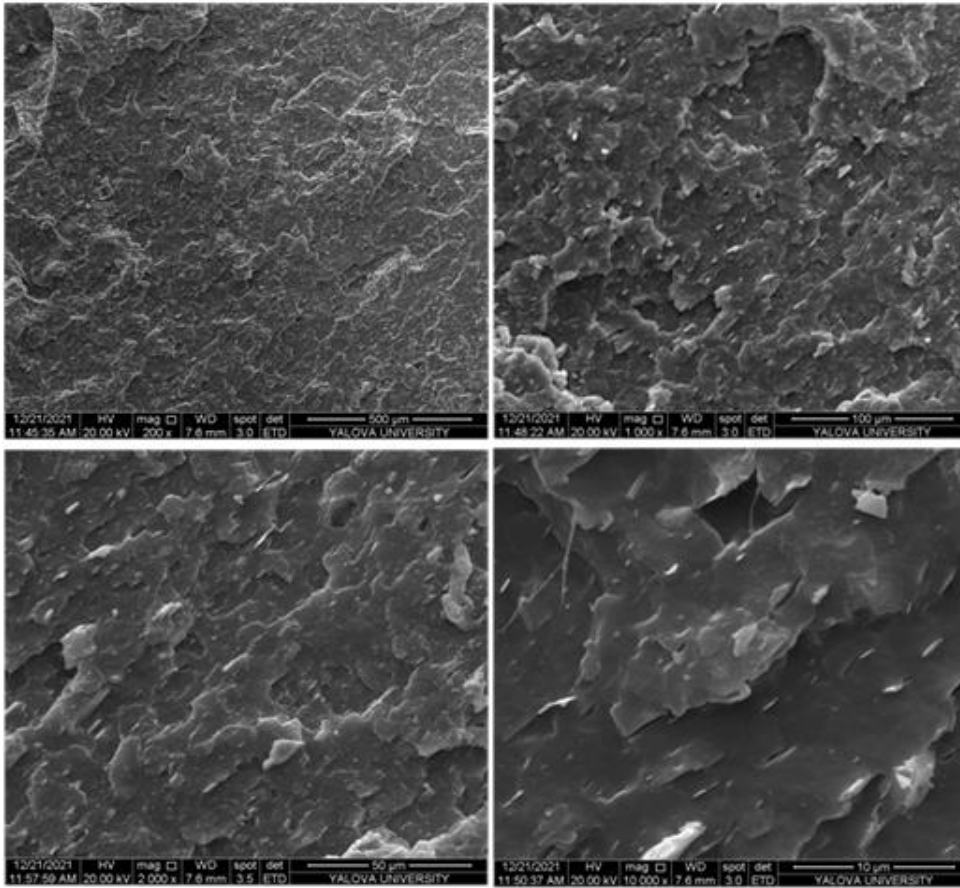
kristallenme sıcaklığı Tc değerlerinin ise düşük değerlerde olduğu yapılan testler sonucu tespit edilmiştir.



Şekil 3.12. PPht02 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroyapı görüntüleri

Matris malzeme içerisine %20 oranında fındık kabuğu ilave edilmesi ile Şekil 3.12'deki SEM görüntülemesi incelendiğinde homojen bir dağılım sağladığı saptanmıştır. Homojen dağılımı sayesinde HDT, vicat sıcaklığında pozitif yönde etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Fındık kabuğu çekme yönünde yönelmiş olduğu görülmektedir. Bu yönelme fındık kabuğunun lifli yapısı olması neticesinde numunenin referans numuneye göre sünekliğin azalması (keskin kırılmaların olduğu 1000X ve 2000X de görülmekte) yani daha rijit olmasını, sertlik değerinin, elastisite modülünün ve eğme dayanımının artmasına, diğer taraftan ise ara yüzeylerde oluşan boşlukların, çekme mukavemeti değerini, darbe dayanımını, yüzey parlaklığını ve MFI değerlerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

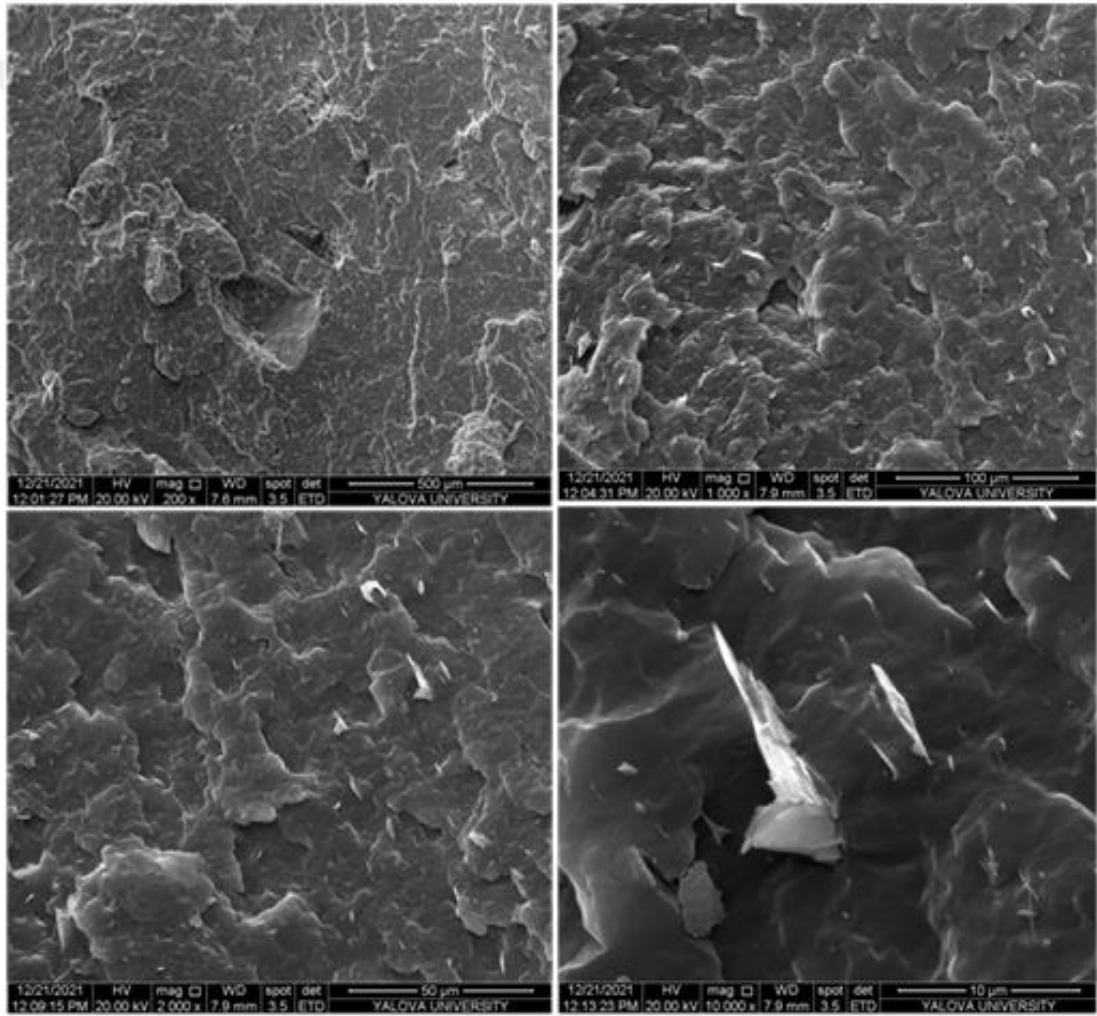
Matris malzeme içerisine %20 oranında talk eklendiğinde talkın çok iyi dağılım gösterdiği ve katman oluşturduğu görülmektedir. Talkın yapraksı yapıda olduğu net olarak görülmektedir. Bu, kompozit malzemeye tokluk ve sertlik kazandırırken (kompozit numune çekme testi sonrası kopma sırasında sünek bir yapı olmadığı Şekil 3.13'deki 1000X, 2000X ve 10.000X büyütmetli SEM görüntülerinde uzama olmadan kırılması) darbe değerlerinde, ve çekme mukavemetinde düşüşe neden olduğu, eğme mukavemeti ve elastisite modülünü ise artışa neden olduğu düşünülmektedir. Matris malzeme içerisindeki görülen talk TGA ve Kül testinde net olarak ortaya çıkması yapının homojen olduğunu göstermektedir. Yapının SEM görüntüsünden yüzeyinin katmalı bir tabaka olması ve talkın beyaz renk görünümde olması, matris malzemesi içerisinde oranının artması nedeni ile gelen ışığı absorbe etmesi sonucu GU değerinin düşmesine neden olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 3.13. PPht03 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütmeli mikro yapı görüntüleri

PPht04 numaralı numune Şekil 3.14'deki SEM görüntüleri incelendiğinde matris içerisinde %15 fındık kabuğu ve %5 talkın olduğu bu numunede fındık kabukları ve

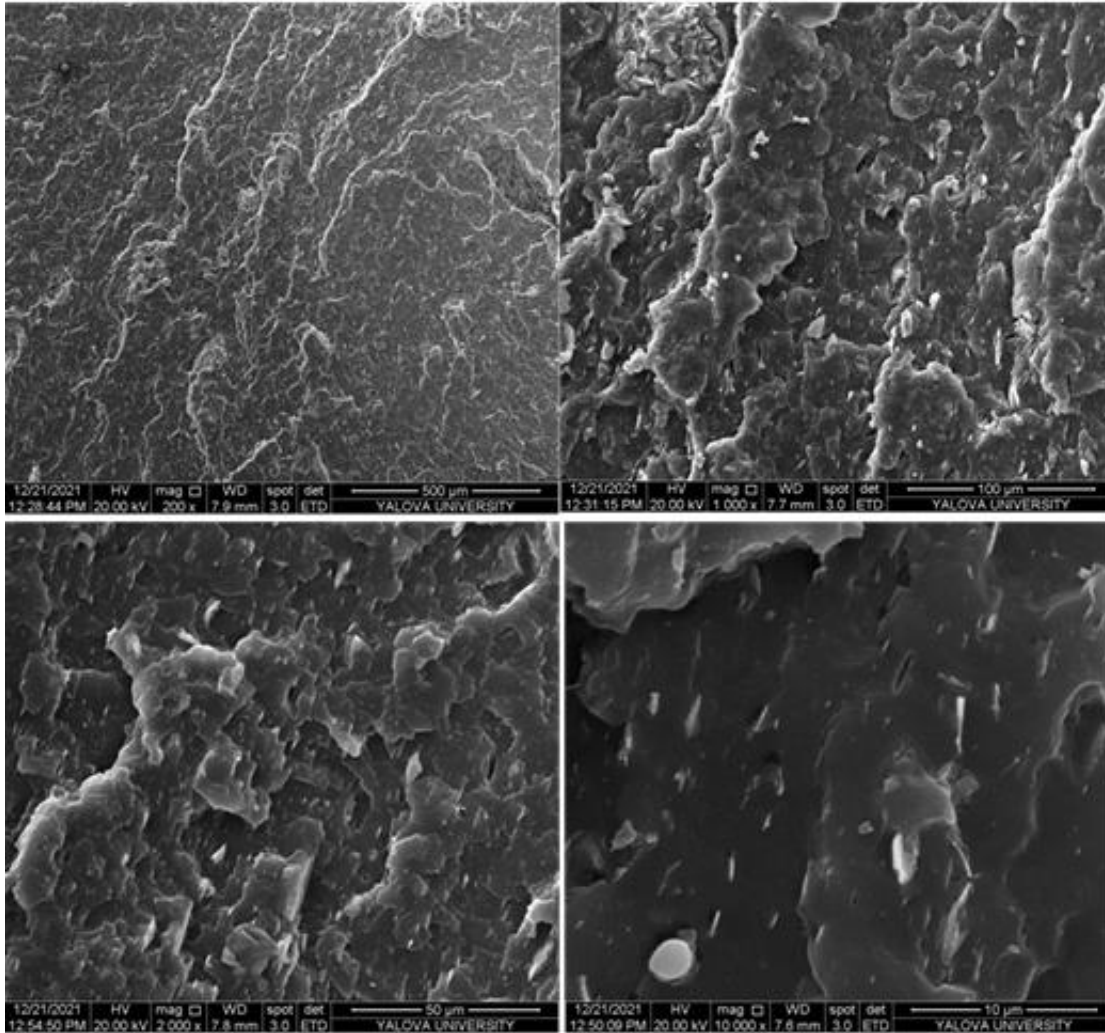
talk homojen bir şekilde dağılmıştır. Fındık kabuğunun ve talkin ara yüzey oluşumu iyi olduğu görülmektedir. Çekme sonrası matris mazlemesinin sünek, fındık kabuğunun ise sağlam olduğu 200X’de olan SEM görüntüsünde kopma görüntüsünden anlaşılmaktadır. Fındık kabuğu ve talkin enjeksiyon sırasında çekme yönünde yönlendiğini 10.000X SEM görüntüsüne göre söyleyebiliriz. Bu yapı sayesinde kristallik oranının artması nedeni ile darbe testlerinde tüm numunelere göre en düşük değeri almış, çekme ve eğme elastisite modülü, eğme mukavemeti, HDT, Vicat sıcaklık değerinin ve DSC testinde erime başlama sıcaklığı yükseldiğinden anlaşılmaktadır.



Şekil 3.14. PPht04 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütmeli mikro yapı görüntüleri

Fındık kabuğunun kendine has renge sahip olması ve talkın açık renginin etkisi ile numune yüzeyindeki parlaklık değeri GU düşmüş olup ipek mat bir görünüme dönüşmüştür.

Matris malzeme içerisine %5 fındık kabuğu ve %15 talk ilave edildiği numunede Şekil 3.15'deki SEM görüntüsünde üniform bir dağılım yaptığı, matris ile fındık kabuğu ve talkın ara yüzeyinde çok iyi bağdaşmış olduğu, fındık kabuğunun ve talkın çekme yönüne doğru yönlendiği ve bu sayede mekanik özelliklerinde iyileşme sağlandığını düşünebiliriz. Yapılan tüm testlerin sonucunda bu numunenin, çekme ile eğme elastisite modülü ve eğme mukavemet değerlerinin diğer numunelere göre en yüksek değere ulaşmasına talkın ve fındık kabuğunun bu oranlarda kompozit malzemenin morfolojisinde yaşanan değişimler neticesinde olduğu düşünülmektedir.

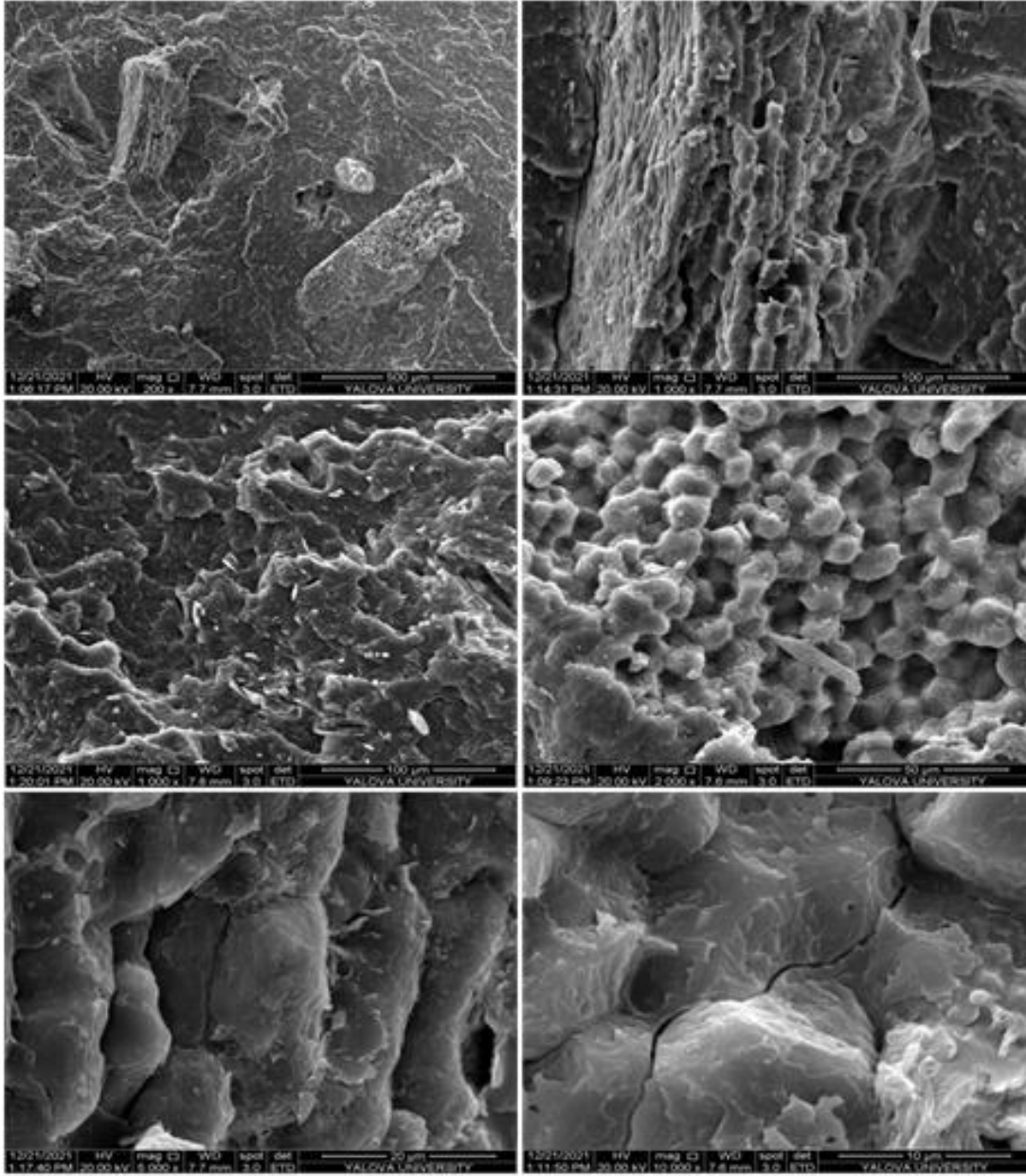


Şekil 3.15. PPht05 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroskop görüntüleri

Darbe testlerinde yapının dayanımının fazla olması, eğmeye karşı direnç göstermesi ve arayüzeyde boşluğun olmaması HDT ve Vicat sıcaklıklarında pozitif etki gösterdiği söylenebilir. Yapı içerisinde talk miktarının fazla olması nedeni ile oluşan beyaz yüzeylerin ışığı absorbe etmesi sonucu GU değerinde düşüş olmasına neden olduğu düşünülebilir.

Aynı oranda fındık kabuğu ve talkın olduğu PPht06 numaralı numunenin Şekil 3.16’de SEM görüntülerinde fındık kabuğu ve talkın dağılımının çok iyi olduğu görülmektedir. Referans numuneye göre lamelli yapı fazlaca oluşmuş ilave olarak fındık kabuğunun lifli yapısı numunenin izod, charpy darbe, GU değerlerinde, çekme uzamasında düşüşe, sertlik, Tg sıcaklığında, çekme elastisite modülünün ve eğme mukavemetinin yükselmesine sebep olduğunu düşünebiliriz. İlave olarak bu numunenin, referans numuneye göre HDT sıcaklığında 7 °C, Vicat sıcaklığı ise 17 °C artışa neden olduğu saptanmıştır. Çekme kuvveti sonrası kopan kısım incelendiğinde matris ara yüzeylerinde boşlukların olduğu bu nedenle micro çatlakların oluşmasını ve çatlak ilerlemesinin olduğu düşünülmektedir.

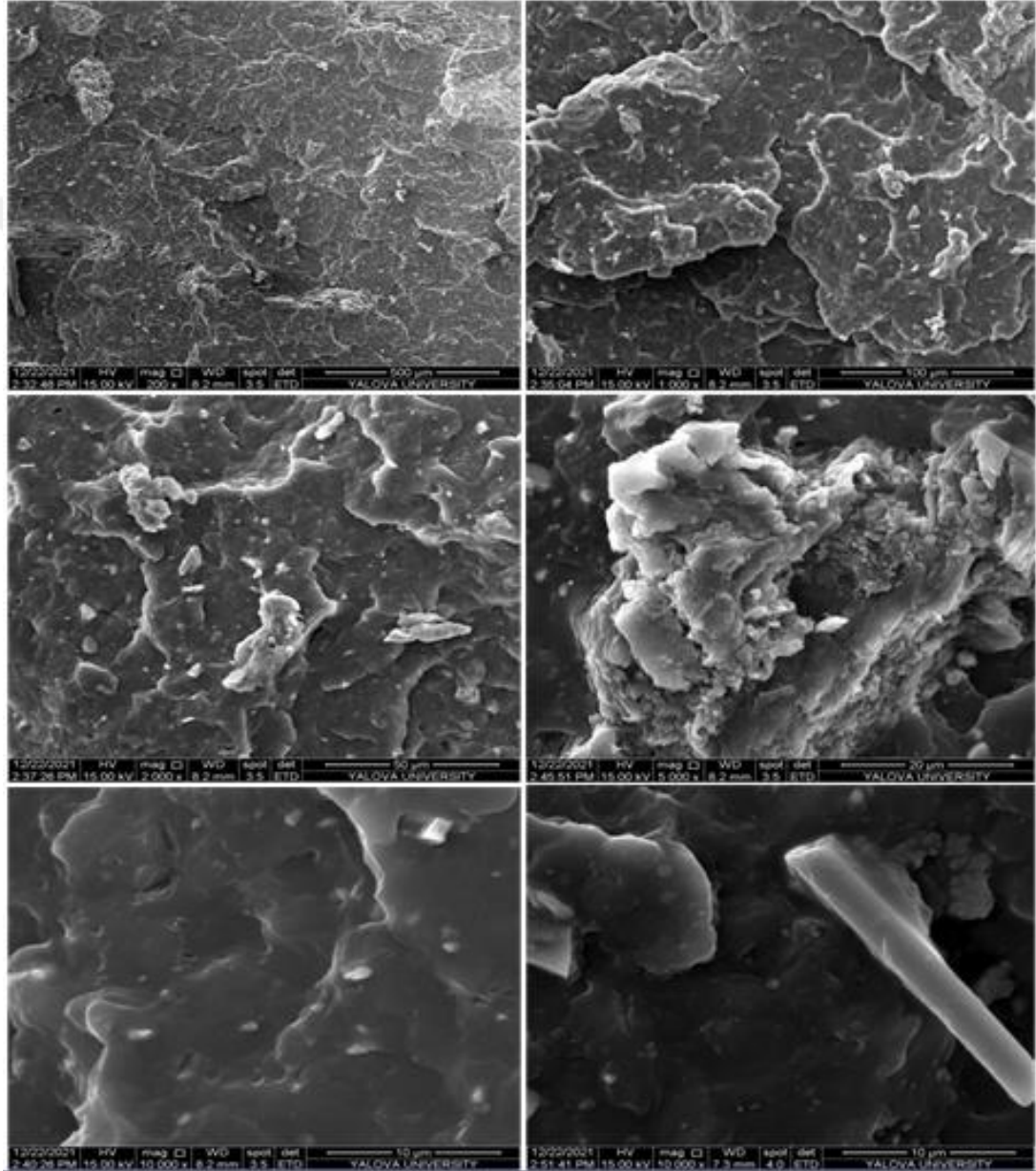
Şekil 3.17’de matris malzemesine aynı oranda fındık kabuğu ve talk olan kompozit sisteme %3 oranında SEBS-g-MA eklenmiş numunenin SEM görüntüleri mevcuttur. 1000X ve 5000X büyütmeli görüntülerde yapı içerisindeki SEB-g-MA homojen şekilde dağıldığı ve ara yüzeylerin tam oluşmadığı görülmekte olup, SEBS-g-MA olmayan Şekil 3.13’de görülen numuneye göre boşlukların olduğu, lamelli yapının artmasıyla sünekliğinin arttığı bu nedenle çekme, eğme elastisite modülünün, eğme mukavemetinin, sertlik, HDT ve Vicat sıcaklıklarının olmayana göre düştüğü, referans numuneye göre yükseldiği, izod ve charpy değerlerinin ise olmayana göre yükseldiği, referans numuneye göre düştüğü saptanmıştır. GU değerinin yapıda SEBS-g-MA varlığı numune yüzeyini matlaştırması sonucu hem SEBS-g-MA içermeyen numuneye göre hem de referans numuneye göre düşük kalmıştır.



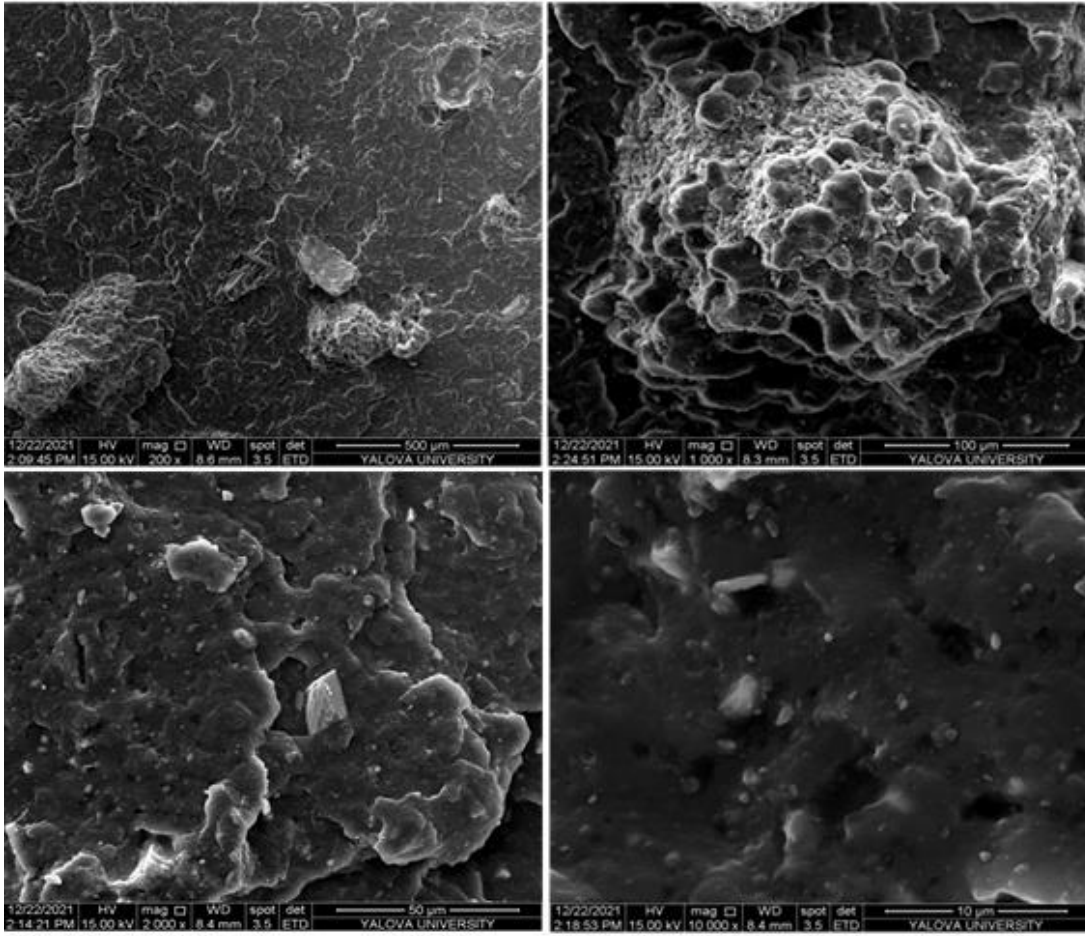
Şekil 3.16. PPht06 numunenin 200X, 1000X, 2000X,5000X, 10.000X büyütme mikroyapı görüntüleri

Şekil 3.18’de matris malzemesine aynı oranda fındık kabuğu ve talk olan kompozit sisteme %6 oranında SEBS-g-MA eklenmiş numunenin SEM görüntüleri mevcuttur. 1000X ve 2000X büyütme mikroyapı görüntülerinde yapı içerisindeki termoplastik elastomer olan SEB-g-MA yapı içerisinde dengeli bir şekilde dağıldığı görülmekte olup, Şekil 3.17’de görülen numuneye göre boşlukların daha fazla oluştuğu, ara yüzey kısmının boşluklar nedeni ile tam bağdaşmadığı, lamelli yapının da buna paralel artmasıyla sünekliğinin arttığı bu nedenle çekme, eğme elastisite modülünün, sertlik, sıcaklıklarının olmayana göre düştüğünü, referans numuneye göre yükseldiği saptanmıştır. SEBS-g-MA

olmayan numnelere ve referans numuneye göre izod ve charpy darbe değerlerinin aynı anda yükseldiği, eğme mukavemetinin, HDT ve Vicat sıcaklığının ise her iki koşulda düşmesine neden olmuştur. GU değerinin yapıda SEBS-g-MA varlığı numune yüzeyini matlaştırması sonucu hem kompozit içinde SEBS-g-MA içermeyen numunelere göre hem de referans numuneye göre düşük kalmıştır.

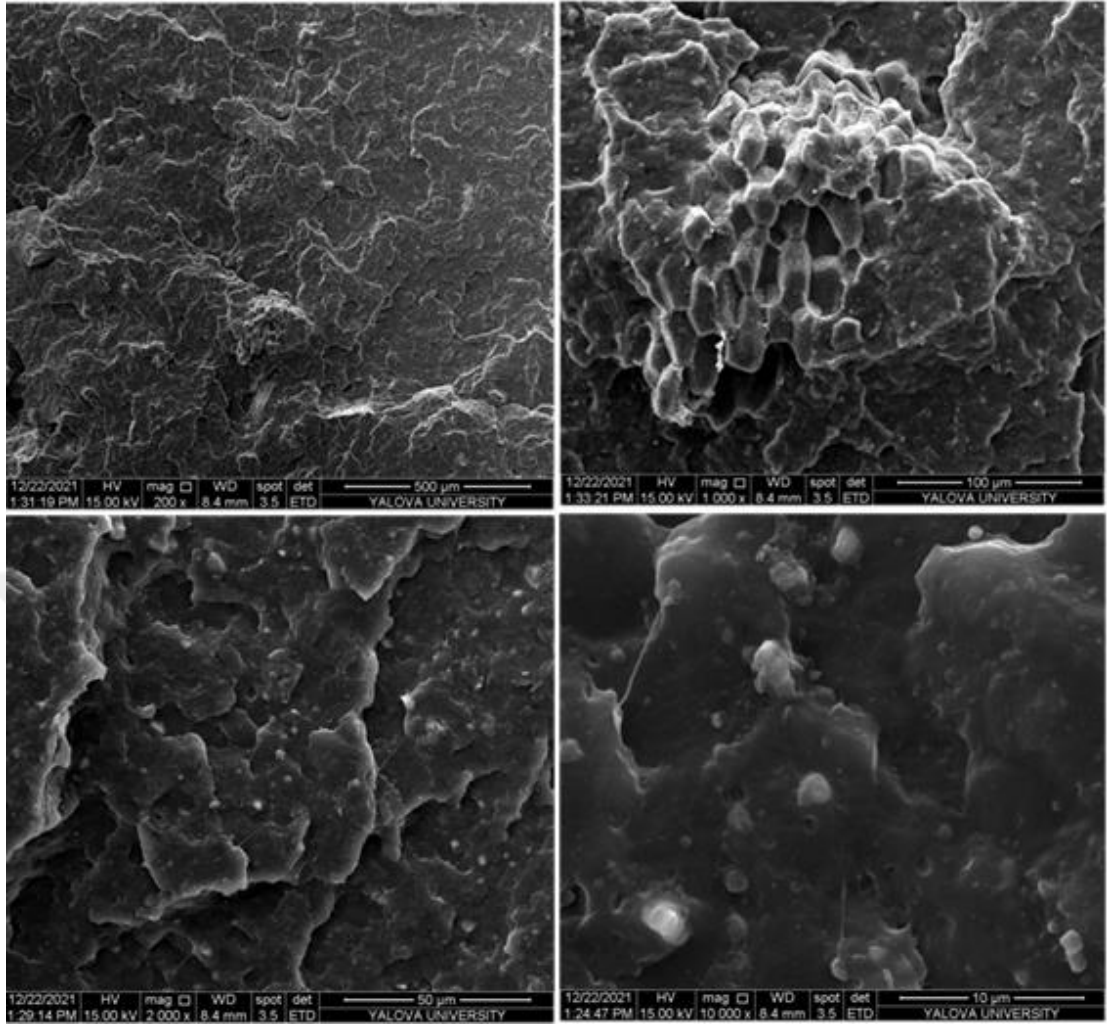


Şekil 3.17. PPht07 numunenin 200X, 1000X, 2000X,5000X, 10.000X büyütme mikroyapı görüntüleri



Şekil 3.18. PPh08 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000Xbüyütmeli mikro yapı görüntüleri

Şekil 3.19’da matris malzemesine aynı oranda fındık kabuğu ve talk olan kompozit sisteme %9 oranında SEBS-g-MA eklenmiş numunenin SEM görüntüleri mevcuttur. 1000X, 2000X ve 10.000X büyütmeli görüntülerde yapı içerisindeki termoplastik elastomer olan SEB-g-MA’nın yapı içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı görülmekte olup, Şekil 3.17’de görülen numuneye göre boşlukların biraz daha arttığı, ilave edilmeyen numuneye göre ise hem boyut hem de sayısal olarak fazlaca arttığı, ara yüzey kısmının boşluklar nedeni ile tam bağdaşmadığı, lamelli yapının da buna paralel artmasıyla sünekliğinin arttığı bu nedenle çekme, eğme elastisite modülünün, HDT ve Vicat sıcaklığı tüm numunelere göre en düşük değere geldiği gözlemlenmiştir. Çekme, eğme mukavemeti, sertlik, değerleri yine tüm numunelere göre düşük kaldığı saptanmıştır. Izod ve charpy darbe değerlerinin tüm numunelere göre en yüksek seviyeye çıktığı gözlemlenmiştir. GU değerinin yapıda oluşan boşluklar nedeni ile yüzeyi daha fazla matlaştırması hem SEBS-g-MA içermeyen numunelere göre hem de referans numuneye göre düşük kaldığı görülmüştür.

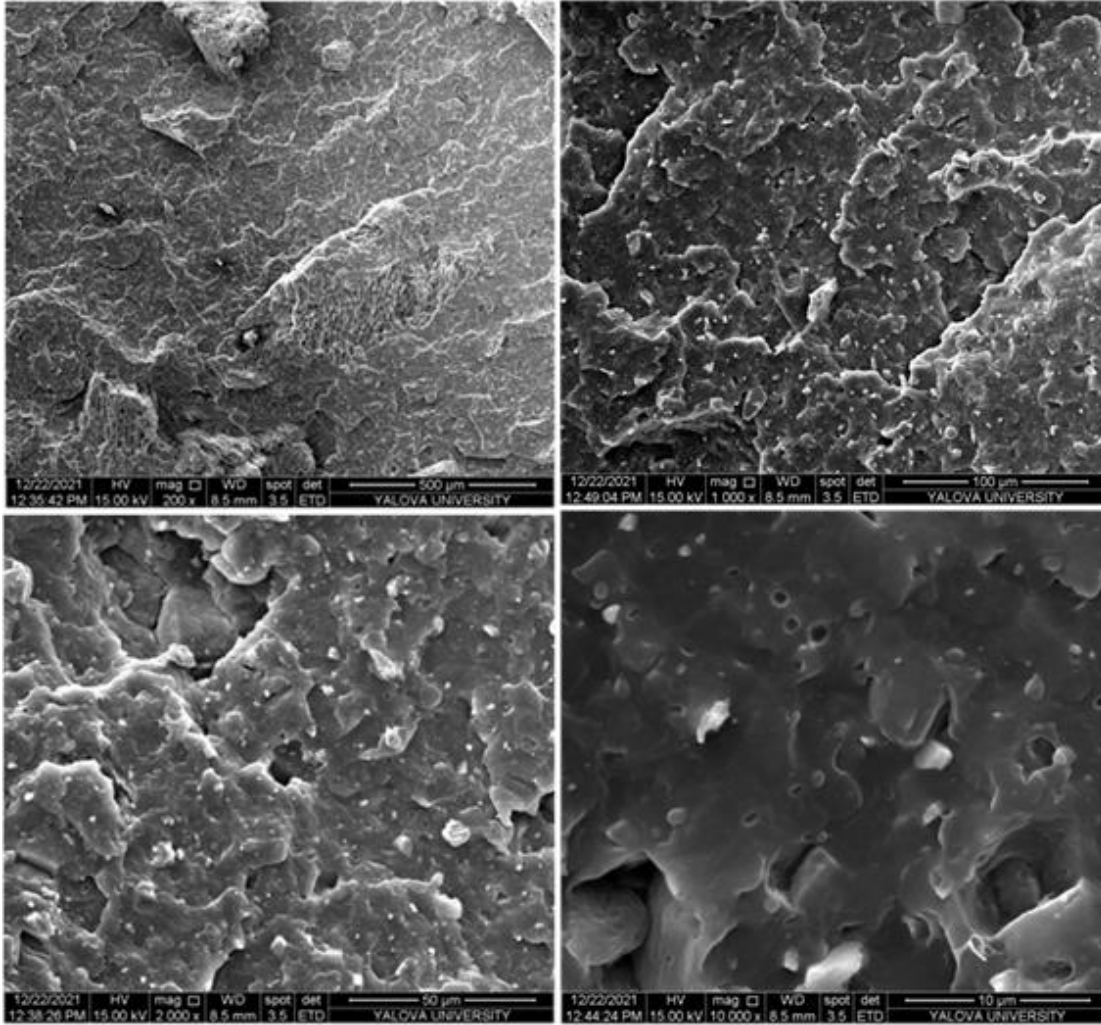


Şekil 3.19. PPht09 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroskop görüntüleri

PP/Fındık kabuğu ve talkın olduğu hibrid kompozit sisteme %3 SEBS ilave edilmiş numunenin SEM görüntüleri Şekil 3.20’de görülmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde SEBS-g-MA ilaveli numuneye göre boşluk oranı ve boyutu bir miktar daha fazla olduğu, ara yüzeylerinin yeterince oluşmadığı gözlemlenmiştir.

SEBS ilaveli kompozit sisteminde oluşan yapı sebebi ile sünekliğinin arttığı, çekme, eğme elastisite modülünün, eğme mukavemetinin, sertlik, HDT, Vicat ve kristallenme sıcaklıklarının SEBS içermeyen numuneye göre düştüğünü, referans numuneye göre yükseldiği, izod değerlerinin SEBS içermeyen numuneye göre yükseldiği, referans numuneye göre düştüğü saptanmıştır. Charpy değerinin ise her iki numuneye göre düştüğü gözlemlenmiştir. GU değerinin yapıda SEBS varlığı numune yüzeyini

matlaştırması sonucu hem SEBS içermeyen numuneye göre hem de referans numuneye göre düşük kalmıştır.

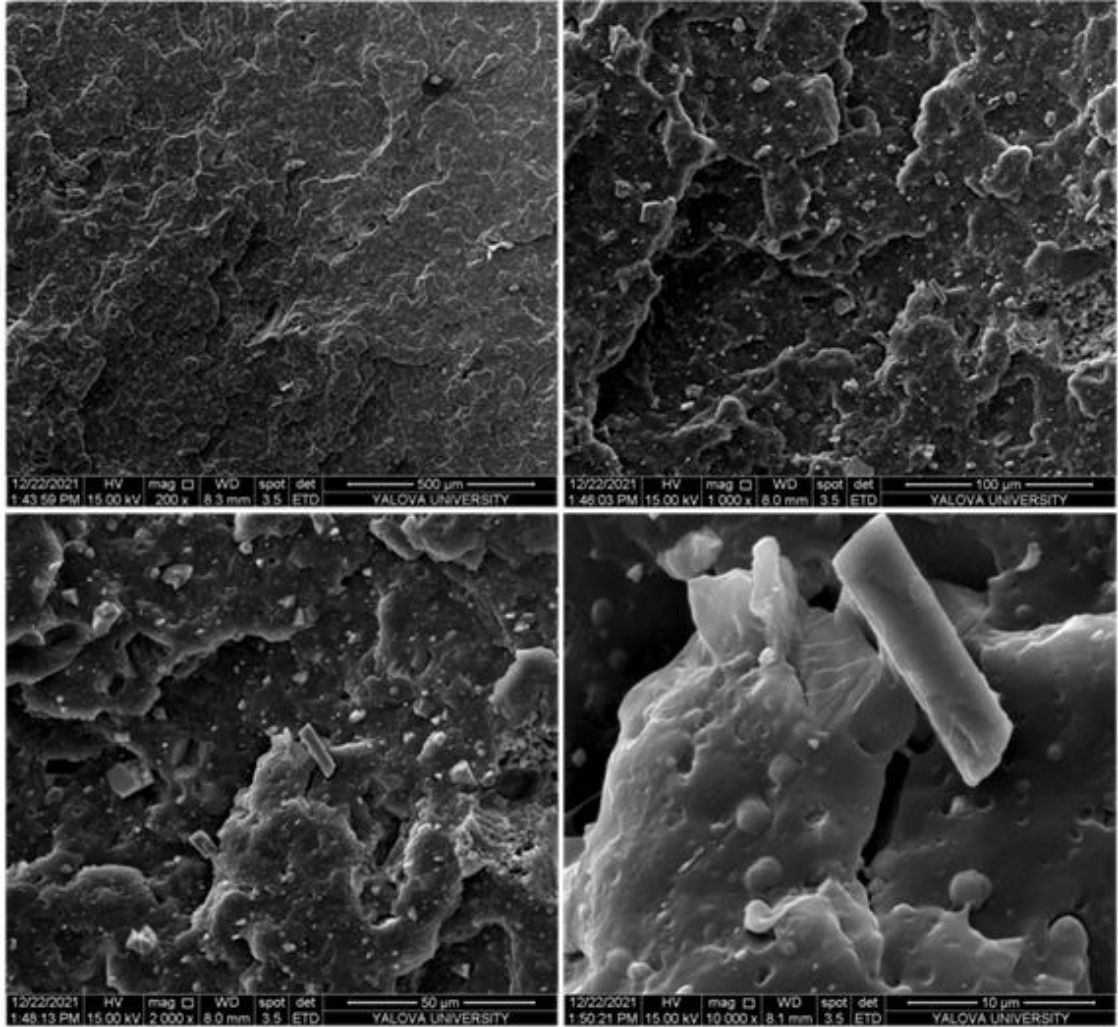


Şekil 3.20. PPht10 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroyapı görüntüleri

PP/Fındık kabuğu ve talkın olduğu hibrid kompozit sisteme %6 SEBS ilave edilmiş numunenin SEM görüntüleri Şekil 3.21’de görülmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde %3’lük SEBS ilaveli numuneye göre boşluk oranı ve boyutu bir miktar daha fazla olduğu, ara yüzey oluşumlarının daha da 10.000X görüntüsünde net olarak bozulduğu gözlemlenmiştir.

%6 SEBS ilaveli kompozit sisteminde oluşan yukarıda bahsettiğim olumsuz micro yapı neticesinde sünekliğinin arttığı, çekme, eğme elastisite modülünün, HDT, Vicat ve kristallenme sıcaklıklarının SEBS içermeyen numuneye göre düştüğünü, referans

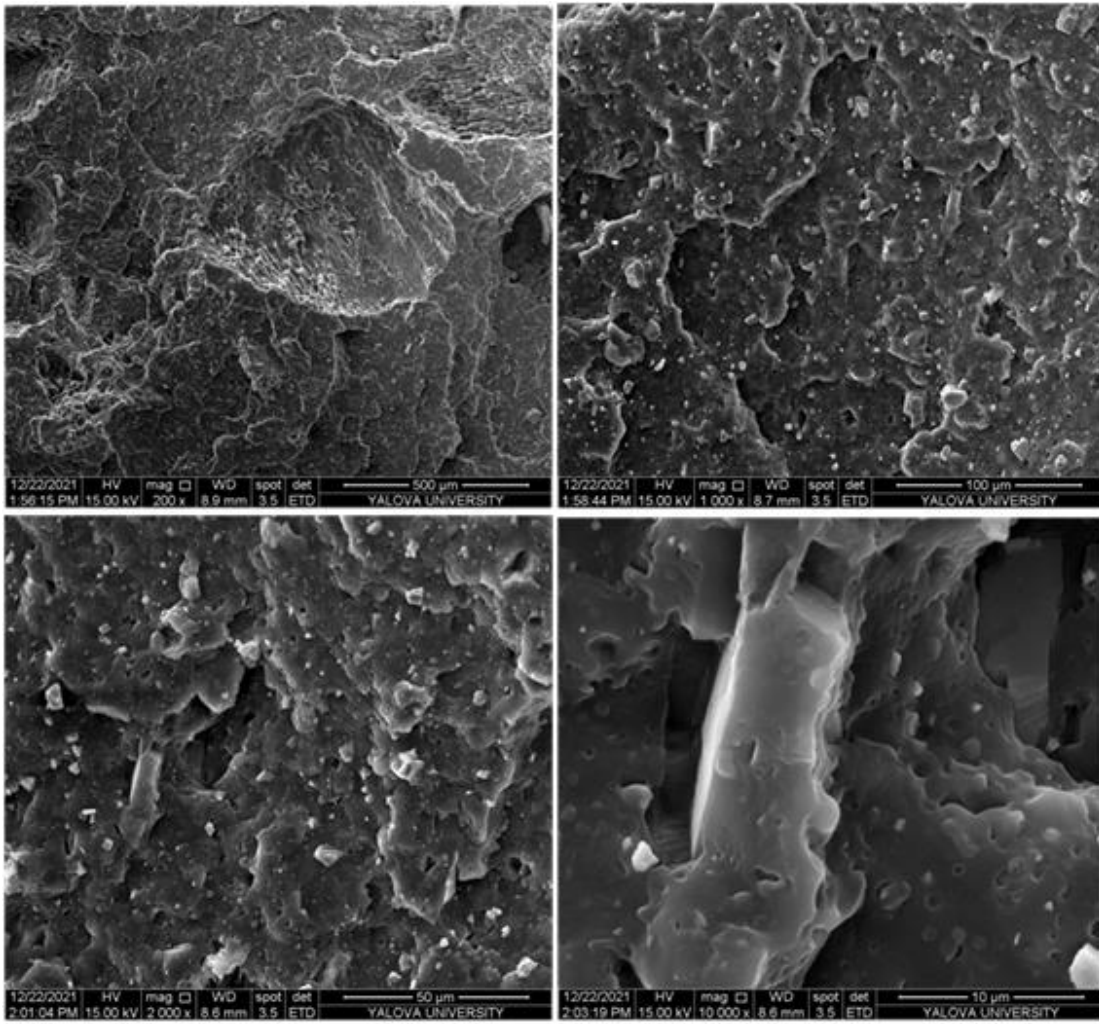
numuneye göre yükseldiği, Çekme, eğme mukavemeti ve GU değerlerinin tüm numunelere göre düştüğü, izod ve charpy değerlerinin ise tüm numunelere göre yükseldiği gözlemlenmiştir. Sertlik değerinin ise tüm numunelere göre en düşük seviyeye gerilediği söylenebilir.



Şekil 3.21. PPht11 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroyapı görüntüleri

Şekil 3.22’de PP/Fındık kabuğu ve talkın olduğu hibrid kompozit sisteme %9 SEBS ilave edilmiş numunenin SEM görüntüleri görülmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde homojen bir dağılımın olduğu, Şekil 3.21’de %6’lık SEBS ilaveli numuneye göre boşluk oranı ve boyutu bir miktar daha fazla olduğu, ara yüzey oluşumlarının 1000X, 2000X ve 10.000X büyütme görüntüsüne göre bir miktar daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle kompozit sistemindeki mikro yapıdaki

boşlukların oluşu numunenin esnekliğinin daha da arttığı söylenebilir. Oluşan bu esneklik nedeni ile numunenin çekme, eğme elastisite modülünün, kristallenme sıcaklığının, HDT ve Vicat sıcaklıklarının SEBS içermeyen numuneye göre düştüğünü, referans numuneye göre yükseldiği, Çekme, eğme mukavemeti ve GU değerleri tüm numunelere göre en düşük seviyede olduğu, izod ve charpy değerlerinin ise referans numuneye göre yükseldiği, sertlik değerinin ise referans numuneye ve SEBS içermeyen numunelere göre düşüş yaşanmasına sebep olduğu söylenebilir.



Şekil 3.22. PPht12 numunenin 200X, 1000X, 2000X, 10.000X büyütme mikroyapı görüntüleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Bu çalışmada; atık halinde ülkemiz ekonomisine bir katma değer üretmeyen ve yakacak olarak kullanılan fındık kabukları, PP içerisine talk, SEBS, SEBS-g-MA ile birlikte farklı oranlarda katılarak organik ve inorganik katkılı polimer hibrid kompozit elde edilmiştir. Fındık kabuğu katkılı hibrid kompozitlerin mekanik özellikleri, termal özellikleri ve oluşan mikro yapıları deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

1. Farklı oranlardaki fındık kabuğu, talk, SEBS, SEBS-g-MA katkıları ve matris malzemesi olarak PP'nin kullanıldığı karışımlar ilk olarak ekstrüzyon makinesinde granül haline getirilmiş ve sonrasında ise enjeksiyon kalıplama ile başarılı bir şekilde test numuneleri üretilmiştir.
2. Referans numuneye ait test sonuçlarının, malzeme özelliklerinde belirtilen değerlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.
3. Talk, fındık kabuğu, SEBS, SEBS-g-MA katkılarının mekanik ve ısı özellikler üzerinde etkili olduğu ve mikro yapıyı etkilediği tespit edilmiştir.
4. Talk, fındık kabuğuna oranla çekme mukavemeti üzerinde daha olumlu bir etki göstermiştir. Fındık kabuğu ve talk ayrı ayrı katıldıklarında genel olarak çekme mukavemetini dşrmştir. Ancak yapı içerisine her ikisi de birlikte eklendiğinde ise çekme mukavemet değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Talk ve fındık kabuğunun birlikte olduğu kompozit sisteme SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde çekme mukavemet değeri ilave edilmemiş numuneye göre düşüş gözlenmiştir. En fazla düşüş, kompozit malzemeye %9 SEBS eklendiği PPht12 numaralı numunede gözlenmiştir.
5. Matris malzemeye fındık kabuğu ve talk ayrı ayrı veya birlikte ilave edildiğinde çekme elastisite modülünde artış olduğu grlmştir. Fındık kabuğu ve talkın bir arda olduğu sisteme SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde çekme elastisite modülü değeri referans numune göre pozitif etki gösterdiği bulunmuştur. Çekme elastisite modülü PPht05 numaralı numune en yüksek değere ulaştığı, PPht09 numaralı numunenin ise en düşük değer olduğu tespit edilmiştir.

6. Fındık kabuğu ve talkın matris malzeme içerisine ayrı ayrı ve birlikte kullanıldığı numunelerde eğme mukavemet değeri ve eğme elastisite modülünün arttığı, fındık kabuğu ve talkın bir arada olduğu kompozit sisteme SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde eğme mukavemetini değerini olumsuz, eğme elastisite modülünü ise pozitif yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Fındık kabuğu ve talk, matris numunesi içerisinde homojen şekilde dağılması, fındık kabuğundaki selüloz yapı malzemenin rijit olmasını, talkın ise yapraksı yapısı sayesinde ara yüzey üzerinde kayma hareketlerine imkan tanınması nedeni ile eğme mukavemet değerini pozitif yönde etkilediği düşünülmektedir. Eğme mukavemet değeri ve eğme elastisite modülünün ortak olarak PPht05 numaralı numunede en yüksek seviyeye ulaştığı, sadece eğme mukavemet değerinin en düşük olduğu numune PPht12 olduğu, sadece eğme elastiklik modülünün en düşük olduğu numunenin PPht09 olduğu tespit edilmiştir.
7. Darbe testlerinde, fındık kabuğu ve talkın birlikte ve ayrı ayrı olduğu numunelerde Tablo 3.3’de görülen izod ve charpy darbe değerlerinde düşüş olduğu saptanmıştır. Fındık kabuğu ve talk, matris malzemeye eklendiğinde numuneyi sert ve rijit olmasını sağladığı için izod ve charpy değerlerinde düşüşe neden olduğunu söyleyebiliriz.
8. Fındık kabuğu ve talkın birlikte olduğu kompozit sisteme %3 SEBS veya %3 SEBS-g-MA ilave edildiğinde izod ve charpy değerinde küçük bir artış olsa da referans numunenin darbe değerlerin yine de altında kalmıştır. Termoplastik elastomer olan bu malzemelerin %3 oranında bu sistemde kullanıldığında yeterli bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak SEBS ve SEBS-g-MA’nın kompozit sisteme %6 ve %9 oranında katıldığında termoplastik elastomer özellikleri numuneye esneklik kazandırması nedeni ile izod ve charpy darbe değerlerinde referans numuneye göre arttığı görülmüştür. Izod ve charpy darbe değerlerinin PPht09 numaralı numunesinde birlikte en yüksek değere ulaştığı, PPht04 numaralı numune de ise en düşük değere geldiği saptanmıştır.
9. Fındık kabuğu ve talkın yoğunluğunun matris malzemesinden fazla olması nedeni ile matris malzemesine ilave edildiğinde kompozitin yoğunluğunun Tablo 3.5’de görülen test sonuçlarında arttığı tespit edilmiştir. Sisteme SEBS

ve SEBS-g-MA ilave edilmesi ile yoğunluk değerini, fındık kabuğu ve talkın olduğu numunelere göre düşüş yaşanmış ancak yine de matris malzemesinin yoğunluğundan fazla olduğu gözlemlenmiştir.

10. Hibrid numunelerin tamamında fındık kabuğunun selüloz yapısı, talkın yapraksı yapısı, SEBS ve SEBS-g-MA termoplastik elastomerlerin bağ yapısı nedeni ile MFI değerleri referans numune ile karşılaştırıldığında olumsuz yönde etkilendiği, en düşük değerin ise fındık kabuğu, talk ve SEBS'in birlikte bulunduğu PPht12 numaralı numunede görüldüğü tespit edilmiştir.

11. Fındık kabuğu ve talkın matris malzeme içerisine ayrı ayrı veya birlikte ilave edilmesiyle elde edilen kompozit malzemenin sert ve rijit yapı oluşturmaları, SEM görüntülerinde görülen homojen dağılımı ve kristallenme sıcaklığının artışı HDT sıcaklığının da artmasına neden olduğu söylenebilir. Bu kompozit karışıma %3 SEBS-g-MA ilave edildiği numunede ilave edilmeyen numunelere göre Tablo 3.6'da belirtilen HDT sıcaklığında düşüş olduğu ve bunu takip eden %6 ile %9 ilaveli numunelerde HDT sıcaklığının düşüşe devam ettiği hatta %6 ilaveli numunede HDT sıcaklığının referans numune sıcaklık değerinin altına indiği, en yüksek düşüşün ise (referans numune değerinin 2°C altında kalması) %9 ilaveli PPht09 numaralı numunede olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde fındık kabuğu ve talkın olduğu kompozit sisteme %3, %6 ve %9'luk oranlarda SEBS ilave edildiğinde HDT sıcaklığı, SEBS-g-MA ilaveli numuneler hariç diğer numunelere göre düştüğü fakat referans numunenin HDT sıcaklık değerine göre yine üzerinde kaldığı bulunmuştur.

12. Fındık kabuğu ve talkın matris malzeme içerisine birlikte veya ayrı ayrı ilave edilmesiyle elde edilen hibrid kompozitin referans numuneye göre daha sert bir malzeme oluşumu, SEM görüntülerinde görülen üniform dağılımı ve kristallenme sıcaklığının artışı vicat sıcaklığının artmasına etkisinin olduğu söylenebilir. Bu kompozit sisteme %3 SEBS-g-MA ilave edildiği numunede, ilave edilmeyen numunelere göre Tablo 3.7'de belirtilen vicat sıcaklığında düşüş olduğu ancak referans numuneye göre yine de üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Bunu takip eden %6 ile %9 ilaveli numunelerde vicat sıcaklığının düşüşe devam ettiği ve %6 ilaveli numunede vicat sıcaklığının referans

numune değerinin altına indiği, en yüksek düşüşün ise (referans numune değerinin yaklaşık 3 °C altında kalması) %9 ilaveli PPht09 numaralı numunede olduğu bulunmuştur. Aynı şekilde fındık kabuğu ve talkın olduğu hibrid kompozit sisteme %3, %6 ve %9'luk oranlarda SEBS ilave edildiğinde vicat sıcaklığı, SEBS-g-MA ilaveli numuneler hariç diğer numunelere göre düştüğü fakat referans numunenin değerine göre yine de üzerinde kaldığı saptanmıştır.

13. Tablo 3.8'de değerleri belirtilen DSC testinin sonuçlarına göre çalışması yapılan tüm numunelerde erime başlama ve kristallenme sıcaklık değerlerinin referans değerine göre artış gösterdiği, DSC testi grafiğinde yönlenmenin sağa doğru olmasıyla ısıl kararlılığın arttığı saptanmıştır. Kristallenme sıcaklığının en yüksek değere ulaştığı kompozit malzeme %20'lik talk ilaveli PPht03 numaralı numunesinde olduğu bulunmuştur. Erime sıcaklığında ise %5 fındık kabuğu ile %15 talkın olduğu PPht05 numaralı numunede en yüksek değere ulaştığı gözlemlenmiştir.

14. TGA analizinde %94,1 değeri ile referans numuneye göre en çok kütle kaybının karışım içinde %20 FK içeren PPht02 numaralı numunede olduğu, en az kütle kaybının ise %83,8 ile karışım içinde %20 talk içeren PPht03 numaralı numunede olduğu tespit edilmiştir. Karışımlara SEBS ve SEBS-g-MA eklendiğinde DTG pik sıcaklığında referans numuneye göre düşüş olduğu grlmştir. Genel olarak bakıldığında ise kompozit karışımların bozunma başlangıç ve bozunma bitiş sıcaklıkları artmış ve şekil 3.10'daki grafikte görüldüğü gibi sağa doğru bir yönelme olduğu saptanmıştır.

15. Tüm numuneler için yapılan kl testi sonuçlarının olduğu Tablo 3.9'daki değerler incelendiğinde, kl testi sonrası oluşan kalıntı miktarının hibrid kompozit içinde bulunan talk miktarı ile doğru orantılı olduğu, fındık kabuğunun ise bu test sonucunda yandığı fakat eser miktarda da olsa kalıntı içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

16. FTIR sonuçlarında PP'nin tüm karakteristik pikleri gözlemlenmiştir. Katkı ve dolgu oranına bağlı olarak pik yoğunluklarının değiştiği bunun da literatürdeki sonuçlarla uyumlu olduğu grlmştir.

17. SEM fotoğrafları incelendiğinde, fındık kabuğu, talk, SEBS ve SEBS-g-MA'nın yapı içerisinde homojen olarak dağıldığı, malzemeye ekstra mukavemet sağlayarak elastisite modülünü yükselttiği görülmüştür. Oluşan yeni yapıların birbiri ile uyumlu olduğu görüntülendi. Fındık kabuğu ve talkın olduğu karışımlara SEBS ve SEBS-g-MA ilave edilmesiyle ara yüzeylerde boşlukların oluştuğu gözlemlendi. Bu boşluk oluşumu nedeni ile elastisite modülünün düştüğü fakat izod ve charpy darbe özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür.
18. Matris malzemesine fındık kabuğu ve talk ilave edildiği numunelerde Shore D değerinin referans numunenin Shore D değerine göre bir miktar arttığını, sadece talk ilaveli olan PPht03 numaralı numunede ise en yüksek değere ulaştığı ve bu değer referans değerin 2 puan üstünde olduğu Tablo 3.11'de belirtilen sertlik ölçümündeki değerlere göre söylemek mümkündür. Kompozit sisteme SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiği numunelerde SEM görüntülerinde görülen boşluklu mikro yapının oluşması sonucunda Shore D değerinin diğer tüm numunelere göre genel anlamda düştüğü tespit edilmiştir. Bu etki TPE karakteristik özelliklerinden kaynaklandığı literatürden bilinmektedir.
19. Yapılan parlaklık ölçümlerinin sonucu olan GU değerleri Tablo 3.12'de belirtilmiştir. GU değerinin olduğu Tablo 3.12 incelendiğinde genel itibari ile yapılan tüm numunelerde referans numuneye göre düşüş olduğu görülmektedir. Özellikle fındık kabuğu ve talkın birlikte olduğu hibrid kompozit sisteme SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde SEM görüntülerinde görülen mikro yapıda boşlukların ve katmanlı yapı oluşumu nedeni ile GU değerinde daha fazla düşüşe neden olmuştur. GU değerinin referans numuneye göre %67,4 oran ile en yüksek düşüşün olduğu kompozit içerisinde %9'luk SEBS ilaveli PPht12 numaralı numunede olduğu saptanmıştır. Parlak yüzey gerekli olan uygulamalarda malzemedeki bu değerlendirmenin dikkate alınması önem arz etmektedir.

4.2. Öneriler

Fındık kabuğu, talk, SEBS, SEBS-g-MA katkıları hibrid kompozitlerin ısı ve mekanik özelliklerinde önemli değişikliklere sebep olmuştur. Benzer şekilde geri dönüştürülmüş malzemelerdeki ısı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla benzer çalışmalar, geri dönüştürülmüş malzemeler üzerinde yapılarak, elde edilen sonuçlar bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir. Farklı oranlarda fındık kabuğu ve farklı inorganik katkıları birlikte kullanıldığında malzemelerin ısı ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler bir sonraki çalışmalarda, bu çalışma referans alınarak incelenebilir ve çalışmadan elde edilen sonuçlar bu çalışmanın sonuçları karşılaştırılabilir. Bu sayede fındık kabuğu kullanılarak farklı özelliklere sahip yeni ve özellikleri iyileştirilmiş polimer matrisli hibrid kompozitler üretilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] A.Yıldırım, “Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, İstanbul, 2007.
- [2] M. Mudu, “Organik-inorganik hibrid takviyeli polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, İstanbul, 2010.
- [3] İ. Karagöz, “Termoplastiklerin sürtünme karıştırma kaynak özellikleri,” Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, İstanbul, 2014.
- [4] S.F. Demircan, “Fındık kabuğu dolgulu polietilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, İstanbul, 2009.
- [5] M. Balasubramanian, Composite Materials and Processing International Standard Book Number-13: 978-1-4398-8054-8 (eBook - PDF) 2014.
- [6] H. Bükim, “Fındık kabuğu dolgulu polipropilen kompozitlerin SEBS ve SEBS–g–MA ile modifikasyonu,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, İstanbul, 2009.
- [7] Ö. Cengiz, İ. Karagöz ve H. Demirer, “Fındık kabuğu ve talk dolgulu polipropilen kompozitlerin mekanik ve ısıl özelliklerinin incelenmesi,” 8. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu, 18-19 Haziran, Eskişehir, 2021.
- [8] <https://www.turkchem.net/kompozit-malzemeler-genel-bilgiler.html>(Erişim Tarihi: Ocak, 2022).
- [9] Prof.Dr. M. Zor, Kompozit Malzeme Mekaniği Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi 09.02.2022.
- [10] O. Noel, R. Clark, “Recent advances in the use of talc in wood plastic composites,” In: *Intertech's 4th Conference of Natural Fiber & Wood Composites*, Intertech, Portland, ME, Orlando; FL, 2005.
- [11] J.J. Balantineez, M.I. Khavkine, K. Lawandv. “Properties of polyolefin composites with blends of wood flour and coalash” In: *Fifth International Conference on Woodfibre-Plastic Composites*, Forestproducts Society, Madison, WI, 235–240, 1999.
- [12] W. Sigworth, L. Walp, R. Bacaloğlu, P. Kleinlauth, “The role of additives in formulating WPC” In: *The Global Outlook for Natural Fiber & Wood Composites 2003*, New Orleans, LA, December 3-5, 2003. Principiapartners, 7th International Conference of Wood Fibre Plastic Composites, Madison, WI, 2003.

- [13] A. Bledzki, K. Faruk, M.O. Huque, Polym. Plast. Technol. Eng. 41, 2002.
- [14] J. Wu, D. Yu, C.-M. Chan, J. Kim, Y.-W. Mai, J. Appl. Polym. Sci, 76, 2000.
- [15] K. Oksman, H. Lindberg, J. Appl. Polym. Sci, 68- 1845, 1999.
- [16] G. E. Myers, I. S. Chahyadi, C. Gonzalez, C. A. Coberly and D. S. Ermer.: Int. J. Polym. Mater., 15- 171, 1991.
- [17] R. Karnani, M. Krishan, R. Marayan, Polym. Eng. Sci, 37-476, 1997.
- [18] T. Le, Thi, T. H. Gauthier, J. Macromol. Sci. A33, 1996.
- [19] Y.W. Leong, M.B.A. Bahar, Z.A.M. Ishak, A. Ariffin, B. Pukanszky, "Comparison of the Mechanical Properties and Interfacial Interactions Between Talc, Kaolin, and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Composites", Journal of Applied Polymer Science, 91, 3315-3326, 2004.
- [20] E. Ferrage, F. Martin, A. Boudet, S. Petit, "Talc as Nucleating Agent of polypropylene: Morphology Induced by Lamellar Particles Addition and Interface Mineral-Matrix Modelization", Journal of Material Science, 37, 1561-1573. 2002.
- [21] W. Qiu, K. Mai, H. Zeng, "Effect of Silane-Grafted Polypropylene on the Mechanical properties and crystallization Behavior of talc/Polypropylene Composites," Journal of Applied polymer Science, 77, 2974-2977. 2000.
- [22] J.C. Dao, "Mechanical properties and morphology of polypropylene composites: Talc-filled, elastomer-modified polypropylene" Elastomers Plastics, 15, 1983.
- [23] B.Z. Jang, D.R. Uhlmann, J.B.V. Sande, "Rubber toughening in polypropylene," Polym. Eng. Sci. 30, 2485-2504, 1985.
- [24] H. Dalvag, C. Klason, H.E. Stromvall, "The Efficiency of Cellulosic Fillers in Common Thermoplastics. Part II. Filling with Processing Aids and Coupling Agents", Intern. J. Polym. Mater. 11, 9-38, 1985.
- [25] K. Mitsuishi, S. Kodama, H. Kawasaki, "Mechanical Properties Filled with Calcium Carbonate," Polymer Engineering and Science, 25, 1059-1073, 1985.
- [26] Z. Demjen, B. Pukanszky, Jr. J. Nagy, "Possible Coupling Reactions of Functional Silanes and Polypropylene", Polymer, 40, 1763-1773, 1999.
- [27] C. Scott, H. Ihida, F.H.J. Maurer, J. Mater. Sci., 22, 1987.
- [28] J.E. Stamhuis, "Mechanical properties and morphology of polypropylene composites Shortglass fiber reinforced elastomer modified polypropylene", Polym. Compos. 9, 1998.

- [29] C.D. Han, T.V.D. Weghe, P. Shete, J.R. Haw, “Effects of Couplingagents on the Rheological Properties, Processability, and Mechanical Properties of Filled Polypropylene”, *Polymer Engineering and Science*, 21, 196-203, 1998.
- [30] P. Gatenholm, J. Felix, C. Klason, J. Kubat, *Contemporary Topics in Polymer Science*, J.C.Salamone and J. Riffle, Eds. Plenum Pres, New York, 1992.
- [31] K. Oksman, *WoodSci. Technol.*, 30,1996.
- [32] X. L. Xie, K. L. Fung, R. Li, S. C. Tjong, Y.-W. Mai, *J. Polym. Sci, Part B:Polym Phys*, 40 1214, 1997
- [33] Y. Kansu, “Cam Küre, CaCO₃ ve Talk Dolgulu Polipropilen Hibrit Kompozitlerin Mekanik ve Fiziksel özelliklerinin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 2005.
- [34] J. Schöne, I. Kotter, W. Grellmann, “Properties of PolypropyleneTalcCompoundswithDifferentTalcParticle Size,”*Journal of plasticstechnology*, 8, pp. 230-250, 2012.
- [35] O. Ammar, Y. Bouaziz, N. Haddar, N. Mnif, “Talc as reinforcing filler in polypropylene compounds: effect on morphology and mechanical properties,” *Imedpubjournals*, Vol 3, No 1.8, 2017.
- [36] JM. Badano, C. Betti, I. Rintoul, J. Vich-Berlanga, E. Cagnola, G. Torres, C. Vera, J. Yori, M. “Quirog, New composite materials as support for selective hydrogenation; egg-shell catalysts,”*Applied Catalysis A: General*, 390, 166–174. doi:10.1016/j.apcata.2010.10.008, 2010.
- [37] K. Salasinska, M. Celinski, K. Mizera, P. Kozikowski, MK. Leszczynski, A. Gajek, “Synergistic Effect Between Histidine phosphate Complex and Hazelnut Shell for Flammability Reduction of Low-smoke Emission Poxysresin,”*Polish Academy of Sciences, Institute of Physical Chemistry, Kasprzaka 44/52, 01-224, Warsaw, Mazovia, Poland* 22July 2020.
- [38] H. Unal, F. Fındık, A. Mimaroğlu, “Mechanical Behavior of Nylon Composites Containing Talcand Kaolin”, *J. Appl. Polym. Sci.* 2003.
- [39] H. Unal, A. Mimaroğlu, M. Alkan, “Mechanical Properties and Morphology of Nylon-6 Hybrid Composites”, *Society of Chemical Industry* 2003.
- [40] J.A. Radosha, N.C. Trivedi, *Talc, Handbook of Fillers for Plastics*, 216-231, 1987.
- [41] www.kraton.com (Erişim Tarihi: Ocak, 2022).
- [42] H. Fattah, “Wollastonite, New Aspects PromiseGrowth”, *Industrial Minerals* 1986.
- [43] J.A. Radosta, M. Tapper, *Fillers, Talc; Handbook of Plastic Materials and Technology*, 1990.

- [44] JP. Pires, AS. Rames, GM. Miranda, GL. Souza, F. Fraga, CMN. Azevedo, RA. Ligabue, JEA. Lima, RV.Lourega, "Natural fresh water degradation of polypropylene blends with additives of a distinct nature," *Polymer Bulletin*, <https://doi.org/10.1007/s00289-020-03200-9>.
- [45] TA. Huy, R. Adhikari, T. Lupke, S. Henning, GH. Michler, "Molecular deformation mechanism of isotactic polypropylene in α - and β -crystal forms by FTIR spectroscopy," *Journal of Polymer Science: Part B Polymer Physics*, 2004; 42:4478-4488.
- [46] P. Didier, R. Léger, B. Otazaghine, P. Ienny, "Hyper elastic behavior of modified sepiolite/SEB thermoplastic elastomers," *Journal of Materials Science*, 2017; 52(12):7599-7604.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında girdiği Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 2007 yılında mezun oldu. 2007 yılından itibaren başlayan iş hayatında özel makine imalatı, mekanik tesisat şantiye şefliği ve plastik sektöründe üretim ve bakım mühendisliği sonrasında yönetici, bölüm müdürü ve son olarak Fabrika müdürü olarak çalışmaktadır. Yalova Üniversitesi Polimer mühendisliği Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

1. Cengiz, Ö. Karagöz, İ. Demirer, H. Fındık kabuğu ve talk dolgulu polipropilen kompozitlerin mekanik ve ısı özelliklerinin incelenmesi. 8. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu, 18-19 Haziran, Eskişehir, 2021.

DİĞER YAYIN VE ESERLER



EK 1. Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Numune Kodu	PPht01	PPht02	PPht03	PPht04	PPht05	PPht06	PPht07	PPht08	PPht09	PPht10	PPht11	PPht12
Çekme Mukavemeti Mpa	35,0	30,1	33,5	31,0	34,6	32,4	28,8	27,6	26,1	27,2	26,6	25,6
Çekme Elast. Mod. Mpa	1802,0	2399,6	2696,1	2594,3	2855,3	2644,5	2114,7	1874,6	1684,6	2090,5	2057,2	1959,7
Eğme Mukavemeti Mpa	52,1	55,7	64,8	62,4	65,7	62,2	56,9	50,6	50,9	54,4	50,9	48,8
Eğme Elast. Mod. Mpa	2019,4	2674,4	3491,3	3312,7	3583,2	3250,5	2690,2	2270,2	2205,7	2673,4	2544,1	2328,3
Izod Darbe (kJ/m ²)	5,9	4,3	4,4	4,2	4,5	4,4	4,7	6,6	7,8	5,4	6,1	7,5
Charpy Darbe (kJ/m ²)	6,5	5,0	5,5	4,9	5,5	5,4	5,4	6,9	9,4	5,1	6,7	7,6
Yoğunluk (g/cm ³)	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MFI (g/10dk)	5,6	5,3	5,4	5,4	5,0	5,1	4,9	4,2	4,4	4,9	4,2	4,0
HDT °C	59,7	65,6	66,7	65,6	66,5	66,0	65,0	59,5	57,5	62,3	61,5	60,2
Vicat °C	90,1	108,5	102,6	107,4	105,7	107,3	94,0	89,0	87,6	100,7	95,7	95,9
Erime Başlama Sıcaklığı °C	130,6	130,2	135,0	132,3	147,4	137,1	139,5	136,7	135,0	135,4	132,3	134,4
DSC Tc °C	106,8	114,5	125,9	124,9	125,7	125,8	118,5	117,4	116,6	116,8	120,8	119,3
TGA %	100,0	94,1	83,8	91,3	87,1	87,3	87,1	89,2	89,4	87,0	88,1	87,8
Kül %	0,0	0,5	18,4	5,1	13,9	9,7	9,3	9,1	8,7	9,5	9,1	8,9
Sertlik Ölçümü Shore D	78,0	80,0	80,6	78,2	78,6	80,2	78,8	76,4	75,8	79,4	75,6	75,7
Gloss Ölçümü GU	66,2	55,2	52,9	50,8	46,7	50,6	36,5	25,8	23,2	30,9	24,9	21,6

