

Polipropilen (PP) Esaslı Organik Takviyeli Kompozitler

Mehmet Altuğ¹

Yakup Yılmaz²

Özet

Günümüzde doğaya karşı duyarlılıktaki artış ile birlikte atık ve plastik maddelerin geri dönüştürülebilme konuları üzerine araştırmalar da artmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmını polimerlere takviye edilen organik malzemelerdir. Bu çalışmada polipropilen matrise ilave edilen farklı oranlardaki organik takviyeli malzemelerden elde edilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişiklikler incelenmiştir. Polipropilen polimer matrisine organik malzemelerin takviyesi ile üretilen kompozit malzemelerin mekanik özellikleri, üretim teknikleri, takviye elemanlarının polipropilen matrisi üzerine etkileri, ilave edilen takviye oranları, ara yüz malzemelerin etkileri üzerine yapılmış çalışmalar incelenerek, elde edilen bulgular ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Giriş

İki veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşturulan ve yeni özelliklere sahip malzemeler “Kompozit Malzeme” olarak adlandırılmaktadır. Kompozit üretiminde farklı polimerler ve farklı oranlarda lignoselülozik destek elemanı (lif veya un) dolgu maddesi ya da güçlendirici olarak kullanılabilir. Kompozit malzemeler, tasarım gereği, bileşenleri arasındaki ara yüzün kalitesi ile karakterize edilir. Yenilikçi kompozit malzemeler geliştirmedeki ana odak noktalarından biri, takviyeler ve matris arasında uygun bir bağlanma sağlamaktır. Malzemelerin üretiminde karbon içeriğini azaltma ilgisinin artmasıyla birlikte, biyo-bazlı veya geri

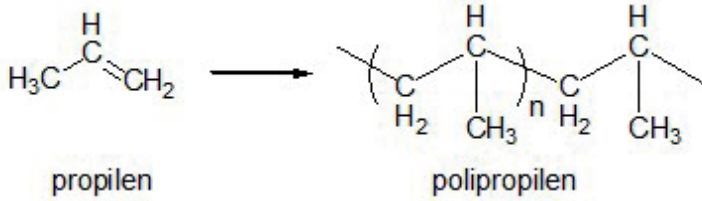
1 Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Malatya OSB Meslek Yüksekokulu Malatya/Türkiye, mehmet.altug@inonu.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4745-9164>

2 Makine Mühendisi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malatya/Türkiye, yk.yilmaz4488@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5712-0650>

dönüştürülebilir malzemeler gibi daha çevre ile uyumlu materyalleri geliştirmek için endüstriyel bir fikir birliği vardır.

1. Polipropilen (PP)

Polipropilen, otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve yiyecek paketlemesine kadar çok geniş kullanım alanı olan termoplastik bir polimerdir [1]. Monomer propilenin polimer hale getirilmesi ile elde edilen polipropilen kimyasal solventlere (asit ve bazlar) karşı aşırı derecede dirençlidir.



Şekil 1. Polipropilen kimyasal formülü

1.1. Polipropilen Elde Edilmesi

Polipropilenin eriyik işlemi ekstrüzyon ve kalıplama yoluyla elde edilebilir [1]. Sık kullanılan ekstrüzyon yöntemleri arasında eriyik üflenmiş ve iplik bağlı lifler üretilerek uzun rulolar elde edilmesi ve bunların dönüştürülerek yüz maskeleri, filtreler, bebek bezleri ve ıslak mendil gibi kullanışlı ürünlerin üretiminde kullanılması yer alır.

1.2. Polipropilenin Fiziksel Özelliği

Propilen; sert, opak ve sağlam bir malzemedir. Düşük özgül ağırlığa sahiptir, suda yüzebilir. En yaygın ticari polipropilenin, kristal yapısı düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) arasında bir seviyeye sahiptir. Young modülü (elastizite modülü) de orta seviyededir (Yüksek sıcaklık ve nem koşullarında iyi derecede boyut kararlılığına sahiptir). Bununla beraber, LDPE'den daha az sert ve HDPE'den çok daha az gevrek. Bu polipropilenin ABS gibi mühendislik plastiklerinin yerine kullanılmasına izin verir.

1.3. Polipropilenin Kimyasal Özelliği

Polipropilen, yorulmaya karşı çok iyi direnç göstermektedir. Maliyet anlamında düşük seviyesi ile ticari kullanım alanı oldukça geniştir. Oldukça iyi darbe dayanımı bulunmaktadır. Sürtünme katsayısı düşük olup, çok iyi elektrik yalıtımı sağlamaktadır. Kimyasal direnci iyidir. Tüm termoplastik

işleme proseslerine uygundur. Polipropilenin, erime sıcaklığı 130 ile 171°C arasındadır.

Tablo 1. Polipropilenin özellikleri

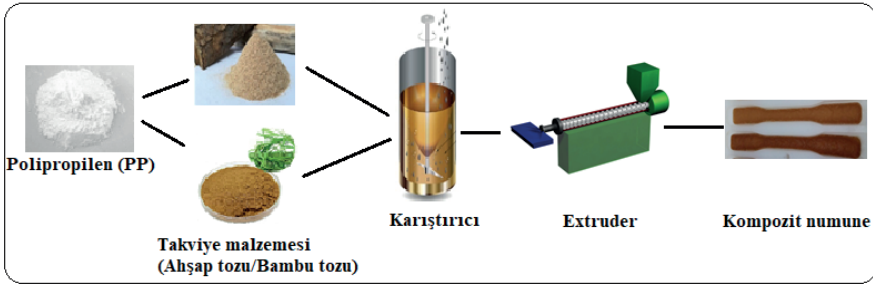
Polipropilen	Birim	Test Metodu (ISO)	Değer
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	1183	0,92
Su Emme (Doymuş)	%	62	0,1
Çekme Dayanımı	kg/cm ²	527	300
Elastik Modül	MP3	527	1250
Kopma Uzaması	%	527	>50
Darbe Dayanımı (İzod Çentikli)	Kj/m ²	180	7
Sertlik	Shore D	868	70
Maksimum Sürekli Çalışma Sıcaklığı	°C	-	100
Minimum Sürekli Çalışma Sıcaklığı	°C	-	5
Isı Genleşme Katsayısı	°C ⁻¹	11359	1.6x10 ⁻⁴
Dielektriksel Dayanımı	Kv/mm	60243	55

1.4. Polipropilen Kullanım Alanları

Otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve gıda paketlemesine değin oldukça geniş kullanım alanı bulunan termoplastik bir polimerdir. Monomer propilenin polimer hale getirilmesi ile elde edilen polipropilen kimyasal solventlere (asit ve bazlar) karşı aşırı derecede dirençlidir.

2. Organik Takviye Malzemeleri

Polipropilen matrise ilave edilen farklı oranlardaki organik takviyeli malzemelerden elde edilen kompozit malzemelerin hazırlama aşamaları şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. PP esaslı organik katkı kompozit aşamaları

2.1. Fındıkkabuğu

Fındıkkabuğu fındık ürününün kırım işlemleri sonucunda tane ile kabuk malzemenin birbirinden ayrışması sonucunda meydana gelen odunsu sert bir malzemedir. Polimerlerde, kullanılması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Fındıkkabuğu katkılı bazı çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Cengiz Ö. vd. (2021) çalışmalarında, fındıkkabukları toz haline getirilmiş, farklı boyutlarda elek sallama makinesinde elenmiş, ekstrüder makinesinde karışım oranlarına göre granül olarak hazırlanmış ve enjeksiyon makinesinde çekme ve eğme test numunelerinin üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında elde edilen genel sonuçlar, atık olarak görülen ve yakılarak tüketilen fındıkkabuğu tozları katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebilir sonucuna varmışlardır [2].

Kufel A. ve Kuciel S. (2020) çalışmalarında, bir PP matrisine doğal dolgu maddeleri eklemenin hibrit kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ağırlıkça %10, %15 ve %20 bazalt lifleri (BF) ve öğütülmüş fındıkkabukları (HS) PP matrisine ilave etmişlerdir. Sonuç olarak iki tip dolgu maddesinin eklenmesinin mekanik özelliklerini geliştirdiğini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, termal yaşlanma, çekme mukavemetinde ve çekme modülünde bir azalmaya neden olduğunu gözlemlemişlerdir [3].

2.2. Lignoselülozik

Selüloz, hemiselüloz ve lignin olmak üzere 3 karbohidrattan oluşan kompleks bir polimerdir. Yüksek miktarlarda ve düşük maliyette bulunabilirliği nedeniyle, biyoetanol üretimi için cazip bir hammadde olarak değerlendirilmektedir.

Çavuş V. ve Mengeloğlu F. (2017) çalışmalarında, Lignoselülozik dolgu maddesi olarak zeytin pirinası ve kızılçam odununu %20 ve %40 oranlarında kullanmışlardır. Kızılçam odunu veya zeytin pirinası, vaks ve maleik anhidrit graflanmış polipropilen (MAPP) ve yüksek veya düşük erime akış indeksine sahip polipropilen üretim reçetesine göre yüksek devirli mikser yardımıyla homojen bir şekilde karıştırmışlardır. Erime akış indeksinin odun plastik kompozitlerin (OPK) özelliklerini önemli bir etkisinin olmadığını buna karşın dolgu maddesi türü ve oranına göre değişkenlik göstermesine rağmen mekanik özelliklerin ASTM D6662 standardında belirlenen değerleri karşıladığını tespit etmişlerdir [4].

Çavuş V. ve Mengeloğlu F. (2019) çalışmalarında, iki farklı türde (sentetik temelli mineral lif ve lignoselülozik) dolgu maddesi farklı oranlarda kullanılarak

üretilen odun plastik kompozitlerin fiziksel özelliklerinden uzun süreli su alma ve kalınlıkça artış oranlarının belirlenmesini hedeflemişlerdir. Hibrit kompozit karışımları yüksek devirli karıştırıcı içerisinde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odun unu, vaks ve maleik anhidrit grafted polipropilen (MAPP) ve polipropilenin karıştırılması yöntemi ile elde etmişlerdir. Su alma ve kalınlıkça artma oranlarında sentetik ve lignoselülozik dolgu maddesi türü ve oranının ve sentetik dolgu maddesi katılım sırasının etkili olduğu gözlemlenmişlerdir [5].

2.3. Bambu

Bambuseae adı verilen tür bambular; ağaç gibi büyüyen, ahşaplaşan, ince yapraklı ama çok büyük yapraklı bambu türüdür. Büyümekte sınır tanımayan bambular boyları 38 metre ve genişliği 80 santimetreye kadar çıktığı görülmektedir. Bir günde en hızlı büyüyen ölçülebilmüş bambu ağacı yaklaşık 40 santimetre civarında büyümüştür. Esneklikleri sayesinde kırılma olasılıkları oldukça düşüktür.

Lima C. vd. (2020) çalışmalarında, polipropilen/bambu elyaf (PP/BF) kompozitinin özelliklerindeki değişiklikleri ve doğal yaşlanma sonrasında bu kompozitlerde bağlayıcı ajan (CA) kullanımının etkisini araştırmışlardır. Bir CA kullanımının fiber ve polimer arasında daha yüksek etkileşimi destekleyebileceğini göstermektedir. Ek olarak, organik kökenli ve sentetik kökenli CA'lar, doğal yaşlanmaya benzer tepkiler sergilediğini gözlemlenmişlerdir [6].

Lima C. vd. (2021) çalışmalarında, bambu elyafı (BF) ile bir polipropilen matris arasındaki arayüzey bağımlı geliştirmek için, üç organik asidin mekanik özellikler ve arayüzey morfolojisi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çekme mukavemetinde birleştirme aracı (CA) kompozitlerde artış yaklaşık %190 olurken, eğilme modülünde akuple kompozitler daha yüksek değerler göstermiş ve artış trikarboksilik asit'li (TRIA) kompozitlerde daha fazla olduğunu gözlemlenmişlerdir [7].

Yeh H.C. ve Yang C.T. (2020) çalışmalarında, dört tip atık bambu lifi (BF) takviye olarak kullanmışlar ve bambu-PP kompozitleri (BPC'ler) üretmek için PP dahil etmişlerdir. Termogravimetrik sonuçlar, Flynn-Wall-Ozawa (FWO) yöntemiyle hesaplanan çeşitli dönüşüm oranlarında en yüksek aktivasyon enerjisini gösterdiği için Makino BF'nin termal olarak en kararlı olduğunu gözlemlenmişlerdir [8].

2.4. Ahşap-Odun Tozu/Unu

İstenilen incelikte öğütülerek ya da mobilya ve diğer oduna dayalı endüstri işlem atıklarından elde edilen, görünüş özellikleri ve tekstür

bakımından tahıl ununa benzeyen, odun plastik kompozit üretiminden çeşitli tutkal ve yalıtıcılardaki dolgu maddesine, tekstil endüstrisindeki yağ emici ve aşındırıcıdan dinamit yapımına kadar çok çeşitli uygulamalarda katkı maddesi olan bir odun ürünüdür.

Güldeş A. vd. (2018) çalışmalarında, PP dolgu malzemesi olarak odun unu (WF) farklı ağırlık oranlarında ilave edilerek etkilerini araştırmışlardır. Odun unu dolgu miktarı arttıkça viskozite arttığını; ancak sıcaklık, basınç ve kayma hızı arttıkça viskozite azalır. Takviyeli polipropilenin değişen oranlarda çekme mukavemetinin, takviyesiz polipropilene göre sırasıyla %11, %16 ve %21 oranında azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca darbe testleri, en yüksek enerji emiliminin %10 odun unu ile güçlendirilmiş polipropilende elde ettiklerini tespit etmişlerdir [9].

Nafis Z. A. S. vd. (2023) çalışmalarında, ahşap tozu elyaf işleminin, odun tozu takviyeli geri dönüştürülmüş polipropilen kompozit (r-WoPPC) filament özelliğini araştırmışlardır. Ahşap tozu lifi üzerindeki silan işlemi, ahşap lifi ile geri dönüştürülmüş PP arasındaki ara yüzey bağımlı geliştirdiğini bu nedenle, işlenmemiş ve alkalikle işlenmiş ağaç tozu filamentleri kıyasla %35,2 daha yüksek olan tel çekme mukavemeti elde ettiklerini gözlemlemişlerdir. Silanla işlenmiş ağaç tozu içeren r-WoPPC filamentleri daha iyi mekanik özellikler ortaya çıkardıklarını tespit etmişlerdir [10].

Narlıoğlu N. vd. (2018) çalışmalarında, polipropilen matrise ilave edilen farklı oranlardaki karaçam testere talaşından elde ettikleri kompozit malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişiklikler incelemişlerdir. Mekanik test sonuçlarına göre en yüksek çekme direnci değeri %10 odun unu ilaveli kompozit örneğinde, en yüksek eğilme direnci ise %50 odun unu ilaveli kompozit ve en yüksek darbe direnci, %20 odun unu ilaveli kompozit örneğinde elde etmişlerdir [11].

Özdemir F. (2021) çalışmasında, odun plastik kompozit üretiminde, perlit kullanımının etkisini araştırmıştır. Bu amaçla odun unu, polipropilen ve farklı oranlarda perlit karışımı elde etmiştir. Sonuç olarak perlit ilave edilerek üretilen odun-plastik kompozit (OPK) malzemenin perlit ilave oranının artmasına bağlı olarak fiziksel, mekanik ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerin belirli oranlarda olumsuz etkilendiğini belirlemiştir. Tüm özellikler için en olumlu etki kontrol numunelerinde tespit edilirken en olumsuz etki miktarı ise %20 perlit kullanım oranlarında olduğu tespit etmiştir [12].

3. Diğer Organik Katkılar

3.1. Kitosan

Kitosan, kitin'in deasetilasyonu ile elde edilen lineer bir aminopolisakkarittir. Kitin ise, kabuklu deniz hayvanlarının kabuklarında çok miktarda mevcut olan ve yeryüzünde selülozdan sonra en fazla bulunan doğal bir biyopolimerdir. Kitin, bir N-asetil-D-glukozamin polimeri ve kitosan ise bir D-glukozamin ve N-asetil-D-glukozamin kopolimeridir. Deasetile edilmiş kitin, kitosan olarak adlandırılır.

Yamankaradeniz N. vd. (2020) çalışmalarında, PP polimeri ve ağırlıkça üç farklı oranda kitosan katkısı kullanılarak üretilmiş kitosan/PP kompozit malzemelerin yanma davranışları araştırılmışlardır. Kitosan katkısının, PP polimerinin yoğunluk ve sertlik değerlerini artırma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir [13].

Akgündüz İ. ve Uysal Y. (2019) çalışmalarında, kağıt fabrikası arıtma tesisinden çıkan atık arıtma çamuru, yumurta kabuğu ve lületaşı tozu atık materyalleri ile birlikte polipropilen (PP) bazlı termoplastik plaka üretiminde değerlendirmişler ve elde ettikleri kompozit plakanın radyasyon geçirgenlik ve mekanik dayanım özelliklerini belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar yumurta kabuğu katkılı kompozit levhanın radyasyon geçirgenliğini azalttığı, çekme direncini artırdığı, arıtma çamurunun çekme direncini düşürdüğünü ve arıtma çamurunda bulunan liflerin ve lületaşı (sepiyolit) tozunun elastikiyet modülünü artırdığını tespit etmişlerdir [14].

Atabek Savaş L. vd. (2022) çalışmalarında, PP/poliamid 6 (PA6) karışımlarında kullanılan kemik külü ve uyumlaştırıcı olarak maleik anhidrit aşılı polipropilen (MAPP) katkısının kompozitlerin mekanik ve ayrıca tribolojik özellikleri üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde, kemik külü katkısının sertlik üzerinde, uyumlaştırıcı katkısının ise çekme ve eğme mukavemeti üzerinde daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Kemik külünün sürtünme katsayılarını düşürmede de çok etkili olduğunu, özellikle uyumlaştırıcı ile birlikte kullanıldığında aşınma direncini önemli miktarda (%98'e kadar) azalttığını gözlemlemişlerdir [15].

Atar İ. vd. (2016) çalışmalarında, PP esaslı kompozit üretiminde patlıcan sapı ununun dolgu maddesi olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini araştırmışlardır. Bu amaç doğrultusunda pres kalıplama yöntemiyle dört farklı kompozisyonda örnekler üretmişlerdir. İstatistik analiz sonuçlarına göre polimer matriste patlıcan sapı unu kullanım oranının darbe direnci üzerine önemli derecede bir etkisinin olmadığını, fakat çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü,

kopmada uzama ve yoğunluk değerleri üzerinde önemli derecede etkili olduğunu gözlemlemişlerdir [16].

Chun K.S. vd. (2018) çalışmalarında, polipropilen kompozitlerde dolgu maddesi olarak kakao pod kabuğunun (CPH) tarımsal yan ürününü kullanmışlardır. Dolgu modifikasyonu için hindistancevizi yağından bir yeşil bağlayıcı madde (GCA) geliştirmişlerdir. Kompozitlerin genel gerilme özellikleri, su emilimi, termal kararlılığı ve kristalliği, GCA'nın ortaya çıkmasıyla önemli ölçüde iyileştirdiğini ve taramalı elektron mikroskobu yoluyla elde edilen sonuca göre CPH partiküllerinin homojen dağıldığını ve matris ile daha iyi ara yüzey bağını gösterdiğini ve kompozitlerin özelliklerinde önemli ölçüde iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir [17].

Mansor M.R. vd. (2019) çalışmalarında, PP ve polietilen (PE) içeren, kullanılmamış tek kullanımlık çocuk bezlerinden türetilen geri dönüştürülmüş plastiğin karakterizasyonunu araştırmışlardır. Karışımlar termal, mekanik ve morfolojik özellikler açısından test etmişlerdir. Çekme testi, v-PP/PE ile karşılaştırıldığında r-PP/PE'nin mukavemet ve gerinme açısından daha düşük, ancak modül için sırasıyla %56, %55 ve %2 daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir [18].

Peşman E. ve Güleç T. (2019) çalışmalarında, mürekkebin (ofset ve toner) mevcudiyetinin, gazete ve ofis kağıdı fiber-plastik kompozitlerinin mekanik, fiziksel, morfolojik ve termal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Basılı ve baskısız gazete ve ofis kağıdı lifleri, ağırlıkça %50 lif yüklemesinde geri dönüştürülmüş polipropilen ile karıştırmışlardır. Mürekkep formülasyonu ve lif özellikleri nedeniyle, basılı ofis kağıdı fiber-plastik kompozitlerle, basılı gazete fiber-plastik kompozitlere göre daha iyi sonuçlar elde ettiklerini gözlemlemişlerdir [19].

Shubhra TH Q. vd. (2011) çalışmalarında, kompozit hazırlamak için termoplastik PP matrisinde takviye olarak çeşitli lifler yaygın olarak kullanmışlardır. Elyaf takviyeli PP kompozitlerin (FRPC'ler) mekanik özellikleri birçok araştırmacı tarafından incelenmekte ve bunlardan çok azı bu çalışmalarından bahsetmişlerdir. Doğal lifler arasında keten lifleri çok güçlü olduğunu ve PP ile takviye edildiğinde iyi mekanik özelliklere sahip kompozitler üreteceğini tespit etmişlerdir [20].

Taşdemir M. ve Şen E.G. (2022) çalışmalarında, PP üzüm sapı ve çeltik karışımlarının özelliklerinin atık cam elyaf ilavesi ile geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Polipropilen üzüm sapı ve çeltik çift vidalı ekstrüderde homojen bir karışım sağlamak için karıştırmışlardır. PP içerisine %20 oranında üzüm sapı-çeltik katmışlardır. Cam elyaf ise %10-15 ve 20 oranlarında katmışlardır.

Üzüm sapı-çeltik ve cam elyaf ilavesi, polimer kompozitinin mekanik özelliklerinde önemli değişimler sağladığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak kopma mukavemeti ve elastiklik modül değerleri artmış buna karşılık kopma uzaması ve darbe mukavemeti değerleri ise düştüğünü tespit etmişlerdir [21].

Zander N.E. vd. (2019) çalışmalarında, yeşil bir kompozit hammadde oluşturmak üzere selüloz atık malzemeleri kullanılarak geri dönüştürülmüş polipropilenin güçlendirilmesinde yapılan çalışmaları sunmuşlardır. Geri dönüştürülmüş polipropilen/atık kağıt, karton ve odun unu kompozitleri, katı hal kesmeli pulverizasyon işlemi kullanmışlardır. Geri dönüştürülmüş polimer kompozitler, işlenmemiş polimer kompozitlere kıyasla basılı parçalara dahil edilen daha yüksek dolgu seviyelerine sahipti. Selüloz malzemelerin eklenmesiyle depolama modülünde %20–30 artış. Çekme mukavemeti, ağırlıkça %10 selüloz ilavesiyle önemli ölçüde artmadı, ancak işlenmemiş polipropilende elastik modül %38 arttı. Kırılma yüzeylerinin analizi, kırılmanın arayüzeyde başladığını ortaya çıkardı, bu da arayüzey kuvvetinin dolgu kuvvetinden daha zayıf olduğunu gözlemlemişlerdir [22].

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Atık olarak sınıflandırılan fındık, ahşap-odun, hindistan cevizi lifleri, bambu, kevlar, kayısı çekirdeği kabuğu vb. organik takviye malzemeleri toz haline getirilerek, polimer kompozitlerin üretiminde dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Bu şekilde atık olarak görülen ve yakılarak tüketilen bu malzemeler katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebilir. Dolayısıyla zararlı çevresel etkileri minimize edilebilir.

2. Farklı inorganik ve organik katkıları bir arada kullanılarak yüksek ısı ve mekanik özelliklere sahip kompozitler elde edilebilir. PP içerisine eklenen organik takviye malzemelerinin ekstrüderde uygun parametre değerleri ayarlanarak granül haline getirilebilir. Organik takviye malzemelerinin yanmaması ve yapı içerisinde olumsuz bir etki göstermemesi için ekstrüder sıcaklık parametreleri ve vida dönme hızı doğru bir şekilde ayarlanmasıyla istenen özelliklerde kompozitler elde edilebilecektir.

3. Kompozit üretiminde en önemli aşama karışımların ekstrüzyon makinesinde doğru bir şekilde hazırlanmasıdır. Eğer bu süreç başarılı bir şekilde tamamlanır, granül haline getirilmiş malzemelerin enjeksiyonla kalıplanmasında çok ciddi bir problemle karşılaşılacaktır. Enjeksiyon yöntemiyle karışımlardan test numunesi üretilmesinde karşılaşılan en önemli sorun organik takviye malzemelerinin iyi ve homojen karışmaması ve toplanan bu tozların enjeksiyon nozulu ve yolluğu tıkararak malzeme akışına engel olmasıdır.

5. Kaynaklar

- [1] B. Beşergil, “Polimer Kimyası”, Gazi Kitabevi, s.25-475, 2008.
- [2] H. CENGİZ, Ömer, KARAGÖZ, İdris, DEMİRER, “Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi”, sayı August, 2021.
- [3] A. Kufel ve S. Kuciel, “Hybrid Composites Based on Polypropylene with Basalt/Hazelnut Shell Fillers: The Influence of Temperature, Thermal Aging, and Water Absorption on Mechanical Properties”, *Polymers (Basel)*., c. 12, sayı 1, s. 18, Ara. 2019, doi: 10.3390/polym12010018.
- [4] V. Çavuş ve F. Mengeloğlu, “The effect of lignocellulosic filler types and concentrations on the mechanical properties of wood plastic composites produced with polypropylene having various melt flowing index (MFI)”, *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, c. 23, sayı 8, ss. 994–999, 2017, doi: 10.5505/pajes.2017.80000.
- [5] V. Ç. F. MENGELOĞLU, “The Effect Of Synthetic And Lignocellulosic Filler Material Type, Ratio On Some Physical Properties Of Wood Plastic Composites”, c. 26–27, sayı March, 2019.
- [6] L. del P. Fajardo Cabrera de Lima, R. M. C. Santana, ve C. D. Chamorro Rodríguez, “Influence of Coupling Agent in Mechanical, Physical and Thermal Properties of Polypropylene/Bamboo Fiber Composites: Under Natural Outdoor Aging”, *Polymers (Basel)*., c. 12, sayı 4, s. 929, Nis. 2020, doi: 10.3390/polym12040929.
- [7] L. del P. Fajardo Cabrera de Lima, C. D. Chamorro Rodríguez, ve J. H. Mina Hernandez, “Use of Organic Acids in Bamboo Fiber-Reinforced Polypropylene Composites: Mechanical Properties and Interfacial Morphology”, *Polymers (Basel)*., c. 13, sayı 12, s. 2007, Haz. 2021, doi: 10.3390/polym13122007.
- [8] C.-H. Yeh ve T.-C. Yang, “Utilization of Waste Bamboo Fibers in Thermoplastic Composites: Influence of the Chemical Composition and Thermal Decomposition Behavior”, *Polymers (Basel)*., c. 12, sayı 3, s. 636, Mar. 2020, doi: 10.3390/polym12030636.
- [9] A. Gültaş, M. Zeyveli, S. Kaya, ve M. Altuğ, “Investigation of rheological and mechanical properties of wood flour reinforced polypropylene”, *Matwiss. Werksttech.*, c. 49, sayı 1, ss. 73–88, Oca. 2018, doi: 10.1002/mawe.201600714.
- [10] Z. A. S. Nafis vd., “Effect of Wood Dust Fibre Treatments Reinforcement on the Properties of Recycled Polypropylene Composite (r-WoPPC) Filament for Fused Deposition Modelling (FDM)”, *Materials (Basel)*., c. 16, sayı 2, s. 479, Oca. 2023, doi: 10.3390/ma16020479.

- [11] N. Narlıoğlu, N. S. Çetin, M. H. Alma, N. Narlıoğlu, N. S. Çetin, ve M. H. Alma, “Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi özelliklerine etkisi Effect of black pine sawdust on the mechanical properties of polypropylene composites”, c. 1, sayı 1, ss. 38–45, 2018.
- [12] E. ÖZDEMİR, “PERLİT KULLANIMI İLE ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN FİZİKSEL, MEKANİK VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŐİMLERİN BELİRLENMESİ”, *Kabramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg.*, c. 24, sayı 1, ss. 15–23, Mar. 2021, doi: 10.17780/ksujes.795348.
- [13] N. Yamankaradeniz, E. Kilik, ve T. Meral, “Investigation the Effects of Chitosan Added PP Polymer on Burn Retarding”, c. 1, sayı 3, ss. 9–17, 2020.
- [14] Y. U. İlkey AKGÜRBÜZ, “Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences”, *Kabramanmaraş Sutcu Imam Univ. J. Eng. Sci.*, c. 22, sayı 3, ss. 71–77, 2019.
- [15] L. A. Savaş ve Y. Uzunođlu, “EFFECT OF BONE ASH AND COMPATIBILIZER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PP / PA6 MATRIX COMPOSITES KEMİK KÜLÜ VE UYUMLAŐTIRICININ PP / PA6 MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK”, c. 6, sayı 1, 2022.
- [16] F. M. İlkey ATAR , İbrahim Halil BAŐBOĖA, Kadir KARAKUŐ, “Received: 1 November 2016; Accepted: 23 December 2016”, c. 6, sayı 2, ss. 96–103, 2016.
- [17] K. S. Chun, C. M. Yeng, ve S. Hussienyash, “Green coupling agent for agro-waste based thermoplastic composites”, *Polym. Compos.*, c. 39, sayı 7, ss. 2441–2450, Tem. 2018, doi: 10.1002/pc.24228.
- [18] M. R. Mansor *vd.*, “Thermal and mechanical behaviour of recycled polypropylene/polyethylene blends of rejected-unused disposable diapers”, *J. Adv. Manuf. Technol.*, c. 13, sayı 3, ss. 13–23, 2019.
- [19] E. PESMAN ve T. GÜLEÇ, “The Effects of Ink Presence on Mechanical, Physical, Morphological and Thermal Properties of Office and Newspaper Fiber-Polypropylene Composites”, *Mater. Sci.*, c. 25, sayı 2, ss. 195–201, Nis. 2019, doi: 10.5755/j01.ms.25.2.19617.
- [20] Q. T. H. Shubhra, A. Alam, ve M. Quaiyyum, “Mechanical properties of polypropylene composites”, *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, c. 26, sayı 3, ss. 362–391, Nis. 2013, doi: 10.1177/0892705711428659.
- [21] M. TAŞDEMİR ve E. G. ŞEN, “Polipropilen/Üzüm Sapı/Çeltik Polimer Kompozitinin Mekanik Özelliklerinin Atık Cam Elyaf ile Geliştirilmesi”, *Int. J. Adv. Eng. Pure Sci.*, c. 34, sayı 1, ss. 131–140, Mar. 2022, doi: 10.7240/jeps.1041672.

- [22] N. E. Zander, J. H. Park, Z. R. Boelter, ve M. A. Gillan, “Recycled Cellulose Polypropylene Composite Feedstocks for Material Extrusion Additive Manufacturing”, *ACS Omega*, c. 4, sayı 9, ss. 13879–13888, Ağu. 2019, doi: 10.1021/acsomega.9b01564.