

# Gürgen Ağacı Talaşı Dolgulu Epoksi Matrisli Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

İlyas Kartal<sup>1\*</sup>, Zerrin Özcan<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mealurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ilyaskartal@marmara.edu.tr) (ORCID: 0000-0001-9677-477X)

<sup>2</sup>MEB, Başakşehir Şehit Muhammed Eymen Demirci İlkokulu, İstanbul- TÜRKİYE (zerrinnozcan@gmail.com) (ORCID: 0009-0004-2184-3186)

**Türkçe Özet** – Doğal elyaf dolgulu polimer kompozitlere olan ilgi, yüksek performansları, önemli işleme avantajları, düşük maliyetleri ve düşük bağıl yoğunlukları nedeniyle hızla artıyor. Bu çalışmada gürgen talaşı dolgulu epoksi matrisli kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Matris malzemesi olarak ısı ile sertleşen epoksi reçinesi tercih edilmiştir. Dolgu olarak yerel mobilya üreticilerinden doğal atık olarak ortaya çıkan gürgen ağacı talaşı kullanılmıştır. Talaş, eleklerden elenerek 0-150 mikron boyut aralığında hazırlanmış olup reçineye ağırlıkça %5-10-15-20 oranlarında ilave edilmiştir. %20 talaş ilavesi ile reçine doyuma ulaştığı için numune hazırlanması sonlandırılmıştır. Epoksinin çok iyi yapışma özelliği sebebiyle kalıp olarak Teflon malzemesi tercih edilmiştir. Hazırlanan karışım tamamen sertleşmesi için 180°C’de 3 saat kür işlemi uygulanmıştır. Numunelerin çekme, sertlik, darbe gibi mekanik özellikleri incelenmiştir. Kırık yüzeylerin incelenmesi SEM görüntüleri ile yapılmıştır. Çalışma sonunda ağırlıkça %15 gürgen talaşı ilavesinin epoksi matrisli kompozitlerde mekanik özelliklere olumlu tesir ettiği, talaş katkı oranının ideal olduğu tespit edilmiştir. Numune yapısında homojen bir şekilde karışım olduğu SEM görüntülerinden de anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Epoksi reçinesi, Gürgen ağacı talaşı, Doğal dolgu, Mekanik özellikler, Epoksi matrisli kompozit.

**Atf:** Kartal, İ., Özcan, Z. (2023). Gürgen Ağacı Talaşı Dolgulu Epoksi Matrisli Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 7(1): 1-5.

## Investigation of Mechanical Properties of Hornbeam Wood Sawdust Filled Epoxy Matrix Composite Structures

### Extended Abstract

The interest in natural-fiber reinforced polymer composites is growing rapidly owing to their great performance, significant processing advantages, low cost and low relative density. In this study, the mechanical properties of hornbeam sawdust filled epoxy matrix composites were investigated. Thermosetting epoxy resin is preferred as matrix material. As a filler, hornbeam sawdust from local furniture manufacturers as natural waste was used. Sawdust was prepared in the size range of 0-150 microns by sieves and added to the resin at the rate of 5-10-15-20% by weight. Sample preparation was terminated as the resin reached saturation with the addition of 20% sawdust. Teflon material was preferred as the mold because of the very good adhesion property of epoxy. The prepared mixture was cured at 180 °C for 3 hours to completely harden. Mechanical properties of the samples such as tensile, hardness and impact were investigated. Examination of the broken surfaces was made with SEM images. At the end of the study, it was determined that the addition of 15% by weight hornbeam sawdust had a positive effect on the mechanical properties of epoxy matrix composites, and the sawdust additive ratio was ideal. It was also understood from the SEM images that there was a homogeneous mixture in the sample structure.

**Keywords** – Epoxy resin, Hornbeam wood sawdust, natural filler, mechanical properties, epoxy matrix composite

**Citation:** Kartal, İ., Özcan, Z. (2023). Investigation of Mechanical Properties of Hornbeam Wood Sawdust Filled Epoxy Matrix Composite Structures. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 7(1): 1-5.

### I. GİRİŞ

Kompozit malzemeler genel olarak matris bileşeni ile katkı/dolgu malzemeleri içeren bileşenlerden oluşur. Polimer

esaslı kompozitlerde katkı malzemesi olarak cam elyaf ve karbon elyaf yoğun olarak kullanılır. Dolgu malzemesi olarak hem sentetik hem de doğal dolgu malzemeleri mevcuttur.

Dolgu malzemeleri maliyeti önemli ölçüde düşürmesi ile birlikte bir kısmı mekanik özelliklere katkı da sağladığı bilinmektedir. Sentetik dolgular çoğunlukla seramik esaslı olup endüstride kullanımı yaygındır. Ancak sentetik dolgu kompozitler için atık bertarafı ve geri dönüşüm küresel bir sorundur. Artan çevresel duyarlılık nedeniyle, düzenli depolama bertarafı dünya çapında daha fazla tercih edilmemesi söz konusudur [1-3].

Doğal kaynakların korunması ve geri dönüşümle ilgili endişeler, yenilenebilir ham maddelere odaklanılmasına sebep olmuştur. Son yıllarda çevreye uyumlu doğal dolgular seramik esaslı dolguların yerini almış olup yoğun olarak tercih edilmektedir. Özellikle bitki liflerine dayalı yeni tip kompozitler geliştirilmiştir. Doğal elyaf/dolgu takviyeli kompozitler, iyi bir mekanik performans ve çevre dostu olma özelliği sunar. Son yıllarda doğal dolgu ve lifler kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [4-9].

Yeni nesil doğal dolgu çevreci malzemeler sentetik plastiklere alternatif olarak pek çok alanda kullanılmaktadır. Yeşil kompozitler olarak da adlandırılan bu malzemelerden üretilmiş ürünler yoğun olarak, otomotiv, mobilya, inşaat ve ambalaj sektöründe kullanılmaktadır. Lif ve dolgu malzemeleri olarak selüloz, fındıkkaşuğu, bambu lifi, buğday sapı, odun talaşı, kenaf, ceviz kabuğu gibi malzemeler tercih edilmektedir [5-6, 8].

Doğal liflerden oluşan yenilenebilir kaynaklara dayalı kompozitler ekonomik ve ekolojik olarak kabul edilebilir. Doğal dolgulardan biri de odun talaşıdır. Odun talaşı hafiflik, mikro tane boyutu, yerel kaynaklardan kolayca bulunabilmesi ve doğal atık gibi avantajlara sahip olması nedeniyle polimerik kompozitlerde kullanımları elverişlidir [10-11]. Odun malzemesi aynı zamanda bir kompozit olup bir lignin matrisi tarafından bir arada tutulan selüloz, hemiselülozlar ve ligninden oluşan üç boyutlu bir bileşiktir. Odun lifleri çok iyi mekanik özellikler göstermekle beraber hidrofobik polimerlerle yapışmalarını zayıflatan nispi düşük bozunma sıcaklıklarına sahiptir [12-13].

Doğal elyaf takviyeli kompozitlerin ana uygulaması, doğal elyaf kompozitlere dayalı çeşitli bileşenler geliştiren otomotiv endüstrisi alanındadır. Avrupa'da bitki lifi kompozitleri esas olarak otomotiv endüstrisi tarafından kullanılmaktadır. Biyolif takviyesi harmanlanmış termoplastiklerde veya reçineli termoset uygulamaları olarak artık kapı kaplamaları/panelleri, paket rafları ve bagaj kaplamaları gibi uygulamalar oldukça yaygındır. Biyofiber takviyeli kompozitlere sahip otomotiv bileşenlerinin, artan model penetrasyonu ile istikrarlı bir şekilde artması beklenebilir. Günümüzde biyofiber kompozitlerin bir otomobilin dış bileşenlerinde kullanılması sıklıkla tercih edilmektedir. DaimlerChrysler'in binek otomobiller için dış zemin altı korumada yenilikçi abaka elyaf uygulaması, keten elyaf takviyeli kompozitlerden diğer dış parçalar (ön tampon, otobüsün zemin altı döşemesi), Ford Mondeo'nun kapı panelleri kenaf ile güçlendirilmiş polipropilen kompozitlerden üretilmesi, Mercedes S sınıfı için 27 bileşenin biyofiberle güçlendirilmiş kompozitlerden üretilmesi gibi otomotiv endüstrisinde uygulamalar mevcuttur [14-16].

Yüksek performanslı gelişmiş kompozitlerde en sık kullanılan ısıyla sertleşen reçineler fenolik, epoksiler ve polyester reçinelerdir. Bu reçineler hem mükemmel solvent hem de yüksek sıcaklık direnci sergiler. Kalıplama ile şekillendirme yöntemi, fiber ister uzun ister kısa olsun, bu kompozitleri yapmak için en yaygın kabul gören yöntemdir.

Bu çalışmada matris malzemesi olarak yaygın kullanımı sebebiyle ısı ile sertleşebilen epoksi reçinesi tercih edilmiştir. Epoksiler iyi yapışma, mekanik özellikler, düşük nem emme, kimyasal direnç, az çekme ve işleme kolaylığı özelliklerine sahiptir. Bu mükemmel özellikler, epoksi ailesini birçok kompozit için en iyi matris malzemelerinden biri yapmıştır [17-20].

Gürge ağacı Türkiye'nin birçok bölgesinde yaygın bir şekilde bulunmakta olup başta mobilya sektörü olmak üzere sağlam ahşap kullanılması gereken ürünlerde kullanılan sert ve dayanıklı bir ağaçtır. Mobilya sektöründe ve ahşap ihtiyacı olan sektörlerde tercih edilen ağaçların başında gelir. Kerestesi çok tercih edilen bir ağaç türüdür. Sağlam yapısı ve dayanıklılığı sebebiyle oyuncak sektöründen gemi sektörüne kadar birçok alanda ahşap ihtiyacını karşılar [21-22].

Bu çalışmada ise ısı ile sertleşen epoksilerde atık gürgen talaşı dolgu olarak kullanılması incelenecektir. Böylesi bir kompozit uygulamasıyla atık talaşın kullanımı ile çevresel etkilerinin azaltılması, kompozit üretim maliyetinin düşürülmesi, sentetik dolguların kullanımının önüne geçilerek atık depolama miktarının ve gaz emisyonunun azaltılması, doğal kaynakların korunması sağlanacaktır.

## II. MALZEME VE METOD

### A. Malzemeler

Kompozit numuneler için matris malzemesi olarak kompozit uygulamalarında yoğun olarak tercih edilen epoksi reçinesi, Epikot 828 (Shell Chemical, yoğunluğu 1,16 kg/litre) seçilmiştir. Epikot 828, bisfenol A reçinesi ve epiklorohidridinden üretilen orta viskoziteli sıvı epoksi reçinesidir. Seyreltici içermez, kürlenmiş durumda iyi pigment ıslatma ve dolgu maddesi çökmesine karşı iyi direnç ve yüksek düzeyde mekanik ve kimyasal direnç özellikleri sağlar. Epoksi reçinesi sertleştiricisi olarak Epicure (Shell Chemical), hızlandırıcı olarak benzil dimetil amin (BMDA-Aldrich) kullanılmıştır. Doğal dolgu malzemesi olarak yerel mobilya üreticilerinden temin edilen atık gürgen ağacı talaşları kullanılmıştır. Talaşlar 150 mikron boyutundaki eleklerden geçirilerek 0-150 mikron boyutlarına getirilmiştir.

### B. Numune Hazırlama

Epoksi reçinesine 0-150 mikron boyut aralığındaki gürgen ağacı talaşı ağırlıkça %5-10-15-20 oranlarında ilave edilmiştir. %20 dolgu kompozitlerde doyuma ulaştığı için başka numune hazırlanmamıştır.

Epoksi reçinesi için kullanılan sertleştirici oranı 1:1 dir yani epoksi reçinesinin ağırlığına aynı miktarda sertleştiricisi kullanılmıştır. Epikot 828 ve Epicure karışımında oluşan hava kabarcıklarının giderilmesi için 50 °C sıcaklığındaki etüv fırınında yaklaşık 20 dakika bekletilmiştir. Ayrıca ağırlıkça %1 oranında benzil dimetil amin (BDMA) hızlandırıcı olarak ilave edilmiştir. Teflon kalıba dökülen karışım tamamen sertleşmesi için 180 °C 3 saat kür işlemi uygulanmıştır.

Epoksi reçinesinin yapışma özelliği çok iyi olması sebebiyle numunelerin kalıptan kolayca ayrılması için açık Teflon kalıp tercih edilmiştir.

### C. Mekanik Testler

Numunelere çekme testi ISO 527 standardına göre Zwick marka Z010 üniversal tipi çekme test cihazında çekme hızı dakikada 5 mm olacak şekilde uygulanmıştır. Çentiksiz test numunelerinin darbe dayanımı, Zwick marka B5113.30 darbe test cihazı üzerindeki 5,4 J'lük Izod çekici kullanılmıştır. Sertlik testi ölçümleri Zwick markalı Shore D test cihazında yapılmıştır. SEM incelemesi için numuneler 10 Å kalınlığındaki altın/paladyum alaşımı ile kaplaması yapıldı. SEM testi Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Laboratuvarında yer alan Polaron SC markalı cihazı ile gerçekleştirildi.

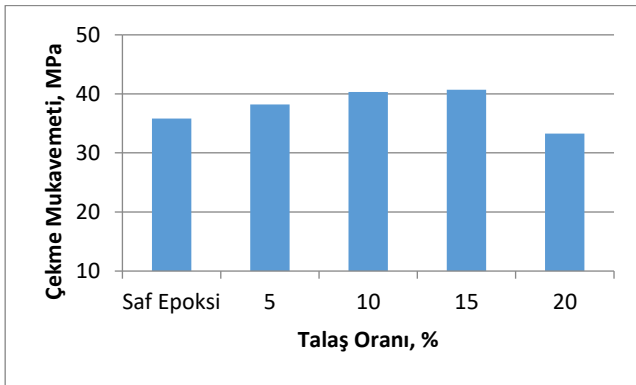
### III.BULGULAR VE TARTIŞMA

Kompozit numunelere çekme deneyi, Izod darbe deneyi ve sertlik ölçümleri yapılmıştır. Numunelere ait çekme mukavemeti ve % birim şekil değiştirme değerleri tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Numunelerin çekme mukavemeti ve % birim şekil değiştirme değerleri

Numuneler	Çekme Mukavemeti (MPa)	Birim Değiştirme %
Saf Epoksi	35,8	2,2
%5	38,2	2,3
%10	40,3	2,1
%15	40,7	1,8
%20	33,3	1,6

Epoksi-gürgen ağacı talaşı karışımı numunelerde ağırlıkça % talaş oranının artmasıyla karışımın çekme mukavemetinde kısmi bir artış sağlandığını şekil 1'deki grafikten de görmek mümkündür.

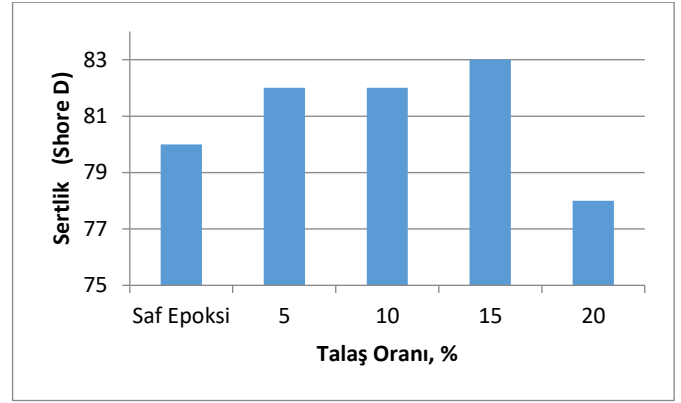


Saf epoksi numunesi, düşük bir gerilme mukavemeti sergilemiştir. Ancak talaşın takviye edici etkisinden dolayı kompozitlerin çekme dayanımı değerleri %15 talaş oranı ile en yüksek değere ulaşmış olup saf epoksinin çekme mukavemetini yaklaşık olarak %14 oranında artırmıştır. %15 sonrası talaş ilavesiyle numunenin çekme mukavemetinde azalma gözlemlendi.

Bunun nedeni, kompoziti sıkıca bağlayan epoksi reçine yüzdesinin azalması olabilir. Diğer olası neden, polimer matris ile dolgu içeriği arasındaki zayıf ara yüzey bağının kompozitin çekme dayanımını düşürmesi olabilir. Talaş miktarının artmasıyla topraklanma eğilimi veya talaş parçacıkları ile

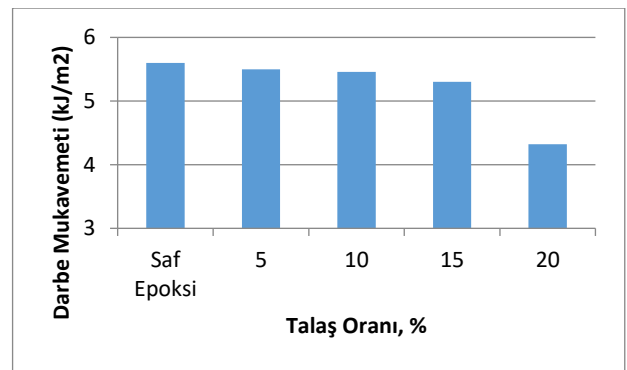
epoksi reçine matrisi arasındaki yetersiz hidrojen bağının çekme dayanımının azalmasına neden olduğunu çalışmalarda ifade edilmiştir [13, 20, 23-24].

Numunelerin Shore D sertlik değeri şekil 2'de verilmiştir. Çekme mukavemetinde olduğu gibi ağırlıkça bir miktar artış göstermiş, %15 talaş miktarı sonrası ise bir parça azalma görülmüştür.



Şekil 2. Numunelerin Shore D sertlik değerinin talaş oranına bağlı olarak değişimi

Şekil 3'te Izod darbe mukavemetinin artan talaş oranıyla değişimi incelendiğinde talaş oranı artması ile kompozitin darbe direncinde bir miktar artış gözlemlenmiştir. Talaş ilavesiyle epoksinin darbe mukavemeti talaş doyumu oranına ulaştığı %20 dolgu numunede saf epoksinin de altında bir değere düşmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda termoset reçinelere ilave edilen talaş boyutu azaldıkça mekanik özellikleri artırdığı ifade edilmiştir [6]. Bu çalışmada da dolgu boyutu 150 mikron ve altı olmasının gerek çekme mukavemetine gerekse darbe mukavemetine olumlu tesir ettiği düşünülmektedir.

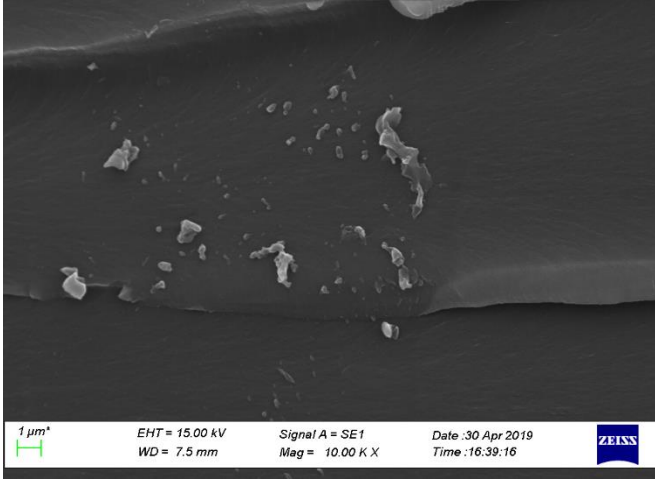


Şekil 3. Numunelerin darbe mukavemetinin talaş oranına bağlı olarak değişimi

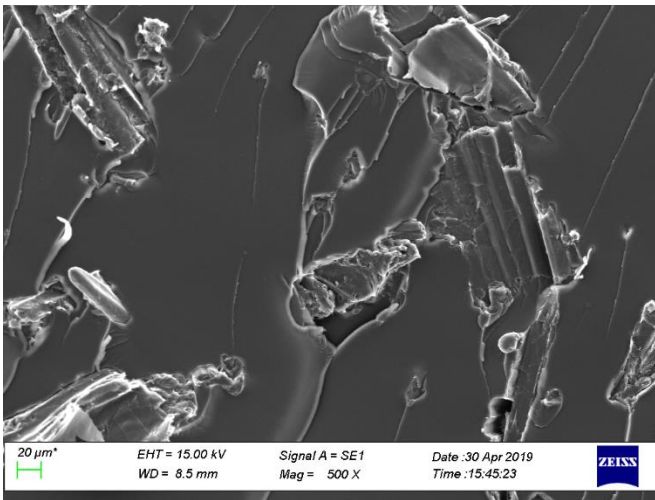
Şekil 4'te numunelerin SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 4a'da saf epoksinin kırık yüzeyinde gevrek kırılma olduğu görülmektedir. Diğer SEM görüntüsü şekil 4b %15 gürgen talaşı içermektedir. Talaşın epoksi reçineye iyi bir şekilde yapıştığı açıktır. Görüntülerden de anlaşılacağı gibi 10 mikron boyutunda talaş olduğu gibi 150 mikron boyutunda da talaş olduğu görülmektedir. %20 dolgu içeren numunelerde talaş parçacıkları ağırlıkça oranı arttıkça topraklanma gözlemlendi. Bu da kompozitlerin mekanik özelliklerine müdahale

edebilecek kabarcık ve gözenek oluşmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Ağırlıkça %15 talaş dolgulu epoksida iyi yapışma olduğu, ağırlıkça talaş miktarının artmasıyla selülozik yüzeylerin tamamını tamamen kaplamak için yeterli miktarda epoksi reçinesi olmamış olabileceği düşünülebilir. Böylece bu görüntülerden, ağırlıkça %15 talaş içeren kompozitlerin, neden ağırlıkça %20 talaş içeren kompozitlerden daha iyi mekanik özellikler gösterdiği anlaşılabilir. Bu çalışmadaki benzer gözlemler farklı çalışmalarda da gözlemlendiği belirtilmiştir [23-25].



a.



b.

Şekil 4. Saf epoksi (a) ve %15 gürgen talaşı dolgulu (b) numunelerin kırık yüzeylerine ait SEM görüntüleri

#### IV.SONUÇLAR

Bu çalışmada gürgen talaşı, ısı ile sertleşen epoksi esaslı kompozit malzemede dolgu olarak kullanımı incelendi. Epoksi içinde gürgen talaşı dolgusu arttıkça mekanik özelliklerde az da olsa bir iyileşme gözlemlendi. Çekme testi verilerine göre %15 oranındaki talaş dolgusunun diğer tüm numunelere göre daha iyi bir mukavemet gösterdiği gözlemlendi. Sertlik değerinde de kısmi bir artış olmuştur. Darbe deneyi değerleri,

yapıdaki 150 mikron ve altı boyutlarındaki talaş dolgusu sebebiyle bir parça artış göstermiştir. Tüm numunelerin verileri incelendiğinde %15 talaş dolgulu numunelerde talaş oranının ideal olduğu, yapıda homojen bir şekilde karışmış olduğu SEM görüntülerinden anlaşılmıştır. Talaş boyutunun küçük olması mekanik özellikleri olumlu etkilemiştir.

Bu çalışma sonunda %15 gürgen talaşı dolgusu ilavesinin, ısı ile sertleşen epoksi kullanım miktarının azaltacağı, bunun da maliyeti düşüreceği, mekanik özelliklere de olumlu katkı sağlayacağı tespit edilmiştir. Bununla beraber sentetik dolguların yerine doğal dolgunun kullanılmasıyla çevresel sorunların çözümüne katkıda bulunacağı da açıktır. Dolayısı ile ısı ile sertleşen epoksi matrisli kompozit malzeme uygulamalarında gürgen talaşının dolgu olarak kullanılmasının yerinde bir karar olabileceği sonucuna varılmıştır.

#### ACKNOWLEDGMENT

The heading of the Acknowledgment section and the References section must not be numbered.

#### Authors' Contributions

The authors' contributions to the paper are equal.

#### Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

#### Statement of Research and Publication Ethics

The authors declare that this study complies with Research and Publication Ethics

#### KAYNAKÇA

- [1] Lubin G, (1982), Handbook of Composites, New York, Van Nostrand,.
- [2] Bismarck A, Mishra S, Lampke T, (2005) Natural Fibers, Biopolymers and Bio-composites, edited by A K Mohanty, M Misra, L T Drzal, Boca Raton, FL, CRC Press, 37.
- [3] Sabu, T., Kuruvilla J.; Kumar, M., Goda, K., Sreekala M. S. (2012). Introduction to Polymer Composites, Polymer Composites, Volume 1, First Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co 209.
- [4] Kartal İ, (2020) "Effect of hornbeam sawdust size on the mechanical properties of polyethylene composites" Emerging Materials Research Volume 9 Issue 3, 979-984
- [5] Kartal, İ., Naycı, G. and Demirel, H. (2019). "Investigation of the Mechanical Properties of Chestnut/Hornbeam Sawdust Filled Vinyl Ester Composites". European Journal of Science and Technology, (16), 723-728.
- [6] Kartal İ., Naycı G., Demirel H., (2020) The effect of chestnut wood flour size on the mechanical properties of vinyl ester composites, Emerging Materials Research, 9(3), 960-965.
- [7] Şengör İ., Cesur S., Kartal İ., Oktar F. N., Ekren N., İnan A. T., Gündüz O., (2018) "Fabrication and Characterization of Hazelnut Shell Powder with Reinforced Polymer Composite Nanofibers", ICNMA: 2018 20th International Conference on Nanostructured Materials and Applications, Zurich, Switzerland, 13 – 14 September
- [8] Kartal İ., Gülşah Naycı G., and Demirel H, (2019) "Investigation of Mechanical Properties of Glass and Bamboo Fiber Reinforced Vinylester Composites" Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Volume 3, Number: 1, 34 - 37
- [9] Demirel H., Kartal İ., Yıldırım A., Büyükkaya K., (2018) "The Utilisability of Ground Hazelnut Shell as Filler in Polypropylene Composites", Acta Phys. Pol. A 134, 254-256
- [10] Kamdem, D. P., Jiang, H., Cui, W., Freed, J., and Matuana, L. M. (2004). "Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service," Composite Part A: Applied Science and Manufacturing 35(3), 347-355. DOI: 10.1016/j.compositesa.2003.09.013
- [11] Deka, B. K., Baishya, P., and Maj, T. K. (2014). "Synergistic effect of SiO<sub>2</sub>, ZnO and nanoclay on mechanical and thermal properties of wood

- polymer nanocomposite,” *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 27(4), 464-480. DOI: 10.1177/0892705712452739
- [12] Ashori, A. (2008). “Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries,” *Bioresource Technol.* 99, 4661-4667.
- [13] Marcovich, N.-E., Reboredo, M.-M., and Aranguren, M.-I. (1996). “Composites from sawdust and unsaturated polyester,” *J. Appl. Polym. Sci.* 61(1), 119-124.
- [14] Daimler Chrysler awarded for banana fiber use in Mercedes A Class, <http://www.netcomposites.com/news>. November 2005
- [15] Hintermann M, `Automotive exterior parts from natural fibers', RIKO-2005, Hannover, Germany, November 2005.
- [16] Buttlar H B, `Natural fiber reinforced construction materials for SMC applications', RIKO-2005, Hannover, Germany, November 2005.
- [17] Kartal İ, (2019) “Investigation of Wear Properties of Toughened Epoxy Resin using Silane Terminated Urethane”, Vol. 135, *Acta Physica Polonica A No. 5*, 1100-1101
- [18] Kartal İ, Boztoprak Y., Bilici M. K., Çakır M., "Investigation of Wear Properties of Epoxy-Polyester Mixtures", 13th International Metallurgy and Materials Congress, Istanbul, Turkey, 9 - 12 November 2006
- [19] Bilyeu, B., Brostow, W., and Menard, K. P. (1999). “Epoxy thermosets and their applications. I: Chemical structures and applications,” *Journal of Materials Education* 21(5&6), 281-286.
- [20] Khan, M., Abas, M., Noor, S., Salah, B., Saleen, W., and Khan, R. (2021). “Experimental and statistical analysis of sawmill wood waste composite properties for practical applications,” *Polymers* 13 (4038), 1-19.
- [21] <https://bitkievreni.com/gurgen-agacinin-tarihi-ve-kulturel-onemi/> Nisan 2023
- [22] Uğur Eskier, <https://www.makaleler.com/gurgen-agacinin-ozellikleri-nelerdir>, Nisan 2023
- [23] Lette, M. J., Elhadji Babacar, L. Y., Ndiaye, D., Takasaki, A., and Okabe, T. (2018). “Evaluation of sawdust and rice husks as fillers for phenolic resin based wood polymer composites,” *Journal of Composite Materials* 8(3), 124-137 DOI: 10.4236/ojcm.2018.83010
- [24] Huda, M. S., Drzal, L. T., Misra, M., and Mohanty, A. K. (2006). “Wood-fiber-reinforced poly(lactic acid) composites: Evaluation of the physicomechanical and morphological properties,” *J. Appl. Polym. Sci.* 102, 4856-4869.
- [25] Kumara, R., Kumarb, K., Sahooc, P., and Bhowmika, S. (2014). “Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite,” *Procedia Materials Science* 6, 551-556.