

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Ağaç Malzemede Termo-Mekanik Yoğunlaştırmanın Parlaklık ve Sertliğe Etkisi

Effect of Thermo-Mechanical Densification on Brightness and Hardness in Wood Material

Sait Dündar Sofuoğlu*

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Simav/Kütahya

Geliş / Received: 24.04.2022

Kabul / Accepted: 18.05.2022

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author) Sait Dündar Sofuoğlu, sdundar.sofuoğlu@dpu.edu.tr

ÖZ: Termo-Mekanik (TM) yoğunlaştırmanın masif ağaç malzemenin parlaklık ve sertliği üzerine etkisini belirlemek çalışmanın temel hedefidir. Bu amaç doğrultusunda ülkemizde doğal yetişen Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana*) deneme materyali olarak seçilmiştir. %0, %20 ve %40 oranlarında TM yöntemle yoğunlaştırılan masif ağaç malzemelerde sertlik ölçümü ve parlaklık ölçüm gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler grafikler haline getirilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre %0, %20 ve %40 yoğunlaştırma oranlarında sırasıyla 60° 'de parlaklık değerleri 2.84, 2.90, 3.47 sertlik değerleri ise 42.70, 44.78, 57.55 olarak tespit edilmiştir. Yoğunlaştırma ve yoğunlaştırma oranının artması ile parlaklık ve yüzey sertlik değerlerinde artma meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termo-mekanik, yoğunlaştırma, parlaklık, sertlik, Uludağ göknarı

ABSTRACT: The main objective of the study is to determine the effect of Thermo-Mechanical (TM) densification on the brightness and hardness of solid wood material. For this purpose, Uludağ fir (*Abies nordmanniana*), grown naturally in Turkey, was chosen as the experimental material. Hardness measurement and brightness measurement were performed on solid wood materials that were densified by the TM method at 0%, 20%, and 40%. Graphs were drawn with the obtained values, and the results were evaluated comparatively. According to the data obtained, brightness values at 60° at 0%, 20%, and 40% concentration ratios were determined as 2.84, 2.90, and 3.47, hardness values as 42.70, 44.78, 57.55. The surface brightness and hardness values increased with the densification and densification ratio increase.

Keywords: Thermo-mechanic, densification, brightness, hardness, Uludağ fir

1. GİRİŞ

Ağaç malzemenin bazı olumsuz özelliklerini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar ve araştırmalar sonucunda, farklı "Ahşap Modifikasyonu Yöntemleri" geliştirilmiş ve uygulanır hale gelmiştir [1-4].

Yüksek yoğunluktaki ya da yoğunluğu artırılmış ağaç malzemeler, alternatif diğer malzemelerin yerine kullanılabilir [5-6].

Masif ağaç malzemenin yoğunluğu arttıkça, boşluk hacminde azalmanın meydana gelmesi nedeniyle mukavemet özellikleri artmaktadır [7]. Böylece yoğunlaştırma ile ağaç malzemenin mekanik özellikleri iyileştirilmekte ve higroskopikliği azaltılabilmektedir [8].

Ağaç malzeme çeşitli yöntemler kullanılarak yoğunlaştırılabilmektedir. Bunlar; Termo-Mekanik (TM), Termo-Higro-Mekanik (THM), Termo-Vibro-Mekanik (TVM) yoğunlaştırma ve Viskoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC) yöntemleri olarak sıralanabilmektedir [9].

TM yoğunlaştırma açık bir sistemde sıcaklık ve basıncın etkisi altındaki ahşap malzemenin yoğunluğunun artırılması işlemidir. TM yoğunlaştırma işlem süreci, 150-200°C arasında değişen sıcaklık derecelerinde, %40, %50 ve %60 sıkıştırma oranlarında uygulanabilmektedir. Ahşap malzemenin TM yöntemle sıkıştırılabilme özellikleri; yoğunluk, yaz odunu oranı, hücre çeperi hacmi gibi ağaç malzemenin anatomik özellikleri ile sıkıştırma yönüne bağlı bulunmaktadır [5].

Yoğunlaştırma işlemi sonucunda ağaç malzemedeki olumlu ve olumsuz birçok değişiklik meydana gelebilmektedir. Bu değişimlerin neler olduğunun bilinmesi yoğunlaştırılmış malzemenin değerlendirilmesinde ve kullanım yerinin optimum belirlenmesinde önemli bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında bu çalışmada Uludağ göknarı ağaç türünde kullanım yeri için önemli olan yoğunlaştırma işleminin parlaklığa ve sertliğe etkisi araştırılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

Bu çalışmada Türkiye’de doğal olarak yetişen Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana*) ağaç türü deney materyali olarak kullanılmıştır.

2.1.1 Yöntem

Deney örnekleri ağaç türüne ait tomruktan TS ISO 3129 standardında belirtilen esaslara uyularak diri odun kısmından elde edilmiştir [10]. Hazırlanan kaba ölçüdeki ağaç malzemeler doğal iklim koşullarında hava kurusu rutubet oranına ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

Sıkıştırılarak yoğunlaştırma ile 20 mm kalınlık elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla %20 ve %40 sıkıştırma oranları ile yoğunlaştırma işlemi yapılacak 430 mm x 85 mm ölçülerindeki deney örnekleri 25 ve 33,3 mm olarak iki farklı kalınlıkta hazırlanmıştır.

Deney örnekleri sonrasında TS 2471’e göre %12 rutubet miktarına ulaşması için $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve bağıl nemi 65 ± 5 olan iklimlendirme kabini içinde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir [11] (Şekil 1).



Şekil 1: Klimatize dolabı



Şekil 2: Sıkıştırılarak yoğunlaştırma işlemlerinde kullanılan hidrolik pres (Gazi Üniversitesi)

Deney örnekleri açık sistemde Termo-Mekanik (TM) yöntemle Isıtma +15 dakika süre ile 140° pres sıcaklığında sıkıştırılarak yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırma işlemi Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi bünyesinde bulunan, tabla ebatları 60x60 cm, sıcaklık ve basınç kontrolü yapılabilen özel

tasarlanmış hidrolik pres ile 60 mm/dk yükleme hızında radyal yönde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Yoğunlaştırılan malzemeler 15 dk pres altında bekletilmiş sonrasında presten alınarak, geri esneme etkisini en aza indirmek için 5 kg/cm² 'lik basınç altında bekletilerek oda sıcaklığına kadar soğumaları sağlanmıştır.

Çalışmada 60° de Glossmetre kullanılarak parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 60° de hem mat hem parlak yüzeylerde ölçüm yapıldığında çok fazla hata yapılmamış sayılır [12], [13]. Glossmetrede pencerenin birinden yüzeye ışık gönderilir, diğer alıcı penceresinden yüzeyden yansıyan ışık alınarak kaydedilme işlemi yapılmaktadır. TS EN ISO 2813'de belirtilen esaslara göre ölçümler gerçekleştirilmiştir [14]. Şekil 3'de parlaklık ölçümlerinde kullanılan BYK Gardner marka Micro-TRI-gloss µ (Glossmetre) parlaklık ölçme cihazı gösterilmektedir.



Şekil 3: Parlaklık ölçüm cihazı

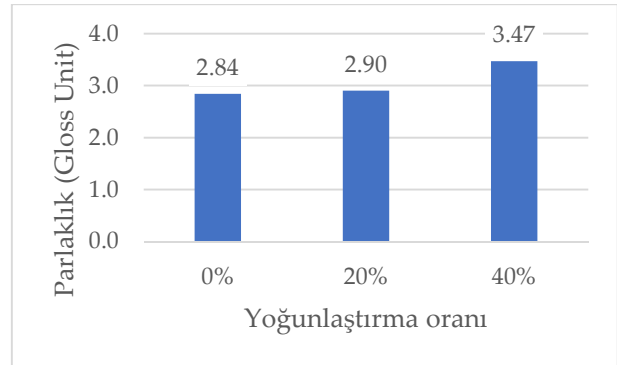
Numunelerin yüzey sertliklerinin ölçümünde Tronic marka Shore D sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Sofuoğlu ve Yesil (2016) yaptıkları çalışmada pandüllü sertlik ölçme cihazı ve durometer ile yapılan sertlik ölçümlerinde yaklaşık sonuçlar elde edildiği tespit edilmişler ve her iki metodun ahşap malzemelerin sertlik ölçümlerinde kullanmalarının uygun olduğu sonucuna varmışlardır [15]. Bu yöntemde belli kuvvet ile ahşap numuneye batırılan iğnenin derinliği ölçülerek ahşabın göreceli sertlik derecesinin tayini yapılmaktadır. Ucun gerisinde bulunan yay malzemenin sertliğine göre gerilmekte ve yayın gerilmesine bağlı olarak ahşabın sertliği belirlenebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Shore D sertlik ölçüm cihazı

3. BULGULAR

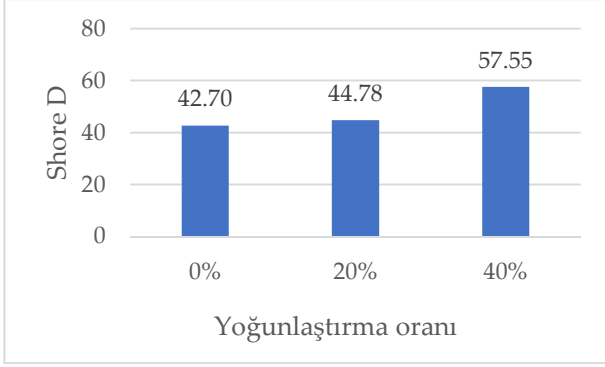
Yoğunlaştırma oranının parlaklığa etkisini belirlemek için yapılan ölçümlerde ortalama parlaklık değerleri Şekil 5' de verilmektedir.



Şekil 5: Yoğunlaştırma oranının parlaklığa etkisi.

Ölçüm sonuçlarına göre yoğunlaştırma işlemi ile parlaklık değerlerinde artış meydana gelmiştir. Yoğunlaştırılmamış numunelerde parlaklık değeri 2.84 iken, %20 lik yoğunlaştırılmış numunelerdeki 2.90 ve %40 yoğunlaştırılmış numunelerde 3.47 olarak elde edilmiştir. Yoğunlaştırma ve yoğunlaştırma oran artışı ile parlaklık değerlerinde de artış meydana gelmektedir. %20 den %40 yoğunlaştırma arasındaki parlaklık artışı en yüksek olarak tespit edilmiştir. Şenol ve Budakçı (2016) çalışmalarında yoğunlaştırma ile parlaklıkta artış meydana geldiğini belirtmişlerdir [3].

Yoğunlaştırma oranının sertliğe etkisinin belirlemek için yapılan ölçümlerde ortalama sertlik değerleri Şekil 6' da verilmektedir.



Şekil 6: Yoğunlaştırma oranının sertliğe etkisi.

Sertlik ölçüm sonuçlarına göre yoğunlaştırma işlemi ile sertlik değerlerinde artış meydana gelmiştir. Yoğunlaştırılmamış numunelerde sertlik değeri 42.70 iken, %20'lik yoğunlaştırılmış numunelerdeki 44.78 ve %40 yoğunlaştırılmış numunelerde 57.55 olarak elde edilmiştir. Yoğunlaştırma ve yoğunlaştırma oran artışı ile parlaklık değerlerinde de artış meydana gelmektedir. %20 den %40 yoğunlaştırma arasındaki parlaklık artışı en yüksek olarak tespit edilmiştir.

Yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde sertlik değişimleri ile ilgili bazı literatür incelendiğinde; sertlik yoğunlaşma oranı ile korelasyon göstermekte, yoğunlaşma sonrası ve yoğunlaşma oranı arttıkça sertlik artmaktadır [1, 20]. Sıcaklığa ve işlem süresine bağlı olarak, yüzey yoğunlaştırılmış huş ağacının sertliği, yoğunlaştırılmamış ahşabın sertliğinden 1,4 ila 2,2 kat daha fazla bulunmuştur [21]. Sertlik açısından literatür ile çalışma sonuçları benzer eğilim göstermektedir.

4. SONUÇ

Yoğunlaştırma işlemleri ile ağaç malzemede fiziksel ve mekanik birçok özellik değişikliği gösterebilmektedir. Bu çalışmada %0, %20 ve %40 oranlarında TM yoğunlaştırma uygulanmış ve yüzey parlaklık ve sertlik değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre;

- Yoğunlaştırılmamış numunelerde parlaklık değeri 2.84 iken, %20 lik yoğunlaştırılmış numunelerdeki 2.90 ve %40 yoğunlaştırılmış numunelerde 3.47 olarak elde edilmiştir.

- Yoğunlaştırma ve yoğunlaştırma oran artışı ile parlaklık değerlerinde artış meydana gelmektedir.
- Yoğunlaştırılmamış numunelerde sertlik değeri 42.70 iken, %20 lik yoğunlaştırılmış numunelerdeki 44.78 ve %40 yoğunlaştırılmış numunelerde 57.55 olarak elde edilmiştir.
- Yoğunlaştırma ve yoğunlaştırma oran artışı ile sertlik değerlerinde artış meydana gelmektedir.
- Yüzey sertliğinin önemli olduğu kullanımlarda yoğunlaştırma uygulanmış ağaç malzemeler tercih edilebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] L. Rautkari, M. Properzi, F. Pichelin, and M. Hughes, "Surface modification of wood using friction," *Wood Sci. Technol.*, vol. 43, no. 3-4, pp. 291-299, 2009, doi: 10.1007/s00226-008-0227-0.
- [2] S. Şenol, "Termo- Vibro-Mekanik (TVM) işlem görmüş bazı ağaç malzemelerin fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi," Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, 2018.
- [3] S. Şenol and M. Budakçı, "Mekanik odun modifikasyon metotları," *Mugla Journal of Science and Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 53-53, 2016, doi: 10.22531/muglajsci.283619.
- [4] M. Tosun, "Termo-Mekanik yoğunlaştırmanın masif ağaç malzemenin işlenme özellikleri üzerine" Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2021.
- [5] A. Kutnar and M. Šernek, "Densification of wood," *Zb. Gozd. Lesar.* vol. 82, pp. 53-62, 2007.
- [6] H. Pelit, A. Sönmez, and M. Budakçı, "Effects of ThermoWood® Process Combined with Thermo-Mechanical Densification on some Physical Properties of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.)," *BioResources*, vol. 9, no. 3, 2014, doi: 10.15376/biores.9.3.4552-4567.
- [7] O. Ulker, O. Imirzil, and E. Burdurlu, "The effect of densification temperature on some

- physical and mechanical properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.)," *BioResources*, vol. 7, no. 4, pp. 5581–5592, 2012, doi: 10.15376/biores.7.4.5581-5592.
- [8] L. M. Arruda and C. H. S. del Menezzi, "Effect of thermomechanical treatment on physical properties of wood veneers," *Int. Wood Prod. J.*, vol. 4, no. 4, pp. 217–224, 2013, doi: 10.1179/2042645312Y.0000000022.
- [9] M. Tosun and S. D. Sofuoğlu, "Ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması konusunda yapılan çalışmalar," *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, vol. 4, no. 1, pp. 91–102, Jun. 2021, doi: 10.33725/mamad.911947.
- [10] "Odun-küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri", TSE ISO 3129, T.S.E. Standardı, Ankara, 2021.
- [11] "Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini", TS 2471, T.S.E. Standardı, Ankara, 1976.
- [12] R. Özen ve A. Sönmez, Ahşap yüzeyler için hazırlanan verniklerin fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilere karşı dayanaklıkları, *Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, pp 1428-36, 1990.
- [13] M. Ordu ve S.D. Sofuoğlu, "Comparison of natural color and brightness value for the various types of wood", *Ejovoc*, Vol. 6, no. 4, pp. 43-51, 2016.
- [14] "Boyalar ve vernikler-Metalik olmayan boya filmlerinin 20, 60 ve 85 açılarda parlaklık tayini", TS EN ISO 2813, T.S.E. Standardı, Ankara, 2014.
- [15] S. D. Sofuoğlu ve H. Yeşil, "Ahşap sertlik değerlerinin farklı metotlar kullanılarak karşılaştırılması" in Proc. IMCOFE International Multidisciplinary Congress of Eurasia, Jul. 2016, pp. 480–485.
- [16] H. Pelit, A. Sönmez and M. Budakçı, "Effects of thermomechanical densification and heat treatment on density and Brinell hardness of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Eastern beech (*Fagus orientalis* L.)," *BioResources*, vol. 10, no. 2, pp. 3097–3111, 2015, doi: 10.15376/biores.10.2.3097-3111.
- [17] N. Cruz, C. Bustos, M. G. Aguayo, A. Cloutier, and R. Castillo, "Impact of the chemical composition of pinus radiata wood on its physical and mechanical properties following thermo-hygro-mechanical densification," *BioResources*, vol. 13, no. 2, pp. 2268–2282, 2018, doi: 10.15376/biores.13.2.2268-2282.
- [18] S. Şenol and M. Budakçı, "Effect of Thermo-Vibro-Mechanic® densification process on the gloss and hardness values of some wood materials," *BioResources*, vol. 14, no. 4, pp. 9611–9627, 2019, doi: 10.15376/biores.14.4.9611-9627.
- [19] J. Ábrahám, R. Németh, ve S. Molnár, "Thermo-mechanical densification of Pannónia Poplar," in *The Future of Quality Control for Wood & Wood Products*, Edinburgh, UK, May 2010, pp. 4–7.
- [20] M. Budakçı, H. Pelit, A. Sönmez, and M. Korkmaz, "The effects of densification and heat post-treatment on hardness and morphological properties of wood materials," *BioResources*, vol. 11, no. 3, pp. 7822–7838, 2016, doi: 10.15376/biores.11.3.7822-7838.
- [21] A. Laskowska, "The influence of process parameters on the density profile and hardness of surface-densified birch wood (*Betula pendula* Roth)," *BioResources*, vol. 12, no. 3, pp. 6011–6023, 2017, doi: 10.15376/biores.12.3.6011-6023.