



Çeşitli Nano Partiküllerle Emprenyelenmiş Isıl İşlemli Ahşap Malzemelerin Bazı Özellikleri

Samet KIZILIRMAK¹, Deniz AYDEMİR^{1*}

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

Öz

Bu çalışmanın amacı, ısıl işlem görmüş Kayın (*Fagus orientalis*) ve Meşe (*Quercus robur*) odunlarının bazı özellikleri üzerine nano boyutlu Titanyum dioksit ve Bor nitür ile emprenyenin etkilerini araştırmaktır. Ahşap materyallerin ısıl işlemi hava ortamında bir etüvde gerçekleştirilmiştir. Emprenye işlemi, bir tankta dolu hücre metodu kullanılarak ahşap malzemelere uygulanmıştır. Emprenye işleminden sonra; örnekler, % 65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklığa sahip bir ortam oluşturulan iklimlendirme kabiniinde bir ay boyunca kurutulmuştur. Elde edilen örneklerin %0 ve %12 denge rutubetinde (MC) yoğunluklar, su alma ve boyutsal kararlılığı ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Sonuçlar ahşabın nano bor nitür ile emprenye edilmesinin ve ısıl işlemin genellikle odun-su ilişkilerini azalttığını göstermiştir. Ahşap materyallerin ısıl işlemi, su alma ve boyutsal kararlılığındaki düşüşte nano partikül emprenyesine göre daha önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. TiO₂ ile yapılan emprenyenin, nano bor nitür ile yapılan emprenyeye göre ahşap numunelerin daha fazla su almasına sebep olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Nano partikül emprenyesi (Titanyum dioksit ve bor nitür), Isıl işlem, su alma, boyutsal kararlılık.

Some Properties of Heat-treated Wood Materials Impregnated with Various Nano Particles

Abstract

The aim of this study is to investigate to the effects of impregnation with nano sized titanium dioxide and boron nitride on some properties of heat-treated Beech (*Fagus orientalis*) and Oak (*Quercus robur*) woods. Heat treatment of wood materials were conducted in an oven under air medium. The impregnation process was applied to wood materials by using full-cell method in a chamber. After impregnation process, the samples were dried in the climate cabin created the medium such as 65% Rh and 20°C during a month. The densities at 0% and %12 moisture content (MC), water absorption and dimensional stability of the obtained samples were determined according to the related standards. The results showed that the impregnation of wood with nano boron nitride and heat treatment of wood generally decreased the water-wood relations. The heat treatment of wood materials was determined to be more an important factor on the decrease of water absorption and dimensional stability as comparison with the nanoparticle impregnation. The impregnation with TiO₂ was also found to increase the water absorption according to the impregnation with nanoboron nitride.

Keywords: Wood, Nano particle impregnation (Titanium dioxide and boron nitride), Heat-treatment, water uptake, dimensional stability.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Deniz Aydemir (Dr.): Bartın Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 74100, Bartın.
Tel: 0(378) 223 5094, Fax: 0 (378) 223 5064. E-mail: denizaydemir@bartin.edu.tr
ORCID: 0000-0002-7484-2126

Geliş (Received) : 09.06.2019
Kabul (Accepted) : 29.07.2019
Basım (Published) : 15.12.2019

1. Giriş

Günümüzde farklı nano ölçekteki materyaller, odun ve odun esaslı malzemelerin dayanıklılık ve direnç değerlerini yükseltmek için kullanılmaktadır. Özellikle ahşap materyalin su iticiliğini artırmak ve biyolojik dayanıklılığını yükseltmek için Nanotec Pty Ltd ve Nanoseal® Wood gibi ürünler son yıllarda ticari olarak tercih edilmektedir (PEN 2019). Orman ürünleri sanayisinde odun plastik kompozitleri (Sözen vd., 2018) tutkallar, (Bardak vd., 2017) emprenye maddeleri (Kızılrnak vd., 2018) ile farklı nano partiküllerin kullanıldığı birçok çalışmada fiziksel, mekanik ve termal özelliklerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Taghiyari (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, nano-gümüş emprenyeli kavak odunları ısıtılardan geçirilerek mekanik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mekanik özelliklerinde belirgin bir düşüş olduğu görülmüştür ve yapılan morfolojik çalışmalar sonucunda nano partiküllerin ahşap malzemenin iç kısımlarına nüfuz ettiği belirlenmiştir. Isıyla muamele edilmiş numunelerin elastikiyet modülleri ve basınç direncinde de bazı artışlar olduğu saptanmıştır. Başka bir çalışmada, Clausen vd. (2010) sarıçam odununun termit direnci ve retensiyon özellikleri üzerinde 30-70 nm çapında çinko oksit (ZnO) nano partiküllerinin etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre ZnO muamelesi termit direnci ve retensiyon üzerinde önemli bir değişim meydana getirmemiştir. Sadece %5 ZnO muamelesinin %4 oranında ahşap materyalin retensiyon oranını azalttığı saptanmıştır. Diğer bir çalışmada *Paulownia fortunei* odununu; gümüş, bakır ve çinko oksit nano partikülleri ile emprenye etmiş ve nano partiküllerin, mekanik özellikler üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; mekanik özelliklerin anlamlı bir şekilde arttığı belirlenmiştir. En yüksek artış nano bakır emprenyeli örneklerde gözlenmiş ve bununla birlikte, nano bakır ve nano çinko oksit emprenye edilmiş örneklerin odun hücre yapısı içinde nano partikülleri içeren bileşenler arasındaki kimyasal bağların oluştuğu saptanmıştır Akhtari vd. (2012). Yapılan başka bir çalışmada, nano-gümüşün ısıtılardan görmüş Kavak ve Kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, nano-gümüş emprenyesinin ısıtılardan etkilerini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, nano gümüş emdirilmiş numuneler üzerindeki ısıtılardan fiziksel özelliklere kıyasla mekanik özellikler üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Taghiyari vd. 2012). Benzer bir çalışmada, nano çinko oksit ile emprenye edilen kavak ağacının dış ortam performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Nano çinko oksit, temas yüzeyinin artmasıyla serbest radikallerin oluşumunu engelleyerek UV etkileşimini azalttığı ve optik özellikleri iyileştirdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ayrıca renk değişimine karşı direnç değerlerini de arttırdığını göstermiştir. Bu sonuçların yanında nano çinko oksidin dış ortamda meydana gelen erozyon, grileşme ve yüzey bozunumunu da azalttığı belirlenmiştir (Afrouzi vd. 2013). Diğer bir çalışmada, Akhtari ve Arefkhani (2013) *Paulownia fortunei* odununu; gümüş, bakır ve çinko oksit nano partikülleri ile muamele edildikten sonra beyaz çürüklük mantarına maruz bırakmışlardır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerine göre yüzeyde tahribat ve bozunmalar net bir şekilde tespit edilememiştir. Standart 16 haftalık çürüme testi sonrası kütle kaybının kontrol örneklerinde daha fazla (%28.13) olduğu saptanmıştır. Ayrıca, selüloz mikrofibriller arasında hücre arası boşlukların oluştuğu gözlenmiştir. Başka bir çalışmada da, ahşap malzemeyi öncelikle %5 sulu boraks ve borik asit ile emprenye etmiş; 160, 190 ve 220°C sıcaklık ve 2 ve 4 saat ısıtılardan ortamında ısıtılardan muamele etmişlerdir. Yapılan muameleler sonrasında meşe ağacının bazı mekanik özellikleri üzerine etkileri (eğilme mukavemeti, elastiklik modülü, paralel çekme mukavemeti, paralel sıkıştırma mukavemeti) araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre boraks retensiyon değeri borik asitten daha yüksek olduğu saptanmıştır. Eğilme mukavemeti, eğilmede elastikiyet modülü ve makaslama direnci azalmıştır. Mekanik özelliklerdeki en yüksek kayıp 220 °C'de 4 saat muamele edilmiş örneklerde belirlenmiştir. Genellikle boraks ile emprenye edilen numunelerin mekanik özelliklerindeki azalma, emprenye edilmemiş kontrollerden ve borik asitle emprenye edilen örneklerden daha düşük olduğu görülmüştür (Perçin vd. 2015). Tankut vd. (2016), %2 oranında TiO₂ ve SiO₂ nanopartikülleri ile güçlendirdiği PVA tutkalının açık bekleme sürelerini incelediği çalışmalarında, nanopartikül ilaveli tutkalların kontrol örneklerine oranla daha yüksek direnç özellikleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Habibzade vd. (2016) yaptığı çalışmada ZnO nano parçacıklarını kavak ağacının yanmaya karşı direnci, fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır. Nano ZnO, Kavak odununa 0%, 0.5% 1% ve 1.5% gibi dört farklı oranda stiren monomeriyle emprenye edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çinko oksit nano partikülleri Kavak ağacının fiziksel ve mekanik özellikleri önemli ölçüde iyileştirdiği ve ayrıca nano çinko oksit kavak ağacının yanmaya karşı direncini de iyileştirdiği saptanmıştır. Mekanik özellikler genellikle yapısal uygulamalar için ahşap ürünlerin en önemli özellikleri olarak düşünülmektedir ve bu nedenle mekanik özellikler üzerinde yoğun çalışmalar sürdürülmektedir.

Bütün bu çalışmalar ışığında çalışmamızın amacı, ısıtılardan görmüş Kayın (*Fagus orientalis*) ve Meşe (*Quercus robur*) odunlarının, nano titanyum dioksit (TiO₂) ve nano bor nitrid (BN) partikülleriyle emprenyelerinin ardından bazı fiziksel, mekanik ve termal özellikleri üzerinde meydana gelen değişimler araştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Doğu kayını (*Fagus orientalis*), Saplı meşe (*Quercus robur*) odunları kullanılmıştır. Kayın ve meşe odunları Bartın'da bir marangozhane'den kusursuz 1.sınıf kereste olarak satın alınmıştır. Alınan ahşap materyal, testlere ait standartlara göre kesilmiş ve örneklerin dengelenmesi için %65 Bağlı Nem ve 20°C sıcaklığa sahip bir ortamda 1 ay bekletilmiştir. Çalışmamızda kullanılan diğer materyallerden olan 15-30 nm boyutunda nano Titanyum Dioksit (TiO₂) ve 20-80 nm boyutunda Bor Nitrür %99,9 saflıkta temin edilmiştir. Nano bor nitrür, BORTEK A.Ş (Türkiye, Eskişehir)'den ve nano titanyum dioksit ise MK nano (Kanada) firmasından temin edilmiştir.

2.2. Isıl İşlem Metodu

Isıl işlem öncesinde test örnekleri; 103±2 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar etüvde kurutulmuş ve ısıtıl işlem yaklaşık %0 rutubette ki örnekler uygulanmıştır. Isıl işlem uygulaması her iki ağaç türü için iki ayrı sıcaklıkta (180 ve 220°C) ve 8 saat süreyle uygulanmıştır. Kullanılan metot Viitaniemi'nin çalışmasında (Viitaniemi, 1997) uyguladığı yöntem uygun bir şekilde yapılmıştır ve buna göre örneklerin ısıtıl işlem muamelesi, sıcaklık duyarlılığı ±1°C olan bir etüv kullanılarak hava ortamında ve su buharı koruması altında gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem hem kayın hem Meşe odunu için 180°C ve 220°C'de 8 saat süreyle uygulanmıştır. Isıl işlem sonunda etüvden çıkarılan örneklerin ağırlık ve boyutları ölçüldükten sonra, bir ay süre ile rutubetlerinin dengelenmesi (%12 denge rutubetine) için iklimlendirme kabinine yerleştirilmiştir. Isıl işlem sonrasında örnekler empenye işlemi uygulanmıştır.

2.3. Emprenye İşlemi

Emprenye işleminde nano partiküller %1 solüsyon halinde hazırlanmış ve ASTM D-1413 (1976) standardına göre empenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Ahşap örnekler 30 dk. 600 mm-Hg vakum altında daha sonra 60 dk. 6 bar basınç altında bekletilmiştir. Emprenye işlemi sonrası retensiyon oranlarının belirlenmesi amacıyla empenye öncesi ve sonrası ağırlıklar hesaplanmıştır. Emprenye işleminde kullanılan nano Bor Nitrür 20-80 nm ve nano Titanyum Dioksit ise 15-30 nm arasındadır. Emprenyeleme işlemi sonrasında numuneler denge rutubetine (%12) ulaşıncaya kadar iklimlendirme kabininde bekletilmiştir. Isıl işlem ve empenye işlemi sonrasında üzerinde çalışma yürütülen deney formülasyonları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Örnekleri.

Deney Numuneleri	Nano Partikül	
	BN	T
Kontrol Kayın-Nano Bor (KK-BN)	1	
Kontrol Meşe-Nano Bor (KM-BN)	1	
Kontrol Kayın-Nano Titanyum (KK-T)		1
Kontrol Meşe-Nano Titanyum (KM-T)		1
180 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Bor (180K-BN)	1	
180 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Bor (180M-BN)	1	
180 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Titanyum (180K-T)		1
180 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Titanyum (180M-T)		1
220 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Bor (220K-BN)	1	
220 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Bor (220M-BN)	1	
220 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Titanyum (220K-T)		1
220 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Titanyum (220M-T)		1

2.4. Yöntem

Retensiyon Oranı

Her örneğin Retensiyon oranları aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır. Buna göre;

$$R \left(\frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{G \times C}{V} \times 10$$

Burada; R: Retensiyon oranı, G: T₂ – T₁, T₂: Emprenye sonrası numune ağırlığı (gr), T₁: Emprenye öncesi numune ağırlığı (gr), C: Çözelti konsantrasyonu (%), V: Numune hacmi (cm³).

Yoğunluk

Örneklerin hem hava kurusu hem de tam kuru rutubetteki yoğunluk değişimleri, ısı işlem muamelesi sonrası 20 x 20 x 30 mm boyutlarındaki numuneler üzerinden TS 53 (2005) esaslarına uygun olarak yapılmıştır.

Boyutsal Stabilizasyon

Kontrol ve ısı işlemli numunelerin boyutsal kararlılığı TS 4084 (1983) standartlarına göre belirlenmiştir. Standartta uygun hazırlanmış 6'şar adet kontrol ve ısı işlem görmüş emprenyeli örnekler kullanılmıştır.

Basınç Direnci

Basınç direnci TS 2595 (1977) standartlarına uygun olarak 20 x 20 x 30 mm boyutlarında kesilen 6'şar adet ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin enine kesit boyutları 0,01 mm duyarlı bir kumpasla ölçülmüştür. Deney esnasında örnekler 1,5-2 dk arasında kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Isıl işlem sonucunda %12'ye ulaşmayan numuneler için rutubet ayarlamaları TS 2471'e göre yapılmış dengeye ulaşmayan numunelerin rutubet ayarlamaları ilgili standarda göre yapılmıştır.

Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA; örnek ağırlığının, deney esnasındaki sıcaklık veya zamana göre değişiminin hesaplanmasıdır. TG eğrileri, ağırlık değişimini belirtmektedir. Yaklaşık 10 mg'lık örnekler üzerinden gerçekleştirilen TG analizinde Perkin Elmer marka TG-DTA cihazı kullanılmıştır. Bu deneyde oksidasyonu önlemek için 20 ml/dk akış hızında azot gazı kullanılmıştır. Test sırasında 10°C/dk ısıtma hızıyla sıcaklık oda sıcaklığından 600 °C'ye kadar çıkarılmıştır.

Elektron Mikroskobu ile Morfolojik Karakterizasyon

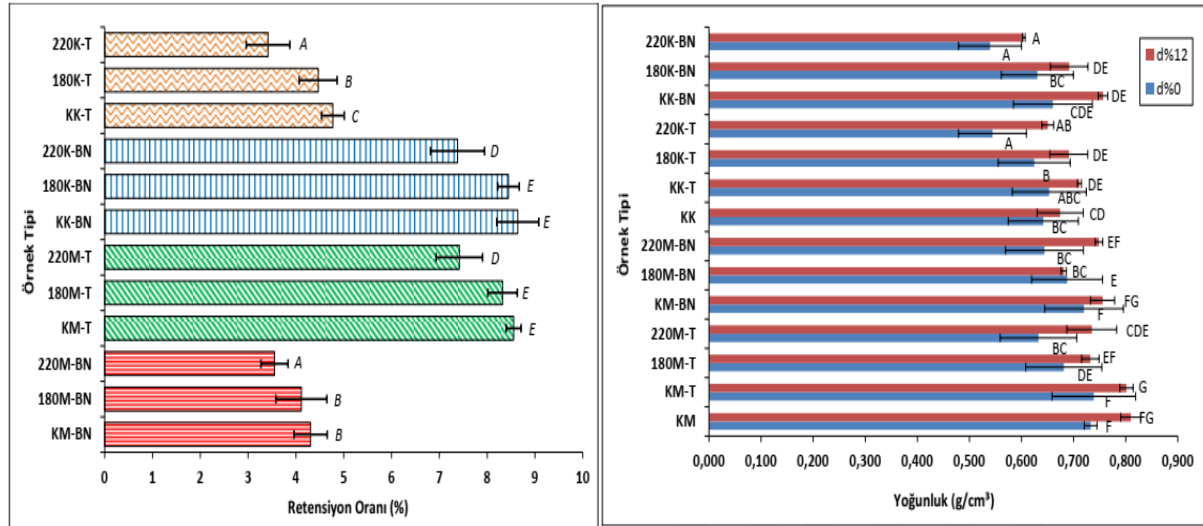
Numunelerin yarılarak kırılmış bölgeden yüzeyden içe doğru taramalı elektron mikroskobu analizleri Tescan marka (MAIA3 XMU) cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ahşap yüzeylerde parlama olmaması için bu yüzeyler altın tozuyla kaplanmıştır.

İstatistikî Analiz

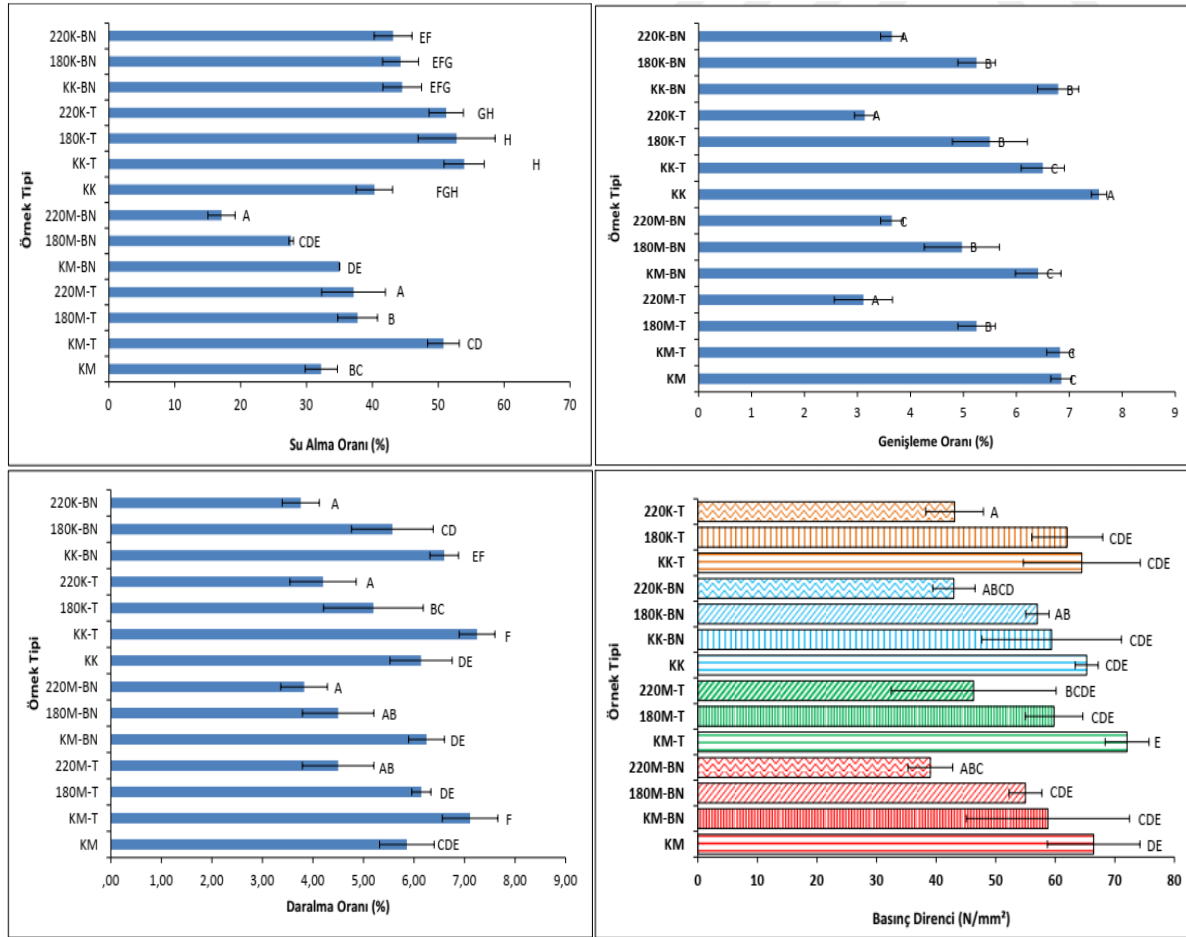
Çalışmada istatistikî analiz için SPSS 16 paket programı kullanılmıştır. Örnekler için öncelikler tek yönlü varyans analizi yapılarak istatistikî olarak değişimlerin anlamlı olup olmadığı tespit edilmiştir. Değişimlerin anlamlı olduğu durumlarda hangi gruplar arasındaki değişimlerin anlamlı olduğunu tespit etmek için Duncan testi gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada ısı işlem görmüş ahşap malzemelerin çeşitli nano partiküllerle emprenyesinin ahşap malzeme özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Şekil 1'de hem kayın odunu örneklerinin hem de meşe odunu örneklerinin emprenye sonrası hesaplanan retensiyon oranları ve emprenye sonrası tam kuru ve hava kurusu yoğunluk değerleri verilmiştir. Yapılan varyans analizi ve Duncan testi emprenye sonrası değişimlerin hem retensiyon değerleri için hem de yoğunluk değerleri için anlamlı olduğunu göstermiştir. En yüksek retensiyon değerleri kontrol örneklerinde gerçekleşmiştir. Yoğunluk değerlerine bakıldığında genellikle en yüksek yoğunluklar kontrol örnekleri için tespit edilmiştir.



Şekil 1. Kayın ve Meşe Odunu Örneklerinin Retensiyon Oranları ve Yoğunlukları.

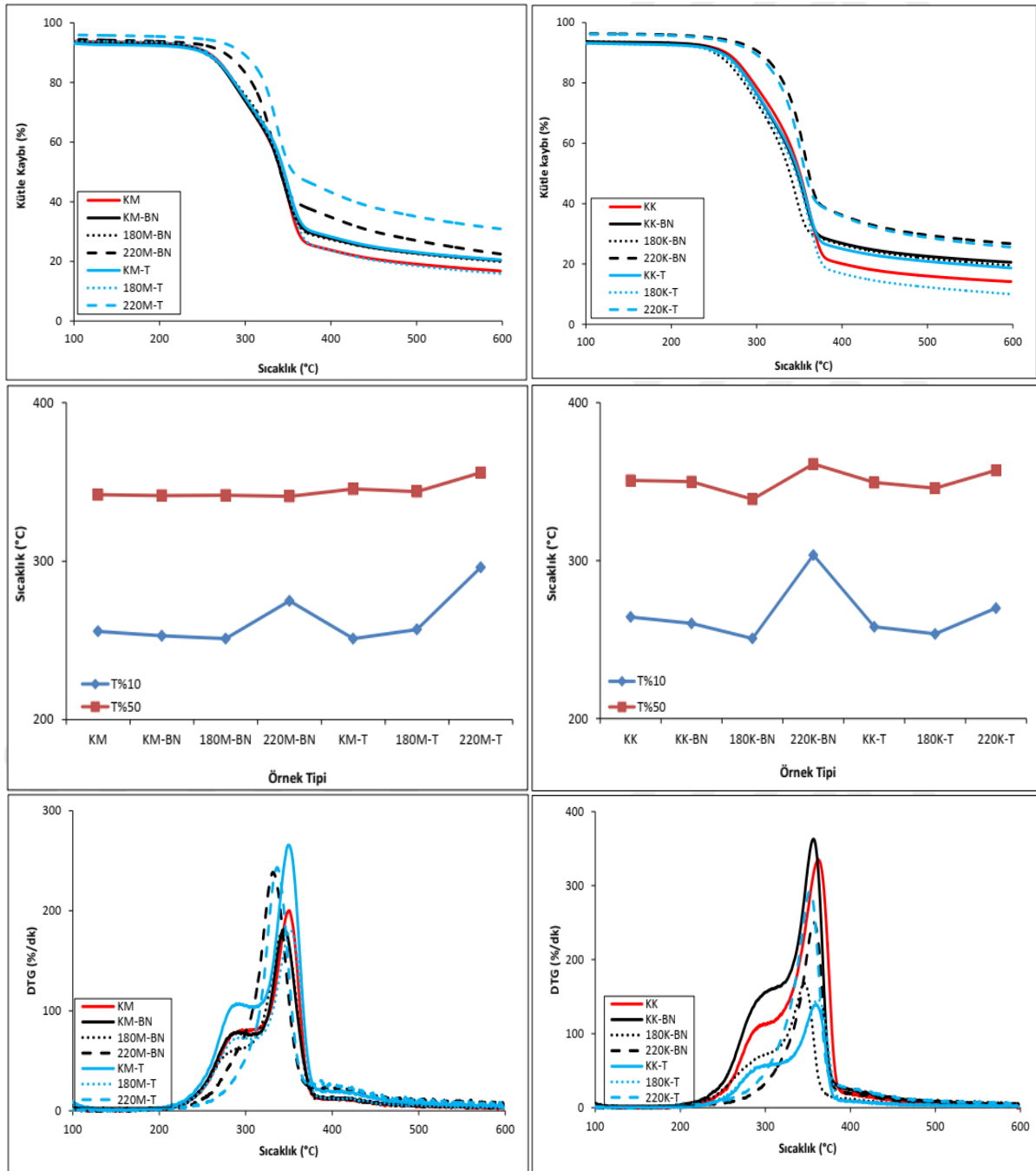


Şekil 2. Örneklerin Boyutsal Stabilizasyonu ve Basınç Direnci.

Isıl işlemin uygulanmadığı sadece emprenyeli varyasyonlarda su alma oranlarının daha yüksek olması dikkat çekici bulunmuştur. Meşe odununun su alma oranlarının kayın odunu örneklerine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Emprenye sonrasında ise boyutsal kararlılığın en iyi değerleri bor emprenyeli örneklerde olduğu belirlenmiştir. Nano TiO₂ emprenyesi sonrası boyutsal kararlılık su alma oranları artış sergilemiştir. Su alma, şişme ve genişleme deneyleri sonucunda en yüksek değerler nano-TiO₂ emprenyeli örnekler için tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ise nano TiO₂'nin suda daha iyi dağılması için hidrofilik yapıdaki SiO₂ kaplı olmasının sebep verdiği düşünülmektedir. Bardak vd. (2016), farklı oranlarda TiO₂ ve SiO₂ nanopartiküllerin PVA tutkalının kuru, yaş ve yüksek sıcaklıktaki davranışlarını inceledikleri çalışmalarında SiO₂ ile güçlendirilen PVA tutkallarının kuru, yaş ve yüksek sıcaklıktaki ortam şartlarının tamamında daha yüksek

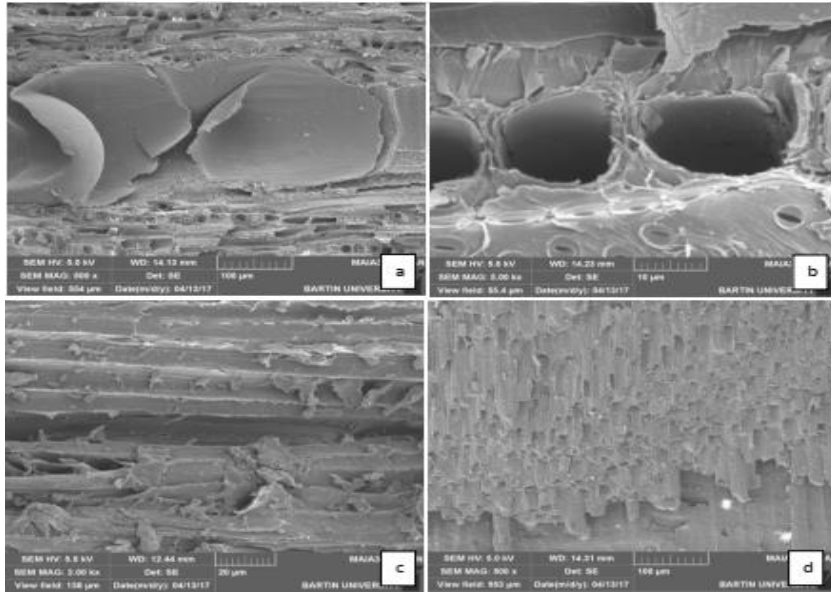
direnc özellikleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak bor emprenyesinin odunun boyutsal kararlılığını iyileştirebileceği söylenebilir. Gokmen (2017) göknar ve kavak türlerini 180 ve 200 °C'de ısıtma işlemine tabi tutulmuş tall yağı ile emprenye edilmiştir. Hem göknar hem kavak örneklerinde kontrol gruplarından sonra en fazla su alma oranı 180 °C ve 200 °C'de ki örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada Kavak odunlarında genişleme en düşük kontrol örneklerinde saptanırken, göknar odunlarında 200 °C en düşük olduğu saptanmıştır. Kavak örneklerinde emprenye işlemi ardından ısıtma işlemi uygulanan örneklerde daralma değerleri üzerinde önemli bir değişiklik yaratmamıştır. Göknar odunun su itici etkinlik değerleri kavak odununa paralel sonuçlar göstermiştir.

Basınç direnci sonuçlarına bakıldığında ise en yüksek değerler Titanyum dioksit ile emprenyelenmiş kontrol Meşe odunları için belirlenmiştir. Emprenye sonrası da basınç değerlerinin düştüğü görülmektedir. En düşük basınç direnci değerleri 220°C'de muamele edilmiş ve nano bor emprenyeli numuneler için elde edilmiştir. En düşük basınç direnci ise 220M-BN için tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada borik asit emprenyesi ve ısıtma işlemi görmüş örneklerde sadece emprenye ve sadece ısıtma işlemi görmüş örneklerde yüksek oranda basınç direnci ortaya konmuştur (Çıtak, 2012). Şekil 3'de emprenyeli ve Emprenyesiz örneklerin termal özellikleri verilmiştir

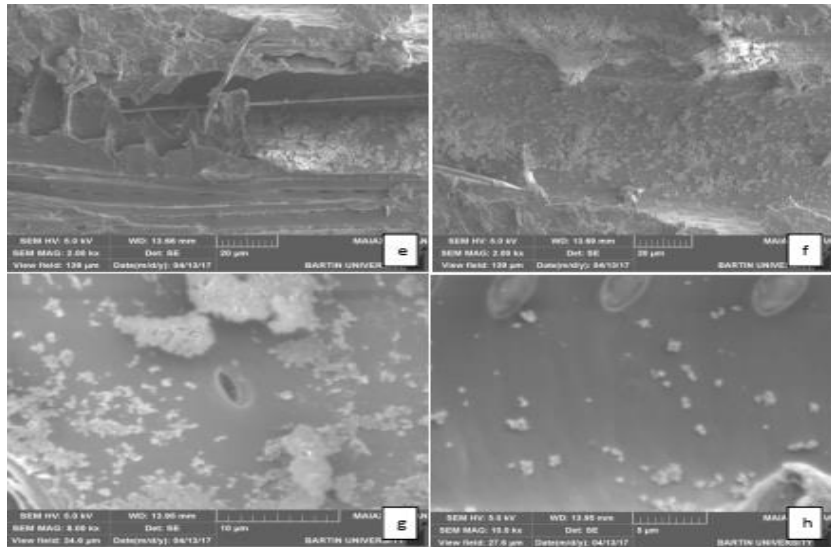


Şekil 3. Örneklerin Termal Özellikleri.

Şekil 3'e bakıldığında 220°C sıcaklıkta muamele edilen örneklerin diğerlerine göre bozunmaya başlama sıcaklığının (Tonset) daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca diğer örneklere göre daha yüksek sıcaklıklarda bozuldukları görülmektedir. Kütle kaybı değerleri incelendiğinde TG eğrilerine göre 200°C sıcaklıkta muamele edilmiş örneklerde daha yüksek oldukları saptanmıştır. %10 ve %50 kütle kaybındaki sıcaklıklara bakıldığında 220°C sıcaklıkta muamele edilmiş örneklerde daha yüksek olduğu görülmektedir. DTG grafiklerinde 220-300°C arasında odun bileşenlerinin bozulma pikleri görülmektedir. Özellikle 300-375° sıcaklıklar arasında önemli bir buzunma piki görülmüştür. Genellikle bu sıcaklıkta selüloz ve ligninin bozulduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak hem BN ve TiO₂ emprenyesi hem de 220°C sıcaklıkta ısıl işlem odunun termal özelliklerin ve bozunma davranışını iyileştirmiştir. Termal özellikler yanında örneklerin taramalı elektron mikroskobu yardımıyla morfolojik yapısındaki partikül dağılımları incelenmiştir. Öncelikle örnekler yarılarak üstten alt kısma doğru partikül dağılımları irdelenmiştir. Hem emprenyesiz hem de emprenyeli numuneler için SEM resimleri Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Ayrıca emprenyeli numunelerde partikül teşhisi için EDAX analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Yapılan bir çalışmada; sarıçam, dişbudak ve iroko 110 °C'de ısıl işlem görmüş ve bor nitrür ile emprenye edilmiştir. TGA / DTA analizinde, emprenye edilen numunelerin termal stabilizesinin, emprenye edilmemiş örneklerden daha iyi olduğu belirlenmiştir (Aydemir vd., 2016).



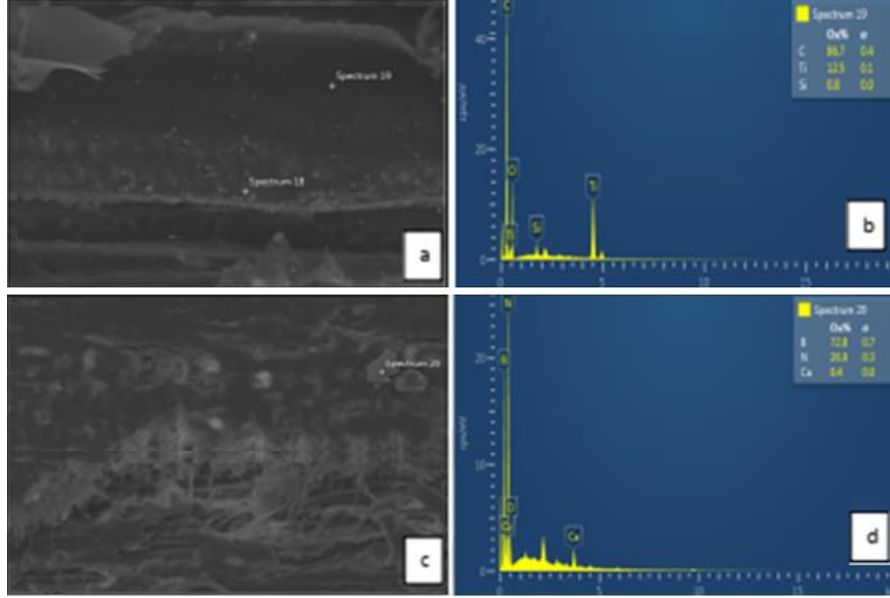
Şekil 4. Emprenyesiz örneklerin SEM resimleri.



Şekil 5. Emprenyeli örneklerin SEM resimleri.

Şekil 4 ve 5 bakıldığında emprenye maddelerinin trahe içlerinde ve geçit kenarlarında olduğu saptanmıştır. Isıl işlemin sebep olduğu söylenebilecek bir tahribat tespit edilememesine rağmen daha detaylı SEM çalışmalarının yapılması meydana gelmiş olabilecek bozulmaları ortaya koyabilecektir. Trahe içlerinde nanopartiküllerin bazı

yerlerde kümeleştiği de tespit edilmiştir. Buna karşın geçit içlerinde nanopartikül dağılımı tespit edilememiştir. Ancak daha detaylı SEM çalışmaları nanopartikül dağılımlarının geçit içlerinde nasıl gerçekleştiği incelenmelidir. Emprenyeli örnekler üzerinde yapılan EDAX elementel analiz sonuçlarına göre BN ve nano-TiO₂ elementleri tespit edilmiştir. Özellikle TiO₂ ile emprenye edilmiş örneklerde SiO₂'nin görülmesi, Titanyum dioksitin hidrofilik bir yapıya sahip olması adına SiO₂ gruplarının Titanyum dioksite eklenmiş olmasındandır.



Şekil 6. Emprenyeli örneklerin SEM resimleri.

Yapılan bir çalışmada sarıçam, dişbudak ve iroko 110 °C'de ısıtılmış ve bor nitrür ile emprenye edilmiştir. Elektron mikroskobu ile emprenye edilmiş ahşap malzeme iç yapısında emprenyeli maddeleri araştırılmış hücre kenarlarında, geçit kenarlarında emprenye maddelerinin olduğu tespit edilmiştir (Aydemir vd., 2016). Yapılan diğer bir çalışmada; sert ağaçlar 50, 75, 100, 125, 150 ve 185 °C sıcaklıklarda ısıtılmış ve 200 ppm nano-gümüş süspansiyon ile emprenye edilmiştir. SEM görüntülerinde nano-gümüş parçacıklarının örneklerdeki yüzey alanı üzerine yayıldığı görülmüştür. Nano gümüş parçacıkların etkileri, daha yüksek sıcaklıklara kıyasla daha düşük sıcaklıklarda farklı olduğu saptanmıştır (Taghiyari, 2013).

4. Öneriler

Isıl işlem görmüş ahşap malzemeye nano bor ve nano TiO₂ emprenyesi yapılmıştır. Emprenye sonrasında odunun retensiyon değerleri, boyutsal stabilizasyon, basınç direnci, termal ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Isıl işlemle birlikte retensiyon değerleri düşmüştür ve ısıtılma sıcaklığındaki artış bu azalmayı artırmıştır. Isıl işlem yoğunluğu düşürmüştür. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla bu düşüş daha da artmıştır. Boyutsal kararlılığa bakıldığında ısıtılma işleminin yanında BN emprenyesi de boyutsal kararlılığı yükseltmiştir. Nano TiO₂ ilavesi ile boyutsal kararlılığın azalmasını TiO₂'nin içerdiği SiO₂ sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Basınç direnci değerleri hem emprenye hem de ısıtılma işleminin birlikte azalmıştır. En yüksek basınç direnci kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. 220°C sıcaklıkta ısıtılma ve her iki emprenye maddesi ahşap materyalinin termal özelliklerini artırmıştır. Emprenye maddelerinin odun içerisinde dağılımları SEM ile incelenmiş ve trahe boşluklarında ve geçit çevresinde çeşitli kalıntılar belirlenmiştir. EDAX ile yapılan elementel analiz sonuçlarına göre bu kalıntıların BN ve TiO₂'ye ait olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak hem ısıtılma işleminin hem de emprenye muamelesi odunun termal kararlılığını iyileştirmiştir. Ayrıca BN ilaveli ve ısıtılmalı örneklerin boyutsal kararlılığının yüksek olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Samet KIZILIRMAK'ın "Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Çeşitli Nano Partiküllerle Emprenyesi" isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Bu makalenin özeti International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2018, 26-27 Nisan, 2018 Ankara, Turkey) konferansında (özet olarak) sunulmuştur.

Kaynaklar

1. Afrouzi, Y.M., Omidvar, A. ve Marzbani, P. (2013). Effect of artificial weathering on the wood impregnated with nano-zinc oxide. *World Applied Sciences Journal*, 22 (9): 1200-1203.
2. Akhtari, M. ve Arefkhani, M. (2013). Study of microscopy properties of Wood impregnated with nano particles during exposed to white-rot fungus. *Agriculture Science Developments*, 2(11): 116-119.
3. Akhtari, M., Kokandeh, M.G. ve Taghiyari, H.R. (2012). Mechanical properties of Paulownia Fortinei wood impregnated with silver, copper and zinc oxide nano particles. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(4): 507-511.
4. Aydemir, D., Çivi B., Alsan, M., Can, A., Sivrikaya, H., Gündüz, G. ve Wang, A. (2016). Mechanical, morphological and thermal properties of nano-boron nitride treated wood materials. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(1): 19-32
5. Bardak, T., Tankut, A. N., Tankut, N., Sözen, E., Aydemir, D. (2016). The effect of nano-TiO₂ and SiO₂ on bonding strength and structural properties of poly (vinyl acetate) composites. *Measurement*, 93, 80-85.
6. Bardak, T., Tankut, A. N., Tankut, N., Aydemir, D., Sözen, E. (2017). The bending and tension strength of furniture joints bonded with polyvinyl acetate nanocomposites. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(1), 51-62.
7. Clausen, C. A., Green, F., Kartal, S. N. (2010). Weatherability and leach resistance of wood impregnated with nano-zinc oxide. *Nanoscale research letters*, 5(9): 1464.
8. Çıtak, O. (2012). Boraks ve Borik Asit ile Emprenye Edilmiş ve Isıl İşleme Tabi Tutulmuş Kayın Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük, 85 s.
9. Gökmen, K. (2017). Tall Yağı Emprenyesi ile Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış), Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 57 s.
10. Habibzade, S., Taghiyari, H. R., Omidvar, A., Roudi, H. R. (2016). Effects of impregnation with styrene and nano-zinc oxide on fire-retarding, physical, and mechanical properties of poplar wood. *Cerne*, 22(4): 465-474.
11. Kızılırmak, S., Bürüç, G., Özaydın, M., Aydemir, D., Gunduz, G. (2018). Distribution of Nano Particles in the Wood Impregnated with Nano Scale Boron Nitride. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 503-508.
12. Project on Emerging Nanotechnologies-PEN (2019). <https://www.nanotechproject.org/cpi/products/nanoseal-wood/>. Son Giriş Tarihi: 19.09.2019.
13. Perçin, O., Sofuoğlu, S.D. ve Uzun, O. (2015). Effects of boron impregnation and heat treatment on some mechanical properties of oak (*Quercus petraea* Liebl.). *BioResources*, 10(3): 3963-3978.
14. Sözen, E., Zor, M., Aydemir, D. (2018). The Effect of Nano TiO₂ and Nano Boron Nitride on Mechanical, Morphological and Thermal Properties of WF/PP Composites. *Drvna Industrija*, 69(1), 13-22.
15. Taghiyari, H. R. (2011). Study on the effect of nano-silver impregnation on mechanical properties of heat-treated *Populus nigra*. *Wood science and technology*, 45(2): 399-404.
16. Taghiyari, H.R. (2013). Effects of heat-treatment on permeability of untreated and nanosilver-impregnated native hardwoods. *Wood Science and Technology Department*, 15(2): 183 - 194
17. Taghiyari, H.R., Layeghi, M. ve Liyafooee, F.A. (2012). Effect of dryice on gas permeability of nano-silver-impregnated *Populus Nigra* and *Fagus Orientalis*. *Wood and Paper Science and Technologies Department*, 6 (2): 40-44.
18. Tankut, N., Bardak, T., Sözen, E., Tankut, A. N. (2016). The effect of different nanoparticles and open time on bonding strength of poly (vinyl acetate) adhesive. *Measurement*, 81, 80-84.
19. Viitaniemi, P. (1997). Decay-resistant wood created in a heating process. *Industrial Horizons*, 23: 77-85.
20. ASTM D1413 (1999). Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org
21. TS 53 (2005). Odunun fiziksel özelliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metotları. TSE Standartları, Ankara, www.tse.org.tr
22. TS 4084 (1983). Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini. TSE Standartları, Ankara, www.tse.org.tr
23. TS 2595 (1977). Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini, TSE Standartları, Ankara, www.tse.org.tr.
24. TS 2471, (1976). Odunda mekanik ve fiziksel deneyler için rutubet miktarı tayini, TSE Standartları, Ankara, www.tse.org.tr.