

ISIL İŞLEMİN AHŞAP LAMİNE PANELLERİN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE VİDA TUTMA DAYANIMINA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Suat AYAN^{1*}, Hasan Hüseyin CİRİTCİOĞLU²

¹Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi bölümü, Ankara
²Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Düzce

Özet-Endüstride yaygın olarak kullanılan yerli ve yabancı ağaç türlerinin ısı işlem sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi hem endüstriyel hem de akademik açıdan önemlidir. Bu çalışmada ısı işlem uygulanmış ahşap lamine panellerde ısı işlem uygulamasının lamine panellerin bazı fiziksel özellikleri (tam kuru (TKY)-hava kurusu yoğunlukları (HKY), kalınlığına genişleme (KG)) ve vida tutma dayanımı (VTD) üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada lamine panel üretmek amacıyla ülkemizde yaygın kullanım alanına sahip ağaç türlerinden olan Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve ticari değere sahip tropik bölge ağaçlarından Iroko (*Chlorophora excelsa*) oduları kullanılmıştır. Bu ağaçlardan elde edilen deney numunelerine “Thermo Wood” yöntemi kullanılarak 185 °C’de 2 saat süre ile ısı işlem uygulanmıştır. Lamine paneller, ısı işlem uygulanmış parçaların polivinil asetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılarak orta katmanda Uludağ Göknarı dış yüzeylerde Sarıçam ve Iroko parçalar bulunacak şekilde 3 katmanlı olarak preslenmesiyle elde edilmiştir. Test sonucu ısı işlem TKY ve HKY değerleri üzerinde anlamlı bir değişime neden olmazken KG ve VTD değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı işlem, fiziksel özellikler, vida tutma direnci, ahşap lamine panel.

DETERMINATION OF HEAT TREATMENT EFFECT ON SOME MECHANICAL PROPERTIES AND SCREW WITHDRAWAL STRENGTH OF LAMINATED WOOD PANELS

Abstract-Investigation of the changes in the physical and mechanical properties occur after thermal process of industrially utilised local and foreign wood species, plays an important role for industry and in academic studies. In this study, the effect of thermal process applied on laminated wood panels on the physical properties (dry and air dry densities and expansion in thickness) and screw withdrawal strength of laminated panels was investigated. In this study; Scots Pine (*Pinus sylvestris L.*) which is among the widely used species in our country; and Iroko (*Chlorophora excelsa*), which is a commercially valuable tropical species has been used in order to produce laminated panel. Thermo Wood method was used in thermal process, lasted for 2 hours in 185°C applied on test samples which is produced by this wood species. Laminated panels were composed of 3 layers, in which Pine and Iroko layers were set on the outer surfaces and Fir in the inner part. Polyvinyl acetate (PVAc-D4) adhesive was used for the bonding. Results of the tests showed that thermal process does not have any significant influence on the densities, but cause a decrement in the expansion and screw withdrawal strength of laminated panels.

Key Words: Heat treatment, Physical properties, Screw withdrawal strength, laminated wood panel.

* ayans@yahoo.com

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ağaç malzemelerin çevre etkisi ile boyutsal değişime uğraması ve çeşitli ağaç zararlılarının (böcek ve mantarlar) etkisi ile deformasyona uğraması yaygın rastlanılan endüstriyel bir problemdir. Ağaç malzemede meydana gelebilecek bu deformasyonların ortadan kaldırılmasında çeşitli kimyasalların ağaç malzemeye nüfuz ettirilmesi (emprenye) yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ağaç malzeme modifikasyonunda kullanılan kimyasal yöntemler, uygulanmasının kolay olması, ağaç malzemeyi bozulma ve çürümelere karşı direnç kazandırması gibi olumlu yönleri olmasına karşın toksik madde içermesi, maliyetinin yüksek olması ve zaman içerisinde tekrarlanmasının gerekliliği gibi olumsuz yönleri de sahiptir. Son yıllarda çevre bilincinin artması ile kimyasal kullanılarak yapılan modifikasyon uygulamalarının özellikle toksik etkileri nedeniyle gerek çevre gerekse ürün kullanıcıları üzerindeki olası etkileri sorgulanmaya başlamıştır. Bu durum, doğa dostu ve sürdürülebilir bir kaynak olan ağaç malzemenin korunması için alternatif modifikasyon yöntemlerinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Isıl işlem; ağaç malzemenin boyutsal stabilizasyonunu artırmak ve ağaç zararlılarına karşı korumak amacıyla kimyasal maddelerin kullanımına alternatif bir modifikasyon yöntemidir. Isıl işlemin ağaç malzemenin fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri ilk olarak 1915 yılında Tiemann tarafından tespit edilmiştir [1]. Ağaç malzemenin ısı modifikasyonu konusundaki ilk bilimsel çalışmaları 1930' lu yıllarda Almanyada Stamm ve Hansen yapmıştır. Bu çalışmaları 1940' lı yıllarda Amerika' da White ve 1950' li yıllarda Almanya' da Bavendam, Rundel ve Buro' nun çalışmaları takip etmiştir. Kollman ve Schneider bu konudaki bulgularını 1960'lı yıllarda, Rusche ve Burmester 1970'li yıllarda yayınlamıştır. 1990'lı yıllarda Fransa ve Hollanda da araştırmalar ortaya konulmakla beraber en yoğun ve kapsamlı araştırma çalışmaları Finlandiya da VTT tarafından yapılmıştır [2]. Isıl işlem uygulamasında gerek ticari gerekse deneysel olarak uygulanabilen farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; Finlandiya' da ağaç malzemenin ısıtılmasında buhar kullanılan ThermoWood yöntemi, Hollanda' da buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, Fransa' da inert gaz kullanılan Rectification yöntemi ve Almanya' da sıcak yağ kullanılan OHT yöntemleridir [3].

Isıl işlem uygulaması sonucu ağaç malzemenin renginin değişmesinin yanı sıra mekaniksel özelliklerinde de değişimler görülmektedir. Isıl işlem görmüş ağaç malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinde meydana gelen bu değişiklikler kullanım yerlerindeki performanslarını olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu bu değişimlerin etkilerini ortaya koymaya yöneliktir.

Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin biyolojik yapısında meydana getirdiği değişimin anlaşılması, fiziksel ve mekaniksel özelliklerde ortaya çıkan değişimin anlaşılmasına ışık tutmaktadır. Isıl işlem ağaç malzemede bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarında ve yapılarında önemli değişiklikler meydana getirmektedir. Hemiselülozların düşük sıcaklıkta bozunması, oluşan yeni yapı üzerinde en belirleyici faktörlerden biri olmaktadır. Ayrıca bu değişimler sonunda ağaç malzemenin denge rutubet miktarı ve diğer özellikleri de değişmektedir [4]. Isıl işlem uygulanması sonucu sıcaklıkla doğru orantılı olarak ağaç malzemenin rengi koyulaşırken denge rutubet miktarı düşmektedir. Ağaç malzemenin su alma ve suda şişme değerleri de belli oranlarda azalmaktadır. Isıl işlem şartlarına ve sıcaklığına bağlı olarak ağaç malzemeye biyolojik olarak kararlılık kazandırmakla beraber, mekanik özelliklerde ısı artımıyla birlikte düşüşler meydana getirmektedir [5].

Tjeerdsma ve Militz , çalışmalarında kayın ve sarıçam odunlarına 145 °C sıcaklıkta 4 saat süre ile ısı işlem uyguladıktan sonra FTIR spektroskopunda analizlerini yapmışlar. Analizler sonucunda, sıcaklığın artmaya başlamasıyla hemiselüloz gruplarının parçalanmaya başladığını belirtmişlerdir. Asetik gruplarının çoğunun yüksek sıcaklıklarda odunun muamelesi boyunca

çatladığı gözlenmiştir. Çalışmada; esterleşmenin odununun higroskopik özelliğinin azalmasında önemli rol oynadığı, boyutsal stabilizasyon ve direnç özelliklerinde de rol oynadığı belirlenmiştir [6]. Feist ve Sell, Ladin ve Kayın odunlarına 175 ve 195 °C sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulamışlar ve dış ortam koşullarında bekletmişlerdir. Sonuç olarak ısıtma işlemi uygulanmış örneklerin boyutsal stabilizasyonunun ısıtma işlemi uygulanmamış kontrol örneklerinden daha iyi olduğunu belirlemişlerdir [7]. Yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemi, ağaç malzemenin su alma özelliklerinde azalmalara neden olmakta ve bunun sonucu olarak ağaç malzeme çürümelere karşı biyolojik dayanıklılık göstermektedir [8]. Benzer şekilde, ısıtma işlemi uygulaması sonucu mantar çürüklerine karşı direnç artırılabilirken [9], termitlere karşı dayanım ise termit cinsine göre değişkenlik göstermektedir [10].

Isıtma işlemi uygulamalarında kullanılan sıcaklık ve uygulama süresi malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde farklı etkiler doğurmaktadır. Isıtma işlemi, 150-280 °C' ler arasındaki yüksek sıcaklıklarda uygulanan şiddetli işlem şartlarına bağlı olarak odunun mekanik özelliklerinin azalmasına sebep olur [11].

Ağaç malzemenin türüne, boyutlarına, ilk baştaki nem yüzdesine, ağaç malzemenin beklenen özelliklere, mekanik özelliklere, biyolojik saldırılara karşı direnç kazanmasına ve boyutsal kararlılık gibi nedenlere bağlı olarak ısıtma işlemi uygulamasında sıcaklık genellikle 180 ile 280 °C arasında tutulurken ısıtma işlemi süresi de, 15 dakika ile 24 saat arasında değişmektedir. Kandem ve arkadaşlarının, sahil çamı (*Pinus Pinaster*), ladin (*Picea Sp.*), kayın (*Fagus orientalis Lipsky*) ve kavak (*Populus nigra*) odunları üzerinde yapmış oldukları ısıtma işleminin (1-24 saat değişen sürelerde ve 200-260 °C arasında değişen sıcaklıklarda), sert ağaçlarda daha etkili olarak mekanik kayıpların yaşanmasına neden olduğunu belirlemişlerdir [8].

Sıcaklık artışları süre artışlarına göre ağaç malzemeyi daha fazla etkilemektedir. Düşük sıcaklıklardaki ısıtma işlemi ağaç malzemenin fazla bir değişikliğe neden olmazken özellikle 150 °C üzerindeki sıcaklıklar ağaç malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini sürekli olarak önemli derecelerde etkilemektedir. Buna paralel olarak mekanik özelliklerde zayıflamaya başlamaktadır [12].

Kitahara ve Chugenji, çalışmalarında, 150 ve 200 °C sıcaklıklarda 1, 3, 5, 10 ve 20 saat süreyle ısıtma işlemi uygulayarak, Japon Servisi (*chamaecyparis obtusa*) ve Japon kayını (*fagus crenata*) odunlarının özelliklerini incelemişlerdir. Deneyler sonucunda 1 saat süre ile 200 °C sıcaklık uygulanmış ağaç malzemenin şok direncinin %50 oranında düştüğünü belirtmişlerdir. Aynı çalışmada ısıtma işleminin ağaç malzemenin sertlik değerini arttırdığını ve 5 saat ısıtma işlemi uygulanmış numunelerin eğilme direncinde bir değişiklik olmamasına karşın 150 °C'den yüksek ısıtma işlemi uygulamalarında sıcaklığın artmasına paralel olarak eğilme direncinin azaldığını belirtmişlerdir [13].

250 °C'de ısıtma işlemi tabii tutulmuş ladin odununun eğilme direncinde %14 [13], kayın odununun da sıcaklık ve süreye bağlı olarak eğilme direncinde %5-40 elastikiyet modülünde ise %4-9 azalma [15], 180 °C buharla ısıtma işlemi uygulanan çamda eğilme direnci 2 saat için % 4, 12 saat için % 38 oranında azalmıştır [16]. Benzer şekilde 200 °C' de 3 saat ısıtma işlemi sonucu huşun eğilme direncinde % 43 azalma olduğu belirlenmiştir [16]. Ağaç türü ve ısıtma işlemi koşullarına bağlı olarak ladin, çam, kavak ve huşta eğilme direncinde % 49'a varan, çam ve ladin odunu elastikiyet modülünde ise % 4 ile % 28 arasında azalma tespit etmişlerdir. Ayrıca göknar, kavak ve huş odunlarının elastikiyet modüllerinde ise artış olduğunu bildirmişlerdir [18].

Yapılan çalışmalar, ısıtma işlemi uygulamalarının ağaç malzemenin birçok fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde farklı sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir. Ünsal vd., okaliptus

odununa farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem uygulaması sonucu örneklerin renklerinin koyulaştığını, ısıl işlem sıcaklığı ve sürelerinin artması ile yoğunluk, şişme ve sertlik değerlerinin düştüğünü belirtmiştir [19]. Ünsal ve Ayrılmış, yaptıkları çalışmada okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) örneklerine 120 ile 180 °C arasında değişen sıcaklıklarda 2 ile 10 saat arasında ısıl işlem uygulamıştır. Çalışma sonucu ısıl işlem sıcaklığının ve süresinin artması ile hava kurusu yoğunluk, liflere paralel basınç direnci ve yüzey pürüzlülük değerlerinde düşmenin olduğunu saptamışlardır [20]. Boonstra vd., radiata çamı (*Pinus radiata* D.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Norveç kayını (*Picea abies* Karst) örneklerini üzerinde 165 ve 185 °C sıcaklıklarda 30, 45, 60 ve 90 dakika ısıl işlem uygulamıştır. Örnekler daha sonra geleneksel olarak 50-60 °C kurutulmuş ve tekrar 180 °C sıcaklıkta 6 saat etkili bir ısıl işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçta, ısıl işlem uygulamasına bağlı olarak liflere paralel çekme direncinde, eğilme dirençlerinde ve yarıma dirençlerinde azalmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir [20]. Korkut vd., sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) numunelerini 120°C, 150°C ve 180°C'de olmak üzere 2, 6 ve 10 saatlik ısıl işleme tabi tutmuşlar ve çalışmanın sonucunda ısıl işlemin sıcaklık ve sürelerinin artması ile direnç değerlerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. En az direnç kaybı 120 °C'de 2 saat ısıl işlem uygulamasında, en fazla direnç kaybı ise 180 °C'de 10 saat ısıl işlem uygulamasında gerçekleşmiştir [22]. Benzer şekilde bir diğer çalışmalarında; Akçağaç (*Acer trautvetteri* Medw.) odunu örneklerini 120, 150 ve 180 °C sıcaklıklarda 2, 6 ve 10 saat gibi farklı sürelerde ısıl işleme tabi tutmuşlar ve çalışma sonucunda; en fazla azalmanın radyal ve teğet sertlik değerleri ile liflere dik çekme direncinde 180 °C'de 10 saat ısıl işlem uygulaması neticesinde elde edildiğini belirlemişlerdir [23]. Isıl işlemin okaliptüs odununun mekanik özelliklerine etkisini araştırdıkları bir diğer çalışmalarında, örnekler 120, 150 ve 180 °C sıcaklıklarda 2, 6 ve 10 saat süreli ısıl işleme tabi tutmuşlar ve çalışma sonucunda; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere dik ve liflere paralel çekme direnci, yarıma direnci ve şok direncinde genel olarak sıcaklık ve sürenin artması ile tüm değerlerin belirli oranlarda düştüğünü gözlemlemişlerdir. Maksimum azalmanın 180 °C'de 10 saat ısıl işlem uygulanmış örneklerde ortaya çıktığı belirlenmiştir [24].

Isıl işlem teknolojisi, ülkemizde henüz yeni yaygınlaşmaya başlayan bir uygulamadır. Yapılan çalışmalardan da görüleceği üzere ağaç malzemenin fiziksel özelliklerinde yaptığı olumlu katkılar nedeniyle özellikle dış mekan uygulamaları ve yapı malzemesi olarak kullanılacak ağaç malzemeye ısıl işlem uygulanmasının faydalı olacağı söylenebilir. Bu doğrultuda ülkemizde kullanılan yerli ve yabancı ağaç türlerinin ısıl işlem uygulamaları sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi endüstriyel anlamda büyük önem taşımaktadır. Ayrıca ağaç malzemenin daha ekonomik kullanımına olanak sağlamak ve dayanım özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı ağaç türlerinin kombinasyonlarından elde edilen lamine ahşap uygulamaları son derece yaygın bir tekniktir. Lamine ahşap uygulamalarında gerek estetik gerekse mühendislik (ekonomik, fiziksel ve mekanik) gereksinimlerine daha iyi cevap verebilmek amacıyla dış yüzeylerde dayanımı yüksek ve ticari değeri fazla olan ağaç türleri, iç katmalarda ise ticari değeri düşük, yoğunluğu daha az olan ağaç türleri tercih edilmektedir. Böylece kullanım yerlerinde dış ortama maruz kalan bölgelerde daha dayanıklı ağaç türlerini daha ekonomik olarak kullanılırken orta katmanda düşük yoğunluklu ve nispeten daha ekonomik ağaç malzemelerin kullanılması ile daha hafif, daha ekonomik ve beklenen estetik görünüme sahip yapı malzemeleri elde edilmektedir. Literatürde lamine ahşap uygulamalarında ısıl işlemin etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalara pek rastlanılmamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, dış yüzeylerde ThermoWood yöntemi kullanılarak 185 °C'de 2 saat süre ile ısıl işlem uygulanmış ticari değeri nispeten daha yüksek olan Sarıçam (*PinussylvestrisLipsky*) ve Iroko (*Chlorophora excelsa*) parçaların ve orta katmanda ise ticari değeri daha düşük ısıl işlem uygulanmamış Uludağ göknarı (*Abies bommulleriana*) kullanılarak elde edilen ahşap lamine panellerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesidir.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Malzeme (Material)

Bu çalışmada ağaç malzeme olarak; ülkemizde doğal olarak yetişen ve ticari olarak önemli bir değere sahip ağaçlardan Sarıçam (*PinussylvestrisLipsky*), tropik ağaçlardan Iroko (*Chlorophoraexcelsa*) ve ara kat malzemesi olarak Uludağ göknarı (*Abiesbommulleriana*) kullanılmıştır. Ağaç malzemeler Ankara' daki kereste işletmelerinden tamamen tesadüfi yöntemle temin edilmiş ve seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, liflerin düzgün, ardaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına dikkat edilmiştir.

Yapıştırıcı olarak, Polivinil asetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılmıştır. Üretici firma tarafından tutkalın teknik özellikleri; yoğunluğu $\sim 1,12$ g/cm³, viskozitesi (20 0C) 13000 ± 2000 mPas, pH değeri ~ 3 , jelleşme zamanı 6-10 dakika, tebeşirleşme noktası +50C, donma direnci -300C, sertleştirici oranı %5 (Turbo-Hardener 303,5), kullanım miktarı 180-200 g/m², uygulama şekli fırça ya da silindirli sürme makinesi, depolama süresi ~ 12 ay, presleme süresi; 20 0C'de 15 dakika, 50 0C'de 5 dakika, 80 0C'de 2 dakika olarak verilmiştir.

Deneylerde, özellikle masif ve odun kompoziti levhalardan üretilen panellerin bağlantı elemanı olarak kullanılan, yıldız başlı, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki vidalar kullanılmıştır. Kullanılan vidanın dış dibi (kök) çapı 2,4 mm, dış adımı ise 1,8 mm' dir

2.2. Yöntem (Method)

2.2.1. Deney Parçalarının Hazırlanması (Preparation of test pieces)

Sarıçam, Iroko ve Uludağ Göknarı keresteleri, teğet kesim yönlerine uygun olacak şekilde önce boy kesme makinesinde boylama işlemi yapılmış daha sonra bir yüzü ve bir cumbası planya makinesinde düzeltilmiştir. Daire testere makinesinde en ve kalınlık kesimleri yapılarak 30x70x900 mm ebatlarında taslaklar elde edilmiştir. Elde edilen taslak parçalardan dış katmanda kullanılacak olan sarıçam ve iroko parçalara, ThermoWood yöntemine göre 185 0C'de 2 saat süre ile ısıtılmıştır. Fırın çalışmaya başladığı anda ve çalışma esnası boyunca fırın içerisine 100 ± 3 0C'de sıcak su buharı, buhar jeneratörü yardımıyla verilerek ağaç malzemenin hem ani kurumaması ile karşı karşıya kalacağı iç ve yüzey çatlakları engellenmiş, hem de ağaç malzemenin yanması engellenmiştir. Isıtılmanın ardından taslaklar fırın içerisinden alınarak dinlendirmeye bırakılmıştır. Orta katmanda kullanılacak olan uludağ göknarı parçalara ısıtılma uygulanmamıştır.

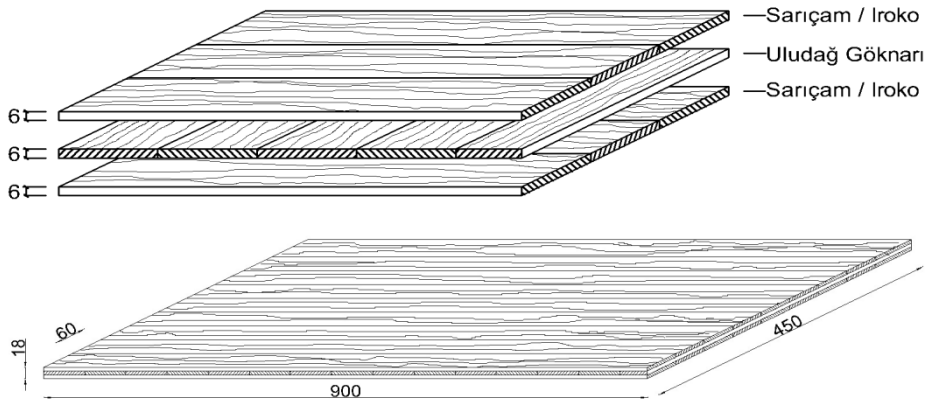
Isıtılma uygulanmış ve uygulanmamış sarıçam ve iroko taslakları teğet kesit oluşturacak şekilde dilimlenerek 8,5x65x910 mm ebatlarına getirilmiştir. Latalar yapışmanın daha iyi olması için dörtkenar işlem makinesinde dört yüzeyi rendelenerek düzeltilmiştir. Sarıçam ve iroko lataları teğet kesit oluşturacak şekilde 7x60x910 mm, Uludağ göknarı lataları ise teğet kesit oluşturacak şekilde 6,5x60x910 mm ebatlarına getirilmiştir. Latalar, herhangi bir kusur içermeyecek şekilde tasnif edilmiştir. Elde edilen latalar panel katmanı (levha) oluşturmak üzere yan yana tutkallı düz en birleştirme yöntemi kullanılarak preslenmiştir. Bu işlem için yandan baskı sistemli ve 3 pistonlu özel yatay deney pres cihazı (Şekil 2.1) kullanılmıştır. Düz en birleştirme işlemi lataların cumbalarına, 200 g/m² çift bileşenli Polivinil asetat (PVAc-D4) tutkalı fırça ile yapışma yüzeyine eşit katman oluşturacak şekilde uygulanmıştır.



Şekil 2.1. Yan yana ekleme deney presi (Side by side jointing test pres)

Presleme işlemi, sarıçam ve göknar için $0,6 \text{ N/mm}^2$, iroko için $0,9 \text{ N/mm}^2$ lik pres basıncında, atölye koşullarında ($20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem) 12 saat süre ile yapılmıştır. Yan yana eklenerek deney numunelerin bir katını oluşturacak levhaların kalınlıklarını standart hale getirmek için kalibre zımpara makinesinde her iki yüzleri de düzgün sırtlı oluşturacak şekilde 80 kum zımpara ile zımparalanmıştır. Alt ve üst tabakada kullanılacak olan Sarıçam ve Iroko panelleri $6,5 \times 910 \times 910 \text{ mm}$ ebatlarına, orta tabakada kullanılacak olan Uludağ Göknarı panelleri ise $6 \times 910 \times 910 \text{ mm}$ ebatlarına getirilmiştir

Elde edilen, ısıl işlemsiz ve ısıl işlemlili sarıçam, iroko ve göknar levhaları, alt ve üst katlara birbirlerine paralel yönde sarıçam ve iroko, orta kata ise bunlara dik yönde Uludağ göknarı yerleştirilerek üç katlı kontra lamine paneller üretilmiştir (Şekil 2.2). Levhaların yapıştırılmasında çift bileşenli Polivinil asetat (*PVAc-D4*) tutkalı kullanılmış ve tutkal çözeltisi yapıştırma yüzeylerinden yalnız bir tanesine 200 gr/m^2 hesabıyla merdaneli tutkal sürme aparatı ile sürülmüştür. Levhalar hidrolik sıcak preste sıkıştırma basıncı, sarıçam panellerde 4 kg/cm^2 , iroko panellerde 6 kg/cm^2 ayarlanarak tutkal firmasının önerileri doğrultusunda $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 120 dakika bekletilerek preslenmiştir. Presten çıkarılan paneller istiflenerek dinlendirilmiştir. Isıl işlemsiz ve ısıl işlemlili sarıçam ve iroko paneller kalibre zımpara makinesinde 80 kum zımpara ile her iki yüzlerinden eşit miktarda zımparalanmıştır. Paneller ebatlanarak $18 \times 450 \times 900 \text{ mm}$ ölçülerinde imal edilmiştir.



Şekil 2.2. Üretilen panel örneği (Ölçüler mm'dir) (Produced panel sample (dimension unit mm))

2.2.2. Bazı fiziksel özelliklerin belirlenmesi (Determination of some physical properties)

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesinde TS 2472 [25], rutubet miktarının belirlenmesinde TS-EN 322 [26] , Boyutsal değişim oranlarının (kalınlığına genişleme) belirlenmesinde TS 4084 [27] esaslarına uyulmuştur. Deney örnekleri; yoğunlukların belirlenmesi için 20x30x18 mm, rutubet miktarının belirlenmesi için 50 x 50 x 18 mm ve boyutsal değişimin belirlenmesi için 30x30x18 mm ölçülerinde her malzeme türü için 10’ar adet hazırlanmıştır. Böylece her bir deney için 40’ar adet olmak üzere toplam 120 adet numune hazırlanmıştır. Yoğunlukların belirlenmesinde deney örnekleri $\pm 0,01$ g duyarlıklı terazi ile tartılarak örneklerin ilk kütleleri (m_{12}) tespit edilmiş ve boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri (V_{12}) hesaplanmıştır. Daha sonra örnekler etüve 103 ± 2 °C de 24 saat bekletilmişler, 6 saat aralıklarla yapılan ölçümlerde iki tartı arasındaki fark, deney parçası kütlelerinin %0,5’ine eşit veya daha az olduğunda değişmez kütleyle ulaştıkları kabul edilerek tam kuru kütleleri (m_o) belirlenmiştir. Tekrar dijital kumpas kullanılarak boyutlar ölçülmek suretiyle tam kuru hacimleri (V_o) hesaplanmıştır. Tam kuru (δ_o) ve hava kurusu (δ_{12}) yoğunlukların belirlenmesi için sırasıyla Eş. 2.1 ve Eş. 2.2 kullanılmıştır.

$$\delta_o = m_o / V_o \quad (gr/cm^3) \quad (2.1)$$

$$\delta_{12} = m_{12} / V_{12} \quad (gr/cm^3) \quad (2.2)$$

Rutubet tayini için deney örnekleri, $\pm 0,01$ g duyarlılıkta terazi ile tartılmış, etüve konulmuş ve 103 ± 2 °C’ de değişmez kütleyle ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlelerinin 0,01’inden fazla olmaması durumunda bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir. Daha sonra numuneler 0,01 g duyarlılıkta terazi ile tartılmıştır. Değerler Eş.2.3’de yerine konarak numunelerin rutubet miktarları bulunmuştur.

$$r = \frac{m_r - m_o}{m_o} \times 100 \quad (2.3)$$

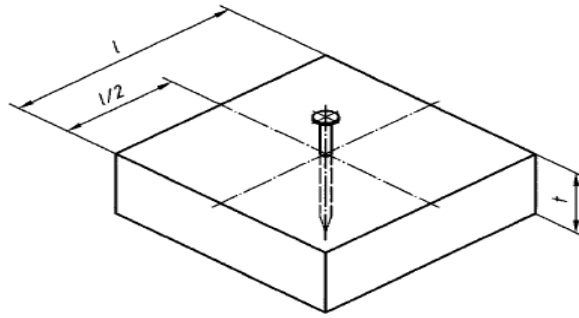
Burada; “ r ” % olarak rutubet miktarını, “ m_r ” klimatize edilmiş durumdaki numune kütlelerini (gr), “ m_o ” tam kuru haldeki numune kütleleri (gr) değerini ifade etmektedir. Boyutsal değişim oranının belirlenmesinde kullanılacak deney örnekleri, öncelikle 100 ± 2 °C’de değişmez ebatlara ve kütleyle gelinceye kadar bekletilmiştir. Bundan sonra 0,01 hassasiyetinde kumpasla kalınlık yöndeki ölçüleri elde edilmiştir. Bu işlemden sonra örnekler, içerisinde destile su bulunan cam bölmelere konmuş ve üzerlerine tamamen suya batmaları için bir çelik tel kafes konmuştur. Bu şekildeki örnekler 24 saat bekletilmiş ve daha sonra çıkartılarak üzerindeki sular bir kağıt havlu yardımı ile alınarak tam yaş boyutları yine 0,01 hassasiyetli kumpasla ölçülerek değerler Eş. 2.4.’ de yerine konularak su alma oranına bağlı olarak gerçekleşen genişleme yüzdesi belirlenmiştir.

$$\alpha = \frac{V_r - V_o}{V_r} \times 100(\%) \quad (2.4)$$

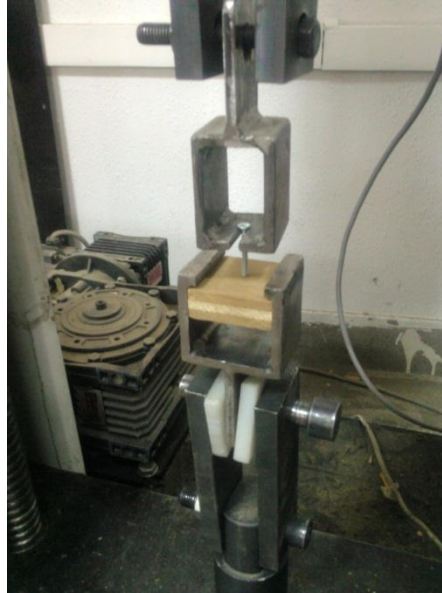
Burada; “ α ” genişleme yüzdesini (%), “ V_r ” rutubetli kalınlığı ve “ V_o ” tam kuru kalınlığı (mm) ifade etmektedir.

2.2.3. Yüzeyden Vida Tutma Direncinin Belirlenmesi (Determination of screw withdrawal strength)

Yüzeyden vida tutma direncinin belirlenmesinde TS EN 13446 [28] ve TS EN 320'de (1999) belirlenen esaslara uyulmuştur. Deney parçaları her bir gruptan 10 adet toplamda 40 adet 50x50x18 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Parçalar % 65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarındaki iklimlendirme dolabında, değişmez kütleye ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Deneylerde 4x50 mm ölçüsünde düşük karbon çelikli vidalar kullanılmıştır. Deney örneklerinde yüzeye, pilot delikleri açılarak vidalama işlemi yapılmıştır. Yüzeyden vidalama derinliği (l_p) 15 mm'dir. Vida tutma deney örneği Şekil 2.3'te ve test düzeneği Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yüzeyden vida tutma direnci deney örneği ($l : 50, t : 18, h : 50, l_p : 15$ mm) (Screw withdrawal strength test sample ($l : 50, t : 18, h : 50, l_p : 15$ mm))



Şekil 2.4. Yüzeyden vida tutma direnci deneyinin yapılışı. (Screw withdrawal strength test construction)

Deneylerde yükleme hızı 2-3 mm/dak'dır. Vidanın geri çekilmeye karşı gösterdiği direnç (f) ise Eş. 2.5 ile hesaplanmıştır.

$$f = \frac{F_{\max}}{d.l_p} \quad (2.5)$$

Burada; “ F_{\max} ” Kırılma anındaki maksimum kuvveti (N), “ d ” Vida çapını (mm), “ l_p ” levhaya girme mesafesini (mm) ifade etmektedir.

Elde edilen verilere SPSS 15.0 paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmış, ikili karşılaştırmalar için Duncan testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR (FINDINGS)

Isıl işlem uygulamasının lamine ahşap panellerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerinde farklı oranlarda etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistik bulgular özet olarak tablo 3.1’de görülmektedir. Tabloda “SP” ısıl işlem görmemiş sarıçam paneli, “IGSP” 185 °C’de 2 saat süre ile ısıl işlem uygulanmış sarıçam paneli, “IP” ısıl işlem görmemiş iroko paneli ve “IGIP” 185 °C’de 2 saat süre ile ısıl işlem uygulanmış iroko paneli ifade etmektedir.

Panellerde kullanılan ağaç malzeme ve uygulanan ısıl işlem yöntemine göre ortaya çıkan tam kuru yoğunluk değerleri, hava kurusu yoğunluk değerleri, kalınlığına genişleme ve vida tutma dirençleri için gruplar arasındaki farkların önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçlar tablo 3.1’de verilmiştir.

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, ağaç malzeme türü, uygulanan ısıl işlem yöntemi ve bunların karşılıklı etkileşimleri için gruplar arasındaki farklar tüm deneyler için önemli çıkmıştır ($P \leq 0,05$). Bu farkın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek üzere Duncan testi uygulanmak suretiyle homojenlik grupları belirlenmiş ve sonuçlar özet olarak tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Isıl işlem görmüş ve görmemiş lamine ahşap panellerin TKY, HKY, KG ve VTD değerleri (Heat-treated and untreated laminated wood panels TKY, HKY, KG, and VTD values)

Gruplar	TKY Tam Kuru Yoğunluk (g/cm ³)			HKY Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm ³)			KG Kalınlığına Genişleme (%)			VTD Vida Tutma Dayanımı (N/mm ²)		
	OD	SS	HG	OD	SS	HG	OD	SS	HG	OD	SS	HG
SP	0,46	0,018	B	0,49	0,017	B	12,85	0,33	A*	17,55	0,77	B
IGSP	0,44	0,013	B	0,47	0,022	B	11,48	0,45	B	14,83	0,47	C
IP	0,56	0,033	A*	0,60	0,032	A*	9,11	0,27	C	20,51	1,16	A*
IGIP	0,54	0,033	A*	0,58	0,030	A*	8,13	0,30	D	17,06	0,59	B
ANOVA $P \leq 0,05$	0,000			0,000			0,000			0,000		

OD: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu * En yüksek değere sahip grup

Tam kuru yoğunluklarına ilişkin istatistik sonuçları ele alındığında en yüksek TKY değeri (0,56 gr/cm³) ile iroko panellerde elde edilirken bunu sırasıyla TermoWood iroko paneller (0,54 gr/cm³), sarıçam ve TermoWood sarıçam paneller (0,46-0,44 gr/cm³) takip etmiştir. Hava kurusu yoğunluklarına ilişkin sonuçlar ele alındığında en yüksek HKY değerinin TKY değerleri ile benzer şekilde (0,60 gr/cm³) ile iroko panellerde elde edilirken bunu sırasıyla TermoWood iroko paneller (0,58 gr/cm³), sarıçam ve TermoWood sarıçam paneller (0,49-0,47 gr/cm³) takip etmiştir.

Literatürde, ısıtma işlemi sıcaklığa bağlı olarak TKY ve HKY değerlerinde belirli oranlarda azalma olduğu bu azalmanın ısıtma işlemiyle ilgili olarak ağaç malzemesindeki kütle kayıplarından meydana geldiği belirtilmektedir [29]. Ağırlık kaybındaki değişim miktarı uygulanan sıcaklığın şiddetinin yanı sıra ısıtma işlemi uygulama süresine bağlı olarak artmaktadır [3]. Tablo 3.1'den görüldüğü üzere lamine panellerde ısıtma işlemi uygulamasının kütle kaybına neden olduğu görülmektedir. Fakat bu kayıp istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Yani ısıtma işlemi uygulanmış lamine paneller ile uygulanmamış lamine paneller arasında gruplar arası fark önemsiz bulunmuş ve aynı homojenlik gruplarında yer almışlardır. Bu durum literatürle çelişkili gibi gözükmeyle beraber çalışmada uygulanan ısıtma işlemi sıcaklığının çok yüksek olmaması, ısıtma işlemi uygulama süresinin uzun olmaması ve aynı zamanda orta katmanda kullanılan göknar ağacına ısıtma işlemi uygulanmaması kütle kaybının beklenilenin altında kalmasının nedenleri olabilir.

Kalınlığına genişleme değerlerine ilişkin istatistik sonuçlarına göre, en yüksek KG (% 12,85) sarıçam panellerde elde edilirken bunu sırasıyla TermoWood sarıçam paneller (% 11,48), iroko paneller (% 9,11) ve TermoWood iroko paneller (% 8,13) takip etmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucu gruplar arasındaki farkın önemli olduğu görülmektedir ($P = 0,000 \leq 0,05$). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonucu her bir örnek grubunun farklı homojenlik grubunda yer aldığı tablo 3.1'den görülmektedir. Bu durum KG değerleri üzerinde ısıtma işlemi uygulamasının etkili olduğunu göstermektedir. Gerek sarıçam panellerde gerekse iroko panellerde ısıtma işlemi uygulanmış dış katman kullanımı ile KG değerleri 0,05 hata payı ile anlamlı olarak düşürülmüştür. Bu durum literatürle uyumludur. Literatürde, yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemi ile sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak boyutsal kararlılığın arttığı belirtilmektedir [30, 31].

Yüzeyden vida tutma dayanımına ilişkin analiz sonuçlarına göre, en yüksek VTD iroko panelde ($20,51 \text{ N/mm}^2$) elde edilirken, bunu sırasıyla sarıçam ve TermoWood iroko panel ($17,55 - 17,06 \text{ N/mm}^2$) ve son olarak TermoWood sarıçam panel ($14,83 \text{ N/mm}^2$) takip etmiştir.

Yüzeyden vida tutma direnci; Doğu kayını için $433,40 \text{ kPa}$, Anadolu kestanesi için $259,51 \text{ kPa}$, Doğu ladini için $230,00$ ve sarıçam için $245,55 \text{ kPa}$ olarak tespit edilmiş, ayrıca, ağaç malzemenin özgül ağırlığına bağlı olarak vida tutma dirençlerinin arttığı bildirilmiştir [32]. Iroko panellerin vida tutma dirençleri sarıçam panellerden yüksek çıkması literatür ile uyumludur.

VTD üzerinde kullanılan ağaç malzeme ve ısıtma işlemi uygulamasının etkili olduğunu varyans analizi sonucu doğrulamaktadır. Deney grupları arasında VTD'leri için gruplar arası fark önemli bulunmuştur. Bu farklılığın hem ağaç malzeme hem de ısıtma işlemi uygulanması durumu ile ilişkili olduğu homojenlik grubundan görülmektedir. VTD için homojenlik gruplarına bakıldığında, en yüksek VTD değerine sahip olan iroko panel (A) grubunda, nispeten daha düşük VTD değerine sahip ısıtma işlemi görmüş iroko paneller ile ısıtma işlemi görmemiş sarıçam panellerin aynı homojenlik grubunda (B) yer aldığı görülmektedir. Son olarak en düşük VTD değerine sahip olan ısıtma işlemi uygulanmış sarıçam panellerin (C) grubunda yer aldığı görülmektedir. Bu durum ısıtma işlemi uygulanması sonucu vida tutma dayanımı açısından yüksek yoğunluklu ağaçların performans kaybına uğrayarak daha düşük yoğunluklu ağaç türlerine benzer dayanım değerlerine gerilediklerini göstermektedir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

Sonuç olarak ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzeme kullanılarak üretilen lamine panellerde boyutsal stabilizasyon ve çevre etkilerine karşı dayanım özellikleri açısından olumlu katkılar sağlanırken vida tutma dayanımı açısından kayıplar yaşandığı belirlenmiştir. $185 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 2 saat

süre ile ısıtılmış parçalardan üretilen sarıçam panellerde kalınlığına genişleme değerlerinde yaklaşık %10 düşüş görülürken, bu oran iroko panellerde %11 dir. Bu durum ısıtılmış uygulama ile ciddi bir boyutsal stabilizasyon sağlandığını göstermektedir.

Isıtılmış tabii tutulmuş panellerin vida tutma dirençleri tabii tutulmamış panellerden daha düşük gerçekleşmiştir. Isıtılmış uygulanmış ağaç malzemelerden üretilen sarıçam panellerde vida tutma dayanımı yaklaşık %15,5, iroko panellerde ise yaklaşık %16,8 oranında azalma tespit edilmiştir. Isıtılmış işlemin vida tutma direnci değerleri üzerinde olumsuz etkisi olduğu görülmektedir. Isıtılmış işlemi bağli olarak sıcaklıkla birlikte ağacın temel yapı taşlarından olan lignin ve hemiselülozların yıkılması, ağaç malzemesinde lifler arasındaki bağların zayıflaması ve daha kırılğan olması ile birlikte lif demetlerinin de gevreklesmesinin bu sonuca neden olduğu düşünülebilir.

Elde edilen sonuçlara göre, ısıtılmış uygulanmış ağaç malzemelerden üretilen lamine panellerin yapı elemanı olarak kullanılmasına karar verilirken aynı zamanda ısıtılmış işlemin alternatif kimyasal yöntemlere karşı mühendislik, estetik ve sağlık boyutunda sağladığı avantaj ve dezavantajları da göz önünde bulundurulması faydalı olacaktır. Bu doğrultuda ileri çalışmalarda bu karşılaştırmaların daha sağlıklı yapılmasını sağlayacak (örn ekonomiklik karşılaştırması, çevre koşullarına dayanımlarının karşılaştırılması vb.) çalışmaların yapılması önerilebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Hill, C.A.S., (2006). *Wood Modification, Chemical, Thermal and Other Processes*, John Wiley&Sons Ltd., England.
- [2]. Mayes, D., and Oksanen, O., (2002). *ThermoWood Handbook*, Finnforest Press, Finland.
- [3]. Özçifçi, A., Altun, S., Yapıcı, F., (2009). Isıtılmış İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük.
- [4]. Hillis, W.E., (1984). High Temperature And Chemical Effects On Wood Stability, *Wood Science and Technology*, 18, 281–93.
- [5]. Rapp, A, O., Sailer, M., (2001). Oil Heat Treatment Of Wood In Germany-State Of The Art, *Proceedings Of Special Seminar Held In Antibes*, France.
- [6]. Tjeerdsma, B, F., Militz, H., (2005). Chemical Changes İn Hydrothermal Treated Wood: FTIR Analysis Of Combined Hydrothermal And Dry Heattreated Wood, *Holz als Rohund Werkstoff*, 63, 102–111.
- [7]. Feist, W, C., Sell, J., (1987). Weathering Behaviour of Dimensionally Stabilized Wood By Heating Under Pressure of Nitrogen Gas, *Wood and Fiber Science*, 19(2),183– 195.
- [8]. Viitaniemi, P., (1993), Wood Modification Using Heat Treatment, Espoo, *Research Projects of the Forest Products Laboratory*, Finland.
- [9]. Kandem, DP., Pizzi, A., Jermannaud, A., (2002), Durability of heat-treated wood., *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60, 1-6.
- [10]. Finnish Thermowood Association, (2003), *ThermoWood Handbook*, Helsinki, Finland.
- [11]. Korkut, S., Kocaefe, D., (2009), Isıtılmış İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2),11-34.
- [12]. Syrjanen, T., Oy, K., (2001). Production And Classification of Heat Treated Wood in Finland, Review On Heat Treatments of Wood, *In: Proceedings of the special seminar held in Antibes*, France.
- [13]. Kitahara, K., Chugenji, M., (1951). Effects of Heat Treatment On The Mechanical Properties of Wood, *Japanese Forest Society*, 33, 414-419.
- [14]. Vitonen, H., Jamsa, S., Paajanen, L., Nurmi, A., ve Viitaniemi, P., (1994). The Effect of Heat Treatment on the Properties of Spruce, *IRG/WP/40032 Annual Meeting*, Indonesia,4, 1-4.

- [15]. Bekhta, P., Niemz, P., (2003). Effect of High Temperature on The Change in Color, Dimensional Stability and Mechanical Properties of Spruce Wood, *Holzforschung*, 57(5),539-546.
- [16]. Esteves, B.M., Domingos, I.J., Pereira, H.M., (2007). Pine wood modification by heat treatment in air, *Bioresources*, 3(1), 142-154.
- [17]. Johansson, D., Morén, T., (2006). The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64, 104-110 .
- [18]. Shi, J.L., Kocaefe, D., Zhang, J., (2007). Mechanical behaviour of Québec wood species heat-treated using ThermoWood process, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 65, 255-259.
- [19]. Ünsal, O., Korkut, S., Atik, A., (2003). The Effect of Heat Treatment on Some Properties and Colour in Eucalyptus(*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Wood, *Maderas Ciencia Tecnologia*, 5(2), 145–152.
- [20]. Ünsal, Ö., Ayrılmış, N., (2005). Variations in Compression Strength And Surface Roughness Of Heat-Treated Turkish River Red Gum (*Eucalyptus Camaldulensis*), *Journal of Wood Science*, 51, 405–409.
- [21]. Boonstra, M.J., Acker, J.V., Tjeerdsma, B.F., Kegel, K.V., (2007). Strength Properties of Thermally Modified Softwoods and its Relation to Polymeric Structural Wood Constituents, *Annals of Forest Science*, 64, 679–690.
- [22]. Korkut, S., Akgül, M., DüNDAR, T., (2008). The Effects of Heat Treatment on some Technological Properties of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood, *Bioresource Technology*, 99(6), 1861-1868.
- [23]. Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S., Gürleyen, T., (2008a). The Effects Of Heat Treatment On Technological Properties İn Red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) Wood, *Bioresource Technology*, 99, 1538–1543.
- [24]. Korkut, S., Korkut, D. S., Bekar, İ., (2008b). Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi, I. *Ulusal Okaliptüs Sempozyumu*, Mersin, 209-214.
- [25]. TS 2472,(1976). Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, *TSE Standardı*, Ankara.
- [26]. TS-EN 322, (1999). Ahşap Levhalar, Rutubet Miktarının Tayini, *TSE Standardı*, Ankara.
- [27]. TS 4084, (1983). Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, *TSE Standardı*, Ankara.
- [28]. TS EN 13446, (2005). Wood-based panels – Determination Of Withdrawal Capacity Of Fasteners, *T.S.E. Standardı*, Ankara.
- [29]. Rusche, H. (1973). Die thermische Zersetzung von Holz bei Temperaturen bis 200 °C, *Holz Roh-Werkst*, 31, 273–281.
- [30]. Korkut, S., (2012). “Performance of three thermally treated tropical wood species commonly used in Turkey”, *Industrial Crops and Products*, 36, 355– 362.
- [31]. Yıldız, S., (2002). *Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [32]. Akyıldız, M. H., Malkoçoğlu A., (2001). *Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Önemli Bazı Ağaç Odunlarının Vida Tutma Dirençleri*, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1 (54-60).