

## Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kerestesi için direnç sınıflandırması

Ergün Güntekin<sup>a,\*</sup>, Tuğba Yılmaz<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

\* İletişim yazarı/Corresponding author: ergunguntekin@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 14.04.2012, Kabul tarihi/Accepted: 05.06.2012

**Özet:** Ahşap malzeme için tahribatsız muayene yöntemleri son yıllarda önem kazanmaktadır. Bu yöntemleri kullanan ticari birçok kereste sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada Avrupa da ticari olarak kullanılan MTG kereste sınıflandırma cihazı kullanılarak kızılçam kerestelerinin dinamik elastikiyet modülü (EM) ölçülmüştür. Bu değerler üç nokta testinden elde edilen statik EM değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen EM değerleri kullanılarak keresteler TS EN 338'e göre sınıflandırılmıştır. Yapısal amaçlı kullanılacak kerestelerde bu sınıflandırma işlemi büyük önem taşımaktadır. Görsel olarak ta sınıflandırılan keresteler ile direnç sınıfları arasındaki ilişki de çalışmada ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre kızılçam kerestesi tahribatsız olarak elde edilen elastikiyet modülüne (EM) göre sınıflandırılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Kızılçam, Direnç sınıflandırması, Tahribatsız muayene

## Strength grading of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.)

**Abstract:** Nondestructive methods for wood materials have been gaining importance for the last decades. Many commercial types of grading equipment are available. In this study, dynamic modulus of elasticity for red pine lumber has been measured using MTG Timber Grader. Dynamic modulus of elasticity values are compared with those which were obtained through three point bending tests. Modulus of elasticity values are classified according to TS EN 338. This classification plays an important role for sawn lumbers used in construction. The relationship between visually graded lumber and strength classes has been presented. Test results indicate that Turkish red pine lumbers can be graded according to modulus of elasticity values obtained using nondestructive method.

**Keywords:** Red pine, Strength classification, Nondestructive testing

### 1. Giriş

Direnç sınıflandırması, biçilmiş odun parçasının (kereste) direnç özelliklerini belirlemeyi mümkün kılar. Sınıflandırma işlemi görsel veya makine esaslı metotlarla gerçekleştirilir. Görsel sınıflandırma budaklar, lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu, mantar ve böcek hasarları, v.b. özellikleri göz önünde bulundurarak yapılır. Standartlarda (TS EN 1927-2, 2009) bu kusurların limitleri belirtilmiştir. Görsel sınıflandırma en eski ve en çok kullanılan sınıflandırma yöntemidir. Görsel sınıflandırma daha çok tecrübelerle dayanır ve objektif değildir. Kereste parçasına elastik limit bölgesinde bir yük uygulayarak EM ve eğilme direncini belirleyerek sınıflandırma yapan makineli sistemler Kuzey Amerika, Avustralya, Avrupa, Güney Afrika, Yeni Zelanda ve Japonya'da uzun yıllardır kullanılmaktadır (Galligan ve McDonald, 2000). Makine ile direnç sınıflandırması odun örneğinin elastikiyet ile direnç özellikleri arasındaki ilişkiye dayanır. Odunun mekanik özellikleri ile elastikiyet modülü arasında yüksek doğrusal istatistiksel ilişki olduğu için direnç özellikleri EM ile tahmin edilebilir EM tahmini statik veya vibrasyon, ultrasonik, stres dalgası gibi tahribatsız yöntemlerle de belirlenebilir (Yang vd., 2008). Statik deformasyon yöntemini uygulayan makineler iki şekilde çalışır. Birincisinde keresteye önceden belirlenmiş bir yük makineden geçerken uygulanır ve bu yük sonucu oluşan deformasyondan da yararlanılarak direnç sınıfı belirlenir. İkincisinde ise önceden belirlenmiş bir deformasyona

ulaşmaya kadar keresteye yük uygulanır. Uygulanan yük kerestenin direnç sınıfını belirler (Baltrusaitis ve Pranckeviciene, 2003). Bu sınıflandırma yöntemlerine ek olarak son yıllarda tahribatsız yöntemlerle çalışan kereste sınıflandırma sistemlerini uygulamada görmek mümkündür. Tahribatsız yöntemler içinde stres dalga ve ultrasonik yöntemler öne çıkmıştır. Stres dalga yöntemi pratik olarak diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır (Esteban vd. 2009).

Yapısal amaçlı kullanılacak kereste genellikle direnç sınıflarına ayrılmaktadır. Uluslararası arenada kullanılan Avrupa'da kullanılan EN 338 gibi birkaç direnç sınıflandırma sistemi mevcuttur (Köhler ve Sandoomer, 2007). Ülkemizde standartlarda (TS EN 338, 2010) olmasına rağmen kereste üreticileri herhangi bir direnç sınıflandırma sistemi kullanmamaktadır. TS EN 338'e göre sınıflandırma işleminde iğne yapraklılar için 12 direnç sınıfı (C14-C50) belirtilmiştir (Çizelge 1). Buradaki rakam her bir direnç sınıfının taşıması gerekli eğilme direncini temsil etmektedir. Üretilen keresteler yoğunluk, eğilme direnci (% 5'lik alt limit) veya EM'ne göre (ortalama değer) belirli bir direnç sınıfına ayrılabilir. Sınıflandırmada bir (C24) veya birden fazla (C18, C20, C22, C24) direnç sınıfı esas alınabilir. Eğilme direncine göre sınıflandırılan materyalin örneğin C40 ta %5 lik alt limit direnci 40 MPa (N/mm<sup>2</sup>) olması gerekir (Steiger ve Arnold, 2009).

Çizelge 1. EN 338'e göre iğne yapraklı ağaçlar için direnç sınıfları

		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Ortalama MOE	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
MOE // % 5	$E_{0,0.5}$	4.7	5.4	6	6.4	6.7	7.4	7.7	8	8.7	9.4	10	10.7
Ortalama Yoğunluk	$\rho_k$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550
Eğilme Direnci	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50

Bu çalışmada; kızılçamda statik EM'ne göre bir direnç sınıflandırması yapılarak stres dalga yöntemiyle çalışan MTG Timber Grader cihazı vasıtasıyla yapılan bir direnç sınıflandırması ile karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Kereste örnekleri Türkiye'nin Burdur ili Bucak ilçesi Pamucak Orman İşletme Bölgesi'nden 3 farklı sınıf (1, 2 ve 3) ve 23-57 cm arasındaki tomruklardan elde edilmişlerdir. Öncelikle ağırlıkları tartılan örneklerin yoğunlukları hesaplanmış daha sonrada bir rutubet ölçer yardımıyla rutubet miktarları belirlenmiştir. Yaklaşık 40 x 90 mm enine kesit ve 3 metre uzunluğundaki keresteler görünüşlerine göre sınıflandırılmıştır (TS EN 1927-2, 2009). Dinamik EM değerleri MTG Timber Grader cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Bu cihazın ölçüm prensibi ses dalga hızının ölçümüne dayanır (Rozema, 2007). MTG EN 14081-4'te listelenmiş makine ile direnç sınıflandırma yapan sistemler içerisindedir (CEN 2005). Kerestelerin statik EM değerleri ise üç nokta eğilme testleri ile aşağıdaki formül yardımıyla elde edilmiştir.

$$EM = \frac{PL^3}{48I\delta} \quad (1)$$

EM= Statik elastikite modülü değeri (N / mm<sup>2</sup>)

P = Elastik bölgeden elde edilen iki yük değeri arasındaki fark (N).

L = destek noktaları arasındaki uzaklık (mm)

δ= Elastik bölgeden elde edilen iki deformasyon değeri arasındaki fark (mm).

I = atalet momenti (mm<sup>4</sup>)

Örneklerde elde edilen EM değerleri kullanılarak çizelge 1'ye göre sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Eğilme testlerinden elde edilen EM ile eğilme direnci arasında yüksek bir korelasyon olduğu literatürdeki çalışmalarda belirtilmiştir. EM tahribatsız olarak ta tahmin edilebildiği için makine ile sınıflandırmada önemli bir parametredir. Sınıflandırma makinelerinin çoğu direnç göstergesi olarak EM'nü kullanır (Steiger ve Arnold, 2009).

## 3. Bulgular ve tartışma

Test edilen kereste örneklerinin görünüş sınıflarına göre dağılımı şu şekildedir; 232 adet 1.sınıf, 336 adet 2. Sınıf, 220 adet ise 3. Sınıf. Toplam 788 adet kereste örneğinden elde edilen yoğunluk, rutubet miktarı, statik EM ve dinamik EM ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

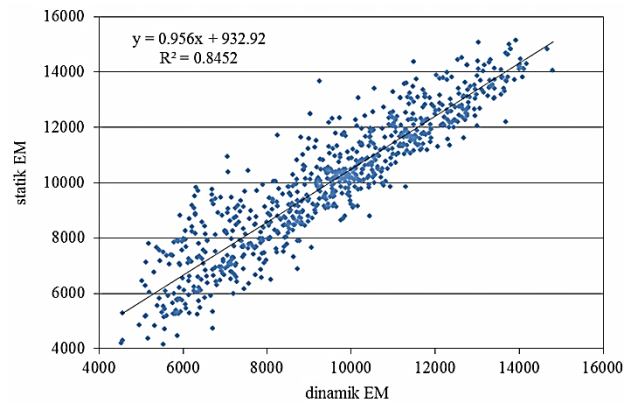
Kerestelerin ortalama yoğunluk değerleri genel olarak Kızılçam küçük örnekleri için belirtilen ortalama yoğunluk değerlerine göre yüksektir, çünkü reçine, budak gibi bazı kusurları ihtiva etmektedir. Kerestelerin ortalama rutubet miktarları % 15'tir.

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere dinamik EM değerleri genellikle statik EM değerlerinden daha yüksek gözükmetedir. Bunun nedeni statik EM hesaplamalarında makaslama gerilmelerinden dolayı oluşan deformasyon statik deformasyonun içindedir. Dinamik EM ölçümleri bunu içermez (Barrett vd. 2008). Statik EM ile dinamik EM değerleri arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.

EM direnci tanımlayan bir parametre olmamasına rağmen, bazı faktörlere bağlı olmakla birlikte, kereste kalitesinin en iyi göstergelerinden biridir. Statik EM yerine dinamik EM bu çalışmada gösterge olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi yapısal olarak kullanılacak kerestelerde beklenen direnç özelliklerine göre aynı grupların oluşturulmasını sağlar. Sınıflandırmada hedef direnç grupları kombine edilerek sınıflandırma yapılabilir, örneğin sadece C24, veya C18 ile C24, veya C18, C24 ve C30 kombinasyonları gibi. Sınıflandırmanın koruyucu olması, yani bir parti kerestenin olması gerekenden daha düşük bir sınıfa gitmesi veya sınıf dışı kalması emniyet açısından yararlıdır, fakat üreticinin zararınadır. (Divos ve Kiss, 2010)

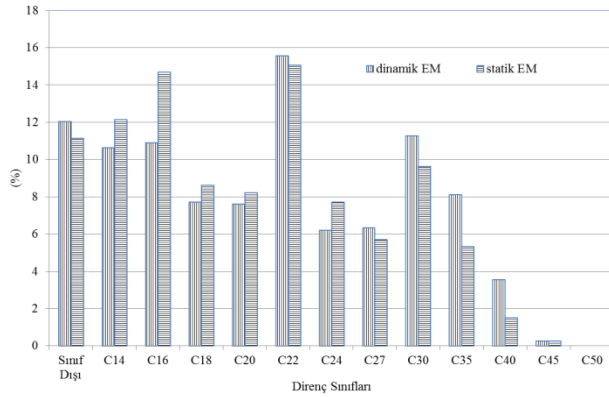
Çizelge 2. Kızılçam keresteleri için ortalama değerler

Özellik	Ortalama	En küçük	En büyük	Standart sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0.56	0.33	0.90	0.07	12.5
Rutubet (%)	15	8	18.6	2.72	18.1
Statik EM (N/mm <sup>2</sup> )	9711	4536	14817	2168	22.3
Dinamik EM (N/mm <sup>2</sup> )	9989	3801	15155	2389	23.9



Şekil 1. Kızılçam kerestelerinde statik EM ile dinamik EM arasındaki ilişki

Çalışmada elde edilen regresyon katsayısının beklenen değerler arasında olduğu görülmektedir. Ahşap malzemede yoğunluk ile eğilme direnci arasında 0.2-0.6, elastikiyet modülü ile eğilme direnci arasında 0.4-0.65, doğal frekans ile eğilme direnci arasında ise 0.30-0.55 civarında bir regresyon katsayısı bulunmaktadır. Bu regresyon katsayısı yoğunluk ve elastikiyet modülü kombine edildiğinde  $0.8^3$  e kadar çıkmaktadır (Denzler, 2007). Basit bir tahribatsız muayene ile ölçülen dinamik EM de bir direnç göstergesidir. Fakat güvenilir bir sınıflandırma işlemi için yoğunluk, budaklar vb. gibi niteliklerin de ölçülmesi gerekir (Steiger ve Arnold, 2009). Şekil 2’de statik ve dinamik EM değerlerine göre kerestelerin direnç sınıfları gösterilmektedir. Genel olarak iki sınıflandırma arasında bir uyum olduğu söylenebilir. Dinamik sınıflandırma C14, C16, C18, C20, C24 sınıflarında % olarak statik EM’ne göre sınıflandırmaya göre daha fazladır. Bu sınıflarda örneklerin bazıları olması gerekenden veya sınıf dışı olması gerekirken bir üst direnç sınıflarında yer almaktadır. Diğer direnç sınıflarında ise koruyucu bir direnç sınıflandırması oluşmuştur. Yani bazı örnekler olması gereken direnç sınıfı yerine bir alt direnç sınıfında yer almaktadırlar. Statik ve dinamik elastikiyet modülleri arasındaki farkın odunda bulunan doğal kusurlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 2. Statik ve Dinamik EM değerlerine göre sınıflandırma işlemi

## Kaynaklar

- Baltrusaitis, A., Pranckeviciene, V., 2003. Strength grading of the structural timber. *Materials Science (Medziagotyra)*: 9(3): 284-287.
- Barrett, J.D., Lam, F., Chen, Y., 2008. Comparison of machine grading methods for Canadian Hemlock. In: *Proceedings of 10th WCTE Miyazaki, Japan*.
- CEN (2003) EN 338 Structural timber - Strength classes
- CEN (2005) EN 14081-1 ve -2 Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross section – Part 1: General requirements, Part 2: Machine grading; additional requirements for initial type testing
- Denzler, J.K., 2007. Machine strength grading – an overview over existing machines. *The Future of Quality Control for Wood & Wood Products*, 14-15 May 2007, Hamburg. COST Action E53
- Divos, F., Kiss, S., 2010. Strength Grading of Structural Lumber by Portable Lumber Grading - effect of knots. *The Future of Quality Control for Wood & Wood Products*, 4-7th May 2010, Edinburgh The Final Conference of COST Action E53
- Esteban, L.G., Fernandez, F.G., de Palacios, P., 2009. EM prediction in *Abies pinsapo* Boiss. timber: Application of an artificial neural network using non-destructive testing. *Computers and Structures*, 87, 1360–1365.
- Galligan, W.L., McDonald, K.A. 2000. Machine grading of lumber: practical concerns for lumber producers (General technical report FPL ; GTR-7):39 p.
- Köhler, J., Sandomeer, M.K., 2007. Modeling the properties of strength graded timber material. COST E 53 Conference – Quality Control for Wood and Wood Products. Warsaw, Poland.
- Rozema, P., 2007. Timber Grader MTG - Brookhuis Micro-Electronics BV, the Netherlands.
- Steiger, R., Arnold, M. 2009. Strength grading of Norway spruce structural timber: revisiting property relationships used in EN 338 classification system. *Wood Science and Technology*, 43:259–278.
- TS EN 1927-2., 2009. Qualitative classification of softwood round timber- Part 2: Pines, TSE, Ankara.
- TS EN 338, 2010. Yapı kerestesi – Mukavemet sınıfları, TSE, Ankara.
- Yang, T.H., Wang, S.Y., Lin, C.J., Tsai, M.J., 2008. Evaluation of the mechanical properties of Douglas-fir and Japanese Cedar lumber and its structural glulam by non-destructive techniques. *Construction and Building Materials*, 22: 487-493.