



Masif ve Lamine Ağaç Malzemelerin Isıl Genleşme Katsayıları Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma

Bekir Cihad BAL¹ İbrahim BEKTAŞ² Ferhat ÖZDEMİR¹

Özet

Bu çalışmada, kayın (*Fagus orientalis* L.), kavak (*Populus x euramericana* I-214) ve okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) odunlarından hazırlanan masif ağaç malzeme ve lamine ağaç malzemelerin teğet yönde ve liflere paralel yönde ısıl genleşme katsayıları belirlenmiştir. Denemeler masif ağaç malzemelerde öz ve diri odundan elde edilen, lamine malzemelerde 3 mm kalınlıktaki soyma kaplamalarla ÜF (üre-formaldehit) ve FF (fenol-formaldehit) tutkalları kullanılarak üretilen lamine ağaç malzemedan elde edilen deneme örnekleri üzerinde ve -10 ile +40 °C sıcaklık aralığında yapılmıştır. Teğet yönde en düşük termik genleşme katsayısı kavak öz odununda ($1.88 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) ve en yüksek FF ile üretilmiş okaliptüs lamine ağaç malzemedan ölçülmüştür ($4.66 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). Sonuçlar, teğet yönde kavak odunundan üretilen lamine malzemenin masif ağaç malzemedan daha yüksek termik genleşme katsayısına sahip olduğunu, kayın ve okaliptüste ise masif ağaç malzeme ile lamine ağaç malzeme arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl genleşme katsayısı, lamine ağaç malzeme, masif ağaç malzeme

A Comparative Study on the Coefficient of Thermal Expansion of Solid and Laminated Wood Materials

Abstract

In this study, the coefficients of thermal expansion of solid wood and laminated wood materials prepared from beech (*Fagus orientalis* L.), poplar (*Populus x euramericana* I-214) and eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) species were determined. The experiments were made on the sapwood and heartwood of solid wood material, separately. Laminated wood materials were produced from 3 mm thickness rotary peeled veneer using UF (urea-formaldehyde) and PF (phenol-formaldehyde) adhesive. The tests were performed between -10 and +40 °C temperature interval. In tangential direction, the lowest coefficient of thermal expansion was measured on the poplar heartwood ($1.88 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) and the highest coefficient of thermal expansion was measured on the laminated wood made from eucalyptus used PF ($4.66 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). The results showed that laminated materials produced from poplar wood has higher coefficient of thermal expansion than solid poplar wood. The differences between solid and laminated wood from the beech and eucalyptus weren't statistically significant.

Keywords: The coefficient of thermal expansion, laminated material, solid wood material.

Giriş

Odun diğer mühendislik malzemelerine göre üstün bazı özelliklerinden dolayı birçok alanda tercih edilmektedir. Özellikle yenilenebilir bir hammadde olması, kolay elde edilebilmesi, kolay işlenebilmesi, ucuz olması, çevreye dost olması, yoğunluğuna göre mukavemet özelliklerinin yüksek olması tercih sebeplerindedir. Ayrıca, ses ve ısı yalıtımı sağlaması ve ani yüklemeleri absorbe edebilme yeteneği üstün özelliklerindedir. Ancak, su alıp vermesi ve üç yönde farklı çalışması, diğer çoğu mühendislik materyallerine göre homojen bir yapıda olmaması ve doğada çabuk bozunması istenmeyen özelliklerindedir.

Odun hammaddesinin hangi alanda daha verimli kullanılabileceğine karar verirken fiziksel, mekanik, kimyasal özellikler, lif özellikleri, ısıl, akustik ve elektriksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

¹ KSU, Andırın Meslek Yüksekokulu, 46100, Andırın, Kahramanmaraş, Turkey

² KSU, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, Turkey

Yazışma yapılacak yazar: bcbal@ksu.edu.tr

Odunun yukarıda bahsedilen genel özellikleri, yoğunluk, rutubet miktarı, ekstraktif maddeler, sıcaklık, lif yapısı ve yıllık halka yapısı gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Yoğunluk, rutubet, sıcaklık ve ekstraktif madde miktarının artması ya da azalması ile odunun genel özellikleri de değişmektedir. Yoğunluğun artması ile mekanik özelliklerin arttığı, rutubet miktarının ve sıcaklığın artması ile azaldığı (Green ve ark., 1999, Bozkurt ve Göker 1996) ve ekstraktif maddelerin artması ile pek fazla değişmediği (Bozkurt ve Göker 1996; Bal ve ark., 2011) bildirilmiştir.

Isıl genleşme katsayısı sıcaklık değişiminin sebep olduğu ölçü değişmesi miktarıdır. Tamamen kuru odunun ısıl genleşme katsayısı tüm yönlerde pozitifdir. Diğer bir deyişle, odun ısıtıldığında genişler, soğutulduğunda daralır. Isının odun özelliklerine etkisini açıklamak için sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır. Tam kuru odunun liflere paralel yönde ısıl genleşme katsayısının ağaç türüne ve yoğunluğa bağımlı olmadığı bilinmektedir. Liflere dik yöndeki ısıl genleşme katsayısı ise odunun yoğunluğu ile orantılıdır. Bu yönlerdeki ısıl genleşme katsayıları paralel yöndekinin 5 ile 10 katından daha fazladır (Simpson ve Tenwolde., 1999).

Odunun ısı ile genleşmesi, odunun su alıp vermesi ile oluşan daralma ve genişleme miktarından çok daha azdır. Bünyesinde su bulunduran odunun ısıl genleşme özelliklerini belirlemek zordur. Rutubetli odun ısıtıldığında normal ısıl genleşmeden dolayı genleşmeye başlar ve aynı anda sıcaklıktaki artış ile başlayan kurumadan dolayı daralır. Rutubet miktarı %3-4'ten daha aşağı olmadıkça daralma miktarı ısıl genleşme miktarından daha yüksek olur (Simpson, 2001).

Isıl genleşme ya da daralma, düşük tolerans ölçülerine sahip olan ürünler tasarlanırken göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer yapılan tasarım, parçaların genişlemesine ve daralmasına izin vermiyorsa, ısıl genleşmenin bazı parçalarda önemli gerilimlere sebep olabileceği bilinmelidir. Isıl genleşme olayı köprülerin, binaların, hava araçlarının ve uzay araçlarının tasarımı yapılırken zorlayıcı bir faktör olabilir. Fakat bu özelliğin yararlı kullanımları da vardır. Örneğin, termostat ve diğer sıcaklığa duyarlı algılayıcılar, ısıl genleşme özelliğinden yararlanırlar (Anonim, 2012).

Masif ağaç malzemenin olumsuz özelliklerini gidermek ve farklı kullanım alanlarında daha verimli kullanabilmek amacıyla farklı tekniklerle odun esaslı kompozit malzemeler üretilmektedir. LVL (Laminated Veneer Lumber-tabakalı kaplama kereste) son yıllarda masif ağaç malzemenin yerine kullanılan kompozit kerestelerdendir. Özellikle Amerika, Kanada ve bazı Avrupa ülkelerinde ahşap yapılarla fazlaca kullanılmaktadır.

LVL'nin masif ağaç malzemeye göre; görsel kusurlarından arındırılması, daha iyi fiziksel özelliklere sahip olması ve mekanik özelliklerinin aynı türü temsil eden masif ağaç malzemeye göre daha yüksek olması gibi birçok üstün özellikleri olduğu bildirilmektedir (Bao ve ark., 2001; Burdurlu ve ark., 2007; Shukla ve Kamdem, 2009).

Keskin (2001) tarafından doğu kayını, sarıçam, toros sediri ve sapsız meşeden elde edilen masif ağaç malzeme ile lamine malzemelerin ısıl genleşme katsayılarının hesaplanması üzerine yapılan çalışmada genişlik, kalınlık ve boyuna yönlerde lamine malzemelerde ısıl genleşme katsayısı masif ağaç malzemelerden daha düşük ölçülmüştür.

Baştürk (2007) tarafından OSB üzerinde yapılan bir çalışmada, ısıl genleşme katsayısı levha yönüne paralel $0.815 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ve levha yönüne dik yönde ise $1.33 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ şeklinde elde edilmiştir. Aynı çalışmada, Weatherwax'ın, betula odununda termik genleşme katsayısını teğet yönde $3.94 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ve boyuna yönde $0.35 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ olarak tespit ettiği bildirilmiştir. Bu çalışmalardan odun esaslı malzemelerde lif yönünün ısıl genleşme üzerine etkili olduğu görülmektedir.

Daha önce masif ağaç malzeme ile LVL üzerinde karşılaştırmalı olarak yapılan birçok araştırmada fiziksel özellikler, mekanik özellikler, yanma özellikleri ve çivi-vida tutma özellikleri karşılaştırmalı olarak çalışılmıştır. Ancak, ısıl genleşme katsayısının masif ağaç malzeme ile aynı ağaç türünden elde edilen LVL'de nasıl değiştiği hakkında bir çalışmaya

ulaşılamamıştır. Bu noktadan hareketle, masif ağaç malzeme ile aynı ağaç türünden elde edilen LVL'nin ısı genleşme katsayılarının tespit edilmesi ve karşılaştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada, masif ağaç malzeme olarak okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), kayın (*Fagus orientalis* L.) ve kavak (*Populus x euramericana* I-214) odunları kullanılmıştır. Aynı ağaç türlerinden elde edilen 3 mm kalınlığındaki kaplama levhaları ile 7 tabakalı LVL levhaları ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilmiştir. Tutkal kaplama levhalarının sadece bir yüzüne 200 g/m² olacak şekilde sürülmüştür. Pres basıncı kavak LVL'de 8 kg/cm², okaliptüs ve kayın LVL'de 12 kg/cm² ve pres süresi 24 dk olarak ayarlanmıştır. ÜF tutkalı (100 birim) katkı maddesi olarak 1. kalite buğday unu (30 birim) ve sertleştirici olarak amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) (%15'lik 10 birim) katılarak hazırlanmıştır. FF tutkalına katkı veya dolgu maddesi katılmamıştır. Presleme işleminden sonra levhalar 1 hafta üst üste konup bekletilmiş ve test örnekleri 20x75x140 mm (kalınlık, genişlik ve uzunluk) ebatlarında, her grup için 10 adet hazırlanmıştır.

Yöntem

Hazırlanan test örnekleri kurutma dolabında tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Tam kuru ağırlıkları alınmış ve hemen sonra iklimlendirme dolabına yerleştirilmiştir. Dolabın şartları %0 bağıl nem ve -10 °C sıcaklığa ayarlanmıştır. Test örnekleri -10 °C sıcaklığa gelinceye kadar soğutulmuştur. Örneklerin sıcaklıklarından emin olmak için lazerli bir termometreden yararlanılmıştır. Bu aşamadan sonra test örneklerinin genişlik ve uzunlukları hızlı bir şekilde dijital kumpasla 0.01 hassasiyette ölçülmüştür. İkinci aşamada iklimlendirme dolabının şartları %0 bağıl nem ve +40 °C sıcaklığa ayarlanmış ve test örnekleri ısıtılmıştır. Örneklerin sıcaklığı +40 °C sıcaklığa ulaştıktan sonra hızlı bir şekilde genişlik ve uzunlukları aynı nokalardan tekrar ölçülmüştür. Elde edilen soğuk ve sıcak ölçüm sonuçlarından aşağıdaki formül (1) yardımı ile ısı genleşme katsayıları hesaplanmıştır.

$$\alpha = \frac{d_L}{L_1 \cdot d_t}$$

(1)

Burada; d_L sıcaklık ile meydana gelen uzama miktarı (mm), d_t sıcaklık farkı (°C), L₁ ise ilk uzunluktur (mm) (Örs ve Keskin, 2001).

Elde edilen bulgular Excel programında düzenlenmiş ve SPSS istatistik programında analizleri yapılmıştır. İstatistik analizlerde her ağaç için ayrı ayrı tek yönlü varyans (One-way ANOVA) analizi yapılmıştır. Masif ağaç malzemedeki öz odun ile diri odun, lamine ağaç malzemedeki ise ÜF ile FF tutkalları ile üretilen gruplar olmak üzere 4 grup arasında fark olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Varyans analizi sonucunda önemli seviyede fark bulunan gruplarda Duncan testi ile benzer ve farklı olan gruplar belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Masif ve lamine ağaç malzemenin tam kuru yoğunluk miktarları Çizelge 1'de, liflere dik yönde ısı genleşme katsayıları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 2'de, liflere paralel yöndeki bulgular Çizelge 3'de ve varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Masif ve lamine ağaç malzemede tam kuru yoğunluk miktarları (kg/m³)

		MASİF AĞAÇ MALZEME		LAMİNE AĞAÇ MALZEME	
		ÖZODUN	DİRİ ODUN	ÜF	FF
KAVAK	x	323	377	424	429
	s	29	31	24	17
KAYIN	x	632	616	637	652
	s	47	49	21	16
OKALİPTÜS	x	516	634	604	611
	s	62	90	24	27

x: aritmetik ortalama, s: standart sapma

Çizelge 1’de tam kuru yoğunluk miktarlarına ait bulgular verilmiştir. Bu bulgular incelendiğinde lamine ağaç malzemelerin masif ağaç malzemelere göre daha yüksek yoğunluk miktarına sahip olduğunu ve en yüksek yoğunluk artışının kavak odununda olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Masif ve lamine ağaç malzemede teğet yönde ısıl genleşme katsayıları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (°C⁻¹)

		MASİF AĞAÇ MALZEME		LAMİNE AĞAÇ MALZEME	
		ÖZ ODUN	DİRİ ODUN	ÜF	FF
KAVAK	x	1.88x10 ⁻⁵ A	2.25x10 ⁻⁵ A	4.33x10 ⁻⁵ B	4.08x10 ⁻⁵ B
	s	1.43x10 ⁻⁵	1.23x10 ⁻⁵	1.21x10 ⁻⁵	1.56x10 ⁻⁵
KAYIN	x	2.33x10 ⁻⁵ A	3.58x10 ⁻⁵ B	4.41x10 ⁻⁵ B	4.64x10 ⁻⁵ B
	s	1.18x10 ⁻⁵	1.05x10 ⁻⁵	1.21x10 ⁻⁵	1.13x10 ⁻⁵
OKALİPTÜS	x	2.57x10 ⁻⁵ A	4.09x10 ⁻⁵ B	4.32x10 ⁻⁵ B	4.66x10 ⁻⁵ B
	s	1.17x10 ⁻⁵	1.58x10 ⁻⁵	1.28x10 ⁻⁵	1.45x10 ⁻⁵

Çizelge 2 incelendiğinde genel olarak liflere dik yönde (teğet yönde) ölçülen değerler liflere paralel yönde ölçülen değerlerden çok daha yüksektir. Liflere dik yönde en küçük değer kavak öz odununda (1.88x10⁻⁵ °C⁻¹) ölçülmüştür. En yüksek değer ise FF tutkalı ile üretilen okalıptüs LVL’de ölçülmüştür (4.66x10⁻⁵ °C⁻¹).

Çizelge 3. Masif ve lamine ağaç malzemede liflere paralel yönde ısıl genleşme katsayıları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (°C⁻¹)

		MASİF AĞAÇ MALZEME		LAMİNE AĞAÇ MALZEME	
		ÖZ ODUN	DİRİ ODUN	ÜF	FF
KAVAK	x	0.78x10 ⁻⁵ A	0.70x10 ⁻⁵ A	0.79x10 ⁻⁵ A	0.86x10 ⁻⁵ A
	s	0.41x10 ⁻⁵	0.27x10 ⁻⁵	1.90x10 ⁻⁵	0.16x10 ⁻⁵
KAYIN	x	0.64x10 ⁻⁵ A	1.37x10 ⁻⁵ B	1.16x10 ⁻⁵ AB	1.12x10 ⁻⁵ AB
	s	0.20x10 ⁻⁵	0.70x10 ⁻⁵	0.56x10 ⁻⁵	0.54x10 ⁻⁵
OKALİPTÜS	x	1.28x10 ⁻⁵ A	1.48x10 ⁻⁵ A	0.76x10 ⁻⁵ A	1.03x10 ⁻⁵ A
	s	1.08x10 ⁻⁵	1.22x10 ⁻⁵	0.28x10 ⁻⁵	0.36x10 ⁻⁵

Çizelge 3 incelendiğinde liflere paralel yönde en küçük değer kayın öz odununda ($0.64 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) ve en yüksek değer okalıptüs diri odununda ölçülmüştür ($1.48 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). Ancak kayın odunu hariç gruplar arasında önemli farklar belirlenmemiştir. Lamine ağaç malzemede tutkal türleri arasında da önemli fark belirlenmemiştir.

Çizelge 4. Masif ve lamine ağaç malzemede ağaç türlerine göre teğet yönde ve liflere paralel yönde ölçülen ısı genleşme katsayılarına ait varyans analizi sonuçları (*)

	TEĞET YÖNDE			LİFLERE PARALEL YÖNDE		
KAVAK						
	Kareler toplamı	F değeri	Önem Düzeyi	Kareler toplamı	F değeri	Önem Düzeyi
Gruplar arası	46.58	7.44	0.001	0.12	0.47	0.705
Gruplar içi	75.10		(**)	3.11		(NS)
Toplam	121.68			3.23		
KAYIN						
	Kareler toplamı	F değeri	Önem Düzeyi	Kareler toplamı	F değeri	Önem Düzeyi
Gruplar arası	32.67	7.45	0.001	2.86	2.88	0.049
Gruplar içi	52.60		(**)	11.90		(*)
Toplam	85.26			14.76		
OKALİPTÜS						
	Kareler toplamı	F değeri	Önem Düzeyi	Kareler toplamı	F değeri	Önem Düzeyi
Gruplar arası	25.57	4.01	0.015	2.91	1.22	0.318
Gruplar içi	76.43		(*)	28.73		(NS)
Toplam	102.00			31.64		

*Varyans analizi yapmadan önce, ham verilerin çok küçük rakamlardan oluşması sebebiyle (örneğin 0.78×10^{-5}) ham veriler 10.000'e bölünerek veri dönüşümü yapılmıştır. Çizelge 4'te verilen kareler toplamaları veri dönüşümü yapıldıktan sonraki sonuçlardır.

Teğet yönde, Çizelge 4'de verilen varyans analizi sonuçlarına göre ısı genleşme katsayıları arasındaki farklar kavak odununda 0.01, kayın odununda 0.01 ve okalıptüste 0.05 yanılma olasılığı için önemli olarak belirlenmiştir. Çizelge 2'de verilen Duncan testi sonuçlarına göre masif ağaç malzeme ile lamine ağaç malzeme arasında kavak odununda belirgin fark vardır. Kayın ve okalıptüs odunlarında öz odun ile diğer gruplar arasında önemli fark belirlenmiştir. Lamine ağaç malzemede ÜF ile üretilen LVL ve FF ile üretilenler arasında istatistiksel olarak bir fark belirlenmemiştir. Öz odun ile diri odun arasında kavak odununda istatistiksel olarak fark yoktur. Fakat kayın ile okalıptüs odununda fark belirlenmiştir.

Liflere paralel yönde, Çizelge 4'de verilen varyans analizi sonuçlarına göre kayın odununda gruplar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P < 0.05$). Ancak, kavak ve okalıptüs odunlarında fark belirlenmemiştir (NS). Bu konuda, Simpson ve Tenwolde (1999) tarafından tam kuru odunun liflere paralel yönde ısı genleşme katsayısının ağaç türüne ve yoğunluğa bağımlı olmadığı belirtilmiştir.

Teğet yönde odunun su alması ile meydana gelen genişleme miktarı, ısı alması ile meydana gelen genişleme miktarından çok daha fazladır. Bu konuda yapılan bazı çalışmalarda odunun liflere dik yönde ısı genleşme miktarının yoğunluğa bağlı olduğu ve yoğunluğu yüksek olan odun örneklerinin daha yüksek ısı genleşme miktarına sahip oldukları bildirilmiştir (Simpson ve Tenwolde, 1999). Çizelge 1, 2 ve 3'de verilen bulgular incelendiğinde genel olarak yoğunluğu düşük olan gruplarda ısı genleşme katsayısının düşük, yoğunluğu yüksek olan gruplarda ise daha yüksek ölçüldüğü görülmektedir. Aynı durum odunun su alması sonucu genişlemesine benzerdir. Yoğunluğu yüksek olan odun örneklerinde genişleme miktarı daha yüksek ölçülmektedir. Ayrıca, tam kuru yoğunluk miktarı ile genişleme miktarı arasında güçlü-pozitif bir ilişki vardır. Fakat bu ilişki odunun yıllık halka yapısı, lif özellikleri, yaz odunu miktarı, özışını miktarı ve ekstraktif maddeler gibi birçok

faktörden etkilenmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda odunun ısıl genleşme katsayısının da bu faktörlerin bazılarında etkilendiği söylenebilir.

Odunun su alması ile meydana gelen genişleme miktarı liflere dik yönde, liflere paralel yönde çok daha yüksektir. Ağaç türleri arasında farklılık göstermekle beraber, ortalama bir değer olarak, teğet yönde ölçülen değer radyal yönde ölçülen değerden yaklaşık olarak 1.5–2.5 kat daha yüksektir. Teğet yöndeki genişleme miktarı liflere paralel yönde ölçülenden 30–60 kat daha yüksektir. Bu durumun odunun anizotropik yapıda bir malzeme olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Simpson ve Tenwolde, 1999; Rowell, 2005). Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilen liflere dik ve liflere paralel yöndeki ısıl genleşme katsayıları incelendiğinde liflere dik yöndeki ısıl genleşme katsayısının paralel yöndekine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Teğet yöndeki ısıl genleşme katsayısı liflere paralel yöndekinin; kavak öz odununda 2.4, kayın öz odununda 3.6, okalıptüs öz odununda 2 katıdır. ÜF ile yapıştırılmış lamine ağaç malzeme de ise; kavak odununda 5.5, kayın odununda 3.8 ve okalıptüs odununda 5.7 katıdır.

Sonuçlar

Bu çalışmada, masif ağaç malzeme ile aynı ağaç türünden elde edilen LVL’de -10 °C ile +40 °C aralığında meydana gelen genişleme miktarları ile ısıl genleşme katsayıları belirlenmiştir. Masif ağaç malzeme de odun özelliklerinin farklılığından dolayı öz odun ve diri odunda ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır. Lamine malzemelerde ise ÜF ve FF tutkal türlerinin etkisi ölçülmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

- Yoğunluğu yüksek olan gruplarda ısıl genleşme katsayısı daha yüksek ölçülmüştür. Aynı ağaç türüne ait lamine ağaç malzemenin ısıl genleşme katsayısı masif ağaç malzemeye göre kavak odununda istatistiksel olarak önemli seviyede farklıdır. Ancak, kayın ve okalıptüste sonuçlar karmaşıktır. Bunun sebebinin laminasyonla kavakta diğerlerine göre daha fazla yoğunluk artışı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Kayın ve okalıptüse ait masif ağaç malzeme de öz odun ile diri odun arasında teğet yönde ısıl genleşme katsayıları istatistiksel olarak önemli seviyede farklıdır.
- Lamine ağaç malzeme de teğet yönde ölçülen ısıl genleşme katsayılarının liflere paralel yönde ölçülene oranı, masif ağaç malzemeninkinden daha yüksektir.
- Lamine ağaç malzeme de tutkal türünün ısıl genleşme katsayısı üzerine etkisi teğet yönde ve liflere paralel yönde önemsizdir.

Odunun su alması ile meydana gelen genişleme miktarı ısı alması ile meydana gelen genişlemeden çok daha yüksek olduğu için ısıl genleşme katsayısının uygulamada her kullanım yerinde pratik önemi bulunmamaktadır. Ancak, su almaya karşı modifiye edilmiş düşük rutubet yüzdelere sahip ahşap malzemelerde göz önünde bulundurulması önerilir.

Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi araştırma projeleri yönetim birimi başkanlığı tarafından 2009/3-2D numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Anonymous, 2012. Linear Coefficient of Thermal Expansion, <http://www.ndt-ed.org>, (Son erişim: 13.05.2012)
- Bal BC, Bektaş İ ve Kaymakçı A, 2011. Sedir (*Cedrus Libani* A.Richard) Odununun Bazı Önemli Mekanik Özellikleri ve Bu Özelliklerin Tam Kuru Yoğunlukla İlişkisi, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Bildiriler kitabı, S: 1150.
- Bao F, Fu F, Choong E T and Hse C, 2001. Contribution Factor of Wood Properties Of Three Poplar Clones To Strength Of Laminated Veneer Lumber, Wood and Fiber Science, **33 (3)**:345-352.
- Baştürk MA, 2007 Thermal Linear Expansion of Oriented Strandboard, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, **10 (1)**: 85-88.
- Burdurlu E, Kılıç M, İlce A C ve Uzunkavak O, 2007. The Effects of Ply Organization and Loading Direction on Bending Strength and Modulus of Elasticity in Laminated Veneer Lumber (LVL) Obtained From Beech (*Fagus orientalis* L.) and Lombardy poplar (*Populus nigra* L.), Construction and Building Materials **21**: 1720–1725.
- Green D W, Winandy J E and Kretschmann D E, 1999. Mechanical Properties of Wood, Wood handbook, Wood as Engineering Material. FPL, 11-2, Madison.
- Bozkurt Y ve Göker Y, 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: **3944**, İstanbul.
- Keskin H, 2001. Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Örs Y ve Keskin H, 2001. *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Gazi Üniversitesi Ders Kitabı, S:77, Ankara.
- Rowell M R, 2005. *Moisture Properties*, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, P:77.
- Shukla S R and Kamdem P D, 2009. Properties Of Laboratory Made Yellow Poplar (*Liriodendron Tulipifera*) Laminated Veneer Lumber: Effect Of The Adhesives, Eur. Journal. Wood Product **67**: 397–405.
- Simpson W and Tenwolde A, 1999. *Physical Properties and Moisture Relations of Wood*, Wood handbook, Wood as Engineering Material. FPL, 3-21, Madison.
- Simpson W T, 2001. *Properties of Wood Related to Drying*, USDA Agricultural Handbook AH-188: Dry Kiln Operator's Manual.