

## HIZLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE MARUZ BIRAKILMIŞ ÇİMENTOLU LİF LEVHALARIN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ergün GÜNTEKİN

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260 ISPARTA  
eguntekin@orman.sdu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, kızılçam lifleri ve ticari çimento kullanılarak laboratuvar şartlarında üretilmiş çimentolu lif levhaların hızlandırılmış yaşlandırma testleri öncesi ve sonrasında bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Levhalar üzerinde ayrıca yoğunluğun, lif/çimento oranının ve kullanılan kimyasal oranının etkisi de incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre hızlandırılmış yaşlandırma testleri fiziksel ve mekanik özellikleri azaltıcı etki yapmaktadır. Yoğunluğun ve kullanılan bağlayıcı oranının artırılması mekanik özellikleri genellikle önemli düzeyde artırmaktadır. Lif/çimento oranının artması eğilme direnci, kalınlığına şişme ve su alma değerlerini önemli oranda artırırken elastikiyet modülünü önemli ölçüde düşürmüştür. Çalışma sonuçlarına göre kızılçam lifleri kullanılarak üretilen çimentolu lif levhalar dış ortamda kullanılmaya elverişlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Çimentolu lif levha, yaşlandırma testleri, fiziksel ve mekanik özellikler

### SOME PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT BONDED FIBERBOARD EXPOSED TO ACCELERATED AGING

#### ABSTRACT

In this study, some mechanical and physical properties before and after accelerated aging tests of the cement bonded fiberboard made of using Calabrian pine fibers have been investigated. Effects of density, wood / cement ratio, and accelerator (%) used in manufacturing experimental boards have been also studied. Comprehensive sets of replicated physical and flexural test data were generated, and were analyzed statistically. The results obtained in this study were indicative of significant effects of accelerated aging on physical and flexural performance of cement bonded fiberboard. Increase of density and percent of accelerators used generally causes an increase in mechanical properties. Percent accelerator used also cause an increase in TS and WA. Increase of fiber / cement ratio resulted in an increase in MOR, TS, and WA while a significant decrease was observed for modulus of elasticity. Results indicate that fiber cement boards with Calabrian pine fibers are suitable for outdoor exposure conditions.

**Keywords:** Cement bonded fiberboard, physical and mechanical properties, accelerated aging

## 1. GİRİŞ

Odunun veya tarımsal biyolojik atıkların inorganik maddelerle bileştirilmesi çok eskilere dayanmaktadır. Buğday veya pirinç saplarının çamur ile karıştırılarak çamur-tuğla kompozitlerinin üretilmesi, çimento bağlayıcılı ahşap levhaları üretiminin köklerini oluşturmaktadır. Bu sap parçaları ile çamur karışımı (kerpiç) halen az gelişmiş ülkelerde kullanılmaktadır. (Moslemi, 1999)

Çimento bağlayıcılı ahşap kompozitleri; ahşabın yüksek direnç/ağırlık oranı, yenilenebilir bir kaynak olması, düşük maliyet, termal ve akustik özellikleri ve çimentonun bağlayıcı özelliğinin yanı sıra rutubet almaya, yangına ve biyolojik zararlılara karşı etkili olması gibi özellikleri bünyesinde barındırmaktadır (Moslemi, 1989; Godell vd., 1997; Ramirez-Coretti vd., 1998). Daha da önemlisi masif ahşap ve bazı ahşap kompozitlerinin hassas olduğu yangın, iklim ve biyolojik bozunma riskinin yüksek olduğu kullanım alanlarına daha uygundur (Dinwoodie ve Paxton, 1991). Diğer ahşap kompozitlerine göre ağırlık / direnç oranları yüksek olmasına rağmen yangına ve biyolojik bozulmaya dirençli oldukları için çimento bağlayıcılı ahşap kompozitleri özellikle Avrupa ve Asya'da dış cephe kaplaması, çatı ve zemin kaplaması olarak kullanım yeri bulmaktadırlar.

Çimento bağlayıcılı ahşap kompozitleri üzerine yapılan çalışmaların büyük bir kısmı çimentolu yonga levha (Hosfstarnd vd., 1984; Fuwape, 1995; Sudin vd., 1995; Sekino and Suzuki, 2002; Yaguang ve Kandem, 2002; Okino vd., 2004a; Okino vd., 2004b; Okino vd., 2005; Fan vd., 2006; Papadopoulos, 2008) odun ve odun dışı türlerin uyumluluk testleri [Hachmi ve Campbell, 1989; Matsushita vd., 2002; Bilka vd., 2003; Papadopoulos, 2007; Olorunnisola, 2008) odun ve çimento arasındaki reaksiyonu hızlandırma teknikleri [Soroushian vd. 2003; Soroushian vd. 2004) biyolojik bozulma (Goodell, 1997; Papadopoulos, 2006; Papadopoulos, 2007) boyutsal kararlılık (Moslemi ve Pfister, 1987; Fan vd., 2006) ve dayanıklılık (Pirie vd., 1990; Sekino ve Suzuki, 2002; Mohr vd., 2005) üzerinedir. Son zamanlarda çimento bağlayıcılı yönlendirilmiş şerit yonga levha (Papadopoulos, 2006) ve kirişler de (Bejo vd., 2005) laboratuvar ortamında üretilmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ayrıca odun dışı türlerin çimento bağlayıcılı kompozit üretiminde kullanımını araştırmışlardır (Soroushian vd., 2004; Ayaji, 2006; Aamr-Derya vd., 2008; Aggarwal vd., 2008).

Çimento bağlayıcılı ahşap kompozitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde birçok faktörün etkisi bulunmaktadır. Bu faktörler içinde lif / çimento oranı, yoğunluk, kullanılan hızlandırıcı kimyasal türü ve miktarı, yonga veya lif geometrisi, odun türleri, kullanılan su miktarı, oduna uygulanan ön işlemler, odunun kimyasal yapısı, çimentonun kimyasal kompozisyonu gibi faktörlerin etkisi büyüktür (Moslemi, 1993; Jorge vd., 2004; Frybort vd., 2008).

Kızılcım odununun çimento ile uyumluluğu veya çimento bağlayıcılı kompozit üretiminde kullanılabilirliği üzerine herhangi bir çalışma mevcut değildir. Halbuki, Kızılcım Türkiye'de yetişen doğal türler içerisinde en fazla yayılış gösteren ve

hızlı büyüyen bir türdür ve odunu orman ürünleri endüstrisinde çeşitli alanlarda hammadde olarak kullanılmaktadır (Bektas vd., 2003).

Bu çalışmanın amacı talaş atıklarından elde edilen Kızılçam odunu (*Pinus Brutia* Ten.) liflerinin çimento bağlayıcılı kompozit levha üretiminde kullanmaktır. Bunun için ilk önce uyumluluk indeksi, daha sonrada farklı yoğunluk, lif / çimento oranı ve bağlayıcı madde miktarı kullanılarak üretilen ve hızlı yaşlandırma testlerine maruz bırakılan levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın ilk amacı kızılçam liflerinin çimento ile uyumluluğunu belirlemektir. Uyumluluk indeksi ( $I$ ) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$I = 100 [(t_2 - t'_2) / t'_2] * ((T'_2 - T_2) / T'_2) * ((S'_2 - S_2) / S'_2) ]$$

Burada:

$t_2$  = lif – çimento- su karışımında maksimum sıcaklığa ulaşmak için geçen zaman (saat),

$t'_2$  = çimento – su karışımında maksimum sıcaklığa ulaşmak için geçen zaman (saat),

$T_2$  = lif – çimento- su karışımında maksimum hidrasyon ısısı °C,

$T'_2$  = çimento – su karışımında maksimum hidrasyon ısısı °C,

$S_2$  = lif – çimento – su karışımında sıcaklık – zaman eğrisinin maksimum eğimi, °C/saat,

$S'_2$  = çimento – su karışımında sıcaklık – zaman eğrisinin maksimum eğimi, °C/saat (Papadopoulos, 2007).

Çalışmanın ikinci aşamasında atık talaşlardan mekanik yöntemle elde edilen liflerin çimento bağlayıcılı kompozit levha üretiminde kullanıldığında ortaya çıkan levha özellikleri incelenmiştir. Liflendirme işleminden önce talaşlar % 1'lik NaOH çözeltisinde 24 saat bekletilmiş ve su ile tekrar yıkanmıştır. Elde edilen lifler yaklaşık olarak % 7 rutubete gelinceye kadar kapalı ortamda bekletilmişlerdir.

Dört faktörlü bir deneme deseni ile yaşlandırma, lif / çimento oranı, yoğunluk ve reaksiyon hızlandırıcı kimyasal madde miktarının levha özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bağlayıcı olarak ticari Portland çimentosu kullanılmıştır. Çalışmada uygulanan lif/çimento oranları sırasıyla; 1:1, 1:2 ve 1:3'tür. Lif-çimento arasındaki reaksiyonu hızlandırmak için Kalsiyum klorid ( $CaCl_2$ ) çimento miktarının % 2, 4 ve 6'sı oranında kullanılmıştır. Distile suya belirlenen miktarlarda eklenen  $CaCl_2$  önce liflerin üzerine püskürtülerek karıştırılmıştır,

## HIZLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE MARUZ BIRAKILMIŞ ÇİMENTOLU LİF LEVHALARIN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

daha sonra ıslak lifler çimento tamamen ıslanana kadar karıştırılmıştır. Kullanılan su miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$su\ miktarı = 0.35C + (0.3 - MC) W$$

Burada:

$C$  = çimento miktarı (gr)

$MC$  = liflerin rutubet miktarı (fırın kurusu yöntemiyle)

$W$  = fırın kurusu lif miktarı (gr) (Papadopoulos, 2007).

Yaklaşık 10 dakika süren karıştırma işleminden sonra lif – çimento pastası 35 x 31 cm ebatlarındaki metal kalıplara elle homojen olacak şekilde serilerek prese taşınmış ve yaklaşık 5 N/mm<sup>2</sup>’lik bir basınç altında 24 saat bekletilmiştir. Preste 12 mm kalınlıkta sertleşen çimentolu lif levhalarda hedef yoğunluklar 1, 1.1 ve 1.2 gr/cm<sup>3</sup>’tür. Toplam 54 adet üretilen levhalar yaklaşık 20 °C sıcaklık ve % 65 rutubette bekletilerek ASTM D 1037 standartlarına göre eğilmede elastikiyet, eğilme direnci, yüzeye dik çekme direnci, 24 saat suda bekletme sonucu su alma miktarı ve kalınlığına şişme miktarlarının belirlenmesi için örnekler kesilmiştir. Örneklerin yarısına ASTM D 1037’de belirtilen hızlandırılmış yaşlandırma testleri uygulanmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma testlerinde örnekler aşağıdaki şartlara maruz bırakılmıştır, bu şartlar 6 defa tekrarlanmıştır.

- 1- 49 ° C (± 2) deki suda bekletme (1 saat)
- 2- 93 ° C (± 3) de buharda bekletme (3 saat)
- 3- -12 ° C (± 3) soğukta bekletme (20 saat)
- 4- 99 ° C (± 2) sıcakta bekletme (3 saat)
- 5- 93 ° C (± 3) de buharda bekletme (3 saat)
- 6- 99 ° C (± 3) sıcakta bekletme (18 saat)

### 3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Uyumluluk testi sonuçlarına göre kızılçam’ın uyumluluk indeksi 25.65 % (moderate inhibition = orta uyumlu) çıkmıştır. Buda kızılçam odununun çimento bağlayıcılı ahşap kompozit levha üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

Levhaların yaşlandırma testlerinden önce ve sonra ölçülen ortalama elastikiyet modülü, eğilme direnci, yüzeye dik çekme direnci, su alma ve kalınlığına şişme değerleri çizelge 1 ve 2’de verilmiştir. Bu değerler üzerindeki ana değişkenlerin ve bunların etkileşimlerini görmek için varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Varyans analizi ile önemli bulunan değişkenleri karşılaştırmak içinde DUNCAN testi kullanılmıştır. ANOVA testi sonuçlarına göre hızlı yaşlandırma testleri, yoğunluk, lif / çimento oranı ve kullanılan hızlandırıcı miktarının ve bunların bazı etkileşimlerinin levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde önemli etkileri görülmüştür. Değişkenler içerisinde lif / çimento oranının fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi diğerlerine göre daha belirgindir.

Çizelge 1. Levhaların hızlandırılmış yaşlandırma testlerine maruz bırakılmadan önceki bazı mekanik ve fiziksel özellikleri \*.

d	L/Ç	H (%)	EM (N/mm <sup>2</sup> )	ED (N/mm <sup>2</sup> )	YDÇD (N/mm <sup>2</sup> )	SA (%)	KŞ (%)
1	1	2	3247 (390)	11.79 (1.79)	1.34 (0.17)	24.53 (1.21)	3.61 (0.40)
	1	4	4091 (498)	14.59 (0.81)	1.31 (0.17)	30.55 (3.55)	2.42 (0.24)
	1	6	3566 (206)	15.37 (0.64)	1.23 (0.22)	24.64 (1.68)	1.93 (0.17)
	0.5	2	5133 (585)	13.57 (2.36)	0.85 (0.25)	18.50 (2.08)	1.41 (0.24)
	0.5	4	4810 (745)	10.52 (1.47)	1.17 (0.09)	20.63 (3.58)	0.53 (0.11)
	0.5	6	4835 (690)	12.58 (1.34)	1.17 (0.09)	20.69 (1.32)	0.54 (0.13)
	0.33	2	6179 (652)	11.94 (1.29)	1.11 (0.17)	16.75 (2.62)	0.90 (0.24)
	0.33	4	4269 (1033)	7.27 (1.47)	0.86 (0.19)	18.29 (3.15)	1.23 (0.31)
	0.33	6	5065 (1128)	10.46 (2.37)	1.82 (0.11)	15.43 (1.88)	0.70 (0.38)
1.1	1	2	2970 (300)	11.83 (1.25)	1.23 (0.07)	21.25 (1.74)	4.44 (0.19)
	1	4	4801 (779)	19.21 (2.18)	1.25 (0.20)	23.66 (1.21)	3.69 (0.56)
	1	6	5647 (419)	24.10 (1.81)	1.69 (0.14)	17.71 (0.91)	2.81 (0.31)
	0.5	2	5842 (222)	15.84 (1.02)	1.30 (0.26)	15.53 (2.96)	1.50 (0.43)
	0.5	4	5770 (616)	13.50 (1.61)	1.44 (0.24)	17.08 (1.75)	1.51 (0.33)
	0.5	6	6213 (626)	17.10 (1.39)	1.40 (0.22)	13.58 (2.44)	1.24 (0.42)
	0.33	2	6531 (903)	11.00 (1.06)	1.36 (0.10)	17.19 (1.02)	1.19 (0.17)
	0.33	4	6046 (955)	12.67 (1.77)	1.44 (0.10)	12.39 (0.73)	1.18 (0.26)
	0.33	6	6979 (564)	13.88 (1.55)	1.81 (0.31)	12.46 (2.93)	0.79 (0.26)
1.2	1	2	2833 (245)	13.30 (1.53)	0.97 (0.07)	22.45 (1.50)	5.76 (0.77)
	1	4	5359 (693)	19.85 (2.46)	1.05 (0.17)	17.55 (1.53)	3.98 (1.04)
	1	6	4174 (281)	19.01 (1.09)	1.34 (0.19)	14.62 (1.17)	1.89 (0.08)
	0.5	2	5926 (574)	17.83 (1.53)	1.33 (0.16)	14.71 (1.02)	2.48 (0.80)
	0.5	4	6584 (320)	16.38 (1.28)	1.79 (0.38)	14.96 (2.84)	1.64 (0.73)
	0.5	6	6287 (899)	19.12 (2.65)	1.91 (0.16)	12.76 (2.09)	0.89 (0.47)
	0.33	2	6221 (998)	13.05 (1.75)	1.39 (0.14)	14.09 (1.65)	0.88 (0.12)
	0.33	4	6932 (700)	14.82 (1.95)	1.66 (0.28)	12.78 (2.37)	0.62 (0.33)
	0.33	6	6654 (1166)	14.21 (1.70)	1.77 (0.19)	7.86 (1.39)	0.48 (0.27)

\*Her bir değer en az 5 örneğin ortalamasıdır, parantez içinde standart sapma değerleri verilmiştir (d=Yoğunluk, L/Ç= Lif/Çimento oranı, H=CaCl<sub>2</sub> oranı).

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre hızlandırılmış yaşlandırma testleri levhaların bütün özelliklerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Şekil 1). Hızlı yaşlandırma testleri levhaların elastikiyet modülünü (EM) yaklaşık % 30, eğilme direncini (ED) % 50, yüzeye dik çekme direncini (YDÇD) % 35, su alma miktarını (SA) % 20, kalınlığına şişme miktarını (KŞ) ise % 50 azaltmıştır. Bunlardan mekanik özelliklerdeki azalma beklenen bir sonuç olurken, su alma ve kalınlığına şişme miktarları beklenmedik bir şekilde azalmıştır. Bu azalmanın sebebi yaşlandırma testleri sırasında OH gruplarının ve levha içerisindeki boşlukların tamamen doymuş olması olabilir.

Çalışma sonuçlarına göre lif / çimento oranının azalması elastikiyet modülünü önemli ölçüde artırırken su alma ve kalınlığına şişme miktarlarını ise azaltmaktadır. Lif / çimento oranının artması ise kırılma derecesini önemli oranda arttırmaktadır. Lif / çimento oranı ile mekanik özellikler arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmektedir. Literatürde de lif / çimento oranı ile elastikiyet modülü ve eğilme

HIZLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE MARUZ BIRAKILMIŞ ÇİMENTOLU LİF LEVHALARIN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

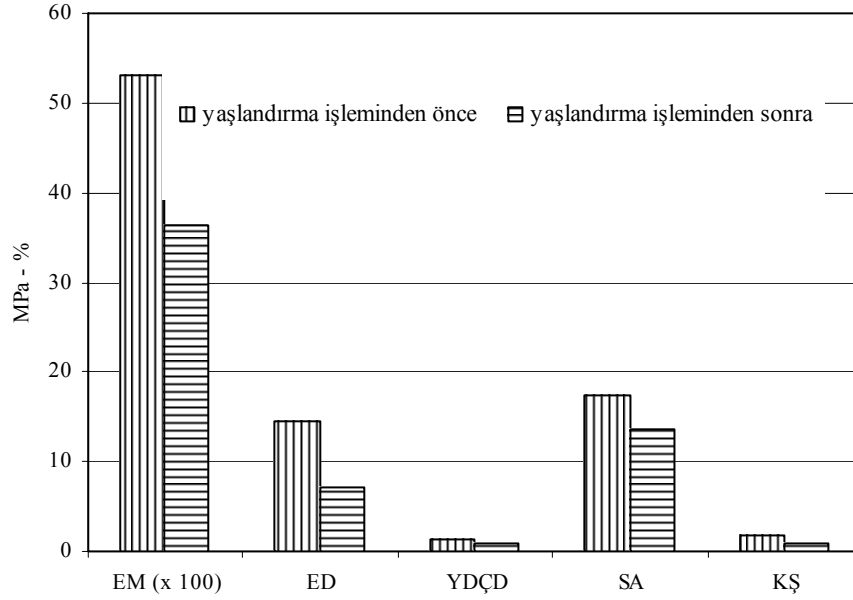
direnci arasında benzer sonuçlar görülmüştür. (Kandem ve Yaguang, 2002; Moslemi ve Pfister, 1987; Papadopoulos, 2008). Lif / çimento oranı ile elastikiyet modülü ve eğilme direnci arasındaki ilişki çimentonun rijitliği ve ahşabın elastikiyeti ile orantılı olduğu söylenebilir (Kandem ve Yaguang, 2002). En yüksek ortalama elastikiyet modülü değerleri 0.33 lif / çimento oranı, 1.2 yoğunluk ve % 6 hızlandırıcı ile üretilen levhalarda, en yüksek ortalama eğilme direnci değerleri 1.0 lif / çimento oranı, 1.2 yoğunluk ve % 6 hızlandırıcı ile elde edilmiştir.

Çizelge 1 ve 2'den de görüleceği üzere yaşlandırma testinden önceki yüzeye dik çekme değerleri 1.08 ile 1.82 N/mm<sup>2</sup> arasında yaşlandırma testlerinden sonraki yüzeye dik çekme değerleri ise 0.97 ile 1.60 N/mm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Çalışmada yüzeye dik çekme direncinin çimento miktarının artması ile önemli miktarda arttığı görülmüştür. Çimentonun lifler arasında bağlayıcı görevi yaptığı düşünüldüğünde bu da beklenen bir sonuçtur (Şekil 2).

Çizelge 2. Levhaların hızlandırılmış yaşlandırma testlerine maruz bırakıldıktan sonraki bazı mekanik ve fiziksel özellikleri \*.

d	L/Ç	H (%)	EM (N/mm <sup>2</sup> )	ED (N/mm <sup>2</sup> )	YDÇD (N/mm <sup>2</sup> )	SA (%)	KŞ (%)
1	1	2	2141 (327)	5.44 (0.71)	0.80 (0.07)	19.09 (1.42)	1.72 (0.07)
		4	2151 (174)	6.30 (0.79)	0.65 (0.03)	15.56 (1.01)	0.83 (0.24)
		6	2138 (690)	8.59 (2.91)	0.80 (0.07)	34.27 (6.92)	0.75 (0.25)
	0.5	2	3505 (695)	6.80 (1.70)	0.65 (0.03)	10.03 (0.68)	0.72 (0.38)
		4	2837 (712)	4.90 (0.89)	0.73 (0.10)	12.17 (1.91)	0.46 (0.20)
		6	4258 (663)	6.16 (0.72)	0.72 (0.06)	15.26 (3.13)	0.95 (0.52)
	0.33	2	3889 (978)	4.55 (1.22)	1.01 (0.03)	9.53 (1.43)	0.45 (0.15)
		4	3433 (243)	3.93 (0.25)	0.69 (0.10)	14.34 (1.89)	0.69 (0.29)
		6	4367 (1071)	5.72 (0.87)	0.97 (0.11)	12.87 (2.62)	0.84 (0.08)
1.1	1	2	1353 (183)	5.21 (0.97)	0.74 (0.12)	19.45 (1.09)	2.72 (0.42)
		4	2832 (332)	9.77 (0.55)	0.95 (0.17)	12.60 (1.39)	0.96 (0.11)
		6	2669 (826)	11.31 (2.98)	0.65 (0.03)	14.56 (1.36)	1.50 (0.15)
	0.5	2	3796 (284)	7.48 (1.51)	0.81 (0.17)	12.18 (1.48)	0.49 (0.32)
		4	3940 (562)	6.10 (0.72)	0.89 (0.02)	12.38 (1.24)	0.76 (0.56)
		6	4232 (678)	8.81 (1.85)	0.71 (0.22)	11.07 (2.38)	0.79 (0.10)
	0.33	2	4186 (1074)	5.88 (1.68)	0.92 (0.32)	11.78 (1.70)	0.62 (0.28)
		4	5701 (299)	7.04 (0.19)	0.92 (0.09)	12.78 (3.32)	0.42 (0.24)
		6	4276 (1717)	4.58 (2.21)	1.03 (0.20)	12.94 (2.28)	0.98 (0.29)
1.2	1	2	1496 (293)	6.05 (0.34)	1.05 (0.16)	16.58 (2.43)	2.55 (0.58)
		4	2932 (221)	9.97 (0.94)	1.02 (0.05)	12.88 (1.46)	1.45 (0.36)
		6	3161 (314)	9.99 (0.90)	0.75 (0.07)	12.06 (0.66)	0.82 (0.38)
	0.5	2	4364 (516)	7.84 (0.60)	0.87 (0.10)	10.37 (0.44)	0.63 (0.16)
		4	4477 (461)	7.57 (0.90)	0.91 (0.23)	10.69 (1.25)	0.49 (0.20)
		6	4720 (531)	8.86 (0.94)	0.89 (0.13)	11.00 (1.38)	0.56 (0.12)
	0.33	2	4267 (519)	5.73 (0.21)	0.97 (0.14)	9.40 (1.38)	0.40 (0.13)
		4	6016 (1236)	8.18 (1.86)	0.97 (0.19)	7.65 (0.49)	0.63 (0.23)
		6	4338 (744)	5.97 (1.58)	1.14 (0.16)	10.11 (0.93)	0.35 (0.13)

\*Her bir değer en az 5 örneğin ortalamasıdır, parantez içinde standart sapma değerleri verilmiştir (d=Yoğunluk, L/Ç= Lif/Çimento oranı, H= CaCl<sub>2</sub> oranı).



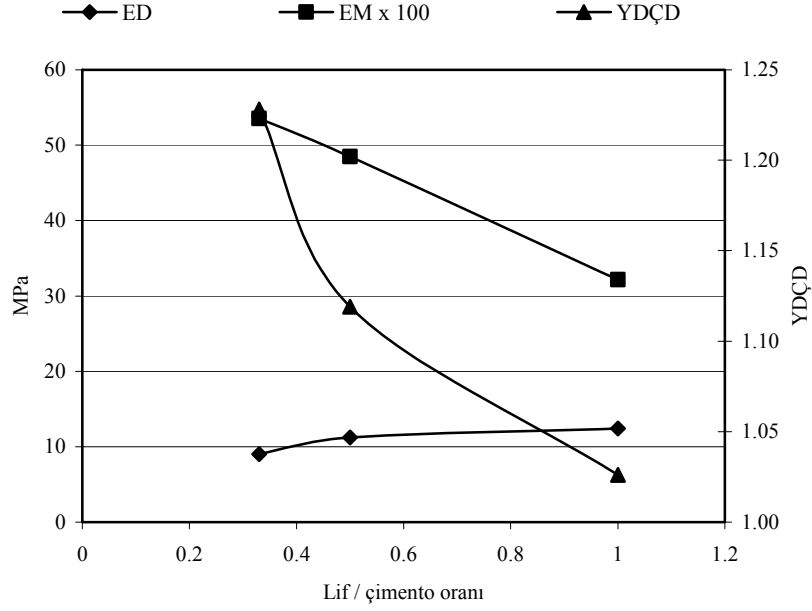
Şekil 1. Hızlandırılmış yaşlandırma testlerinin levhaların bazı mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi.

Levhalarda yoğunluğun artması elastikiyet modülü, eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direnci değerlerini önemli oranda arttırmaktadır (Şekil 3). Ahşap esaslı levhalarda mekanik özellikler genellikle yoğunluğun artması ile birlikte artmaktadır. Kullanılan kimyasal hızlandırıcı oranının artırılması da daha yüksek mekanik özelliklerin elde edilmesine sebebiyet vermiştir (Şekil 4).

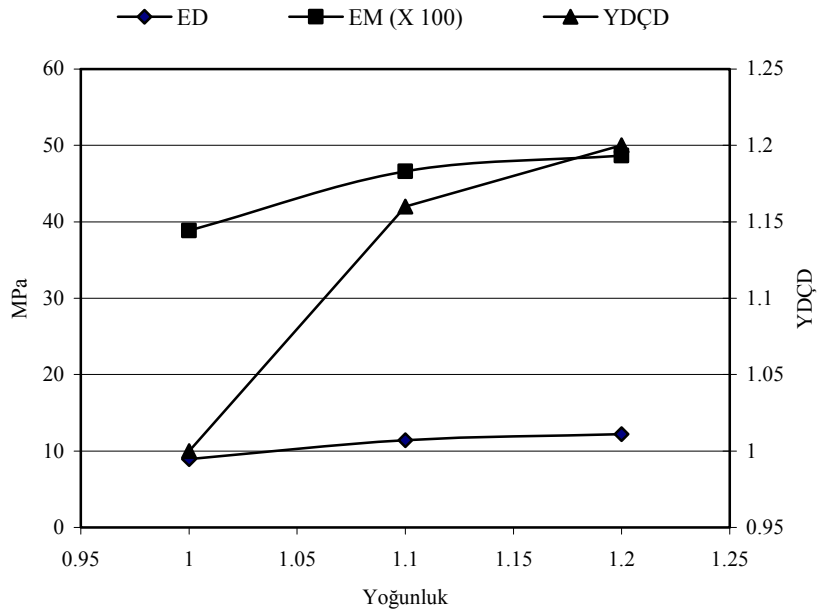
Levhaların ortalama su alma ve kalınlığına şişme değerleri sırasıyla % 0.32 ile 5.62 ve % 5.62 ile 14.69 arasında değişmektedir. Lif / çimento oranının su alma ve kalınlığına şişme değerleri üzerine etkisi şekil 5'te gösterilmiştir. Levhaların su alma ve kalınlığına şişme değerleri lif / çimento oranı ile birlikte önemli düzeyde artmaktadır. Bu direkt olarak hücre çeperlerinde tutulan su miktarları ile ilgilidir. Kalınlığına şişme miktarı yoğunluğun artması ile de artmaktadır. Yoğunluğun yüksek olması levhada daha fazla lif ve daha az iç boşlukların olacağı anlamına geleceği için kalınlığına şişme miktarının yoğunlukla artması ve su alma miktarının yoğunluğun artması ile azalması beklenebilir (Şekil 6). Kullanılan kimyasal hızlandırıcı oranının artırılması kalınlığa şişme miktarını artırırken su alma miktarına önemli etkisi bulunmamıştır (Şekil 7).

Levhaların hızlı yaşlandırma testlerinden sonra özellikleri en çok % 50 oranında değişmiştir. Yapısal kullanımlarda emniyet katsayısı 3 olarak düşünüldüğünde levha direnç özelliklerinin uzun süreli kullanımda 1/3'ünün altına inmeyeceği söylenebilir. Çalışma sonuçlarına göre Kızılçam liflerinin çimentolu lif levha üretimine uygun olacağı ve üretilecek levhaların dış şartlarda kullanılabilceği söylenebilir.

HIZLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE MARUZ BIRAKILMIŞ ÇİMENTOLU LİF LEVHALARIN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

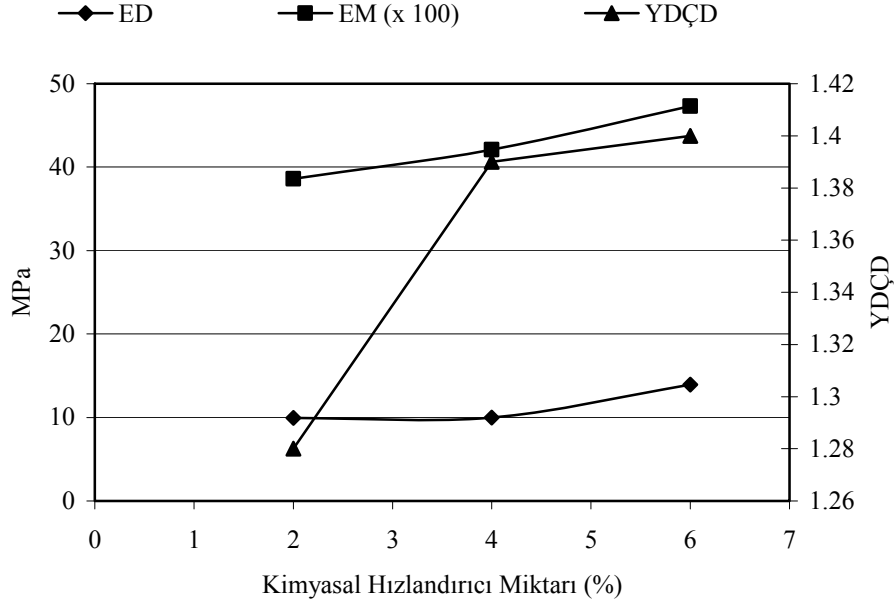


Şekil 2. Lif / çimento oranının bazı mekanik özellikler üzerine etkisi.

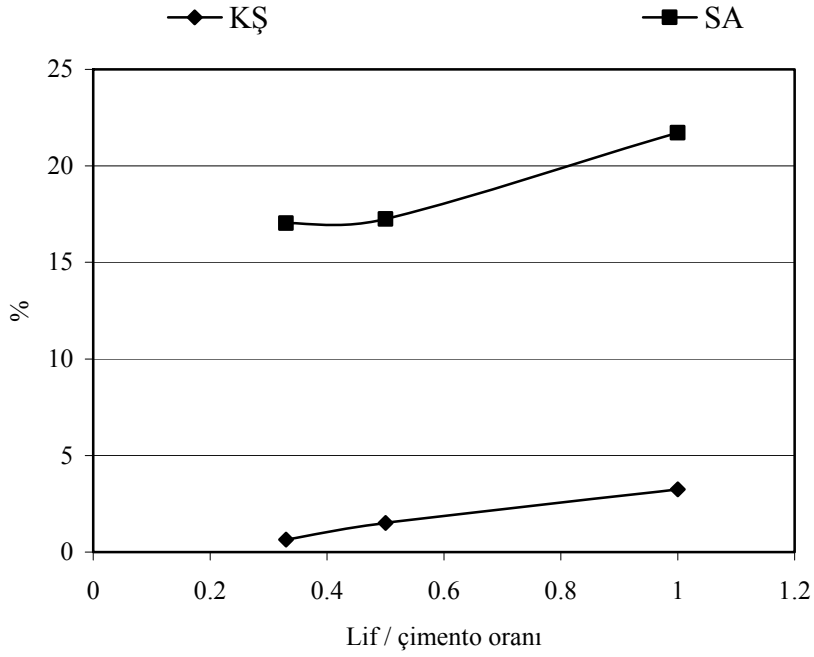


Şekil 3. Levha yoğunluğunun bazı mekanik özellikler üzerine etkisi.



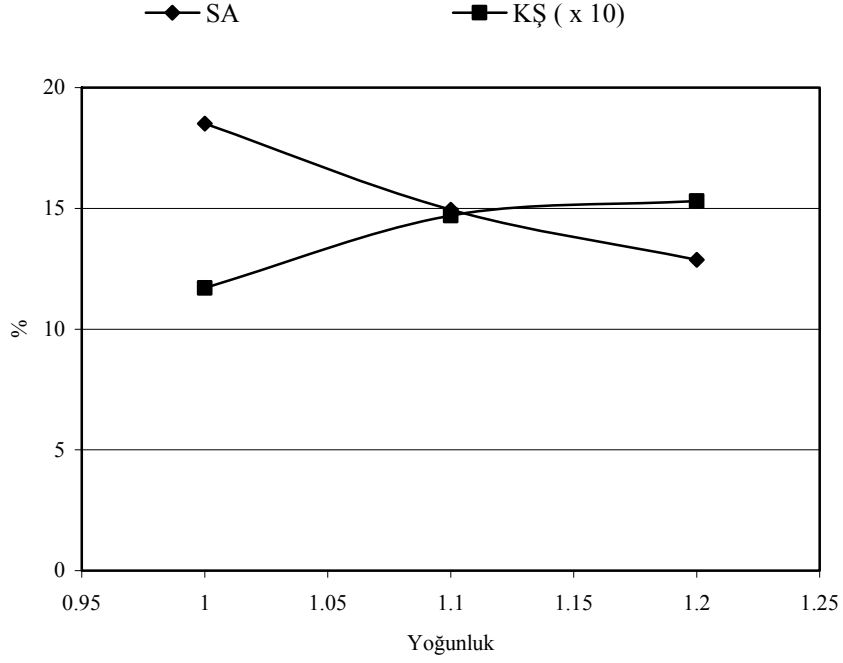


Şekil 4. Hızlandırıcı miktarının mekanik özellikler üzerine etkisi.

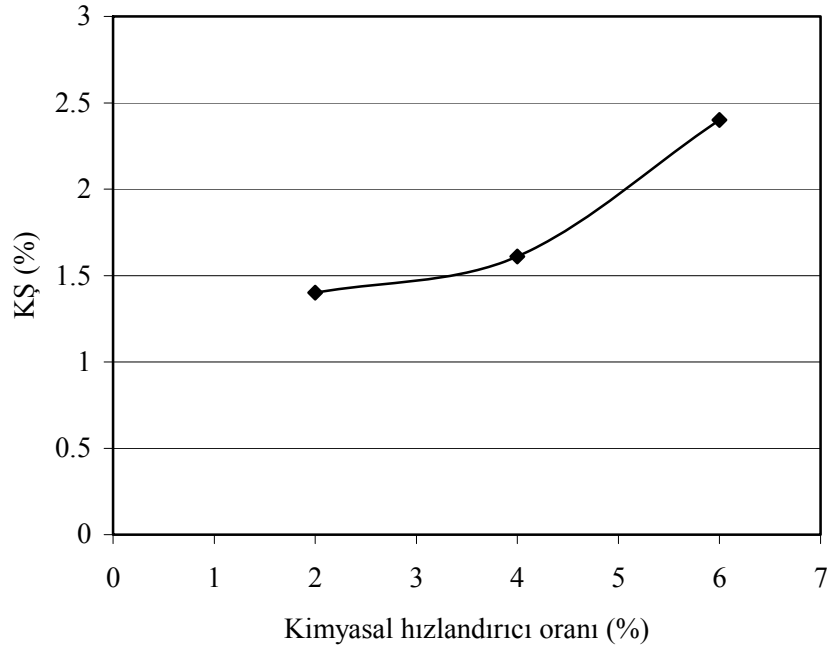


Şekil 5. Lif / çimento oranının su alma ve kalınlığına şişme miktarlarına etkisi.

HIZLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE MARUZ BIRAKILMIŞ ÇİMENTOLU LİF LEVHALARIN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ



Şekil 6. Yoğunluğun su alma ve kalınlığına şişme miktarlarına etkisi.



Şekil 7. Kimyasal hızlandırıcı oranının kalınlığına şişme miktarına etkisi.

## KAYNAKLAR

- Aamr-Daya, E., Langlet, T., Benazzouk, A., ve Quéneudec, M. 2008. Feasibility study of lightweight cement composite containing flax by-product particles: Physico-mechanical properties. *Cement & Concrete Composites*, 30: 957–963.
- Aggarwal, L.K., Agrawal, S.P., Thapliyal, P.C., ve Karade, S.R. 2008. Cement-bonded composite boards with arhar stalks. *Cement & Concrete Composites*, 30: 44–51.
- ASTM. 1998. Standard test methods of evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials. Annual Book of ASTM Standards, vol. 04-09. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, ASTM D 1037.
- Ayaji, B. 2006. Properties of maize-stalk-based cement-bonded composites. *Forest Products Journal*, 56(6):51-55.
- Bektas, İ, Alma, M.H., As, N., Gundogan, R. 2003. Relationship between site index and several mechanical properties of Turkish calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.), *Forest Products Journal*, 53(2): 27-31.
- Bejo, L., Takats, P., and Vass, N. 2005. Development of Cement Bonded Composite Beams. *Acta Silvatica & Lingaria Hungarica*, 1: 111-119
- Bilba, K., Arsene, M.A., ve Ouensanga, A. 2003. Sugar cane bagasse fibre reinforced cement composites. Part 1. Influence of the botanical components of bagasse on the setting of bagasse/cement composite. *Cement & Concrete Composites*, 25: 91-96.
- Dinwoodie, J.M. ve Paxton, B.H. 1991. The long term performance of cement bonded wood particleboard, in *Proceedings 2nd Inorganic Bonded Wood and Fiber Composites Symposium*, ed A. A. Moslemi, Forest Products Research Society, pp. 45-54.
- Fan, M., Bonfield, P., ve Dinwoodie, J. 2006. Nature and behaviour of cement bonded particleboard: structure, physical property and movement. *Journal of Material Science*, 41:5666–5678.
- Frybort, S., Mauritz, R., Teischinger, A., ve Müller, U. 2008. Cement Bonded Composites: A Mechanical Review. *BioResources*, 3 (2): 602- 626.
- Fuwape, J.A. 1995. The effect of cement-wood ratio on the strength properties of cement-bonded particleboard from spruce. *Journal of Tropical Forest Products*, 1:49-58.
- Goodell, B., Daniel, G., Liu, J., Mott, L., ve Frank, R. 1997. Decay resistance and microscopic analysis of wood-cement composites. *Forest Products Journal*, 47(11/12): 75-80.
- Hachmi, M. ve Campbell, A.G. 1989. Wood-cement chemical relationships, in *Proceedings 1st Inorganic Bonded Fiber Composites Symposium*, ed A.A. Moslemi, Forest Products Research Society, pp. 43-47.
- Hosfstarnnd, A.D., Moslemi. A.A. ve Garcia, J.F. 1984. Curing characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with Portland cement. *Forest Products Journal*, 34(2): 57-61.
- Jorge, F.C., Pereira, C., ve Ferreira, J.M.F. 2004. Wood-cement composites: a review. *Holz als Roh - und Werkstoff*, 62: 370-377.
- Matsushita, Y., Miyawaki, S. ve Yasuda, S. 2002. Manufacture of wood-cement boards VII: cement-hardening inhibitory compounds of hannoki (Japanese alder, *Alnus japonica* Steud.). *Journal of Wood Science*, 48: 242-244.
- Mohr, B.J., Nanko, H. ve Kurtis, K.E. 2005. Durability of kraft pulp fiber–cement composites to wet/dry cycling. *Cement & Concrete Composites*, 27: 435–448.
- Moslemi, A.A. 1989. Wood-cement panel products: coming of age, in *Proceedings 1st Inorganic Bonded Fiber Composites Symposium*, ed A.A. Moslemi, Forest Products Research Society, 12-18.
- Moslemi, A.A. 1993. Inorganic-bonded wood composites: From sludge to siding. *Journal of Forestry*, November: 27-29.
- Moslemi, A.A. 1999. Emerging Technologies in Mineral-Bonded Wood and Fiber Composites, *Advanced Performance Materials*, 6 (2):161-179.

HIZLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE MARUZ BIRAKILMIŞ ÇİMENTOLU LİF LEVHALARIN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

- Moslemi, A.A. ve Pfister, S.C. 1987. The influence of cement-wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. *Wood and Fiber Science*, 19:165-175.
- Okino, E.Y.A., deSouza, M.R., Santana, M.A.E., da Alves, M.V., de souza, M.E. ve Texeira, D.E. 2004. Cement-bonded wood particleboard with a mixture of eucalypt and rubberwood. *Cement & Concrete Composites*, 26:729-734.
- Okino, E.Y.A., deSouza, M.R., Santana, M.A.E., da Alves, M.V., de souza, M.E. ve Texeira, D.E. 2005. Physico-mechanical properties and decay resistance of *Cupressus ssp.* cement-bonded particleboards. *Cement & Concrete Composites*, 27:333-338.
- Okino, E.Y.A., deSouza, M.R., Santana, M.A.E., da Alves, M.V., de souza, M.E. ve Texeira, D.E. 2004. Cement-bonded wood particleboard with a mixture of eucalypt and rubberwood. *Cement & Concrete Composites*, 26: 729-734.
- Olorunnisola, A.O. 2008. Effects of pre-treatment of rattan (*Laccosperma secundiflorum*) on the hydration of Portland cement and the development of a new compatibility index. *Cement & Concrete Composites*, 30: 37-43.
- Papadopoulos, A.N. 2006. Decay Resistance of cement-bonded oriented strand board. *BioResources*, 1: 62-66.
- Papadopoulos, A.N. 2007. An investigation of the suitability of some Greek wood species in wood-cement composites manufacture. *Holz Roh Werkst* 2007; 65: 245-246.
- Papadopoulos AN. Performance of cement bonded boards made from maple particles *Holz als Roh - und Werkstoff*, 66: 385-387.
- Papadopoulos, A.N., Ntalos, G.A. ve Kakaras, I. 2006. Mechanical and physical properties of cement-bonded-OSB. *Holz als Roh - und Werkstoff*, 64: 517-518.
- Pirie, B.J., Glasser, F.O., Schimitts, H. ve Akers, S.A.S. 1990. Durability studies and characterization of the matrix and fibre-cement interface of asbestos-free fiber-cement products. *Cement & Concrete Composites*, 12:233-234.
- Ramirez-Coretti, A., Eckelman, C.A. ve Wolfe, R.W. 1998. Inorganic-bonded composite wood panel systems for low-cost housing: a Central American perspective. *Forest Products Journal*, 48(4): 62-68.
- Sekino, N. ve Suzuki, S. 2002. Durability of wood-based panels subjected to ten-year outdoor exposure in Japan, in *Proceedings 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, ed P.E. Humphrey, Oregon State University, Corvallis, p.p. 323-332.
- Soroushian, P., Won, J.P., Chowdhury, H. ve Nossoni, A. 2003. Development of accelerated processing techniques for cement-bonded wood particleboard. *Cement & Concrete Composites*, 25: 721-727.
- Soroushian, P., Aouadi, F., Chowdhury, H., Nossoni, A. ve Sarwar, G. 2004. Cement-bonded straw board subjected to accelerated processing. *Cement & Concrete Composites*, 26:797-802.
- Souza, M.R., Geimer, R.L. ve Moslemi, A.A. 1997. Degradation of Conventional and Co<sub>2</sub>-Injected Cement-Bonded Particleboard by Exposure to Fungi and Termites. *Journal of Tropical Forest Products*, 3(1): 63-69.
- Sudin, R., Shaari, K. ve Selamat, S. 1995. Cement-bonded particleboard from pre-soaked oil palm trunk: effects of particle size and chemical additive. *Journal of Tropical Forest Products*, 1:71-77.
- Yaguang, Z. ve Kandem, D.P. 2002. Effect of cement/wood ratio on the properties of cement-bonded particleboard using CCA-treated wood removed from service. *Forest Products Journal*, 52(3): 77-81.