

LAMİNE KIZILÇAM AĞAÇ MALZEMENİN EMPRENYE SONRASI YANMA ÖZELLİKLERİ

Ayhan ÖZÇİFÇİ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, 78200, Karabük, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu örnekleri sodyum perborat, sodyum tetra borat, imersol (I-WR 2000) ve tanalith-CBC (T-CBC) maddeleri ile daldırma metoduna göre emprenye edildikten sonra polivinil asetat (PVAc) tutkalı kullanılarak 3 katmanlı lamine ağaç malzeme üretilmiştir. ASTM-E 69 standardında belirlenen esaslara uyularak deney örneklerinin yanma özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; 1) T-CBC çözeltisi yanmanın ilk aşamasında geçici bir süre geciktirici etki göstermesine rağmen, alev kaynağının devam etmesi nedeniyle yanmaya karşı direnci azalmıştır. 2) Borlu maddeler yanmaya karşı daha fazla direnç göstermiştir. Bu sonuçlar ışığında, ağaç malzemenin yanmaya maruz kalacak yerlerde, özellikle sodyum tetra borat veya I-WR 2000 çözeltileri ile işlem gördükten sonra kullanılması halinde hizmet süresinin artacağı kesindir.

Anahtar kelimeler : Kızılçam, Lamine ağaç malzeme, PVAc, Daldırma metodu, Yanma

COMBUSTION PROPERTIES OF LAMINATED VENEER LUMBER OF CALABRIAN PINE AFTER IMPREGNATION

ABSTRACT

In this study, it has been investigated the combustion properties of 3 ply laminated veneer lumber (LVL), which was produced from Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) impregnated with sodium perborate, sodium tetra borate, immersol (I-WR 2000) and tanalith-CBC (T-CBC) by using the dipping. Prepared veneers have been bonded with poly vinyl-acetate (PVAc) adhesive for LVL and combustion test was applied according to the procedure of ASTM-E 69 standards. As a result of the test results, 1) Although, T-CBC solution showed the fire retardant characteristic in the first of the combustion stage, its resistance was decrease because of the flame-sourced. 2) Boron compounds have showed the fire retardant characteristic. In conclusion, as the wood material subjects to fire or combustion, especially after processing with sodium tetra borat or I-WR 2000 solutions, the life period of wood material increases.

Key Words: Calabrian pine, Laminated veneer lumber, PVAc, Dipping method, Combustion

1. GİRİŞ

Lamine ahşap; kesme, soyma ve biçme yöntemleri ile elde edilen ağaç levhalarının aralarına yapıştırıcılar sürülerek düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesiyle elde edilmektedir (TS 11878). Odun laminelerinin lifleri paralel olacak şekilde birbirine yapıştırılması ile elde edilen lamine elemanlara yapı elemanı denilmektedir [1].

Masif ağaç malzemenin üretilen lamine malzeme, ağaç işleri endüstrisinde önemli bir yapı elemanı ve üretim malzemesi olarak kullanılmaktadır. Laminasyon tekniği ile istenilen biçim ve kalitede lamine ağaç malzeme üretmek mümkündür. Lamine ağaç malzemenin masif ağaç malzemeye göre teknik ve ekonomik yönden önemli üstünlükleri vardır.

Lamine yöntemiyle, küçük boyutlu ağaç malzemeden istenilen boyutlarda lamine ağaç malzeme (laminated veneer lumber: LVL veya MICROLAM) üretilebilmekte ve böylece büyük açıklıklar kirişsiz geçilebilmektedir. lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılan ağaç malzemedeki budak, lif dönüklüğü gibi kusurlar giderildiğinde kalitesinin de arttığı bildirilmektedir [2].

Laminasyon ağaç malzemenin özellikleriyle ilgili yapılan literatür özeti aşağıdaki gibi sıralanabilir: Kızılçam odunundan PVAc tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemenin hava kuru yoğunluğu $0,624 \text{ g/cm}^3$, tam kuru yoğunluğu $0,606 \text{ g/cm}^3$ ve liflere paralel basınç direnci 3 katmanlı için 583 kp/cm^2 olarak belirlenmiştir [3].

2 ve 4 mm kalınlığındaki kızılçam kaplamalardan PVAc ve poliüretan tutkalları kullanılarak elde edilen lamine levhaların hava kuru yoğunluğu 2 katmanlıda $0,59 \text{ g/cm}^3$, 4 katmanlıda $0,47 \text{ g/cm}^3$ bulunmuştur [4].

Kızılçam ve sarıçam odunundan üre-formaldehit (ÜF) ve PVAc tutkalları kullanılarak üretilen lamine pencere profillerinin kalınlık yönünde daralma miktarları kızılçamda ÜF ile % 4,7 PVAc ile % 4,4 olurken sarıçamda ÜF ile % 4,31 PVAc ile % 4,95 bulunmuştur [5].

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunundan hazırlanan deney örnekleri bor bileşikler, stiren, metilmetakrilat, polietilenglikol-400 gibi emprenye maddeleriyle birincil ve ikincil olarak işleme tabi tutulduğunda, borlu bileşiklerin yanma direncini artırdığı, stiren, MMA ve PEG-400 uygulamasının aynı etkiyi göstermediği bildirilmiştir [6].

Çeşitli form veya şekiller verilerek bir çok alanda kullanılan lamine ağaç malzemeye zarar veren faktörlerden biriside yangınlardır. Lamine elemanların yangınlara karşı uzun süre direnç gösterebilmesi için bazı kimyasallar ile işlem görmesi halinde hizmet süresinde artacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada; mobilya ve doğrama yapımında yaygın olarak kullanılan kızılçam odunundan üretilen lamine ağaç malzemenin sodyum perborat, sodyum tetra borat, imersol (I-WR 2000) ve tanalith-CBC (T-CBC) maddeleri kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilmesinden sonraki yanma özelliğinde meydana gelen değişmelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

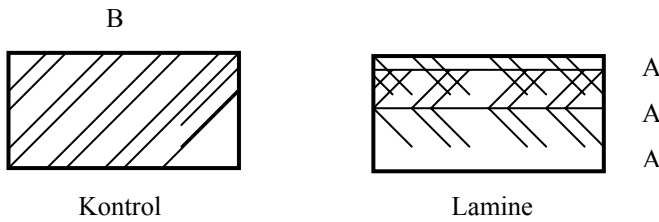
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Ağaç malzeme

Lamine ağaç malzeme üretiminde, ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan kızılçam (*Pinus brutia* Ten) odunu kullanılmıştır. Deney örnekleri Ankara'daki kereste işletmelerinden tesadüfi metotla sulamalı olarak temin edilmiştir. Elde edilen ağaç malzemenin, diri odunu belirgin ve öz odunu kuşağından gözle görülerek ayırt edilebilecek şekilde kusursuz, renk ve yoğunluk farkı olmayan düzgün lifli, yıl halkaları yüzeye dik gelecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

2.2. Deney örneklerinin hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılacak kaba ölçülerdeki örnekler, sıcaklığı $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve % bağıl nemi 65 ± 3 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Hazırlanan hava kuru (%12) rutubetli taslaklar $3 \times 22 \times 1030$ mm boyutlarında kesilerek 3 katmanlı olarak PVAc tutkalı ile yapıştırılmıştır. Daha sonra deney örnekleri ± 1 'er mm yaklaşımla $9 \times 19 \times 1016$ mm boyutlarını verecek şekilde kesilmiştir. Her bir deney örneği için (kontrol, natürel ve lamine) 7 adet olmak üzere toplam 63 adet deney örneği hazırlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Lamine Deney Örnekleri (A = 3 mm, B = 19 mm)

2.3. Yapıştırıcı madde

Yapıştırıcı olarak PVAc tutkalı TS 3891'de belirtilen esaslara göre uygulanmıştır. Söz konusu tutkalın özellikleri ve kullanma şartnamesi değişik kaynaklarda detaylıca mevcuttur [7, 8, 9].

2.4. Emprenye maddeleri

Bu çalışmada, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı etkisi ve yanmayı geciktirici özellikleri nedeniyle borlu bileşikler özellikle tercih edilmiştir. Emprenye maddesi olarak teknik detayları [10]'da detaylıca açıklanan, sodyum perborat ($\text{Na BO}_2 \text{ H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), sodyum tetra borat ($\text{Na}_2 \text{ B}_4 \text{ O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), tanalith-CBC (T-CBC), imersol-WR 2000 (İ-WR 2000) kullanılmıştır.

2.4.1. Emprenye işlemi

Emprenye işleminde 36 saat uzun süreli daldırma yöntemi uygulanmıştır [11, 12, 13]. Emprenye maddesi retensiyon miktarları (R, kg/m^3) ve retensiyon oranları (R, %) örnekler emprenye öncesi ve sonrası tam kuru hale getirildikten sonra aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır [14];

$$R = \frac{Gx C}{V} x 10 \quad R(\%) = \frac{Moes - Moeö}{Moeö} x 100 \quad (1)$$

eşitliklerinden hesaplanmıştır. Burada;

G= T2 -T1 T2= Emprenye sonrası numune ağırlığı [g]

T1= Emprenye öncesi numune ağırlığı [g]

Moes= Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı [g]

Moeö= Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı [g]

V= Numune hacmi [cm^3]

C= Çözelti konsantrasyonu [%]

Emprenye deney planı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Emprenye Deney Planı.

Deney no	Emprenye maddeleri	Örnek rutubeti (%)	Çözelti konsantrasyonu (%)	Çözücü madde
1	Kontrol	12	-	-
2	Natürel	12	-	-
3	T-CBC	12	3	-
4	Sodyum Tetra Borat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)	12	3	Ds
5	Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_2 \text{ H}_2\text{O}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$),	12	3	Ds
6	İ-WR 2000	12	100	-

T-CBC: Tanalith-CBC, İ-WR 2000: İmersol- WR 2000 Ds: Destile su

2.4.1. Deneylerin yapılışı

Yanma deneyi ASTM-E 69 esaslarına uygun olarak yapılmıştır [15]. Yanma sonucu açığa çıkan gaz ve kütle kaybı her 30 s'de bir defa ölçülerek kaydedilmiştir.

2.5. İstatistik yöntemler

Hazırlanan natürel ve lamine örneklerde retensiyon miktarları, emprenye maddesi çeşidinin alev kaynaklı ve kendi kendine yanma değerine etkilerini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Gruplar arası farklılığın $\alpha = 0,05$ 'e göre anlamlı çıkması halinde etki derecesi Duncan testi ile ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Buna göre Duncan testinden elde edilen LSD (least small degree of values) değeri; veriler arasındaki en küçük önemli farkı ifade etmektedir [16].

3. BULGULAR

3.1. Emprenye çözeltilerinin özellikleri

Emprenye maddesi olarak kullanılacak çözeltiler uygun sıvılarda ve eriyiklerde olması gerekmektedir. Çözeltilerin yoğunluk dereceleri difüzyonu doğrudan etkilemektedir. Denemede kullanılan çözeltilerin özellikleri rapor tutularak deney öncesi ve sonrası karşılaştırılmıştır. Çözeltilerin emprenye öncesi ve sonrası ölçülen pH değerleri ve yoğunluklarında önemli bir değişim olmamıştır. Bu durum her emprenye varyasyonunda taze çözeltiyle çalışmaktan kaynaklanmıştır. T-CBC % 3'lük çözeltisinde pH değerlerinin asidik bölgede olması, bu çözeltilerin odundaki polisakaritleri olumsuz etkilemesi ve hidroliz olasılığını güçlendirmektedir. Emprenye işleminde kullanılan çözeltilerin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Emprenye Çözeltilerinin Özellikleri

Emprenye maddeleri	Çözücü madde	Sıcaklık (°C)	pH		Yoğunluk (g/ml)	
			EÖ	ES	EÖ	ES
T-CBC	-	23	2,78	2,79	1,080	1,080
Sodyum Tetra Borat (Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O)	Ds	23	3,50	3,50	1,020	1,020
Sodyum Perborat (NaBO ₂ H ₂ O ₂ .3 H ₂ O)	Ds	23	10,61	10,40	1,025	1,025
I - WR 2000	-	23	6,75	6,75	0,820	0,820

EÖ:Emprenye öncesi ES:Emprenye sonrası

3.2. Retensiyon miktarları

Emprenye maddelerinin retensiyon miktarları Tablo 3'te verilmiştir. Retensiyon miktarı en yüksek I-WR 2000'de, en düşük Sodyum Tetra Borat'da gerçekleşmiştir. Retensiyon oranı en yüksek T-CBC'de, en düşük Sodyum Tetra Borat'da belirlenmiştir. T-CBC çözeltisinin yoğunluğunun diğerlerine göre yüksek olması retensiyon oranını doğrudan etkileyerek ağaç malzeme yüzeyinde tutunma özelliğini arttırmıştır. Diğer emprenye maddeleri içerisindeki katı madde miktarının az olması retensiyon oranında tutunma oranını olumsuz yönde etkilemiş olabilir.

Tablo 3. Retensiyon Miktarları

Deney no	Emprenye maddeleri	Retensiyon (kg/m ³) **		Retensiyon (%)	
		\bar{X}	HG *	\bar{X}	HG *
1	Kontrol	-	-	-	-
2	Natürel	-	-	-	-
3	T - CBC	12,45	B	3,48	A
4	Sodyum Tetra Borat (Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O)	2	C	0,60	BC
5	Sodyum Perborat (NaBO ₂ H ₂ O ₂ .3 H ₂ O)	13,5	B	2,30	AB
6	I - WR 2000	82,71	A	1,31	B
		LSD:± 10,13		LSD:± 1,1	

\bar{X} : Ortalama HG: Homojenlik grubu * Aynı harf ile temsil edilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır ** : Her bir sonuç 7 adet yanma örneğinin ortalamasını yansıtmaktadır.

3.3. Hava Kurusu özgül kütle

Lamine deney örneklerinin % 12 rutubette hesaplanan özgül kütleleri Tablo 4'de verilmiştir. Lamine örneklerde en yüksek özgül kütle T-CBC ile işlem gören örneklerde 0,58 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Kontrol örneğine göre, lamine üretiminde kullanılan yapıştırıcı ve emprenye maddeleri özgül kütleyi artırmıştır.

Tablo 4. Hazırlanan Lamine Örneklerin Özgül Kütleleri (g/cm³)

Katman türü	Ortalama
Kontrol	0.42
I-Natürel + Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O	0.50
II- Natürel + NaBO ₂ H ₂ O ₂ .3 H ₂ O	0.51
III- Natürel + I-WR	0.52
IV-Natürel + T-CBC	0.54
V-Lamine + Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O	0.56
VI-Lamine + I-WR	0.57
VII-Lamine + NaBO ₂ H ₂ O ₂ .3 H ₂ O	0.51
VIII-Lamine + T-CBC	0.58

Kontrol: masif ağaç malzeme, Natürel: emprenyeli masif ağaç malzeme

Yanma deneyi sonucunda kontrol, natürel ve lamine örneklerin işlem gördüğü emprenye maddelerine göre açığa çıkan gazlar ve ağırlık ortalamaları tespit edilmiştir. Her bir emprenye maddesinin yanma deneyinde göstermiş olduğu etkiye göre ortalama yanma değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Emprenye Maddelerine Göre Ortalama Yanma Değerleri

Metot	Emp.Maddesi	Yanma Sonucu Ölçülen Değerler				
		Ağırlık (g)	O ₂ (%)	CO (ppm)	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (%)
Kontrol	-	19,71	12,27	381,28	280,12	2,09
Natürel	Ba	20,51	17,41	246,61	262,01	2,39
	Na	17,23	16,60	411,40	278,12	3,12
	I-WR	50,43	15,39	1004,75	369,21	4,20
	T-CBC	39,39	13,28	6250,75	314,13	6,19
Lamine	Ba	54,40	15,56	919,35	381,30	3,89
	Na	42,54	13,50	1633,0	312,65	2,90
	I-WR	58,83	17,37	1085,15	367,55	2,02
	T-CBC	31,73	16,14	490,30	398,55	3,41

Lamine etme ve emprenye maddelerinin yanma değerlerine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Gruplar arası farklılığın anlamlı çıkması halinde etki derecesini belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır.

Tablo 6. Lamine ve Emprenye Maddelerinin Yanma Değerine Etkisine İlişkin Çoklu Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	Kareler Toplamı	F Değeri	P
Faktör A	1	5358912,684	5358912,684	27,1577	0,0000
Faktör B	3	38602095,372	12867365,124	65,2089	0,0000
A*B	3	65392289,542	21797429,847	110,4644	0,0000
Faktör C	4	293556719,969	73389179,992	371,9195	0,0000
A*C	4	269302260,507	6732565,127	34,1191	0,0000
B*C	12	152217958,683	12684829,890	64,2838	0,0000
A*B*C	12	262846556,359	21903879,697	111,0038	0,0000
Hata	760	149967334,469	197325,440		
Toplam	799	994872127,585			

Faktör A: Malzeme (Natürel, Lamine), Faktör B: Emprenye maddeleri (Ba, I-WR, Na₂B₄O₇.10 H₂O, NaBO₂ H₂O₂.3 H₂O, T-CBC), Faktör C: Yanma değerleri (Ağırlık kaybı, O₂,CO, Sıcaklık, C O₂), Varyasyon katsayısı % 178,05.

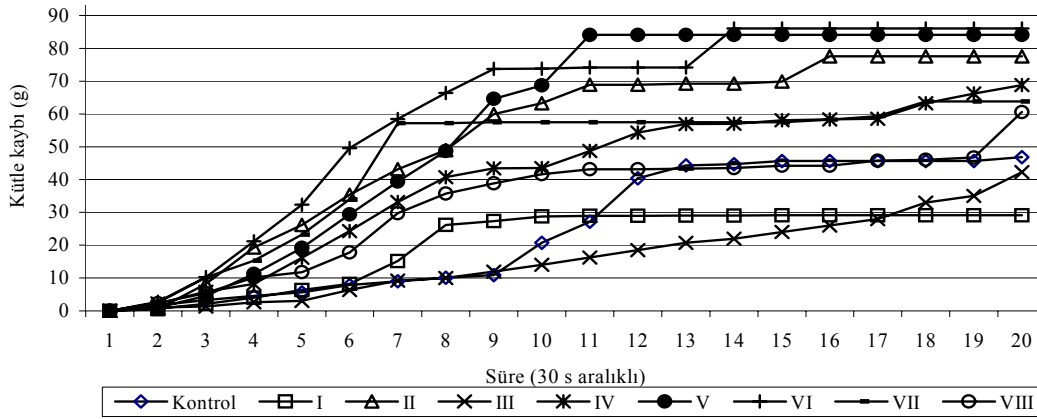
Lamine etme ve emprenye maddesi çeşidinin ağaç malzemenin yanma değerine etkisi istatistik anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Faktörler arasındaki farklılığın önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 7, 8, 9, 10 ve 11’de verilmiştir.

Tablo 7. Yanma Sonucu Oluşan Kütle Kaybı (g)

	X	H.G.
Kontrol	19,71	CD
I	20,51	C
II	17,23	D
III	50,43	A
IV	39,39	B
V	54,40	A
VI	42,54	B
VII	58,83	A*
VIII	31,73	BC

LSD:± 10.11

Kütle kaybı en fazla I-WR ile işlem gören lamine örneklerde, en az Sodyum perborat ile işlem gören masif ağaç malzemede elde edilmiştir. Bunlara ilişkin grafik Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Yanma Sonucu Deney Örneklerinin Kütle kaybı (g)

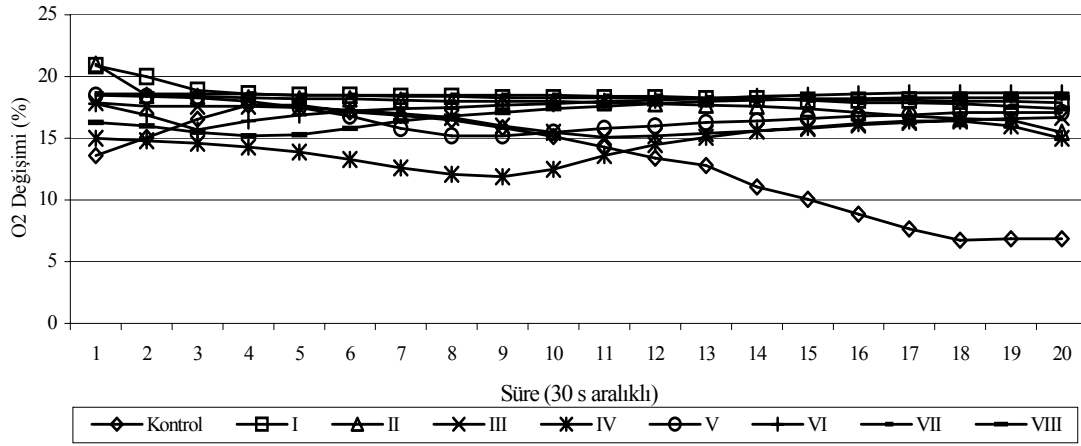
En fazla kütle kaybı alev kaynaklı (ilk 4 dakikada) ve kendine yanmada (ilk 4 dakika sonrası) sodyum tetra borat ile işlem gören lamine örneklerde belirlenmiştir. En az kütle kaybı I-WR 2000 işlem gören örneklerde bulunmuştur. Lamine üretiminde kullanılan yapıştırıcı yanmayı hızlandırıcı etki göstermiş olabilir.

Tablo 8. Yanma Sonucu Oluşan O₂ Miktarı (%)

	X	H.G.
Kontrol	12,27	B
I	17,41	A*
II	16,60	A
III	15,39	A
IV	13,28	AB
V	15,56	A
VI	13,50	A
VII	17,37	A
VIII	16,14	A

LSD:± 2.31 H.G. : Homojenlik Grubu

O₂ miktarı en fazla masif örneklerde belirlenirken, en az Sodyum tetra borat ile işlem gören örneklerde bulunmuştur. Bunlara ilişkin grafik Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Yanma Deneyi Süresince Açığa Çıkan O₂ Miktarı (%)

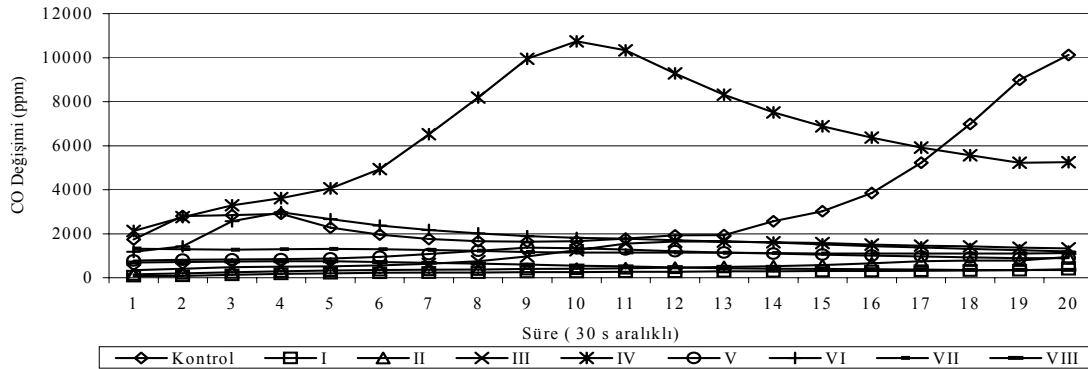
Alev kaynaklı ve alev kaynaksız yanmada emprenyeli örnekler kontrol örneğine göre daha az yandığı için O₂ miktarında azalma kontrol örneğine göre daha az olmuştur.

Tablo 9. Yanma Sonucu Oluşan CO Miktarı (ppm)

	X	H.G.
Kontrol	381,28	B
I	246,61	C
II	411,40	C
III	1004,75	C
IV	6250,75	A
V	919,35	C
VI	1633,0	C
VII	1085,15	C
VIII	490,30	C

LSD:± 2513.35

Yanmanın göstergesi olan CO miktarındaki artış en fazla T-CBC ile işlem gören natürel örnekte, en az Sodyum tetra borat ile işlem gören natürel örneklerde bulunmuştur. Bunlara ilişkin grafik Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4. CO Değişimi (ppm) Alev kaynaklı ve kendi kendine yanma aşamalarında T-CBC ile işlem gören natürel örneklerde en fazla CO miktarı belirlenmiştir. Kontrol örneğinde alev kaynağının ateş bacasından uzaklaştırılmasından sonra kendi kendine yanma devam ettiği için CO miktarında artış gözlemlenmiştir.

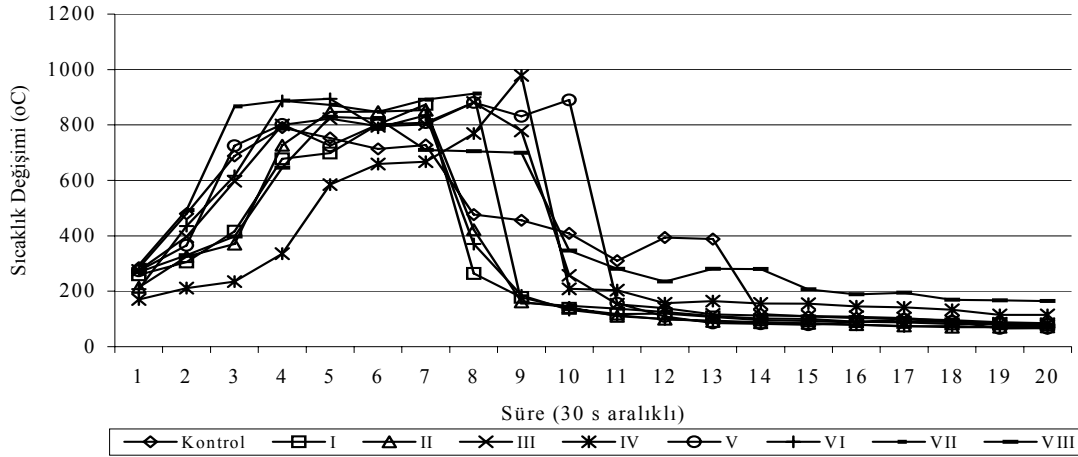
T-CBC yanmanın başlangıcında önleyici etki gösterirken daha sonra yanmaya karşı direnç gösterememektedir. Diğer emprenye maddeleri CO oranının artışında azaltıcı etki göstermiştir.

Tablo 10. Yanma Sonucu Oluşan Sıcaklık Değişimi (°C)

	X	H.G.
Kontrol	280,12	A
I	262,01	C
II	278,12	C
III	369,21	A
IV	314,13	B
V	381,30	A
VI	312,65	B
VII	367,55	A
VIII	398,55	A *

LSD:± 31.45

En az sıcaklık artışı Sodyum tetra borat ve sodyum perborat ile işlem gören natürel örneklerde elde edilirken, en fazla sıcaklık artışı T-CBC ile işlem gören lamine örneklerde belirlenmiştir. Bunlara ilişkin grafik Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Yanma Süresince Açığa Çıkan Sıcaklık Değişimi (°C)

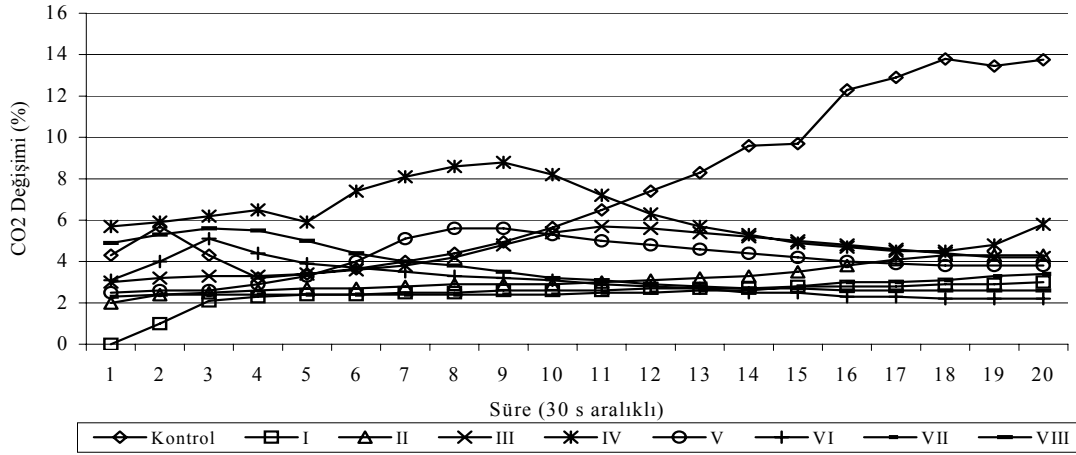
Alev kaynaklı yanmada kontrol örneği en yüksek sıcaklık artışını verirken alev kaynağının ateş bacasından uzaklaştırılması sonucu tüm örneklerin sıcaklık değerlerinde kademeli bir düşme gözlemlenmiştir.

Tablo 11. Yanma Sonucu Oluşan CO₂ Değişimi (%)

	X	H.G.
Kontrol	2,09	D
I	2,39	D
II	3,12	C
III	4,20	B
IV	6,19	A
V	3,89	BC
VI	2,90	C
VII	2,02	D
VIII	3,41	D

LSD:± 1.87

Yanma sonucu en fazla CO₂ miktarı kontrol örneğinde, en az sodyum tetra borat ile işlem gören natürel örnekte bulunmuştur. Bunlara ilişkin grafik Şekil 6’de verilmiştir.

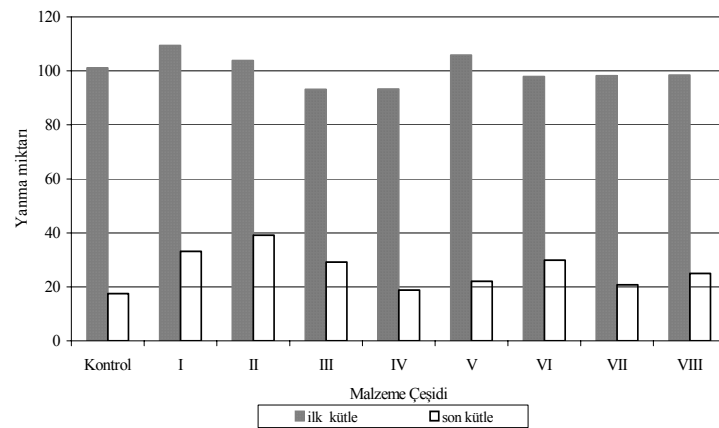
Şekil 6. Deney Örneklerinin Yanması Sırasında Açığa Çıkan Ortalama CO₂ Miktarı (%)

Alev kaynaklı yanma sırasında en fazla CO₂ miktarını T-CBC ile işlem gören natürel örnek verirken, alev kaynaklı yanmada kontrol örneği vermiştir.

Tablo 12. İlk Ağırlığa Oranla Yanma Miktarı (g)

	İlk Ağırlık	Son Ağırlık	% Yanma
Kontrol	99,19	15,37	82,73
I	107,20	31,02	69,72
II	101,77	37,20	62,28
III	91,27	28,11	68,70
IV	91,13	17,71	79,85
V	103,68	21,07	79,15
VI	95,70	28,93	69,46
VII	96,18	19,63	78,88
VIII	96,42	24,01	74,58

En fazla yanma kontrol örneğinde % 82,73, en az yanma sodyum perborat ile işlem gören natürel örnekte % 62,88 belirlenmiştir. Bunlara ilişkin grafik Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Deney Örneklerinin İlk Kütleyle Göre Yanmamış Parça Miktarları

İlk ağırlığa oranla en fazla yanma kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Buna göre tüm empenye maddeleri kontrol örneğine göre yanmayı azaltıcı etki göstermiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Lamine ağaç malzemenin yanma deneyi sonucunda en az kütle kaybı; sodyum perborat ile işlem gören natürel örneklerde elde edilmiştir. Bu durum sodyum perborat'ın yanmayı önleyici özellik taşıdığı şeklinde yorumlanabilir.

En yüksek özgül kütle T-CBC ile işlem gören örneklerde $0,58 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Literatürde PVAc tutkalının lamine ağaç malzemenin özgül kütlelerini arttırdığı ifade edilmektedir [3, 4]. Kontrol örneğine göre, lamine üretiminde kullanılan yapıştırıcı ve emprenye maddeleri özgül kütleleri artırmıştır. Yanmanın göstergesi olan CO miktarındaki artış en fazla T-CBC ile işlem gören natürel örnekte, en az Sodyum tetra borat ile işlem gören natürel örneklerde bulunmuştur. Alev kaynaklı ve kendi kendine yanma aşamalarında T-CBC ile işlem gören natürel örneklerde en fazla CO miktarı belirlenmiştir. Kontrol örneğinde alev kaynağının ateş bacasından uzaklaştırılmasından sonra kendi kendine yanma devam ettiği için CO miktarında artış gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; T-CBC çözeltisi yanmanın ilk aşamasında geçici bir süre geciktirici etki göstermesine rağmen alev kaynağının devam etmesi nedeniyle yanmaya karşı direnci azalmıştır. Borlu maddeler ise T-CBC'ye göre yanmaya karşı daha dirençli olduğu tespit edilmiştir [6]. Yanmaya maruz kalacak yerlerde ağaç malzeme sodyum tetra borat veya I-WR 2000 çözeltileri ile işlem gördükten sonra kullanılırsa ömrü daha uzun olacaktır.

KAYNAKLAR

1. **TS EN 386**, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap- Performans ve Asgari İmalat Şartları”. Türk Stand. Enst., 1999.
2. Stevens, W.C. and Turner, R., Wood Bending Handbook, Londra Baskısı, İngiltere, 5-12, 1970.
3. Kılıç, Y., “Lamine Edilmiş Kızılçam (Alnus Glutinosa)’ın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile Mobilya Endüstrisinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması”, H. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, **Yüksek Lisans Tezi**, Ankara 1997.
4. Soltis, A., Rammer, D., R., “Experimental Shear Strength of Glued Laminated Beams”, **Forest Product Journal**, Res. Pap. FPL.- 527, US 1994.
5. Dilik, T., “Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü”, **Doktora Tezi**, İstanbul 1997.
6. Baysal, E., “Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerin Kızılçam Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi”, K.T.Ü. Fen Bil. Enst. **Yüksek Lisans Tezi**, 1994.“
7. Örs, Y., “Kama Dişli Birleşmeli Masif Ağaç Malzemedeki Mekanik Özellikler”, **Yardımcı Ders Kitabı**, K.T.Ü. Orman Fakültesi, s 29-34, 1987.
8. **TS 3891**, “Yapıştırıcılar - Polivinilasetat Emülsiyon”, Türk Stand. Enst.Ankara, 1983.
9. Bridaux, V., et al. **Holzforschung**, 55, 559-562, 2001.
10. Hemel A.Ş., **Teknik Bilgiler Broşürü**, İstanbul 2001.
11. **ASTM-D 1413-76**, “Standart Test Method of Testing Wood Preservatives By Laboratory Soilblock Cultures”, Annual Book of ASTM Standards, 452-460, West Conshohocken, PA, ASTM Standards, USA, 1976.
12. Berkel A. “**Ağaç Malzeme Teknolojisi**”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, no: 183, 64-68, 1972.
13. Göker, Y., “Çeşitli Motor ve Emprenye Maddeleri ile Emprenye Edilmiş Çit Direklerinde Dayanma Süreleri”, **Ağaç Malzemenin Korunması**, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, , no:338, 1988.
14. Peker, H., “Mobilya Üstyüzeylerinde Kullanılan Verniklere emprenye Maddelerinin Etkileri” K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1997.
15. **ASTM-E 69**, “Standard Test Methods for Combustible Properties of Treated Wood by the Fire Aparatus” 1975.
16. Dizdar, E. N., **İstatistik**, Kale Ofset, Ankara, sf. 177-195, 2000.