

## Sarıçam Odununun Yanma Özelliklerine Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Etkileri

Yalçın ÖRS, Musa ATAR

G.Ü. Tek. Eğt. Fak. Mob. Dek. Eğt. Böl. Ankara-TÜRKİYE

Hüseyin PEKER

K.T.Ü. Hopa M.Y.O. Trabzon-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 05.03.1998

**Özet:** Bu araştırma, odunun çalışmasını azaltmak amacıyla emprenyesinde kullanılan polietilenglikol (PEG-400) ve bazı su itici maddelerin (SYM) yanmayı artırıcı özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla, sarıçam (*Pinus sylvestris* lipsky.) odunundan hazırlanan deney örnekleri, (ASTM-D 1413-76) esaslarına uyularak emprenye edilmiştir. Emprenye maddesi olarak; borik asit, boraks, sodyum perborat'ın sulu veya PEG-400' de çözündürülmüş preparatları, su itici maddelerden; parafin, stiren, metilmetakrilat ve izosiyanat kullanılmıştır.

Sonuç olarak, borlu bileşiklerin odunun yanma direncini artırdığı ve su itici maddelerin yanmayı artırıcı etkilerini belli oranda azalttığı belirlenmiştir.

### The Effect of Some Boron Compounds and Water Repellents on the Fire Resistance Properties of Scotch Pine Wood

**Abstract:** This investigation was designed to improve the fire-resistance properties of polyethylene glycole (PEG-400) and some water repellent solutions used to improve the flammability properties of wood.

For this reason, samples from Scotch pine wood were impregnated according to ASTM-D 1413-76 boric acid, borax, sodium perborate diluted or dissolved in PEG-400 were used as a preservative materials, and paraffin, styrene, methylmethacrylate and wax were used as a water repellent materials.

It was found that, compounds contained boron increased the water resistance properties and water repellents materials resulted in the same decreasing the flammability behavior of wood.

### Giriş

Odun yanabilen bir maddedir. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275°C ye çıkarılması gerekmektedir. Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Bu bakımdan ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılması için kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir(1). Borlu bileşikler odunun biyolojik zararlılara karşı korunmasında emprenye maddesi olarak kullanılmaktadır (2).

Arkeolojik ve tarihi ahşap eserlerin korunmasında boyutsal stabilizasyonu sağlamak ve çatlamayı önlemek amacıyla kullanılan polietilenglikol (PEG-400)'lü çözeltilerinin ve borlu bileşiklerin yıkanmasını mekanik bir şekilde engellemek amacıyla su itici maddelerle (SYM) muamele edilmesi önerilmektedir (3). SYM ile emprenye

edilen odunun yanma özelliklerinde meydana gelebilecek değişikliklerin belirlenmesi önem taşımaktadır(4).

Kızılcıam (*Pinus brutia* ten.) odunundan hazırlanan deney örnekleri, borik asit, boraks, ve sodyum perboratın sulu veya polietilenglikol (PEG-400)'de çözündürülmüş preparatları ve parafin, metilmetakrilat, izosiyanat, gibi tek ve ikili işlemlerle emprenye edilmiştir. Borlu bileşiklerin odunun yanma direncini artırdığı ve SYM den kaynaklanan yanmayı artırıcı etkinin belli ölçülerde borlu maddelerle engellendiği bildirilmiştir(5).

Odunun biyotik ve abiyotik zararlılarına karşı korunması amacıyla kullanılan emprenye maddelerinin, duglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) odununda yanma özelliklerini ne ölçüde etkilediği araştırılmıştır. Buna göre, borlu bileşiklerin sulu çözeltilerinin önemli derecede yanmayı önleyici etki gösterdiği, PEG-400 de çözündürülen borik asid in (7:3 ağırlık:ağırlık) yanmayı

önleyici etki göstermediği bildirilmiştir. Ayrıca yanmayı arttırıcı etkileri bilinen çeşitli su itici maddelerin ise borlu bileşiklerle emprenye edilmiş oduna ikinci bir işlem olarak uygulanmaları durumunda yanmada oluşturdukları olumsuz etkinin azaltıldığı ifade edilmiştir (6).

Duglas göknarı odunun çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilebilme özellikleri denenmiştir. Buna göre, duglas göknarı diri odunun kuru halde, vakum-difizyon yoluyla borlu bileşiklerin sulu ve PEG-400 çözeltisiyle ve SYM' den stiren, metilmetakrilat, parafin gibi maddelerle kolayca emprenye edilebileceği bildirilmiştir. Duglas göknarının daha düşük yoğunlukta ve düşük orandaki, hücre çeperi hacmine sahip olması nedeniyle daha kolay emprenye edilebileceği belirtilmiştir (7).

Odun bileşiklerinde, ısı etkisiyle meydana gelen değişimleri araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, huş ksılanı ve çam glukomannan'ının 117-127°C de bozunmaya başladığı, ladin odununun 130-145°C de lignininin 156-170°C de selülozunun bozunma gösterdiği tesbit edilmiştir. 160°C sıcaklıkta 28 gün süreyle bekletilen kayın talaşında %20 selüloz kaldığı, lignin miktarının 14 gün sonra %2-3 kadar olduğu, pentozanın %37 sinin 2 gün içinde bozulduğu saptanmıştır (8).

Kreozot ile emprenye edilen sarıçam (pinus sylvestris lipsky) ve Doğu kayını (Fagus orientalis lipsky) örneklerinde daldırma süresinin uzamasıyla absorpsiyon miktarının arttığı, buna bağlı olarak yanma ve ağırlık kaybı değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir (9).

Sarıçam ve Doğu kayını odunlarından hazırlanan deney örnekleri, sodyum sülfat, sodyum tetra borat, bakır sülfat, potasyum nitrat, çinko sülfat ile daldırma ve basınç uygulanan dolu hücre metodu ile farklı sürelerde basınç ve vakum uygulanarak emprenye edilmiştir. Daldırma yöntemi ile emprenye edilen örneklerin, dolu hücre metoduna göre yanmaya karşı daha az dayanıklı oldukları saptanmıştır. Yanmaya karşı en etkili emprenye yöntemi, bir saat vakum, bir saat basınç şeklinde uygulanan dolu hücre metodu olmuştur. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub> ın yangın geciktirici, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> ve ZnSO<sub>4</sub> ın sıcaklık artışını önleyici, KNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> ve ZnSO<sub>4</sub> ın ise yanma esnasında duman oluşumunu azaltıcı özellikte olduğu bildirilmiştir (10).

Bu çalışmada, odunda boyutsal kararlılığı arttırmada kullanılan su itici maddelerin (parafin, stiren, metilmetakrilat, izosiyanat) yanmayı arttırıcı etkilerini borlu bileşikler yardımıyla giderebilme imkanları araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan deney örnekleri, sarıçam (Pinus sylvestris lipsky) odunundan hazırlanmıştır. TS 345'de belirtilen esaslara uyularak elde edilen tomrukların enine kesitlerine renklenmeyi önleyici madde (antiblue) uygulanmıştır. Sarıçamın seçilme nedeni, ülkemizde gerek iç ve gerekse dış ortam şartlarında (mobilya, doğrama vb.) yaygın olarak kullanılmakta olmasıdır (11).

Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan vinil monomer bileşikler POLYSAN-Izmit' den, diğer kimyasal maddeler ETYBANK-Bandırma (Borik asit-Borax) fabrikasından, PEG-400 Shell Pet. Co.'den temin edilmiştir.

### Emprenye İşleminde Kullanılan Kimyasal Maddeler

Borlu bileşikler, ülkemizde üretilmesi, mantarlara karşı zehirli etkisi ve yanmayı engelleyici özellikleri nedeniyle tercih edilmiştir. Borlu bileşiklerin odundan yıkanmasını engellemek için kullanılan su itici maddeler, odunun su alışı verişini de mekanik olarak engellemektedir (12). Diğer taraftan bor tuzlarının neden olduğu gevrekleşmeyi de azaltmaktadır (13). Bunun yanında odunun yanmasını hızlandırıcı etkileri vardır (14). Hazırlanan emprenye çözeltilerinin özellikleri emprenye öncesi ve sonrası ayrı ayrı belirlenmiştir. Çözelti ve işlem sıcaklığı tüm denemelerde 25 ± 5 °C uygulanmıştır (15).

Emprenye işlemi ASTM -D 1413-76'da belirtilen koşullarda gerçekleştirilmiştir (15). Bunun için 2x2x50 cm boyutlarında hazırlanan örnekler, 60 cm Hg<sup>-1</sup> (Hg<sup>-1</sup>:Vakum)' ya eşdeğer ön vakum 60 dk süreyle uygulandıktan sonra, 60 dk süreyle normal atmosfer basıncında çözelti içerisine bırakılmıştır. Emprenye maddesi tutunma oranının belirlenmesi ve odunun rutubetinden etkilenmemesi için örnekler emprenye öncesi ve sonrası tam kuru hale getirilmiştir. Emprenye sonrası örneklerin absorbe ettiği emprenye maddesi miktarı (R), net kuru emprenye maddesi (retensiyon=tutunma) olarak;

$$R = \frac{G.C}{V} 10 \text{ kg/cm}^3 \quad R(\%) = \frac{Moes - Moeö}{Moeö} 100$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

$$G = T_2 - T_1 \quad (T_2 = \text{Emprenye sonrası numune ağırlığı (g)})$$

$$(T_1 = \text{Emprenye öncesi numune ağırlığı (g)})$$

V = Numune hacmi (cm<sup>3</sup>)

C = Çözelti konsantrasyonu ( % )

Moes = Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Moeö = Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Emprenye çözeltilerinin özellikleri ve deney planı Tablo 1'de verilmiştir.

## Yöntem

### Deney Örneklerinin Hazırlanması

Sarıçam tomrukları TS 345 esaslarına uyularak belirlenen 7 adet ağacın dip kısımlarından 2 m yukarıdan olmak üzere alınmıştır. Tomruklar taze halde iken radyal yönde biçilerek prizmalar elde edilmiştir. Daha sonra yıllık halkalara teğet yönde kesilen prizmaların diri odun kısımlarından ve 60 cm uzunlukta parçalar alınmıştır. Taslak halde hazırlanan bu parçalar sıcaklığı  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve bağıl nemi  $65 \pm 3$  olan şartlardaki iklim odasında

Deneme no	Emprenyede işlem sayısı ve sırası	Örnek rutubeti (%)	Çözelti konsant. (%)	Çözücü madde	Tablo 1. Emprenye Uygulanan Deney Planı İşlemlerinde
1. K	-	30.00	-	-	
1. K	-	7.00	-	-	
2	1T-CBC	12.00	13	DS	
3	1.PEG-400	12.00	100	-	
4	1.PEG-400	12.00	100	-	
	2.Ba	12.00	5.5	DS	
5	1.PEG-400	12.00	100	-	
	2.MMA	4.00	100	-	
6	1.PEG-400	12.00	100	-	
	2.T	4.00	100	-	
7	1.PEG-400	12.00	100	-	
	2.l	4.00	100	-	
8	1.PEG-400	12.00	100	-	
	2.Üf	12.00	100	-	
9	1.Üf	12.00	100	-	
10	1.Sp	12.00	3.4	DS	
11	1.St	4.00	100	-	
12	1.MMA	4.00	100	-	
13	1.Ba	12.00	5.5	DS	
	2.MMA	4.00	100	-	
14	1.Ba	12.00	5.5	DS	
	2.St	4.00	100	-	
15	1.Ba	12.00	5.5	DS	
	2.Bx	12.00	5.5	DS	

K: Kontrol      T-CBC: Tanalith- CBC      PEG-400: Polietilenglikol      Ba: Borikasit  
MMA: Metilmetakrilat      Bx: Boraks      St: Stiren      Üf: Üreformaldehit      Iso: İzosiyanat  
Sp: Sodyum parborat

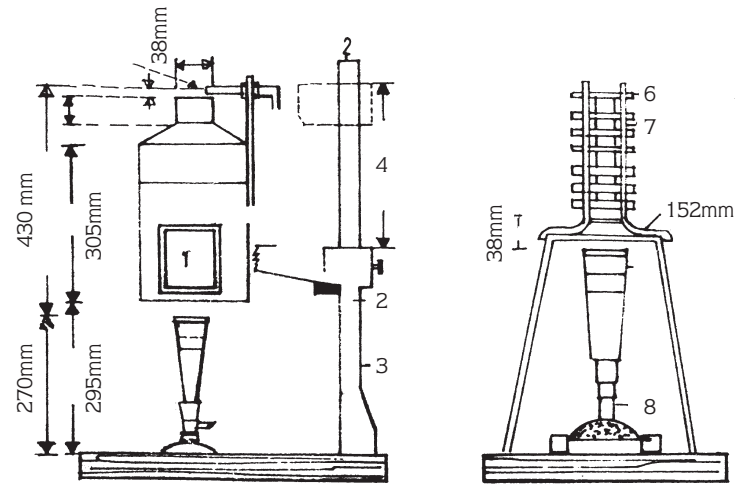
ortalama %12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Daha sonra emprenye deney planında belirtilen rutubetlere kadar özenli ve yavaş kuruma

sağlayan kurutma programı uygulanarak (max 50°C) kurutulmuşlardır. Uygulanacak emprenye işleminin gerektirdiği rutubete kadar kurutulan taslak parçalardan

Kimyasal madde	Retensiyon( kg/m <sup>3</sup> ) $\bar{X}$	H	Retensiyon (%) $\bar{X}$	H
1. K %30	-	-	-	-
1. K % 7	-	-	-	-
1.T-CBC	134.53	e	26.70	d
1.PEG-400	624.70	a	79.60	b
1.PEG-400				
2.Ba	415.89	c	13.63	ef
1.PEG-400				
2.MMA	656.80	a	88.81	a
1.PEG-400				
2.St	555.54	b	69.36	c
1.PEG-400				
2.Yso	633.24	a	79.62	b
1.PEG-400 2.Üf	279.95	d	26.18	d
1.Üf	149.67	e	18.93	de
1.Sp	15.09	h	13.63	ef
1.St	95.78	f	4.87	h
1.MMA	133.42	e	4.80	h
1.Ba 2.MMA	49.68	g	10.60	ef
1.Ba 2.St	27.89	g	9.28	fg
1.Ba 2.Bx	61.89	g	14.93	ef

Tablo 2. Retensiyon Oranları

$\bar{X}$ : Ortalama H: Homejenlik



Şekil 1. Yanma Deney Düzenliği

- 1.Mika cam 2. Kızak sonu 3.Bek 4. Kızak 5.Potansiyometre veya Milivoltmetre girişi  
6.Odun örnekleri 7. Tel kafes 8.Bek(Makar tipi)

Deneme no	Kimyasal madde	Ağırlık kaybı ( % )	H
1 K % 30	1. K	42.78	c
1 K % 7	1. K	85.56	a
2	1.T-CBC	18.19	g
3	1.PEG-400	39.53	c
4	1.PEG-400 2.Ba	30.80	d
5	1.PEG-400 2.MMA	23.95	f
6	1.PEG-400 2.St	4.07	m
7	1.PEG-400 2.Yso	8.56	k
8	1.PEG-400 2.Üf	5.35	l
9	1.Üf	15.80	h
10	1.Sp	40.59	d
11	1.St	45.12	b
12	1.MMA	12.29	ı
13	1.Ba 2.MMA	13.94	h
14	1.Ba 2.St	14.32	h
15	1.Ba 2.Bx	10.10	i

Tablo 3. Yanma Sonucu Oluşan Ağırlık Kayıpları

1.5x1.5x50 cm boyutlarında kesilen kısımları, emprenye edildikten sonra başlarından 2,5 cm' lik kısımları atılmıştır. Geri kalan parçadan 76 mm uzunlukta yanma deneyi örnekleri kesilmiş ve deney anına kadar  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $65 \pm 3$  bağıl nem şartlarıdaki iklim dolabında bekletilmişlerdir. Kontrol örneklerinin rutubeti birinci grubta %30, ikincide %7, emprenyeli örneklerde monomerler için %4, diğerlerinde ise %12 alınmıştır. Her deney periyodunda 24 adet örnek alınarak varyasyonlarda 2 grup kullanılmıştır. Buna göre; toplam 768 (48x16) adet deney örneği hazırlanmıştır.

### Yanma Deneyleri

Yanma deneylerinde ASTM-E 60-50 de belirtilen esaslara uyulmuştur(16). Test ve kontrol örnekleri yakma işleminden önce  $27 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $30 \pm 5$  bağıl nem şartlarıdaki iklimlendirme odasında %7 rutubete ulaşıncaya kadar bekletilmişlerdir. Kontrol örneklerinden bir kısmının rutubeti %30 olarak muhafaza edilmiştir. Deneyde 24 adet örnek 12 katta kare prizma şeklinde dizilerek yakılmıştır (Şekil 1). İşlem sırasında gaz basıncı  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  sabit tutulmuştur. Ölçmeler alev kaynaklı, alev kaynaksız ve kor halinde olmak üzere üç aşamada yapılmıştır.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Hazırlanan örneklerin yanma deneyinde belirlenen retensiyon miktarları, ağırlık kayıpları, yanma sıcaklığı ışık yoğunlukları ve yıkılma süresince emprenye maddeleri ve verniklerin etkisini belirlemek için gruplara kendi arasında basit varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizine göre anlamlı çıkan faktörlerin önem derceleri duncan testi yardımı ile belirlenmiştir.

### Bulgular

#### Emprenye Maddesi Retensiyon Oranları

Emprenye maddesi retensiyon oranları  $\text{Kg/m}^3$  ve % olarak Tablo 2' de verilmiştir.

Buna göre; en yüksek retensiyon PEG-400 + metilmetakrilat' ta ( $656,80 \text{ kg/m}^3$ ), en düşük retensiyon sodyum perborat'ta ( $15,09 \text{ kg/m}^3$ ) gerçekleşmiştir. PEG-400'lü grupların metilmetakrilat, izosiyanat ve stiren ile yapmış oldukları bağ her iki maddenin özellikle vinil monomerlerin retensiyon absorpsiyonunu ikincil bir işlem olarak engellememiştir.

% retensiyon açısından en yüksek değer PEG-400+MMA'da (%88,81) en düşük değer ise stiren ve metilmetakrilat' ta gerçekleşmiştir. Bu durum  $90^\circ\text{C}$  de

Deneme no	Emprenye işlem sayısı ve sırası	AK(°C)	H	KKY(°C)	H	KH(°C)	H
1(K)%30 .	-	200.12	h	190.56	j	130.12	i
1(K) % 7 .	-	405.68	c	490.12	e	185.18	f
2	1.T-CBC	233.00	g	315.53	ı	128.91	j
3	1.PEG-400	435.30	c	515.76	d	159.72	h
4	1.PEG-400 2.Ba	481.76	a	641.73	a	153.54	h
5	1.PEG-400 2.MMA	319.15	e	503.35	d	217.69	d
6	1.PEG-400 2.St	307.15	e	535.00	c	125.76	j
7	1.PEG-400 2.İso	468.07	b	487.80	e	236.42	c
8	1.PEG-400 2.Üf	384.30	d	562.00	b	142.40	ı
9	1.Üf	322.07	e	383.83	h	148.36	ı
10	1.Sp	422.07	c	638.85	a	257.60	b
11	1.St	363.92	d	451.66	f	159.44	h
12	1.MMA	432.00	c	499.78	e	284.69	d
13	1.Ba 2.MMA	370.30	d	495.85	e	177.11	g
14	1.Ba 2.St	366.s61	d	398.51	g	191.34	e
15	1.Ba 2.Bx	275.53	f	295.66	i	120.10	k

Tablo 4. Yanma Sıcaklıkları

AKY: Alev kaynaklı yanma      KKY: Kendi kendine yanma      KH: Kor halinde yanma

katılaşmanın monomer halden polimer hale geçmemesinden kaynaklanmış olabilir.

30 rutubetli örneklerde meydana gelen ağırlık kayıpları çok daha yüksek olmuştur.

### Yanma Kayıpları

Yanma deneyi sonrasında oluşan ağırlık kaybı ortalama değerleri Tablo 3' de verilmiştir.

Buna göre; yanma sonucu en çok ağırlık kaybı stirenin tek başına kullanımında (%45,12), en düşük değer ise PEG-400+stiren kullanımında (%4,07) gerçekleşmiştir. Su itici maddelerden stiren, MMA ve izosiyanat ikili işlemlerde daha olumlu sonuç vermişlerdir.

PEG'lü gruplarda ise, en iyi sonucu PEG-400+stiren verirken bunu diğerleri takip etmiştir. Diğer taraftan %

### Alev Kaynaklı, Kendi Kendine ve Kor Halinde Yanma Sıcaklığı

Alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklıklar Tablo 4' de verilmiştir.

Örnek rutubeti ile yanma esnasında açığa çıkan sıcaklık ters orantılı çıkmıştır. Odun rutubetinin %30 dan %7'ye azalması ile açığa çıkan ısı AK' da 2 kat, KKY' da 2.5 kat, KH'de ise 1.5 kat artmıştır. Alev kaynaklı yanma halinde en yüksek değer PEG-400+borik asit 'te (481,76°C), en

Deneme No	Emprenye işlem sayısı ve sırası	AK (Sn)	H	KKY (Sn)	H	KH (Sn)	H
1.K %30	-	560.15	j	2015.18	a	670.00	d
1.K % 7	-	450.28	k	625.15	h	540.00	f
2	1.T-CBC	960.00	c	1470.00	b	420.00	ı
3	1.PEG-400	870.00	d	660.00	g	510.00	g
4	1.PEG-400	630.00	ı	1230.0	c	450.00	h
	2.Ba						
5	1.PEG-400	690.00	h	690.00	f	780.00	a
	2.MMA						
6	1.PEG-400	1110.0	a	515.00	ı	420.00	ı
	2.St						
7	1.PEG-400	840.00	b	420.00	i	750.00	b
	2.Iso						
8	1.PEG-400	450.00	k	660.00	g	150.00	k
	2.Üf						
9	1.Üf	420.00	l	750.00	e	270.00	i
10	1.Sp	210.00	m	150.00	k	750.00	b
11	1.St	570.00	i	750.00	e	210.00	j
12	1.MMA	840.00	e	210.00	j	660.00	e
13	1.Ba	810.00	f	990.00	d	660.00	e
	2.MMA						
14	1.Ba	1110.0	a	1470.0	b	150.00	k
	2.St						
15	1.Ba	720.00	g	1230.0	c	690.00	c
	2.Bx						

Tablo 5. Yanma Süreleri(saniye)

düşük değer tanalith-CBC'de (233,00 °C) gerçekleşmiştir. PEG-400'lü grupların en yüksek yanma sıcaklığı değeri vermeleri yanmaya karşı hassas olduklarını ve ikincil bir işleme tabi tutulmaları gerektiğini göstermektedir.

Kendi kendine yanma sırasında en yüksek değer PEG-400+borikasit'te (641,73°C), en düşük değer ise borik asit+boraks'ta (295,66 °C) elde edilmiştir. Bu sonuç bor maddesinin yangın önleyici özellikte olduğunu göstermektedir. Kor halinde yanmada ise en yüksek değer sodyum perborat' ta (257,60°C), en düşük değer borikasit + boraks (120,10°C) elde edilmiştir. Bu da borlu

bileşiklerin yangın geciktirici etkilerini güçlendirir niteliktedir.

#### Yanma ve Yıkılma Süreleri

Alev kaynaklı, kor halinde yanma ve yıkılma süreleri ortalama değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Buna göre; kendi kendine yanma sırasında en uzun süre PEG-400 + stiren ve borik asit + stiren' de (1110 sn), sodyum perborat' ta (210 sn) ölçülmüştür. Elde edilen en uzun süreler kontrol örneğine göre yaklaşık iki

Deneme No	Emprenye işlem sayısı ve sırası	AKY (Lüx)	H	KKY (Lüx)	H	KHY (Lüx)	H
1. K % 30	-	655.00	m	600.00	n	555.00	i
1. K % 7	-	980.00	e	910.00	h	980.00	g
2	1.T-CBC	986.92	d	945.45	d	980.86	g
3	1.PEG-400	990.76	b	872.41	i	990.62	d
4	1.PEG-400	975.76	f	982.78	a	999.56	b
5	2.Ba 1.PEG-400	990.76	b	901.30	ı	1000.0	a
6	2.MMA 1.PEG-400	933.84	h	922.57	e	1000.0	a
7	2.St 1.PEG-400	968.46	g	860.16	j	956.15	h
8	2.İso 1.PEG-400	992.30	a	912.84	f	987.02	e
9	2.Üf 1.Üf	980.00	e	974.47	c	1000.0	a
10	1.Sp	989.23	c	976.00	b	1000.0	a
11	1.St	866.15	l	667.05	l	991.25	c
12	1.MMA	877.69	j	782.81	k	985.75	f
13	1.Ba 2.MMA	926.92	ı	911.38	g	999.28	b
14	1.Ba 2.St	876.92	k	616.38	m	923.33	ı
15	1.Ba 2.Bx	918.46	i	983.47	a	1000.0	a

Tablo 6. Yanma Sırasında Oluşan Işık Yoğunluğu Değerleri

kat daha küçük çıkmıştır. Ayrıca rutubet arttıkça yanma süresi ve kor hali süresi uzamaktadır. Kor hali için en uzun süre PEG-400+borik asit ve borik asit + boraks' ta (81230 sn) elde edilmiştir. Bu bakımdan da bor maddesinin olumlu sonuç vereceği söylenebilir.

#### Işık Yoğunlukları

Alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında oluşan ışın yoğunlukları (Lüx) ortalama değerleri Tablo 6' da verilmiştir.

Buna göre; en yüksek ışık yoğunluk değeri PEG-400+üreformaldehit'te (992 Lüx) olarak gerçekleşirken, en düşük değer stiren' de (866,15 Lüx) ölçülmüştür. Kendi kendine yanmada' da en yüksek değer Tanalith-CBC' de (945,45 Lüx), en düşük değer stiren' de (667,05 Lüx)

çıkmıştır. Stiren her iki yanma halinde en düşük değeri vermiş olup yanmanın güçlü bir şekilde devam ettiği söylenebilir.

Kor halinde yanmada ise en yüksek değer PEG-400+MMA, PEG-400+stiren, borik asit+boraks 'ta (1000 Lüx) olarak tam değer ölçülmüştür.

#### Sonuçlar ve Tartışma

Yanma deneyi sonuçlarına göre, en fazla ağırlık kaybı stiren ve sodyum perborat'ta gerçekleşmiştir. İkincil işlemlerin uygulanmasıyla PEG-400' lü gruplar yanma özelliklerini bir miktar iyileştirmiştir. Ağırlık kaybında en uygun sonucu borlu bileşikler vermiştir.

Borlu maddeler kendi kendine ve kor halinde yanma



sırasında etkili olmuşlardır. Yanma süresi %30 rutubetli ağaç malzemede, %7 rutubetteki göre 2/3 oranında daha uzun olmuştur.

Borik asit'in PEG'lü maddelerin odunun yanmasını hızlandırıcı etkisini engelleyeceği söylenebilir. Bu nedenle genellikle arkeolojik tarihi değeri olan ahşap eserlerin korunması ve boyut stabilizasyonu amacıyla kullanılan PEG'lü maddelerin borlu bileşikler ile beraber uygulanmalarında oduna yanmazlık ve boyutsal kararlılık sağlayacağı belirtilebilir.

Deneylerde elde edilen; emprenye maddesi retensiyon oranları, yanmada oluşan ağırlık kayıpları, yanma sıcaklık değerleri, yıkılma süreleri ve ışık yoğunluk değerleri literatürde verilen sonuçlarla ve standartlarda belirtilen değerlerle uyumludur (17).

### Kaynaklar

1. Le Van, S.L., Winandy, J.E., Effectes of Fire Retardant Treatments on Wood Strength:A Review, Wood and Fiber Science, 22 (1) 113-131, 1990.
2. Williams, L.H., Potential Benefits of Diffusible Preservatives for Wood Protection: an Analysis with Emphasis on Building Protection, in: First international Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives, M. Hammel, Ed., Forest Products Research Society, 29-35, 1990.
3. Yalınkılıç, M.K., Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite ve Boyutsal Stabilité Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklikler ve Bu Maddelerin Odundan Yıkınabilirlikleri, Doçentlik Tez Çalışması (Yayınlanmamış) KTÜ, Orm.Fak. 312 sh, 1993.
4. Hafors, B., The Role of The Wasa in The Devolopment of PEG Preservation Method, in:Archaeological Wood Properties, Chemistry and Preservation Series: 225, 195-217, 1990.
5. Baysal, E., Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerinin Kızılcım Odununun Bazı Fiziksel Özellilerine EtkisiKTÜ Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 1994.
6. Yalınkılıç, M.K. at all. Çeşitli Emprenye Maddelerinin Duglas (Pseudosuga Menziessi (mirb) Franco), Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkisi, Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, Ankara, 1997, (Baskıda).
7. Yalınkılıç, M.K., ÖRS., Yalçın, at all., Duglas Göknarı (Pseudosuga Menziessi (mirb) Franco) Odununun Anatomik ve Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilebilme Özellikleri, Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, Ankara, 1996.
8. Goldstein, ı. S., Degrodation and Protection of Wood from Thermal Attcak, in Wood Deterioration and its Prevention by Prezervative Treatments( D. D. Nicholos, Ed.) Sycacuse Univ. Press., V 1, 1973.
9. Yalınkılıç, M.K., Daldırma ve Vakum Yönyemiyle Sarıçam ve Doğu kayını Odunlarının Kreozot, WR, Tanalit-CBC ve Tanalit C-S Kullanılarak Emprenyesi ve Emprenye Edilen Örneklerin Yanma Özellikleri, ı. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Bildiri Metinleri ı.cilt Trabzon,1992.
10. Uysal,B.,Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanklılığı Üzerine Etkileri, G.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Ankara 1997.
11. TS 345, Ahşap Emprenye Maddelerinin Etkilerinin Muayene Metodları, 1974.
12. Murphy, R.J., Historical Perspective in Europa, in: First international Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives, M. Hammel, Ed., Forest Products Res. Soc., 9-13,1990.
13. Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z., Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi, TÜBYTAK-TOAG 875 No'lu, 377s., Trabzon, 1994
14. Alma, M.H., Küçük, M., Yalınkılıç, M.K., Kokarağaç 'ın Polietilenglikol (PEG-1000) ile Emprenye Edilerek Boyutsal Stabilizasyonunun Artırılması, ORENKO' 92 Bildiri Metinleri, ı.Cilt, 428-440, 1992.
15. ASTM-D 1413-76. Standard Test Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soilblock Cultures, Annual Book of ASTM Standards, 452-460, 1976.
16. ASTM-E 160 - 50. Standard Test Method For Combustible Properties of Treated Wood By The Crib Test, 809-813, 1975.
17. Başol, M. S., Eren, S., Boraks ve Borikasit Sımlarındaki Bor Trioksitin Polialkollerle Ekstraksiyonu, TÜBYTAK- Mühendislik araştırma grubu, Proje No:351, 48 s 1975.