



## Bazı Emprenye Maddelerinin Ladin (*Picea orientalis Link.*) Odununun Yanma Özelliklerine Etkileri

Hüseyin PEKER, Hüseyin TAN ve \*Ergün BAYSAL

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Hopa Meslek Yüksekokulu, Teknik Programlar Bölümü, TRABZON

\*Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, 48000 MUĞLA

### Özet

Bu çalışmada iç ve dış ortamda odunun canlı ve cansız zararlı etkenlere karşı korunması amacıyla kullanılan bazı emprenye maddelerinin Ladin (*Picea orientalis Link*) odununun yanma özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında, ladin odunundan hazırlanan deney örnekleri ASTM - D 1413-76 esaslarına göre emprenye edilmiştir. Emprenye maddesi olarak özellikle ağaç malzemenin yanmasında ve mikroorganizmalara karşı etkili olan Tanalith CBC, Borax, Borik asit, Borikasit+Borax karışımı, Vacsol WR, Polietilenglikol 400 ve Stiren kullanılmıştır.

Deney sonuçlarına göre; ladin odununda tuzların vakum metodu uygulanarak emprenye edildiğinde yanmayı geciktirici etkisinin arttığı belirlenmiştir. En yüksek % retensiyon Stiren+Metilmetakrilat'da % 48.0, en düşük Fosforik asitte % 7.8, en yüksek yanma sıcaklığı Stiren 'de 667 °C, en düşük Monoamonyum fosfat'ta 100°C, en yüksek ışık yoğunluk değeri Tanalith CBC'de 1000 Lüks, en düşük Stiren'de 500 Lüks, en yanma süresi Monoamonyum fosfat'ta 1200 saniye, en düşük 100 saniye, en fazla ağırlık kaybı PEG 400'de % 91, en düşük Fosforik asitte % 9.2 'te tesbit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yanmayı geciktirici etki, Ladin, Tanalith CBC, Borax, Borikasit, Vacsol WR, Polietilenglikol 400, Styrene

## Fire Resistance of Spruce Wood Treated With Some Chemicals

### Abstract

In this study, it was investigated the combustion properties of spruce wood (*Picea orientalis Link*) impregnated with different impregnation materials using for protection in an interior and exterior condition against harmful, abiotic and biotic effects, For this purpose the experimental samples prepared from spruce wood were impregnated with Tanalith CBC, Boric acid, Borax,, mixture of Boric acid+Borax, Vacsol WR, Polyethlynglycole – 400 and Styrene respectively are widely using impregnation materilas according to principles of the ASTM –D 1413-76 standards.

As a results of the tests, the boron compounds with vacuum process increased the fire retardant of the spruce wood species growing in Turkey.

Maximum retention as % 48 Styrene+Methylmetacrylate and minimum retention as %7.8 for phosphoric acid, maximum combustion warming as 667°C Styrene, minimum as % 100 °C for monoammonium phosphate, maximum intensity light as 1000 Lük Tanalith CBC, minimum as 255 Lük for Isocyanate, maximum combustion time as 1200 in time monoammonium phosphate, minimum as 100 in time Boric acid +Borax, maximum weihgt lose as 91 % PEG 400 and minimum weight lose as %9,2 for phosphoric acid was determined.

**Keywords:** Fire Retardant effect, Spuruce, Tanalith CBC, Borax, Boric acid, Vacsol WR, Polyethylene 400, Styrene

## 1. Giriş

Odun koruma, ağacın kesiminden başlayarak son kullanım yerini de içine alan bir süreçte karşı karşıya bulunulan zararlı etmenlere karşı önlem alınmasıyla gerçekleşir. Bu önlemler, odunu kurutma, kuruluşunu muhafaza etme, etkisi ve akılcı dizayn, uygun depolama ve istifleme gibi kimyasal madde uygulaması gerektirmeyen birtakım uygulamaları içerse de, kesin sonuca ancak kullanım yeri ve amacına uygun kimyasal koruyucu maddelerin yine uygun yöntemlerle ağaç malzemeye uygulanmasıyla giderilebilmektedir [1]. Emprenye edilmiş odunun vernikleme işlemi ile de iç ve dış ortamda estetik, ekonomik ve koruyucu etkisinin arttığı bildirilmiştir [2].

Ağaç malzeme, insanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde en eski olanıdır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok sayıdaki yeni malzeme ile rekabetine rağmen, sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde birçok kullanım alanında önemini korumaktadır [3]. Ağaç malzeme yanabilen ve alevlenebilen bir maddedir. Alevlenen maddeler, tutuşma sıcaklığına ulaşıncaya dışarıdan bir alev gerek duymadan tutuşabilir. Yanabilen maddeler ise, yabancı bir alevin içinde yanar ; fakat alev söner sönmez maddenin yanması son bulur. Bu tür maddeleri yanmaz hale getirmek mümkün değildir. Yanmayı geciktirici emprenye maddeleri ağaç malzemenin bozunma sıcaklığının altında bozularak selülozu hızla odun kömürü ve suya dönüştürürler Böylece, daha yüksek sıcaklıkta oluşacak olan uçucu ve yanıcı maddeler oluşmadığı için odunun alevlenme özelliği azalmakta ve alevin savrulması çevreye yayılması önlenmektedir [4].

Odun yanabilen bir maddedir. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275°C'ye çıkarılması gerekmektedir. Bu bakımdan ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılması için kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması bir çok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir [5]. Bir yapının yanma direnci, ağaç malzemenin yanmaz hale getirilmesi yolunda yapılacak işlemlerle artırılabilir. Bu işlemler, yangında yapılarıdaki büyük kısımlarda alev yayılmasının önlenmesi için de gereklidir [6].

11 Ağaç türünde yapılan deneylerde 93 °C' de 1 yıl süreyle bekletilme sonucu % 2.7, 121 °C' de 470 gün bekletme sonucu % 26.8, 149 °C' de 400 saat bekletme sonucu % 14.8 ve 167 °C' de 102 saat bekletme sonucu % 21.4 'lük bir ağırlık kaybı olduğu tesbit edilmiştir [7]. Yapraklı türlerin egzotermal bozunma sıcaklığının iğne yapraklı türlerden daha düşük olduğu ve bunun yapraklı türlerin ısıya daha hassas olan pentazonlan içermesinden kaynaklandığı bildirilmiştir [8]. Odun bileşiklerinde ısı etkisiyle meydana gelen değişimleri araştırma amacıyla yapılan çalışmada huş ksilanı ve çam glukomannan'ın 117-127 °C'de bozunmaya başladığı, ladin odununun 130-145 °C'de ligninde, 156-170 °C'de selülozda bozunma gösterdiği tesbit edilmiştir. 160 °C sıcaklıkta 28 gün süreyle bekletilen kayın talaşında % 20 selüloz kaldığı, lignin miktarının 14 gün sonra % 2-3 kadar azaldığı, pentozanın % 37 'sinin 2 gün içinde bozulduğu saptanmıştır [9]. Kızılçam (*Pinus brutia Ten.*) odunundan hazırlanan deney örnekleri bor bileşikleri, su iticiler (stiren, metimetakrilat v.b.), polietilenglikol-400 gibi emprenye maddeleriyle birincil ve ikincil olarak işleme tabi tutulmuş, borlu bileşiklerin yanma direncini artırdığı, su itici maddelerin ve PEG-400 uygulamasının aynı etkiyi göstermediği bildirilmiştir [10]. Yapılan bir diğer çalışmada su itici maddelerle emprenye edilen odunun yanma özelliklerinde meydana gelebilecek değişikliklerin belirlenmesinin önem taşıdığı tesbit edilmiştir [11]. Douglas (*Pseudotsuga Menziesii (mırb) Franco*) odunu bor bileşikleri ve PEG-400'lü gruplarla emprenye edilmek suretiyle yanma özellikleri incelenmiş, polietilenglikol'lü

grupların olumsuz etkisine rağmen borlu bileşiklerin daha etkili sonuçlar verdiği bildirilmiştir [12].

Kreozot ile emprenye edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunu örneklerinde daldırma süresinin uzamasıyla absorpsiyon miktarının arttığı, buna bağlı olarak yanma ve ağırlık kaybı değerlerinde artış olduğu saptanmıştır [13].

Sarıçam ve Doğu kayını odunlarından hazırlanan deney örnekleri, sodyum sülfat, sodyum tetraborat, bakır sülfat, potasyum nitrat, çinko sülfat ile daldırma ve basınç uygulanan yöntemlerle emprenye edilmiş, daldırma metoduyla emprenyeli örneklerin yanma özelliklerinin düşük değer verdiği buna karşın basınçlı yöntemlerle emprenye edilen odun örneklerinin daha yüksek sonuç verdiği gözlenmiştir [14].

Bu çalışmada; çeşitli iç ve dış ortam etkilerine karşı odunda yanmayı engelleyici etkileri bilinen borlu bileşiklerle, odunun fiziksel özellikleri üzerinde olumlu etkiler sağlayan fakat yanıcı olan çeşitli monomer su itici maddelerin birlikte kullanılması durumunda ladin odunun yanma sonucunda ağırlık kaybı oranlarının belirlenmesi amaçlarına yönelik olarak hazırlanmıştır. Bu şekilde söz konusu maddelerin birbirlerinin olumsuz özelliklerini minimum düzeye indirmek suretiyle kullanımlarının sağlanmaları amaçlanmıştır.

## **2. Materyal ve Metod**

### **2.1. Materyal**

Ladin odunu örnekleri, dağ ve sahil tipi arası, normal özellikler gösteren bir bölgeden; (Maçka-Trabzon)dan TS 345 [15], TS 4176 [16] belirtilen esaslara uyularak alınmıştır. Tomrukların enine kesitlerine renklenmeyi önleyici (Antiblue) uygulaması yapılmıştır. Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan borlu bileşikler, ETİBANK Bandırma – Boraks ve Asit Fabrikası İşletmesinden, vinilmonomerler PETKİM İzmit Rafinerisi ve Polisan Kimya San. A.Ş.'den, diğer maddeler medikallardan temin edilmiştir. Çalışma kapsamında üç farklı emprenye maddesi grubu denenmiştir.

1. Bor Bileşikleri Sulu çözeltileri (Tek işlemler emprenyelerde): Borikasit (BA), Borax (Bx), BA+Bx Sulu çözeltileri + Su itici maddeler (SİM): (Ba+Bx)+St,
2. SİM: Stiren(St), Metilmetakrilat (MMA), İzosiyanat (ISO)
3. Ticari emp. maddeleri: PEG 400, Tanalith CBC, Fosforikasit, Monoamanyumfosfat, Vacsol

Emprenye deney planı Tablo 1'de verilmiştir.

### **2.2. Yöntem**

#### **2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması**

Ladin odunu tomrukları TS 345 [15] ve TS 1476 [16] esaslarına uyularak belirlenen toplam 10 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 halinde hazırlanan bu parçalar sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi  $65 \pm 3$  olan şartlardaki

iklim odasında ortalama % 12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir daha sonra empenye deney planında belirtilen rutubetlere kadar özenli ve yavaş kuruma sağlayan kurutma programı uygulanarak (max 50 °C) kurutulmuşlardır. Uygulanacak empenye işleminin gerektirdiği rutubete kadar kurutulan taslak parçalardan 1.5x1.5x 50 cm boyutlarında kesilen kısımları, empenye edildikten sonra başlarından 2.5 cm' lik kısımları atılmıştır. Geri kalan parçadan 76 mm uzunlukta yanma deneyi örnekleri kesilmiş ve deney anına kadar 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarında iklim odasında bekletilmişlerdir. Her deney periyodunda 24 adet örnek alınarak varyasyonlarda 2 grup kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Uygulanan deney planı

Kimyasal Madde Grubu	Temsil Ettiği Maddeler	Empren Deneş No	Empren. İşlem Sayısı	İşlem Sırası		Çözelti Konst. (%)		Çözücü Madde	
				1	2	1.Emp.	2.Emp.	1.Emp.	2.Emp.
1. Grup Ticari Emprenye Maddeleri	Tanalith-CBC	1	1	Tanalith-CBC	-	5	-	DS	-
	Fosforlu Bileşik.	3	1	Fosforikasit (FA)	-	5	-	DS	-
	Organik Çözücüler	3	1	MAP	-	5	-	DS	-
		4	1	VACSOL (V)	-	100	-	-	-
2. Grup Borlu Bileşikler	Yangın Önleyiciler İnsektisitler ve Fungisit Odun Koruyucular	5	1	Borikasit (BA)	-	5	-	DS	-
		6	1	Borax (BX)	-	5	-	DS	-
		7	1	BA+BX * (7:3,A:A)	-	5	-	DS	-
		8	2	-	Stiren (St)	5	100	-	-
3.Grup	Bulking	9	1	PEG-400(P4)	-	100	-	-	-
4. Grup WR Bileşikleri	Su İtici Maddeler	10	1	St	-	100	-	-	-
		11	1	MMA	-	100	-	-	-
		12	1	St+MMA	-	70:30	-	-	-
		13	1	ISO	-	100	-	-	-

DS: Destile su EÖ: Emprenye öncesi ES:..Emprenye sonrası

### 2.2.2. Emprenye Yöntemi

Emprenye işleminde ASTM -D 1413-76 [17] 'da belirtilen esaslara uyulmuştur. Bunun için örnekler 60 cm Hg<sup>n1</sup> 'ya eşdeğer ön vakum 60 dk süreyle uygulandıktan sonra, 60 dk süreyle normal atmosfer basıncında çözelti içerisinde bırakılmıştır. Emprenye maddesi tutunma (retensiyon) miktarları (R -Kg/m<sup>3</sup>) ve % retensiyon oranları (R- %) örnekler empenye öncesi ve sonrası tam kuru hale getirildikten sonra; aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır [18 ].

$$\text{Retensiyon} = G \cdot C / V \cdot 100 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$G = T_2 - T_1 \quad T_1 = \text{Emprenye öncesi numune ağırlığı [g]}$$

$$T_1 = \text{Emprenye öncesi numune ağırlığı [g]}$$

T2= Emprenye sonrası numune ağırlığı [g]

C= Çözelti konsantrasyonu [% ]

V= Numune hacmi [cm<sup>3</sup> ]

Retensiyon(%)=(Moes-Moeö)/Moeö

Moes= Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı [g]

Moeö= Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı [g ]

### 2.2.3. Yanma Deneyi

Yanma deneylerinde ASTM -E 160-50 [19] 'de belirtilen esaslara uyulmuştur. Test ve kontrol örnekleri yakma işleminden önce 27 ± 2 °C sıcaklık ve % 30 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında % 7 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmiş, deneyde 24 adet örnek 12 katta kare prizma şeklinde dizilerek yakılmıştır. Gaz basıncı 0.5 kg/cm<sup>2</sup> sabit tutulmuştur. Ölçmeler alev kaynaklı, kendi kendine yanma, kor halinde olmak üzere üç aşamada yapılmıştır

### 2.4.Sonuçların Değerlendirilmesi

Elde edilen veriler %95 güven düzeyinde varyans analizleri ANOVA ve Duncan Testleriyle (DT) bilgisayarda STATGRAF istatistik programıyla irdelenerek değerlendirilmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. Çözelti Özelliklerine İlişkin Bulgular

Çözelti özelliklerine ilişkin bulgular Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Uygulanan deney planı

Deney No	Emp. Çözelti özellikleri			pH		Yoğunluk	
	Emprenye Maddesi	Çözücü Madde	Çöz.Kons (%)	EÖ	ES	EÖ	ES
1	Tanalith-CBC	DS*	5	2.48	2.79	1.080	1.080
2	Fosforik asit	DS	5	2.11	2.20	1.060	1.060
3	MAP	-	100	5.64	5.64	1.040	1.040
4	Vacsol WR	-	100	5.98	6.00	0.810	0.810
5	BA	DS	5	3.20	3.60	1.020	1.020
6	Bx	DS	5	11.20	11.20	1.020	1.020
7	BA+Bx	DS	5	7.86	7.91	1.110	1.110
8	(BA+Bx)+St	-	5 100	7.86 4.10	7.91 4.14	1.110 0.910	1.110 0.910
9	PEG400	-	100	5.67	5.60	1.020	1.020
10	ST	-	30:70	3.70	3.70	0.710	0.710
11	MMA	-	30:70	6.20	6.20	1.130	1.130
12	St+MMA	-	30:70	5.20	5.20	1.060	1.060
13	ISO	-	100	4.60	4.60	1.120	1.120

Tablo incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çözeltilerin emprenye öncesi ve sonrasında pH değerleri ve yoğunluklarında değişme olmamıştır. Bu durum taze çözeltiyle çalışmaktan kaynaklandığını söyleyebiliriz
2. PEG-400'ün saf haldeki çözeltisi asidik bölgede (5-60-5-67) bulunduğu mekanik özelliklerinde bir miktar azalma ihtimali söz konusudur. Odunda mekanik özellikleri iyileştirdiği bilinen, su itici etkinlik değerleri yüksek WR maddelerden ST ve ISO'nun pH'sının asidik bölgede bulunduğu MMA'nın ise nötre yakın olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumda MMA'nın mekanik özelliklerinin olumlu yönde etkilenmesi beklenebilir.
3. BA'in tek başına kullanıldığı çözeltilerde özellikle ticari Tandith CBC nin %3'lük çözeltisinde pH değerlerinin asidik bölgede olması bu çözeltilerin odundaki polisakaritleri olumsuz etkilemesi hidroliz olasılığını güçlendirmektedir.

### 3.2. % Retensiyona İlişkin Bulgular

Ladin odununda elde edilen % retensiyon sonuçları 1.ve 2. emprenye uygulamalarında % retensiyon Tablo 3'te bunlara İlişkin grafik ise Şekil 2 'de verilmiştir.

**Tablo 3.** % Retensiyon oranları

Deney No	Emprenye Maddesi	Çözücü Madde	Retensiyon (%)						
			Ort.	St.sp	HG	Ort	St sp	HG	Toplam (%)
1	Tanalith-CBC	DS	10.4	0.30	H	-	-	-	10.4
2	Fosforik asit	DS	7.8	0.66	J	-	-	-	7.8
3	MAP	-	9.0	0.46	I	-	-	-	9.0
4	Vacsol WR	-	97.9	12.4	A	-	-	-	97.9
5	BA	DS	39.0	13.1	E	-	-	-	39.0
6	Bx	DS	52.9	13.4	B	-	-	-	52.9
7	BA+Bx	DS	9.5	2.66	I	-	-	-	9.5
8	(BA+Bx)+ St	DS -	9.3 -	1.36 -	I -	28.9	9.41	-	38.2
9	PEG400	-	10.7	0.71	H	-	-	-	10.7
10	ST	-	29.4	5.66	G	-	-	-	29.4
11	MMA	-	34.9	13.8	F	-	-	-	34.9
12	St+MMA	-	48.0	2.63	C	-	-	-	48.0
13	ISO	-	47.2	9.12	D	-	-	-	47.2



Şekil 2. % retensiyon miktarları

Tablo ve Şekil incelendiğinde; en yüksek retensiyon organik çözücülü emprenye maddesi olan Vacsol ile daha sonra borik asit, borax ve su itici maddelerle sağlandığı, diğer tüm maddelerin düşük oranlarda ve eşdeğer retensiyonlarda emprenye edilebildikleri anlaşılmaktadır. Borik asit +borax karışımının retensiyon oranı da, borik asit +borax'ın bireysel uygulamalarından daha düşük oranda gerçekleşmiştir. 2. İşlemden uygulanan su itici maddelerin retensiyonunu bu türde en çok azaltan emprenye maddesi PEG-400 olmuştur. Stiren + metilmetakrilat' da ise borik asit+borax ve PEG 400 'ün su itici madde retensiyonunu engelleme oranları eşdeğerdedir.

### 3.3. Yanmadaki Ağırlık Kaybı (AK) Oranları

Ladin odunu deney örneklerinin yanma sonrası AK oranları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo incelendiğinde; en yüksek ağırlık kaybı PEG 400 'ün tek başına kullanımında (% 91), en düşük ağırlık kaybı Fosforik asitte (% 32) olarak tesbit edilmiştir. Monomer maddeler su itici özelliklerine karşın, yanma aşamasında gerek tek başlarına kullanımlarında ve gerekse (BA+Bx )+St 'li ikili işlemlerde gerekli performansı göstermemiştir.

### 3.4. Alev Kaynaklı (AKS), Alev Kaynaksız (KKYS), Kor Hali Sıcaklığı (KHS)

Ladin odunu deney örneklerinin yanma deneyi sırası ve sonrasında kaydedilen sıcaklık dereceleri, Tablo 5' te bulunlara ilişkin grafik şekil 3'te verilmiştir. Kimyasal emprenye maddesi türüne göre de istatistiksel analizleri yapılarak homojenlik grupları oluşturulmuştur. Yanmanın her üç aşamasında sıcaklık dereceleri ölçülerek değerler karşılaştırılmıştır.

**Tablo 4.** Ağırlık kaybı ( AK ) oranları

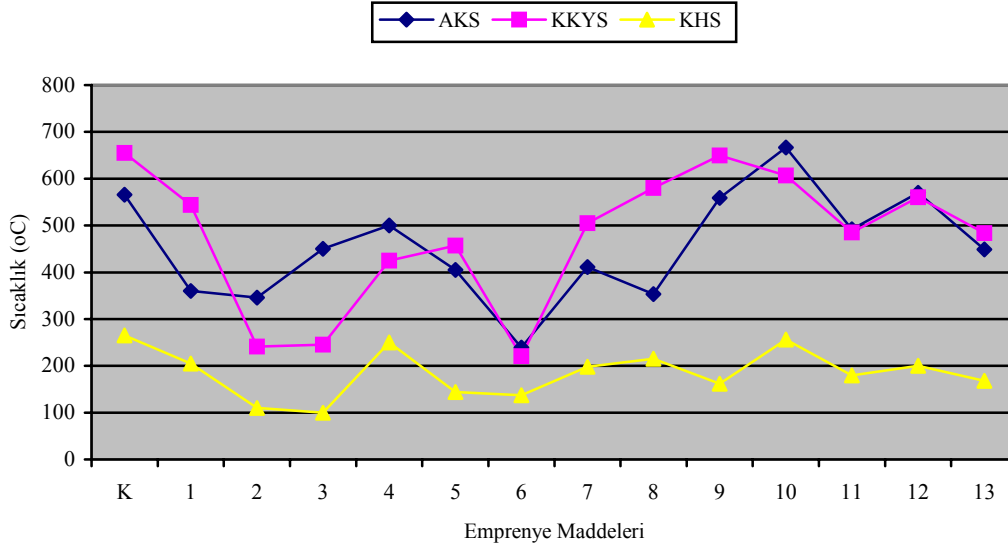
Deney No	Emprenye Maddesi	Çözücü Madde	Ağırlık Kaybı (%)		
			Ort.	St.sp.	HG
	Kontrol	-	95	2.12	A
1	Tanalith-CBC	DS*	75	3.56	I
2	Fosforik asit	DS	32	6.12	N
3	MAP	DS	43	8.81	M
4	Vacsol WR	-	88	4.56	D
5	BA	DS	66	3.23	J
6	Bx	DS	59	7.15	K
7	BA+Bx	DS	50	1.05	L
8	(BA+Bx)+ St	DS -	82	6.34	H
9	PEG400	-	91	12.1	H
10	ST	-	87	9.27	E
11	MMA	-	90	8.39	C
12	St+MMA	-	84	4.15	G
13	ISO	-	85	4.91	F

**Tablo 5.** Yanma sıcaklıkları (° C)

Dene. No	Emprenye Maddesi	AK (° C)		KKY(° C)		KH(° C)	
		Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
	KONTROL	566	D	655	A	265	A
1	Tanalith-CBC	360	L	544	F	205	E
2	Fosforik asit	346	N	241	M	110	M
3	MAP	450	I	245	L	100	N
4	Vacsol WR	500	E	425	K	250	C
5	BA	405	K	457	J	144	K
6	Bx	239	O	221	N	137	L
7	BA+Bx	411	J	505	G	198	G
8	BA+Bx+ST	353	M	580	D	215	D
9	PEG400	559	C	650	B	162	I
10	ST	667	A	607	C	256	B
11	MMA	492	F	485	H	180	J
12	ST+MMA	570	B	560	E	200	F
13	ISO	449	G	484	I	168	H

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



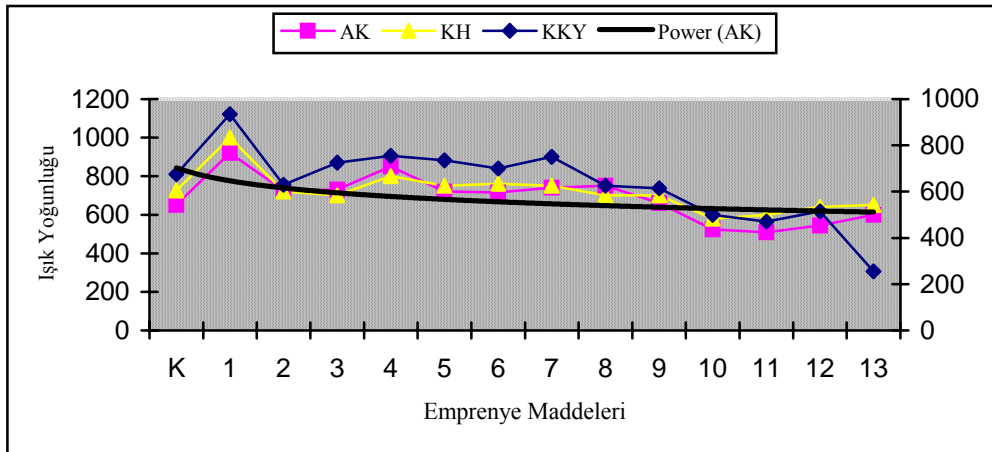


Şekil 3. Yanma sıcaklık değerleri

Tablo ve şekil incelendiğinde; alev kaynaklı yanma aşamasında en yüksek değer Stiren'in tek başına kullanımında ( $667^{\circ}\text{C}$ ), en düşük Borax'ın tek başına kullanımında ( $239^{\circ}\text{C}$ ) gerçekleşirken ; Kendi kendine yanma aşamasında en yüksek değer PEG 400 'de ( $650^{\circ}\text{C}$ ), en düşük yine Borax'ın tek başına kullanımında ( $221^{\circ}\text{C}$ ); Kor halinde yanma aşamasında en yüksek değer Stiren'in tek başına kullanımında ( $256^{\circ}\text{C}$ ), en düşük Monoamaonyumfosfat 'ın bireysel kullanımında ( $100^{\circ}\text{C}$ ) olarak gerçekleşmiştir.

### 3.5. Işık Yoğunluğu (Lüks)

Işık yoğunluk değerleri yanma sıcaklığının her üç aşamasında ölçülmüş ve Tablo 6 ve bunlara ilişkin grafik şekil 4 'de verilmiştir.



Şekil 4. Işık yoğunlukları

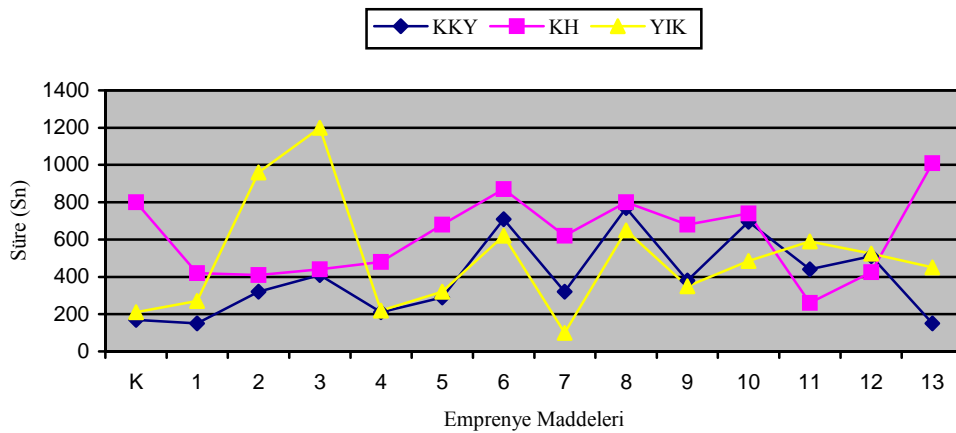
**Tablo 6.** Işık yoğunlukları

Dene. No	Emprenye Maddesi	AK (Lüx)		KKY(Lüx)		KH(Lüx)	
		Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
	KONTROL	650	J	675	G	725	E
1	Tanalith-CBC	920	A	935	A	1000	A
2	Fosforik asit	725	F	630	H	720	F
3	MAP	730	E	725	E	700	G
4	Vacsol WR	850	B	755	B	800	B
5	BA	720	G	735	D	750	D
6	Bx	715	H	700	F	760	C
7	BA+Bx	740	D	750	C	750	D
8	BA+Bx+ST	750	C	625	I	700	G
9	PEG400	660	I	615	J	700	G
10	ST	525	M	500	L	580	K
11	MMA	510	N	470	M	600	J
12	ST+MMA	545	L	515	K	640	I
13	ISO	600	K	255	N	650	H

Tablo ve şekil incelendiğinde; alev kaynaklı yanma aşamasında en yüksek değer Tanalith CBC tek başına kullanımında (920 Lüx), en düşük Metilmetakrilat 'ın tek başına kullanımında (510 Lüx ) gerçekleşirken ; Kendi kendine yanma aşamasında en yüksek değer Tanalith CBC 'de (935 Lüx ), en düşük yine metilmetakrilat'ın tek başına kullanımında (470 Lüx) ; Kor halinde yanma aşamasında en yüksek değer Tanalith CBC'nin tek başına kullanımında (1000 Lüx ), en düşük Stiren'in bireysel kullanımında (580 Lüx) olarak gerçekleşmiştir.

### 3.6. Kendi Kendine Yanma (KKY), Kor Hali (KH) ve Yıkılma Süreleri

Kendi kendine yanma her üç aşamasında ölçülmüş, bunlara ilişkin değerler Tablo 7 ve şekil 5 'te verilmiştir.



**Şekil 5.** Yanma ve yıkılma süreleri

Tablo ve şekil incelendiğinde; kendi kendine yanma aşamasında en yüksek değer BA+Bx+St 'de (770 sn), en düşük Tanalith CBC ve ISO 'nun tek başına kullanımında (150 sn) ; Kor halinde yanma aşamasında en yüksek değer ISO'ın tek başına kullanımında (1010 sn), en düşük MMA'nın bireysel kullanımında (260 sn) olarak gerçekleşmiş;yıkılma süresi itibariyle en uzun süre MAP 'ta (1200 sn) en düşük süre Vacsol 'de (220 sn) olmuştur.

**Tablo 7.** Yanma ve yıkılma süreleri

Dene. No	Emprenye Maddesi	KKY (sn)		KH(sn)		YIK(sn)	
		Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
	KONTROL	170	K	800	C	210	M
1	Tanalith-CBC	150	L	420	J	270	K
2	Fosforik asit	320	H	410	K	960	B
3	MAP	410	F	440	H	1200	A
4	Vacsol WR	210	J	480	G	220	L
5	BA	290	I	680	E	320	J
6	Bx	710	B	870	B	620	D
7	BA+Bx	320	H	620	F	100	N
8	BA+Bx+ST	770	A	800	C	650	C
9	PEG400	380	G	680	E	350	I
10	ST	695	C	740	D	485	G
11	MMA	440	F	260	L	590	E
12	ST+MMA	510	D	425	I	525	F
13	ISO	150	L	1010	A	450	H

#### 4. Sonuçlar ve İrdeleme

Bu çalışmada iç ve dış ortam etkilerine karşı çeşitli emprenye maddelerinin ladin odununun yanma özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre ; çözeltilerin emprenye öncesi ve sonrası ölçülen pH değerleri ve yoğunluklarında önemli bir değişme olmamıştır. Bu durum her emprenye varyasyonunda taze çözeltiyle çalışmaktan kaynaklanmış olabilir. Emprenye işlemlerinde en yüksek % retensiyon miktarı Vacsol WR'de (% 97.9), en düşük Fosforik asitte (% 7.8 ) 'te gerçekleşmiştir. Tuzların genel olarak düşük retensiyon vermesi kimyasal yapılarından ve ladin od Yapılan emprenyelerde, tam kuru odun ağırlığına oranla retensiyonun yüksek olması sonucu; yanmayı önleyici etki (YÖE)nin önemli bir göstergesi sayılan AKS ve KKYS derecelerinin azalması, bor retensiyonunun artmasına bağlı olarak YÖE'nin de artacağı izlenimini vermektedir. Bu durum Ladin odununun güç emprenye edilebilir olmasından kaynaklanmış olabilir.

% Retensiyon toplu sonuçlar itibariyle uygunluk sırası Monomer maddeler>Borlu bileşikler >Ticari emprenye maddeleri>PEG400 olarak gerçekleşmiştir. Yanma sonrasında oluşan ağırlık kaybı en yüksek PEG 400'ün tek başına kullanımında (% 91), en düşük fosforik asitte % 9.2) tesbit edilmiştir. FA ve MAP'ın [20] bu çalışmada yer alan borlu bileşiklerden daha olumlu sonuçlar vermesi dikkat çekicidir. Böylece borlu bileşiklerin biyodegradasyonu ve yanmayı önleyici, FA ve MAP'ın da yanmayı önleyici özelliklerinin [21] birlikte ele alınması yönünde denemeler yapılabilir. Ancak her iki grup maddenin de higroskopik tuzlar olmaları nedeniyle odunun higroskopisitesini arttırmalarının önüne geçilmesi gerekmektedir. Monomer

maddeler gerek tek başına ve gerekse ikili işlemlerde ağırlık kaybına uğrarken, tuzlarla ikili işlemlerinde ağırlık kaybının bir miktar azalma göstermesi tuzların yanmayı geciktirici etkisinden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Toplu sonuçlar itibariyle uygunluk sırası :Tuzlar >Ticari emprenye maddeleri >SİM>PEG 400 olmuştur.

Sıcaklık değeri,; alev kaynaklı yanmada en yüksek ST '(667° C) 'de, en düşük Bx'te (239 °C), kendi kendine yanma aşamasında en yüksek PEG 400'ün tek başına kullanımında (650 °C), en düşük Bx'te (221°C), kor halinde yanmada en yüksek ST 'de (256 °C), en düşük MAP 'te (100 °C ) olarak gerçekleşmiştir. Tuzlar yanmanın her üç aşamasında olumlu sonuç verirken, monomer maddeler özellikle ST 'de yüksek sıcaklık değerleri vermesi kimyasal madenin bileşiminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. BA+Bx emprenyesi ve St, ISO'nun kontrolden daha az ısı yaydığı ortaya çıkmış olup, AKY ve KKY'da MMA'nın St'e oranla daha az uygun olduğu belirlenmiştir. BA ve Bx'in tek başına veya BA+Bx (7:3, ağırlık:ağırlık) karışımı halinde uygulamaları son derece düşük KHS değerleri vermiş olup, bu bulgular literatüre uygun düşmektedir [22]. FA ve MAP ve Pyr'un yanma aşamasında kontrolden anlamlı derecede daha az sıcaklıklar göstermesi, bu maddelerin YÖE'nin varlığını açıkça göstermiştir.

Işık yoğunluğu ; AK yanmada en yüksek Tanalith CBC 'de (920 Lüks), en düşük MMA 'da (510 Lüks), KKY 'da en yüksek Tanalith CBC 'de (935 Lüks), en düşük MMA 'da (470 Lüks ), KH yanmada en yüksek Tanalith CBC'de (1000 Lüks), en düşük ST 'de (580 Lüks ) olarak tesbit edilmiştir. Tanalith CBC yapısı içerisinde bor türevinin yer alması olumlu etkileşim yaparken, SİM'de kimyasal bağdan kaynaklanan yapının olumlu sonuç vermediğini söyleyebiliriz. Yıkılma ve dağılma süresi itibariyle en uzun yanma KKY 'de (Ba+Bx)+ ST 'de (770 sn ), en düşük Tanalith CBC 'de (150 sn ), kor halinde en yüksek değer ISO 'da (1010 sn ), en düşük MMA 'da (260 sn ) olarak gerçekleşirken; dağılma ve yıkılma aşamasında en uzun süre MAP 'ta (1200 sn ), en düşük Vacsol 'de (220 sn ) gerçekleşmiştir. Monomer maddeler tuzlara oranla ladin odununda önemli bir dayanım gösterdiğini söyleyebiliriz.

Emprenyeli tüm örnekler kontrolden daha uzun süre KKY göstermişlerdir. Bu durum emprenyeli örneklerin yanmadan uzun süre dayanarak can ve mal kurtarılmasına ve yangına müdahale için süre sağlasa da, KKYs, AK ve YKA ile birlikte değerlendirilmelidir. Çünkü her ne kadar KKYs'nin uzunluğu olumlu ise de bu süre sonunda tüm malzeme yanıp tükeniyorsa YÖE sağlanamayacaktır. KKYs, AK ve YKA ile birlikte değerlendirildiğinde sırasıyla Bx, BA+Bx, BA ve, (BA+Bx)+St 'nin kontrole oranla anlamlı derecede olumlu sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. SİM'in yanmada malzemenin mekanik özelliklerini muhafaza etmesine yardımcı olacaklarını gösterebilir. SİM'in yanmada odunun mekanik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması önerilebilir. AKIY, KKYIY ve KHIIY değerleri yanma esnasında çıkan dumanla ters orantılı değerlerdir. Herhangi bir yanma olayında alevli yanmadan belki de çok daha önemlisi yayılan duman etkisiyle meydana gelen zehirlenmeler ve boğulmalar olduğundan [12,13] duman yoğunluğu dikkate alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Rowell, R.M., Konkol, P., Treatments That Enhance Physical Properties of Wood, USDA Forest Service Forest Product Laboratory, General Tech. Report FPL-GTR-55, Madison 12, 1987.
2. Feist, W.C., Weathering Performance Of Finishing Wood Pretreated With Water Repellent Preservatives, Forest Products Journal, 40, 21-22, 1990.

3. Bozkurt, Y., Göker, Y., Orman Ürünlerinden Faydalanma, İstanbul Üniversitesi, Orman Fak. Yayınları No: 2840/297, İstanbul, 1981
4. Bozkurt, A., Göker, Y., Erdin, N., Emprenye Tekniği, İstanbul Üniv., Orman Fak., Yayın No:2779, İstanbul, 1993.
5. Le Van, S.L., Winandy, J.E., Effects Of Fire Retardant Treatments On Wood Strength: A Review, Wood And Fiber Science, 22 (1) 113-131, 1990.
6. Richardson, B.A., Wood Preservation, The Constuction Press Ltd., Lancaster, 23 P., 1978.
7. Maclean, J.D., Role Of Disintegration Of Wood Under Different Heating Conditions, Proc. Am. Wood-Preserves, Assoc, 47,155-168,1951.
8. Kolmann, F., Occurrence Of Exothermic Reaction In Wood, Holz Als Roh-Und Werkstoff, 18 193-200, 1960.
9. Goldstein, I.S., Degradation And Protection Of Wood From Thermal Attack, In:Wood Deterioration And Its Prevention By Preservative Treatments (D.D. Nicholas,Ed-) Syracuse Univ., New York, Press, Vol:I, 307-339,1973.
10. Baysal, E., Çeşitli Borlu Ve Wr Bileşiklerin Kızılcam Odununun Bazı Fiziksel özelliklerine Etkisi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst. Yük. Lis. Tezi, Trabzon, 1994,
11. Hafors, B., The Role Of The Water In The Development Of Peg Preservation Method, in: Archaeological Wood Properties, Chemistry And Preservation Series:225, 195-217,1990.
12. Yalınkılıç, M.K., Örs, Y., Et Ali., Douglas Göknaarı (Pseudotsuga Menziesii (Mirb) Franco) Odununun Anatomik ve Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilebilme Özellikleri, Doğa Türk Tarım Ve Ormancılık Dergisi, Ankara, 1996.
13. Yalınkılıç, M.K., Daldırma ve Vakum Yöntemleriyle Sarıçam ve Doğu Kayını Odunlarının Kreozot, WR, Tanalith CBC ve Tanalith C-S Kullanılarak Emprenyesi ve Emprenye Edilen Örneklerin Yanma Özellikleri, Orman Ürünleri Kongresi, ORENKO, Trabzon, 1992
14. Örs, Y., Sönmez, A., Uysal B., Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığı Üzerine Etkileri, Doğa Türk tarım ve Ormancılık Dergisi, Cilt 23, Sayı 2, 1999.
15. TS 345 Ahşap Emprenye Maddelerinin Etkilerinin Muayene Metodları, 1974.
16. TS 1476 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerin Tayini Homojen İçin Meşçerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması, 1984.
17. ASTM D-1413 -76, "Standard Method of Testing Wood Preservative By Laboratory SoilBlock Cultures", Annual Book of ASTM Standard, 452 - 460, 1976.
18. Peker, H., Mobilya Üstyüzeylerinde Kullanılan Verniklere Emprenye Maddelerinin Etkileri, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1998.
19. ASTM D 160-50 Standard Test Method For Combustible Properties of Treated Wood By Crib Test, 809- 813, 1987
20. Le Van, S.L., White, R.,H., Performance of Fire Retardant and Fire -Resistive Coating on Wood. In:Flame Retardant Coating:Problems and Opportunities, October 27-30;Pinehurst, NC. Lancaster, P.A.:Fire Retardant Chemicals Association, 28p, 1985.
21. Le Van, S.L., Ross, J., R., Winandy, E.,J., Effects of Fire Retardant Chemicals on Bending Properties of Wood at Elevated Temperatures, Res. Pap. FPL-498, USA, 24p.
22. Anonymous, The Economics of Boron, Six Edition, Roskill Information Service Ltd., England, ISBN:862149932, 63-120, 1989