

---

Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi  
Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2004, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 122-140

---

## FARKLI KİMYASAL MADDELERLE EMPRENYE EDİLMİŞ AHŞAP ESASLI LEVHALARIN YANMA MUKAVEMETİNİN ARAŞTIRILMASI

Salih ASLAN<sup>1</sup>

Kadir ÖZKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, M.T.Y.O. Ağaççşleri End. Müh. Böl., 06532 Ankara  
aslan@hacettepe.edu.tr

<sup>2</sup> Pamukkale Üniversitesi, Denizli M.Y.O. Mobilya ve Dekorasyon Böl., 20020 Denizli  
koz kaya@pamukkale.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, odun esaslı levhaların yanma dayanımı araştırılmıştır. Denejde, fırça ile sürme ve daldırma yöntemleri, potasyum karbonat ( $2K_2CO_3 \cdot 3H_2O$ ), boraks ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) ve wolmanit- CB maddeleri ile Kontrplak, OSB, MDF levhaları kullanılmıştır. Yanma deneyleri, DIN-4102 Part:1 standardı B1 Yanma sınıfına göre hazırlanmış deney düzeneklerinde yapılmıştır. Deney sırasında yanmaya ilk başlama süresi (sn), alev kaynaksız olarak alevli ve kor halde yanma süreleri (sn) tespit edilmiştir. Bu tespitlere göre, deney sonucu istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ahşap esaslı levhalar, Yanma, Emprenye, Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler, Emprenye yöntemleri

### INVESTIGATION OF COMBUSTION RESISTANCE OF WOOD- BASED PANELS TREATED WITH DIFFERENT CHEMICALS

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the combustion resistance of the wood-based panels. Plywood, OSB, and MDF boards treated with potassium carbonate ( $2K_2CO_3 \cdot 3H_2O$ ), borax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) and wolmanit-CB by brushing and dipping were evaluated in the experiments. Combustion experiments are conducted according to the DIN – 4102, Part:1. During the experiment, the first starting time of burning (sn), flaming time without flame source (sn), and ember time (sn) were recorded. The data collected from the experiments were analyzed statistically.

**Keywords:** Wood based panels, Burning, Treatment, Fire retardant chemicals, Impregnation methods

## 1. GİRİŞ

Ağaç ve odun insanların kullandığı en önemli doğal hammadde kaynaklarından birisidir. Yenilenebilir bir kaynak olarak ağaca bu önemli yeri kazandıran husus, çok yaygın bir şekilde bulunması, sahip olduğu sertlik, mukavemet, elastikiyet, hafiflik gibi özellikleri yanında ayrıca şekil verilebilmesi ve bazı özelliklerinin iyileştirilebilmesi yanında çivi ve vida tutma özellikleri ve yapıştırılabilirlik gibi nitelikleri sayılabilir.

Bu kadar geniş kullanımı olan ağaç malzemenin doğal halde dayanımı yeterli değildir. Organik madde olması nedeniyle, bünyesine su alarak şekil değişikliğine uğraması, yanma özelliği göstermesi, böcek ve mantar zararlarına karşı dayanıksız olması ağaç malzemenin istenilmeyen ve önlem alınması ihtiyacı gösteren özellikleridir. Meydana gelecek zararları önlemek ve kullanım ömrünü uzatmak için koruyucu kimyasal maddelerle işlem görmesi gerekmektedir (Aslan, 1998).

Bu çalışmada, özellikle ağaç malzemenin zayıf olduğu ve son yıllarda önemi ve talebi giderek artan yanmaya karşı dayanımını artırma üzerine çalışılmıştır. Kendi kendine 275 °C sıcaklıkta yanma özelliği gösteren ağaç malzeme, herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı etkisinde çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir (Örs vd., 1999b). Her yıl büyük oranlarda ahşap yapı bu sorun yüzünden yanıp yok olmaktadır. Bu çalışmamızda, bu sorunu gidermek için çözüm yolları araştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Hilado ve Murphy (1979) tarafından, organik polimer özellikli ağaçtan kumaşa kadar geniş bir yelpazede malzemelere ASTM-E 162 'ye göre tutuşma, alev yayılması, duman yoğunluğu testleri uygulanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda üst yüzeysiz sert lif levha (HDF), meranti kontrplak ve PVC kaplaması tutuşma dayanımını en iyi sağlayan malzemeler olarak tespit edilmiştir.

Lee (1989), kontrplak, yonga levha ve lif levha (MDF) malzemeler üzerine fırçalama tekniği kullanarak 1, 2 ve 3 kat yangın geciktirici özelliğe sahip klorlu kauçuk boyayı sürmüş ve yanma deneyine tabi tutmuş ve oranlarını değerlendirmiştir. Sonuç olarak, üç kat boya uygulanan yonga levhada yanma direnci en fazla görülürken bir kat boya uygulanan MDF'nin yanmaya karşı en az direnç gösterdiği görülmüştür (Uysal, 1997).

Yalınkılıç (1992), daldırma ve vakum yöntemleriyle sarıçam ve doğu kayını odunlarının kreozot, imersol - WR, tanalith-CBC ve tanalith - CS kullanarak emprenye edilmiş örneklerin yanma özelliklerini araştırmıştır.

Çalışmada sarıçam ve kayın odunlarına, basit daldırma ve desikatörde vakum uygulanması yoluyla kimyasal maddeler absorbe etmiştir. ASTM-D-160 standardına göre yapılan araştırma sonucunda, uygulanan yöntemlerle bu kimyasal koruyucu maddelerin ağaç malzemeyi yanmaya karşı korumadığı, hatta kontrol örneklerine oranla yanıcılığını artırdığını göstermiştir.

Yalınkılıç (1997), odunu biyotik ve abiyotik zararlılarına karşı koruması amacıyla kullanılan emprenye maddelerinin, duglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (mirb) Franco) odununda yanma özelliklerini ne ölçüde etkilediğini araştırmıştır. Bu çalışmaya göre, borlu bileşiklerin sulu çözeltilerinin önemli derecede yanmayı önleyici etki gösterdiği, PEG-400'de çözündürülen borik asidin yanmayı önleyici etki göstermediği görülmüştür. Bunun dışında yanmayı artırıcı özelliği bilinen çeşitli su itici maddelerin ise borlu bileşiklerle emprenye edilmiş oduna ikinci bir işlem olarak uygulanmaları durumunda yanmada oluşturdukları olumsuz etkinin azaltıldığı anlaşılmıştır.

Örs vd. (1999a), sarıçam odunun yanma özelliklerine bazı borlu bileşikler ve su itici maddelerin etkilerini araştırmıştır. Çalışmalarında, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan hazırlanan deney örnekleri ASTM - D1413 - 76 esaslarına uyularak emprenye etmişlerdir. Emprenye maddesi olarak borik asit, boraks, sodyum perborat'ın sulu veya polietilen glikol (PEG-400)'de çözündürülmüş preparatları, su itici maddelerden: parafin, stiren, metil metaksilat ve izosiyonat kullanmışlardır. Yapılan deney sonuçlarına göre; En fazla ağırlık kaybı stiren ve sodyum perboratta gerçekleşmiştir. Borlu maddeler, kendi kendine ve kor halinde yanma sırasında etkili olmuşlardır. % 30 rutubetli ağaç malzemedeki yanma süresi %7 rutubetlilere göre 2/3 oranında daha uzun olmuştur. Ayrıca alev kaynaklı yanma halinde en yüksek değer PEG - 400 + borik asitle (481,76 °C), kendi kendine yanma sırasında en yüksek değer PEG - 400 + borik asitte (464,72 °C) elde edilmiştir.

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Levha Malzeme

Ahşap esaslı levhalar olarak Kontrplak (Kara kavak - *Populus nigra* L.), MDF ve OSB kullanılmıştır. MDF ve Kontrplak üretici firmalardan, OSB ithalatçı firmadan temin edilmiştir. Levhaların temel özellikleri Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneyleerde kullanılan ahşap esaslı levhaların bazı özellikleri.

Levha Türü	Kalınlık (mm)	Yoğunluk(g/cm <sup>3</sup> )	Kalitesi	Ağaç Türü
MDF	12	0,973	1	-
Kontrplak	12	0,568	1	Kara Kavak
OSB	10	0,624	1	-

### 3.2. Kimyasal Maddeler

Deneyleerde üç farklı kimyasal madde kullanılmıştır. Bu maddeler, üretici firmalardan temin edilmiştir. Maddelerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

#### 3.2.1. Wolmanit – CB

Bileşiminde; %35 Bakır Sülfat (  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ), %45 Potasyum Bikromat (  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ), %20 Borik Asit (  $\text{H}_3\text{BO}_3$  ) bulunmaktadır.

İçerisinde arsenik ve flor maddelerini içermemesi, insan ve hayvanlar için zehirli etkisini geniş ölçüde azaltmış bulunmaktadır. Yumuşak çürüklük yapan mantarlar da dahil, odunu tahrip eden mantarlara, böceklere, termitlere ve deniz suyu içerisinde odunu tahrip eden zararlı hayvanlara karşı koruyucu etkisi iyidir. Toz halinde, yanmayan, ambalaj içerisinde, kapalı, kuru yerlerde sınırsız olarak bozulmadan saklanabilen kokusuz bir emprenye maddesidir (Berkel, 1972). Wolmanit – CB, esas itibariyle yangına karşı koruyucu olarak kullanılan bir madde olmamakla beraber, emprenye edilen ağaç malzeme, normal ağaç malzemeye göre oldukça güç yanmaktadır. Wolmanit – CB emprenye maddesi çözeltisi, 30 °C ısıdan fazla ısıtılmamalıdır. Wolmanit – CB, kısa süreli ve uzun süreli daldırma metodlarında, kazanda basınç ve vakum uygulama, besi suyunu çıkarma, difüzyon, bulamaç vb. metodlarda kullanılabilir (Berkel, 1972).

#### 3.2.2. Potasyum Karbonat (2K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. 3H<sub>2</sub>O)

Eskiden beri ateşe karşı korumada tavsiye edilen bir malzemedir. %20'lik çözeltisinin yüzeye üç kat sürülmesi suretiyle iyi bir korunma sağlanmaktadır. Suda çözünürlüğü yüksek olup %111,5'dir. Mantarların üremesini önleyici etkisi vardır. Demirde korozyon meydana getirmez (Berkel, 1972).

##### Özellikleri :

Yoğunluğu	: 2,43 g/cm <sup>3</sup>
Suda çözünürlüğü	: 1110 g/l
Molarite	: 138,21 g/mol
Erime noktası	: 895 °C
pH	: 11 – 13

### 3.2.3. Boraks (Sodyum Tetraborat – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Boraks, bor madeninin en önemli rezervidir. Rezerv bakımından dünyada en çok Türkiye’de bulunmaktadır. Boraks, çok güç eriyen sert bir malzemedir (Baysal, 1994). Boraks yanmaya karşı korumada etkilidir. Fakat, suda çözünürlüğü çok düşük olup, %2,52 dir. Ancak diğer koruyucu maddelere karıştırılmak suretiyle kullanılmaktadır (Berkel, 1972).

#### Özellikleri :

Yoğunluğu	: 2,37 g / cm <sup>3</sup>
Suda çözünürlüğü	: 25 g/l
Molarite	: 201,22 g / mol
Erime noktası	: 741 °C
pH	: 9 – 10
Kaynama noktası	: 1575 °C

### 3.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Emprenye işleminden önce, örnekler deney standardına uygun olarak 19 x 100 cm ölçülerinde ebatlanmıştır ( DIN – 4102 ). Yüzeydeki toz ve kıymık parçaları temizlendikten sonra hassas terazide ağırlıkları tesbit edilmiştir. Deney örnekleri klima odasında  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $65 \pm 3$  bağıl nem şartlarında %12 (hava kurusu) rutubet derecesine getirilmiştir. Ardından, tekrar ağırlıkları belirlenen deney parçaları emprenye işlemine kadar aynı şartlarda klima odasında muhafaza edilmiştir.

#### 3.3.1. Deney Örneklerinin Emprenyesi

##### 3.3.1.1. Fırça İle Sürme

Emprenye maddeleri, TS - EN 152-1 ve TS 4315 standartlarına uygun olarak levha yüzeyine 3 kat ve m<sup>2</sup>ye 150 – 160 g olacak şekilde 2,5" (inch) genişlikte ve 76 mm kıl boyunda düz fırça ile sürülmüştür. Emprenye maddelerinin, levhanın yüzeyine dengeli dağıtılmasına özen gösterilmiştir. Sonra levha parçaları yanma deneylerine kadar aynı şartlarda klima odasında bırakılmıştır.

##### 3.3.1.2. Uzun Süreli Daldırma Metodu

Deney parçaları, metalden yapılmış 110 x 30 x 50 cm ebatlarındaki havuza üst üste yerleştirilmiştir. Yerleştirilirken çözeltilerin levha ile yüzey temasını sağlamak için istif aralarına 1 x 1 x 21 cm ebatlarında çıtalar konulmuştur. Ayrıca levhaların, sıvı üzerinde yüzmesini engellemek için en üstte bulunan levha üzerine ağırlıklar yerleştirilmiştir. Çözeltiler levhaların üst yüzeyinden 5 – 6 cm yüksekliğe kadar havuz içerisine doldurulmuştur. Levha parçaları, 48 saat sonra çözelti içinden

çıkartılmış, üzerlerindeki fazla sıvı bir bez veya süzgeç kağıt ile uzaklaştırılmış, ağırlıkları belirlenmiş ve yanma deneylerine kadar aynı şartlarda klima odasında muhafaza edilmiştir.

### 3.3.2. Emprenye Çözeltilerinin Hazırlanması

Emprenye maddeleri ağırlık esasına göre aşağıdaki oranlarda hazırlanmıştır :

- %5 'lik katı haldeki wolmanit–CB, oda sıcaklığında, su içerisinde çözüldürülmüştür.
- %5 'lik toz haldeki boraks, oda sıcaklığında, su içerisinde çözüldürülmüştür.
- %20'lik toz haldeki potasyum karbonat, oda sıcaklığında, su içerisinde çözüldürülmüştür.

### 3.4. Emprenye Sonrası İşlemler

Emprenyeden sonra emprenyeli deney parçaları hassas terazide tartılmıştır. Ardından, %12 (hava kuru) rutubet derecesine getirmek için klima odasında  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $65 \pm 3$  bağıl nem koşullarında kondisyonlanmış, ağırlıkları tespit edilmiş ve yanma deneyi düzeneğine yerleştirilmiştir.

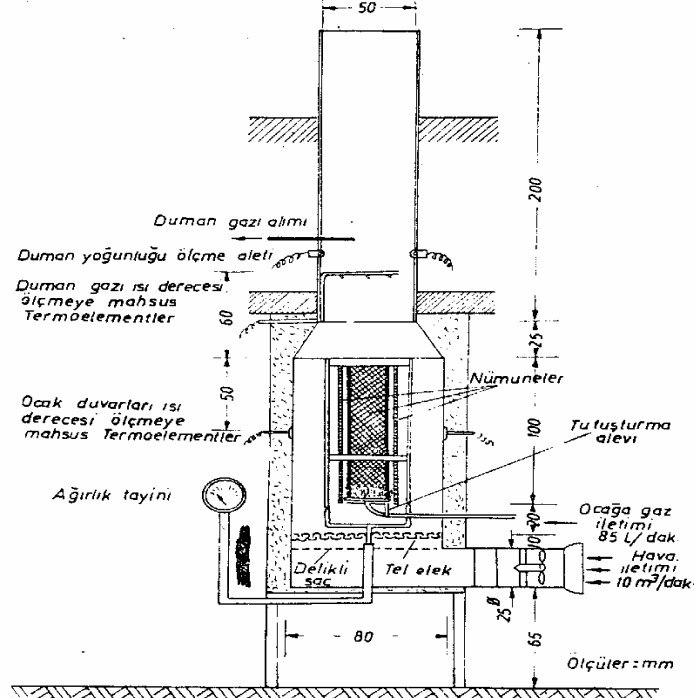
### 3.5. Yanma Deneyi

Yanma deneyleri, ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü'nde bulunan DIN – 4102 Part : 16 Standardına göre hazırlanmış deney düzeneğinde yapılmıştır (Şekil 1).

Aynı özellikteki 4 adet levha ocak içerisine yerleştirmiştir. Levhaları tutuşturmak için, bacanın tam altına gelecek şekilde yerleştirilen, ağız kısmı halka şeklinde ve 36 adet deliği bulunan bir gaz ocağı kullanılmıştır. Bu ocağa dakikada 85 litre doğalgaz verilmekte ve gazın beher metreküpünün kalorisi  $4150 \text{ kcal/m}^3$  dür.

Levhalar yerleştirildikten sonra, düzeneğin kapısı kapatılmıştır. Alevlerin yukarıya doğru akışını sağlamak için alttan fan yardımıyla hava verilmiştir. Gaz alevi ile yakma işlemine 10 dakika devam edilmiştir. Baca içerisindeki yanan gazların ve ocak duvarının termoelementler yardımıyla iki dakikada bir okunarak kaydedilmiştir. Alev yüksekliği skalalar yardımıyla süreye bağlı olarak tespit edilmiştir. Ayrıca düzenek pencerelerinden deney gözlenerek levhaların yanmaya başladığı ilk süre de saptanmıştır.

Numunelerin alevli yanma ve kor halinde yanma süreleri tespit edilmiştir. Deney sonunda numuneleri ocaktan çıkartılmış, soğumaya bırakılmış ve fotoğrafları çekilmiştir (Berkel, 1972).



Şekil 1. Deney düzeneği kesit görünüşü (Berkel, 1972).

Aynı deney, her seferinde 4'er adet olmak üzere toplam 12 adet aynı özellikteki parça için 3 defa tekrar edilmiştir. Ayrıca karşılaştırma amacıyla kontrol levhaları için de uygulanmıştır.

DIN – 4102 Bölüm :16 standardına göre, deney yapıldığında ilk 10 dakika içinde tespit ettiğimiz levha – sıcaklık değerleri  $200^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmiş ise ya da yanma yüksekliği levhanın ilk 80 cm sini aşmış ise deney başarısızdır denilir.

Yapılan yanma deneylerinde elde edilen sonuçlar, başarı ve başarısızlık sonuçlarına göre aşağıda verilmiştir.

### 3.6. İstatistik Metodlar

Deneylerin sonuçları, SPSS istatistiksel analiz programında Çoklu Regrasyon Analizine tabi tutulmuş, standart hatası ve %5 hata ihtimali ile önem kontrolü yapılmış, çoğul regrasyon hesaplamaları her deney parçası için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Sonuçların ikili karşılaştırmalarında ise korelasyon analizi yapılmıştır.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

##### 4.1. B1 Sınıfı Yanma Testleri Analizi

##### 4.1.1. Parçaların Yanmaya Başladığı Süre

Parçaların yanmaya başladığı süreye göre varyans analizi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Parçaların yanmaya başladığı süreye göre varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo F	
					0,005	0,10
L	2	120661,8	60330,88	10,198****	5,30	
K	3	1417,875	472,625	0,08 <sup>NS</sup>		
U	2	184900,0	92450	15,628****	5,30	
L x K	6	8573,458	1428,91	0,242 <sup>NS</sup>		
L x U	4	128520,9	32130,225	5,431****	3,72	
K x U	6	67178,04	11196,34	1,893 *		1,77
LxKxU	12	28480,46	2373,372	0,401 <sup>NS</sup>		
Hata	132	780865,3	5915,646			
Toplam	167	1445451				

L:Levha,K:Kimyasal Madde,U:Uygulama NS : Önemli etkisi bulunmamaktadır.

\* : 0,10 , \*\*\*\* : 0,005 düzeyinde önemliliğe işaret etmektedir.

Çizelge 2’de verilen varyans analiz tablosuna göre, parçaların yanmaya başladığı süreye, levha türlerinin, uygulama yöntemlerinin, levha x uygulama yöntemlerinin ve kimyasal madde x uygulama yöntemlerinin tek başına ve ortak etkisinin bulunduğu söylenebilir. Kullanılan kimyasal maddelerin, levha türleri x kimyasal maddeler ve levha türleri x kimyasal maddeler x uygulama yöntemlerinin ise hem tek başına hem de ortaklaşa etkileri yeterli düzeyde bulunmamıştır.

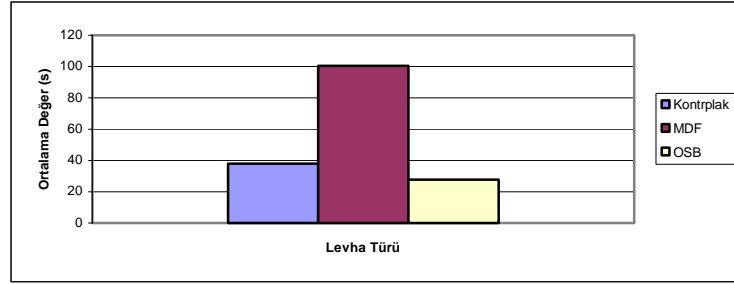
Levha türlerine göre parçaların yanmaya başladığı süre analizi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Levha türlerine göre parçaların yanmaya başladığı süreye ilişkin istatistiksel sonuçlar.

Levha Türü	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Kontrplak	37,8750	3,00	170,00	48,9661
MDF	100,4821	2,00	382,00	142,5804
OSB	27,6429	2,00	70,00	19,6870



Levha türlerine göre parçaların yanmaya başladığı süre analizine göre, MDF 'nin en geç yanmaya başladığı, ayrıca en çabuk yanmaya başlayan malzeme olarak da OSB olduğu söylenebilir (Şekil 2). burada MDF 'nin en geç yanmaya başlama nedeninin MDF'yi oluşturan ağaç türünün liflerine ayrılmasının ve kullanılan yapıştırıcı türünden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Levhalara göre parçaların yanmaya başladığı süre grafiği.

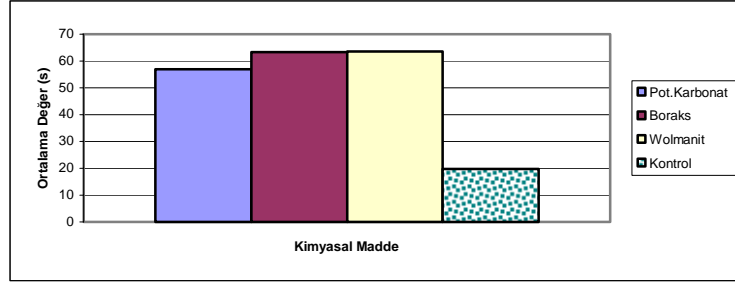
Kimyasal maddelere göre parçaların yanmaya başladığı süre analizi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir

Çizelge 4. Kimyasal maddelere göre parçaların yanmaya başladığı süreye ilişkin istatistiksel sonuçlar.

Kimyasal Madde	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Pot.Karbonat	56,8125	5,00	382,00	108,4647
Boraks	63,4375	2,00	280,00	88,0971
Wolmanit	63,5000	2,00	375,00	101,8238
Kontrol	19,8333	3,00	35,00	12,7507

Çizelge 4 incelendiğinde görüleceği üzere, boraks ve wolmanitin ilk yanmasının en geç olduğu, burada dikkat edilmesi gereken bir sonuç da, yanma geciktirici özelliği olduğu bilinen boraksın yanmaya başlama süresinin yanma geciktirici özelliği çok bulunmayan wolmanite göre biraz daha kısa olduğu şeklindedir. Ancak deney şartlarına göre, bu farkın yeterli düzeyde olmadığı da ifade edilebilir (Şekil 3). Ayrıca denenen her üç kimyasal maddenin yangına başlama süreleri arasında yeterli düzeyde farklılık bulunmamasına karşın, kontrole göre, yangına başlama süresi üzerinde etkilerinin yeterli düzeyde bulunduğu söylenebilir.

Uygulama yöntemlerine göre parçaların yanmaya başladığı süre analizi sonuçları Çizelge 5 'de sunulmuştur.

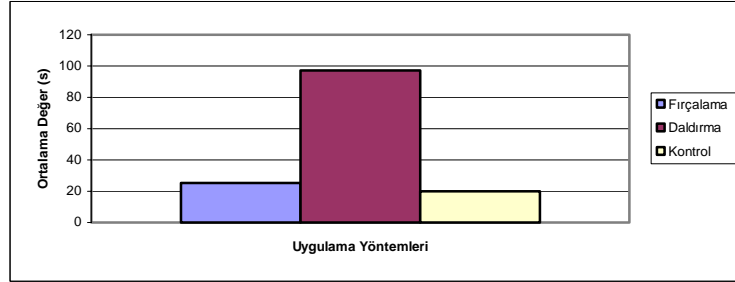


Şekil 3. Kimyasal maddelere göre parçaların yanmaya başladığı süre grafiği.

Çizelge 5. Uygulama yöntemlerine göre parçaların yanmaya başladığı süreye ait istatistiksel sonuçlar.

Uygulama Yöntemi	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Fırçalama	25,4167	2,00	255,00	51,5008
Daldırma	97,0833	5,00	382,00	120,6327
Kontrol	19,8333	3,00	35,00	12,7507

Çizelge 5 incelendiğinde görüleceği üzere, daldırma yöntemi uygulanarak işlem gören malzemelerin yanmaya başlama sürelerinin daha geç olduğu söylenebilir (Şekil 4). Bunun nedeninin daldırma yöntemi ile örneklerin daha fazla madde emdikleri ve bu maddelerin de yanmanın başlama süresini kısalttığı söylenebilir.



Şekil 4. Uygulama yöntemlerine göre parçaların yanmaya başladığı süre grafiği.

#### 4.1.2. Parçaların Alevli Yanma Süreleri

Parçaların alevli olarak yanma süreleri için varyans analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Parçaların alevli olarak yanma süreleri için varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo F	
					0,005	0,10
L	2	1309607	654803,5	115,685****	5,79	
K	3	1883450	627816,67	110,918****	4,73	
U	2	510331	255165,5	45,081****	5,79	
L x K	6	3184821	530803,5	93,778****	3,49	
L x U	4	307301,1	76825,275	13,573****	4,14	
K x U	6	57635,43	9605,90	1,697 <sup>NS</sup>		1,84
LxKxU	0	0,00	-	-		
Hata	88	498097,7	5660,20			
Toplam	111	185936				

L:Levha,K:Kimyasal Madde,U:Uygulama NS : Önemli etkisi bulunmamaktadır.

\*\*\*\* : 0,005 düzeyinde önemliliğe işaret etmektedir.

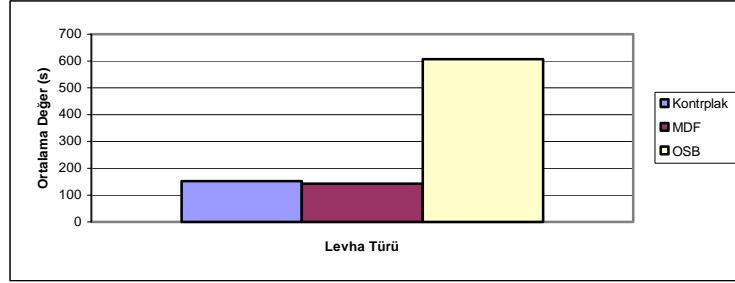
Çizelge 6 incelendiğinde, levha çeşitleri, kimyasal madde türleri, uygulama yöntemleri ile bunların ikili etkileşimleri arasında yeterli düzeyde farklılık bulunduğu, ancak üçlü etkileşimin ve kimyasal madde x uygulama yöntemlerinin ortaklaşa etkilerinin yeterli düzeyde bulunmadığı söylenebilir.

Levha türlerine göre parçaların alevli yanma süreleri analizi sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Levha türlerine göre parçaların alevli olarak yanma sürelerine ait istatistiksel sonuçlar.

Levha Türü	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Kontrplak	152,8298	25,00	455,00	140,0434
MDF	142,4595	15,00	360,00	120,5410
OSB	607,3571	70,00	1245,00	429,9424

Levha türlerine göre parçaların alevli yanma süreleri için yapılan analiz tablosu incelendiğinde, alevli yanmanın en az süre gerçekleştiği levhaların MDF ile kontrplak olduğu, OSB levhanın da diğer malzemelere göre daha uzun bir alevli yanma süresine sahip bulunduğu tesbit edilmiştir (Şekil 5). Burada MDF en geç yanmaya başlamasına karşın, alevli yanma süresi çok kısa olmuştur. Yanmaya başlama süresi olarak kontrplak ikinci sırada ve en erken yanmaya başlayan levha olan OSB’nin ise alevli yanma süresi en uzun olmuştur. Burada kullanılan tutkalların, ağaç türünün ve yonga ebatlarının alevli yanma süresinde etkili olabilecekleri düşünülmektedir.



Şekil 5. Levhalara göre parçaların alevli yanma süreleri grafiği.

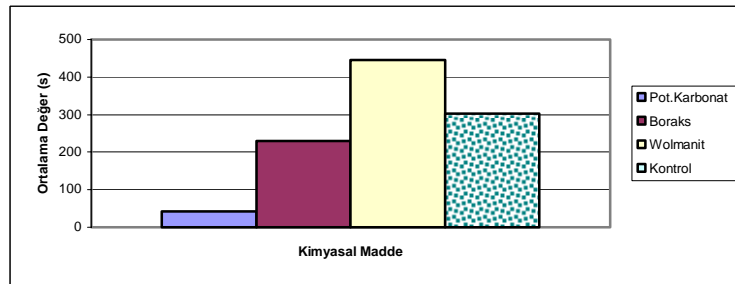
Kimyasal maddelere göre parçaların alevli yanma süreleri analizi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8 incelendiğinde, potasyum karbonatın en az süre alevli yanma gösterdiği, wolmanitin de emprenyesiz kontrol parçalarını geçerek en uzun yanma süresine sahip olduğu, bu sonuca göre, wolmanitin alevli yanma süresini arttırdığı söylenebilir (Şekil 6). potasyum karbonat sürülen yüzeyde erime halinde köpük tabakaları oluşturarak yanmayı engellediği bilinmektedir. Ayrıca ikinci sırada yer alan boraks da kontrole ve wolmanite göre daha uygun bulunmuştur. Wolmanitin ise kontrole göre daha uzun yanma süresine sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Uygulama yöntemlerine göre parçaların alevli yanma süreleri analizi sonuçları Çizelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 8. Kimyasal maddelere göre parçaların alevli olarak yanma sürelerine ait istatistiksel sonuçlar.

Kimyasal Madde	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Pot.Karbonat	42,0323	15,00	70,00	18,9006
Boraks	230,2381	30,00	455,00	155,9445
Wolmanit	445,6111	30,00	1245,00	436,9292
Kontrol	303,3333	60,00	610,00	196,7158

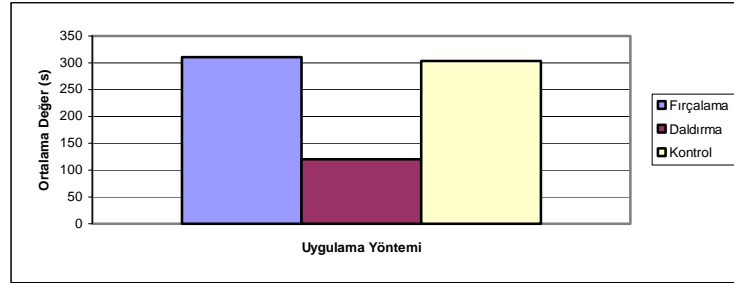


Şekil 6. Kimyasal maddelere göre parçaların alevli yanma süreleri grafiği.

Çizelge 9. Uygulama yöntemlerine göre parçaların alevli olarak yanma sürelerine ait istatistiksel sonuçlar.

Uygulama Yöntemi	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Fırçalama	310,5574	25,00	1245,00	363,7771
Daldırma	119,8519	15,00	840,00	222,2470
Kontrol	303,3333	60,00	610,00	196,7158

Çizelge 9 incelendiğinde görüleceği üzere, daldırma yöntemi uygulanan levhaların alevli yanma süresinin en az olduğu, burada fırçalama yönteminin alevli yanmayı engelleyici bir etki göstermediği söylenebilir. Zira fırçalama yöntemi uygulanan levhalarla emprenyesiz kontrol parçaları arasında yeterli bir fark bulunmamaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Uygulama yöntemlerine göre parçaların alevli yanma süreleri grafiği.

#### 4.1.3. Parçaların Kor Halde Yanma Süreleri

Parçaların kor halde yanma süreleri için varyans analizi sonuçları, Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Parçaların kor halde yanma süreleri varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo F	
					0,005	0,10
L	2	162,76	81,379	9,972****	5,54	
K	3	372,80	124,265	15,227****	4,50	
U	2	157,52	78,762	9,651****	5,54	
L x K	6	63,73	10,622	1,302 <sup>NS</sup>		1,82
L x U	4	38,40	9,601	1,176 <sup>NS</sup>		1,99
K x U	6	44,16	7,360	0,902 <sup>NS</sup>		1,82
LxKxU	12	96,54	8,045	0,986 <sup>NS</sup>		1,66
Hata	120	979,33	8,161			
Toplam	155	2209,14				

L:Levha,K:Kimyasal Madde, U:Uygulama NS: Önemli etkisi bulunmamaktadır.

\* : 0,10 , \*\*\*\* : 0,005 düzeyinde önemliliğe işaret etmektedir.

Varyans analiz tablosuna göre, levha türleri, kimyasal madde ve uygulama yöntemleri 0,005 anlamlılık düzeyinde; bunların üçlü ve ikili kombinasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkilerinin olmadığı söylenebilir.

Levha türlerine göre parçaların kor halde yanma süreleri analizi için yapılan sonuçları Çizelge 11’de verilmiştir.

Çizelge 11 incelendiğinde, MDF nin en uzun kor halde yanmaya maruz kalan levha olduğu, Kontrplak ve OSB nin ise kor halde yanma süresinin en az olduğu söylenebilir (Şekil 8).

Kimyasal maddelere göre parçaların kor halde yanma süreleri analizi sonuçları Çizelge 12’de verilmiştir.

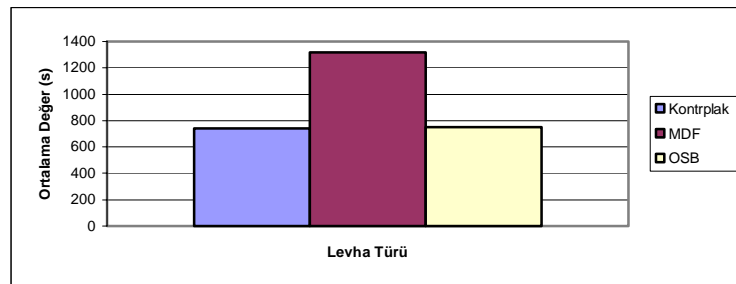
Uygulama yöntemlerine göre parçaların kor halde yanma süreleri analizi sonuçları Çizelge 13’de verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre (Çizelge 12), kor halde yanmanın en az süre devam ettiği parçalar borakslı ve potasyum karbonatlı levhalar, en uzun süre devam ettiği parçalar ise emprenyesiz kontrol parçaları ve wolmanitli levhalar olduğu anlaşılmıştır (Şekil 9).

Çizelge 13’deki analiz sonuçlarına göre, daldırma yönteminin uygulandığı parçaların en az süre kor halde yanmayı devam ettirdiği, emprenyesiz kontrol parçaları ise, en uzun süre kor halde yanmaya maruz kaldığı söylenebilir (Şekil 10).

Çizelge 11. Levhalara göre parçaların kor halde yanma sürelerine ait istatistiksel sonuçlar.

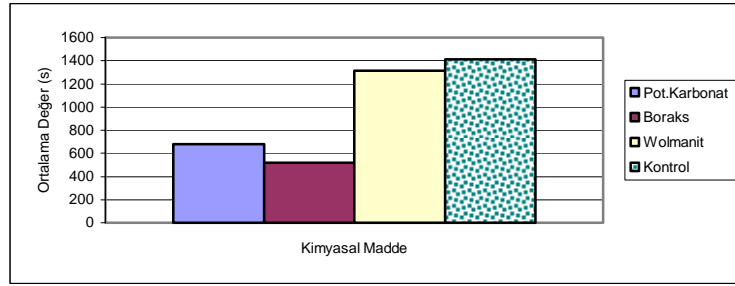
Levha Türü	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Kontrplak	739,4231	20,00	3000,00	706,5109
MDF	1319,1964	20,00	3000,00	1087,4502
OSB	751,6667	10,00	2640,00	948,7749



Şekil 8. Levhalara göre parçaların kor halde yanma süreleri grafiği.

Çizelge 12. Kimyasal maddelere göre parçaların kor halde yanma sürelerine ait istatistiksel sonuçlar.

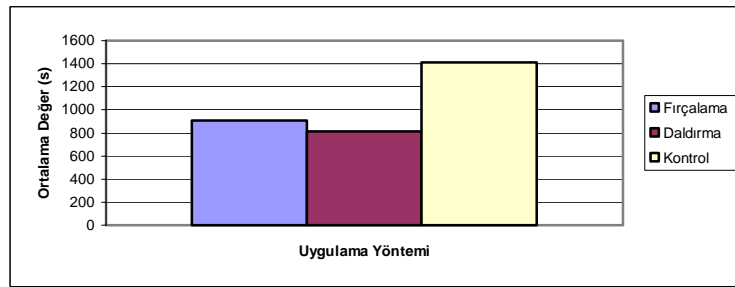
Kimyasal Madde	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Pot.Karbonat	680,1667	10,00	3000,00	909,8430
Boraks	519,5833	10,00	2820,00	611,2287
Wolmanit	1315,0000	10,00	3000,00	1055,8097
Kontrol	1413,8333	420,00	2640,00	897,6845



Şekil 9. Kimyasal maddelere göre parçaların kor halde yanma süreleri grafiği.

Çizelge 13. Uygulama yöntemlerine göre parçaların kor halde yanma sürelerine ait istatistiksel sonuçlar.

Uygulama Yöntemi	Ortalama Değer (s)	Minimum Değer (s)	Maksimum Değer (s)	Standart Sapma
Fırçalama	910,5278	10,00	2820,00	782,4584
Daldırma	815,2500	10,00	3000,00	1136,9303
Kontrol	1413,8333	420,00	2640,00	897,6845



Şekil 10. Uygulama yöntemlerine göre parçaların kor halde yanma süreleri grafiği

## 4.2. Deney Sonuçları Korelasyon Analizi

### 4.2.1. Yanmaya Başlama Süresi İle Alevli Yanma Süresi

Yanmaya ilk başlama süresi ile alevli yanma süresi arasında yapılan korelasyon analizinde, bu iki işlem arasında 0,01 düzeyinde önemli bir eksi ilişkililik bulunduğunu – yani yangına ilk başlama süresi erken olan işlemlerde alevli yanma süresinin azaldığını – söyleyebiliriz (Çizelge 14). Ayrıca bunlar için hesaplanan doğrusal denklem de aşağıda verilmiştir.

$$y = 217,207 - 0,756 \cdot x$$

y : Alevli yanma süresi      x : Yanmaya ilk başlama süresi

Çizelge 14. Yanmaya başlama süresi ile alevli yanma süresi arasında korelasyon analizi sonuçları.

Korelasyon Analizi		Alevli Yanma Süresi (s)
Yanmaya Başlama Süresi (s)	R	- 0,248 **
	N	168

\*\* : 0,01 düzeyinde önemliliği belirtir, R : İlişki katsayısı, N : Numune sayısı.

### 4.2.2. Yanmaya Başlama Süresi İle Kor Halde Yanma Süresi

Parçaların yanmaya başlama süresi ile kor halde yanma süreleri arasında yapılan korelasyon analizinde bu iki işlem arasında 0,01 düzeyinde bir olumsuz ilişki bulunduğunu – yani yanmaya başlama süresi uzadıkça kor halde yanma süresinin azaldığını – söyleyebiliriz (Çizelge 15). Ayrıca bu iki işlem için hesaplanan doğrusal denklem de aşağıda verilmiştir.

$$y = 1003,714 - 2,175 \cdot x$$

y : Kor halde yanma süresi      x : Yanmaya ilk başlama süresi

Çizelge 15. Yanmaya başlama süresi ile kor halde yanma süresi arasında korelasyon analizi tablosu.

Korelasyon Analizi		Kor Halde Yanma Süresi (s)
Yanmaya Başlama Süresi (s)	R	- 0,210 **
	N	168

\*\* : 0,01 düzeyinde önemliliği belirtir, R : İlişki katsayısı, N : Numune sayısı.

### 4.2.3. Alevli Yanma Süresi İle Kor Halde Yanma Süresi

Parçaların alevli yanma süreleri ile kor halde yanma süreleri arasında bir ilişkinin bulunup bulunmadığını saptamak için yapılan korelasyon analizinde bu iki işlem arasında 0,01 düzeyinde önemli bir ilişkinin bulunduğu, yani alevli yanma süresi arttıkça kor halde yanma süresinde



buna bağlı olarak arttığı – söylenebilir (Çizelge 16). Ayrıca bu iki faktör için hesaplanan doğrusal denklem de aşağıda olduğu gibi saptanmıştır.

$$y = 701,812 + 1,035 \cdot x$$

y : Kor halde yanma süresi, x : Alevli yanma süresi

Çizelge 16. Alevli yanma süresi ile kor halde yanma süresi arasında korelasyon analizi tablosu.

Korelasyon Analizi		Kor Halde Yanma Süresi (s)
Alevli Yanma Süresi	R	0,305 **
(s)	N	168

\*\* : 0,01 düzeyinde önemliliği belirtir, R : İlişki katsayısı, N : Numune sayısı.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar uygulama açısından değerlendirildiğinde;

- Ahşap levhaların yanmaya başlama süresine denenen kimyasal maddelerin istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı, yanmaya en uzun süre dayanıklı levhanın MDF, uygulama yönteminin de daldırma olduğu tesbit edilmiştir.
- Deney parçaları 10 dakika doğrudan alev maruz bırakıldıktan sonra, levhaların alevli bir şekilde yanma süreleri incelendiğinde, alevli yanmanın en kısa sürdüğü levhaların MDF ve kontrplak olduğu, kimyasal maddenin potasyum karbonat, uygulama yönteminin ise daldırma olduğu söylenebilir.
- Yanmaya başlama süresi en geç tesbit edilen wolmanit-CB kimyasalının alevli yanma süresi en uzun olarak tesbit edilmiştir. Buna göre, wolmanitin geç alevlenen ama yanmaya dayanıksız bir kimyasal madde olduğu, kontrol parçalarından da uzun bir alevli yanma süresi olduğu için yanma süresini artırıcı özelliğe sahip olduğu söylenebilir.
- Alevli yanması biten deney parçalarının kor halde yanma süreleri incelendiğinde, kor halde yanmanın en kısa sürdüğü levhaların kontrplak ve OSB, kimyasal maddelerin boraks ve potasyum karbonat, uygulama yönteminin daldırma olduğu saptanmıştır.
- Alevli yanma süresi az olan MDF nin kor halde içten yanmasının çok uzun olduğu, buna göre, MDF, dış yüzeyde yanmaya karşı dirençli ama alev iç kısımlara nüfuz ettiğinde direnci zayıflayan bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.
- Korelasyon analizine göre de deney parçalarının ilk alevlenme süresi ile alevli ve kor halde yanma süreleri arasında ters yönlü anlamlı bir ilişki

bulunmaktadır. Alevli yanma ile kor halde yanma süreleri arasında doğrusal anlamlı bir ilişki olduğu da söylenebilir.

Yukarıda sunulan sonuçlara göre, yanma tehlikesinin bulunduğu yerlerde malzeme olarak MDF 'nin, yanmayı geciktirici madde olarak da potasyum karbonat kullanılması gerektiğini söyleyebiliriz. Ayrıca kimyasal madde nüfuzu için kullanılan yöntem olarak daldırma yönteminin çok iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

### **KAYNAKLAR**

- Aslan, S. 1998. Ağaç Zararlıları Koruma ve Emprenye Teknikleri. KOSGEB Yayınları, Ankara, 272 s.
- Baysal, E. 1994. Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerinin Kızılçam Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 112 s.
- Berkel, A. 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi. Cilt: 2, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 183, İstanbul, 386 s.
- DIN – 4102, Part: 1. 1998. Fire Behaviour Of Building Materials And Elements: Classification Of Building Materials, Requirements And Testing, German Standarts, Germany, 33 p.
- DIN – 4102, Part: 15. 1990. Fire Behaviour Of Building Materials And Elements: “Brandschacht” Apparatus, German Standarts, Germany, 15 p.
- DIN – 4102, Part: 16. 1998. Fire Behaviour Of Building Materials And Elements: “Brandschacht” Tests, German Standarts, Germany, 12 p.
- Hilado, C.J., Murphy, R.M. 1979. Fire Response Of Organic Polymeric Materials (Organic Materials In Fire: Combustibility), Design Of Buildings For Fire Safety: A Symposium ASTM Special Technical Publication: 685, Philadelphia, USA, pp. 76 – 105.
- Lee, P. 1989. Study On Combustion Properties Of Some Wood Based Materials Treated With Fire Retarding Coating By Oxygen Index Method. Seoul National University Journal Of Agricultural Sciences, Seoul, Kore, pp. 205 – 210.
- Örs, Y., Atar, M., Peker, H. 1999a. Sarıçam Odununun Yanma Özelliklerinin Bazı Borlu Bileşikler Ve Su İtici Maddelerin Etkileri. Türk Tarım Ve Ormancılık Dergisi, TÜBİTAK Yayınları, Ankara, s. 501 – 509.
- Örs, Y., Sönmez, A., Uysal, B. 1999b. Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığını Etkileyen Emprenye Maddeleri. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, Cilt : 23, Sayı: Ek – 2, s. 389 – 400.

- Özkaya, K. 2002. Farklı Kimyasal Maddelerle İşlem Görmüş Ahşap Esaslı Levha Malzemelerin Yangına Karşı Dayanımlarının Tesbiti Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 124 s.
- TS – 4315. 1992. Boya Ve Vernikler: Geniş Yüzeyle Fırça İle Uygulanabilirlik Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14 s.
- TS – EN 152 – 1. 1998. Ahşap Koruyucular: Deney Metodları – Kullanım Sırasında Mavi Çürüklüklere Karşı Uygulanan Bir Ahşap Koruma İşleminin Koruma Etkinliğinin Tayini – Laboratuvar Metodu – Bölüm 1: Fırçalama İşlemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 30 s.
- Uysal, B. 1997. Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığı Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 109 s.
- Yalınkılıç, M.K., Örs, Y., Ay, N., Baysal, E., Demirci, Z. 1997. Çeşitli Emprenye Maddelerinin Duglas (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb) Franco) Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkisi. Türk Tarım Ve Ormanlık Dergisi, Seri : 21, Sayı: 5, Ankara, s. 433 – 444.
- Yalınkılıç, M.K. 1992. Daldırma Ve Vakum Yöntemleriyle Sarıçam Ve Doğu Kayını Odunlarının Kreozot, Imersol – WR, Tanalith – CBC, Ve Tanalith – C Kullanılarak Emprenyesi Ve Emprenye Edilen Örneklerin Yanma Özellikleri. Orenko '92 1.Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi Bildiri Metinleri, Cilt :1, Trabzon, s. 373 – 402.