

ÇEŞİTLİ EMPRENYE MADDELERİNİN DUGLAS [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] ODUNUNUN YANMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

M. Kemâl YALINKILIÇ*, **Zafer DEMİRCİ****, **Ergün BAYSAL****

*Wood Research Institute, Wood Deterioration Laboratory Uji 611, Kyoto/Japan

**Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET

Odunun biyotik ve abiyotik zararlılarına karşı korunması amacıyla kullanıma konu oluşturan çeşitli emprenye maddelerinin duglas odununda yanma özelliklerini ne ölçüde etkilediği bu çalışmada ele alınmıştır. Sonuçlar, borlu bileşiklerin sulu çözeltilerinin önemli derecede yanmayı önleyici etki (YÖE) gösterdiğini, polietilenglikol (PEG)- 400'de çözüldürülen borik asit + boraks (BA + Bx)'ın (7 : 3, ağırlık : ağırlık) YÖE'de bulunmadığını ortaya koymuştur. Yanmayı artırıcı etkileri bilinen çeşitli su itici maddelerin (SİM) ise borlu bileşiklerle emprenyeli oduna ikinci bir işlem olarak uygulanmaları durumunda yanmada oluşturdukları olumsuz etki azaltılabilmektedir. Öte yandan BA ve Bx'in YÖE'leri bu maddelerin karışım halinde birlikte kullanılmalarda iyileşmektedir. Borlu bileşiklerin çeşitli yanma özellikleri bakımından fosforik asit (FA), monoamonyum fosfat (MAP) ve Pyresote (Pyr) ile rekabet edebilecek nitelikte olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Yangın, Bor, Emprenye, Yanmayı önleyici etki, Douglas odunu

FIRE RESISTANCE OF DOUGLAS FIR [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] WOOD TREATED WITH SOME CHEMICALS

SUMMARY

Combustible properties of treated douglas wood specimens and fire-retardancy of some preservatives were tested in this study. Crib test of ASTM E 160-150 was followed. Results indicated that, aqueous solutions of boric acid (BA), borax (Bx) ($\text{Na}_2\text{BO}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) or BA + Bx mixture (7 : 3, w:w) had fire retardant efficacy (FRE) over untreated wood and reduced the combustibility of vinyl monomers (Styrene and methylmetacrylate) which were applied as secondary treatment.

Key Words : Fire, Boron, Fire-retardant effect, Impregnation, Douglas wood

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun ateşi keşfinden bu yana odunun ısı etkisiyle bozunduğu bilinmektedir. Tutuşarak yanma ise yeterli bir ısı etkisinin yanı sıra ortamda oksijen varsa gerçekleşir. Oksijen, ısı kaynağı ve yanabilir madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz.

Yapılarda kullanılan ağaç malzemenin tümüyle yanmaz hale gelmesi mümkün görülmesi de, etki şekline göre çok çeşitli kimyasal maddelerle emprenye ederek veya üstü yüzey işlemi şeklinde uygulanan bazı yangın engelleyicilerle yanma büyük ölçüde engellenebilmektedir (Yalınkılıç, 1993).

Kızılçam odunuyla ilgili yapılan bir çalışmada borik asit (BA) ve sodyum perborat (SP)'in sulu çözeltileriyle emprenye sonucu yanma direncinin arttığı ve bor tuzlarının yanmadaki duman

yoğunluğunu azaltıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Aynı araştırmanın sonucunda, ülkemizde geniş rezervleri bulunan bor kaynaklarının odun koruma alanında etkin ve yaygın biçimde kullanılmasına yönelik detaylı araştırmalar önerilmiştir (Yalınkılıç, 1996). Bor' un, Yalınkılıç ve ark. (1995) tarafından belirlenen yanmadaki duman oluşumunu önleyici etkisinin plastik ve tekstil ürünlerinde de olduğu, ayrıca borun kor halinde yanmayı da engellediği bildirilmektedir (Anon., 1989). Bu çalışmada, emprenye edilebilirliği Yalınkılıç ve ark. (1995)'nce araştırılan *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco odununun, borlu ve diğer bazı önemli koruyucu kimyasal maddelerle muamele edilmesinden sonra emprenyesiz örneklerle oranla yanma özelliklerinde meydana gelen değişim incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Douglas odunu örnekleri; dağ ve sahil tipi arası, normal özellikler gösteren bir bölgeden; (Tonya-Trabzon)'dan TS 4176'ya (Anon., 1984) göre belirlenen 6 ağaçtan alınmıştır. Örneklerin emprenyesinde, farklı kullanım yerleri için oduna değişik özellikler kazandıran 3 ayrı emprenye maddesi grubu seçilmiştir.

1. Borlu Bileşikler :

- Sulu çözeltileri (Tek işlemler emprenyelerde) BA, Bx, BA+Bx,
- Sulu Çözeltileri + Su İtici Maddeler (SİM) (İkili emprenye işlemlerinde) : (BA+Bx) + Stiren (St), (BA+Bx) + Metilmetakrilat (MMA), (BA+Bx) + İzosiyanat (ISO), (BA+Bx) + Parafin (P), (BA+Bx) + Alçı (A),
- Polietilenglikol-400 (P4)'de çözüldürülmüş

borlu bileşikler (Tek işlemler emprenyelerde): BA+Bx

- PEG-400'lü çözeltileri + SİM (İkili emprenye işlemlerinde) : (BA + Bx) + St, (BA + Bx) + MMA, (BA+Bx) + ISO, (BA + Bx) + P, (BA + Bx) + A,
- SİM : St, MMA, ISO, P, P + Tanen (T), P + BA + Bx, A,
- Ticari Emprenye Maddeleri : P4, PEG-1000, Fosforik asit (FA), Monoamonyum fosfat (MAP), Pyresote (Pyr).

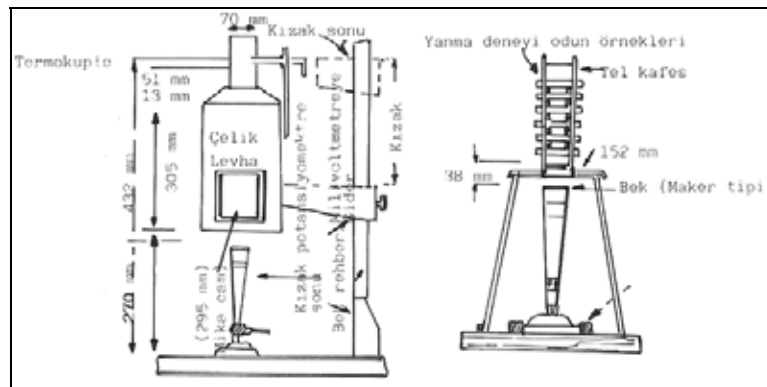
Borlu bileşikler, oduna kolay nüfuz edebilmeleri, biyotik zararlılara karşı etkinlikleri ve odunun yanma direncini artırmaları; SİM, borun yıkanmasını önlemeleri ve boyut stabilitesini sağlaması; ticari kimyasallar kullanım yerlerine göre çeşitli amaçlarla uygulanan maddelerdir (Hafızoğlu ve ark., 1994).

2. 2. Yöntem

Deney örneklerinin emprenyesi TS 345 (1974) ve ASTM D 1413-76 (1976) Standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de deney örneklerinin emprenyesinde uygulanan deneme plânı verilmiştir.

2. 2. 1. Yanma Deneyi

Yanma deneyleri ASTM E 160-50 standardına (1975) göre yapılmıştır. Yöntemde odun örnekleri yakma işlemi öncesinde 27 ± 2 °C sıcaklık ve % 30-35 bağıl nemin ayarlandığı iklimlendirme odasında standartta önerilen % 7 rutubet derecesine getirilmiştir. Deneylerde herbir emprenye çözeltilisiyle muamele edilmiş 24'er örnekten oluşan 2'şer grup yakılmıştır. Yanma parametreleri, alev kaynaklı yanma (AKY), alev kaynaklı kendi kendine yanma (KKY) ve kor halinde yanma (KHY) olmak üzere üç yanma aşaması için kaydedilmiştir. Tüm veriler ikişer gruptan oluşan kontrol (emprenyesiz) örneklerin yanma sonuçlarına oranlanmıştır. Şekil 1'de yanma deneyi düzeneği verilmiştir.



Şekil 1. Yanma deney düzeneği

Tablo 1. Deney Örneklerinin Emrenyesinde Uygulanan Deney Plânı

Grup No	Den. No	Emrenye Maddesi ve Konsantrasyonu	ÇM***	Sıcaklık °C	pH		BAE * %		Yoğunluk g/ml	
					EÖ	ES	EÖ	ES	EÖ	ES
K	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	1. BA (% 5.5)**	DS	25	4.2	4.3	27	24	1.022	1.022
	3	1. BA (%5.5)	DS	25	4.2	4.3	27	24	1.022	1.022
	4	1. Bx (%7.5)**	DS	25	9.2	9.2	18	20	1.043	1.047
	5	1. Bx (%7.5)	DS	25	9.2	9.2	18	20	1.043	1.047
	6	1. BA+Bx (%7)**	DS	25	7.0	6.9	15	14	1.020	1.020
	7	1. BA+Bx (%7)	DS	25	7.0	9.9	15	14	1.020	1.020
I (a,b)	8	1. BA+Bx (%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.020	1.045
		2. St (%100)	-	25	4.1	4.2	-	-	0.910	0.910
	9	1. BA+Bx (%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.020	1.045
		2. MMA (%100)	-	25	7.3	7.2	-	-	1.220	1.220
	10	1. BA+Bx (%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.020	1.045
		2. ISO(%100)	-	25	4.5	4.5	-	-	1.210	1.210
	11	1. BA+Bx(%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.020	1.045
		2.P (basınçlı)(%100) ****	-	100	-	-	-	-	-	-
	12	1. BA+Bx (%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.020	1.045
		2. P (%100) *****	-	100	-	-	-	-	-	-
13	1. BA+Bx (%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.045	1.030	
	2. A(%5)	DS	25	-	-	-	-	1.045	1.300	
14	1. BA+Bx(%7)	DS	25	7.2	7.3	15	14	1.045	1.030	
	2. A (%10)	DS	25	7.2	7.3	-	-	1.045	1.300	
15	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.1	7.4	22	21	1.137	1.100	
16	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.8	6.3	22	21	1.145	1.140	
	2. St (%100)	-	25	4.1	4.2	-	-	0.910	0.910	
I (c,d)	17	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.8	6.3	22	21	1.145	1.140
		2. MMA (%100)	-	25	7.3	7.2	-	-	1.220	1.220
	18	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.1	7.1	22	21	1.137	1.150
2. ISO (%100)		-	25	4.5	4.5	-	-	1.210	1.210	
19	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.8	6.3	22	21	1.145	1.140	
	2. P (%100) ****	-	145	-	-	-	-	-	-	
20	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.8	6.3	22	21	1.145	1.140	
	2. P (%100) *****	-	100	-	-	-	-	-	-	
21	1. BA+Bx(%7)	P4	25	6.8	6.3	22	21	1.145	1.140	
	2. A (%10)	DS	25	7.2	7.3	-	-	1.045	1.300	
22	1. St (%100)	-	25	4.1	4.2	-	-	0.910	0.910	
23	1. MMA(%100)	-	25	7.4	7.3	-	-	1.030	1.030	
24	1. ISO (%100)	-	25	4.6	4.6	-	-	1.220	1.220	
II	25	1. P (%100) ****	-	145	-	-	-	-	-	
	26	1. P (%100) *****	-	100	-	-	-	-	-	
	27	1. P+Tanen(%9.2)	Tiner	25	9.1	6.6	-	-	0.860	0.875
28	1. P+BA+Bx(%15)	DS, TEA, E	70	4.6	4.7	-	-	1.210	1.210	
29	1. A (%10)	DS	25	7.2	7.3	-	-	1.045	1.300	
30	1. A (%20)	P4	25	4.4	-	-	-	1.275	-	
31	1. P4 (%100)	-	25	5.7	5.6	-	-	1.130	1.130	
III	32	1. PEG-1000(%27.5)	DS	25	7.6	7.6	-	-	1.040	1.040
	33	1. FA (%8)	DS	25	2.1	2.2	-	-	1.060	1.060
	34	1. MAP (%8)	DS	25	4.3	4.3	-	-	1.040	1.040
	35	1.Pyresote (Pyr)(%23.6)	DS	25	4.0	3.9	10	10	1.140	1.197

*Borik asit eşdeğeri, ** Emrenye öncesi örnek rutubeti % 30, *** Çözücü Madde, **** 3 atm basınçta 145 °C'de, ***** 100 °C'de daldırma yoluyla emrenye edildi.

2. 2. 2. Sonuçların Değerlendirilmesi

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

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

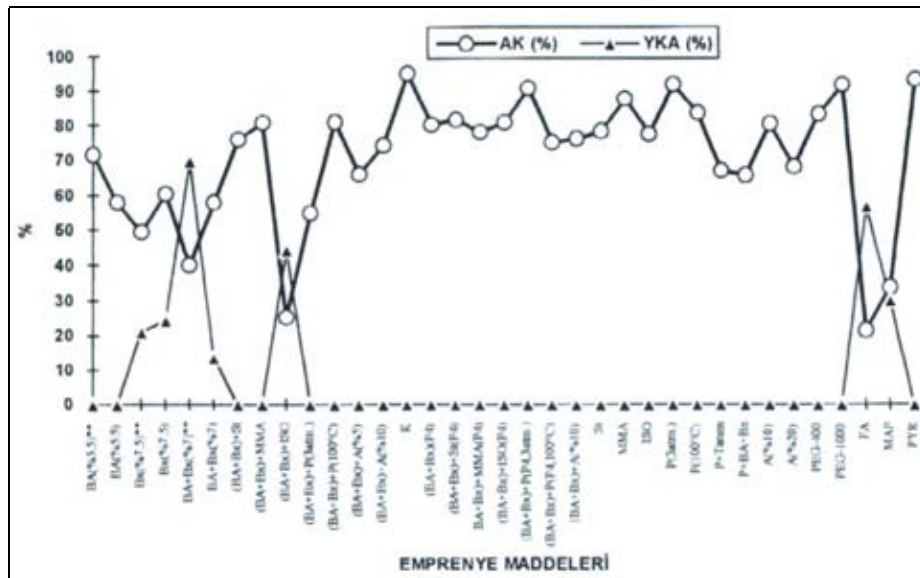
3.1. Yanmadaki Ağırlık Kaybı (AK) ve Yanmış Kısımın Ağırlığı (YKA) Oranları

Douglas odunu deney örneklerinin yanma sonrası AK ve YKA oranları Tablo 2 ve Şekil 2' de istatistiksel test sonuçlarıyla birlikte verilmiştir.

Tablo 2. Douglas Odunu Deney Örneklerinin AK ve YKA Oranları

Grup No	Deneme No	Toplam Retensiyon %		AK (%)		YKA (%)	
		Tuz	SİM	Ort.*	HG**	Ort.*	HG
	1	-	-	95.0	i	0.0	f
	2	1.4	-	71.5	fg	0.0	f
	3	4.7	-	58.0	cde	0.0	f
	4	4.6	-	49.5	c	21.0	d
	5	6.5	-	60.5	de	24.3	c
	6	3.7	-	40.1	b	69.7	a
I	7	5.9	-	58.0	cde	13.7	e
	8	6.1	65.7	75.9	gh	0.0	f
(ab)	9	4.7	68.8	80.6	h	0.0	f
	10	5.8	58.9	25.3	a	44.3	b
	11	5.8	20.3	54.9	cd	0.0	f
	12	6.4	55.7	80.9	h	0.0	f
	13	6.4	0.3	66.0	ef	0.0	f
	14	22.8	0.9	74.2	fgh	0.0	f
	15	26.8	-	80.0	a(b)***	0.0	f(f)
	16	31.3	16.0	81.5	a	0.0	f
I	17	22.4	11.8	78.0	a	0.0	f
	18	21.5	9.1	80.7	a	0.0	f
(cd)	19	25.6	18.2	90.8	b	0.0	f
	20	30.5	11.1	75.1	a	0.0	f
	21	-	1.6	76.0	a	0.0	f
	22	-	69.4	78.1	b(e)	0.0	f(f)
	23	-	68.6	87.6	cde	0.0	f
	24	-	54.9	77.4	b	0.0	f
	25	-	31.4	91.8	de	0.0	f
II	26	-	19.1	83.5	bcd	0.0	f
	27	-	8.3	67.0	a	0.0	f
	28	-	17.9	65.7	a	0.0	f
	29	-	4.2	80.3	bc	0.0	f
	30	-	15.0	68.1	a	0.0	f
	31	32.5	-	82.9	c(d)	0.0	c(c)
	32	3.6	-	91.5	cd	0.0	c
III	33	4.5	-	21.5	a	56.7	a
	34	4.5	-	33.9	b	30.0	b
	35	13.9	-	93.0	d	0.0	c

* : Her bir denemede 24'er grup örnekten oluşan iki grup yakılmıştır, ** : Her Grup No kendi içinde kontrol grubuyla birlikte DT'ne tabi tutulmuş ve HG'ları buna göre belirlenmiştir, *** : Kontrol grubunun HG'nu göstermektedir.



Şekil 2. Deney örneklerinin AK (%) ve YKA (%) Değerleri

Şekil 3. Deney örneklerinin AKS, KKYS ve KHS (°C) değerleri

Tablo 3. Duglas Odunu Deney Örneklerinin AKS, KKYS ve KHS (°C) Oranları

Grup	Deneme	AKS (°C)			KKYS (°C)			KHS (°C)		
		Ort.	St.sp.	HG	Ort.	St.sp.	HG	Ort.	St.sp.	HG
	1(K)	546.5	46.0	h	630.0	45.2	i	167.7	8.1	cd
	2	387.0	55.1	d	437.0	12.7	e	124.8	19.8	a
	3	233.5	44.5	ab	270.5	34.6	b	149.5	21.9	b
	4	219.5	60.1	a	201.3	28.7	a	117.2	29.7	a
	5	248.0	55.1	b	85.5	62.9	a	122.5	34.6	a
	6	391.5	82.7	d	485.0	4.2	f	178.0	13.4	d
I(ab)	7	476.5	38.9	f	352.0	24.7	c	119.5	31.1	a
	8	333.5	79.9	c	561.5	11.0	g	185.0	11.3	d
	9	562.0	19.9	h	688.0	18.2	j	159.5	41.7	bc
	10	452.0	38.2	e	382.5	9.2	d	314.5	12.0	f
	11	621.0	21.8	i	593.0	65.0	h	129.5	3.5	a
	12	514.0	4.9	g	686.5	54.4	j	315.5	17.3	f
	13	606.0	20.8	i	627.5	12.1	i	260.0	1.4	e
	14	402.5	75.7	d	383.0	31.1	d	125.0	14.1	a
	15	545.0	0.0	c(c)	618.5	31.8	d(de)	140.0	29.7	ab(cd)
	16	477.0	32.5	b	573.0	4.2	c	133.5	16.3	a
	17	543.0	93.3	c	656.0	82.0	f	125.5	19.1	a
I(cd)	18	487.0	59.4	b	641.0	55.1	ef	152.0	0.0	bc
	19	459.0	42.4	a	396.5	2.1	a	174.5	4.9	de
	20	695.5	26.2	d	472.0	62.2	b	186.5	27.6	ef
	21	449.0	12.6	a	736.0	45.2	g	198.5	61.5	f
	22	657.0	4.2	g(e)	687.0	15.1	f(e)	236.0	23.3	d(b)
	23	472.0	44.8	c	465.5	10.8	c	160.3	2.5	ab
	24	429.3	29.3	b	464.3	23.9	c	148.3	0.7	a
II	25	586.0	16.4	f	734.0	48.1	g	562.0	53.7	e
	26	510.0	2.8	d	476.0	7.8	c	155.0	27.6	ab
	27	663.0	17.2	g	772.0	84.8	h	198.0	11.3	c
	28	374.0	26.9	a	434.5	23.3	b	148.0	18.4	a
	29	439.5	71.4	b	592.5	17.7	d	142.0	10.6	a
	30	373.0	1.4	a	262.5	20.5	a	168.0	0.7	b
	31	539.5	29.0	c(c)	631.5	2.1	d(d)	142.0	22.6	c(d)
	32	530.5	26.2	c	583.5	24.7	c	153.5	17.7	cd
III	33	326.5	46.0	a	221.5	36.1	a	91.3	17.0	ab
	34	431.5	78.5	b	225.5	14.8	a	91.3	17.0	ab
	35	310.0	29.7	a	258.5	35.3	b	84.0	14.1	a

I. (ab) Grubu için : AKS ve KKYS değerleri bakımından Bx, BA, BA + Bx ve (BA + Bx) + ISO ile alçı retensiyonu yüksek olan (BA + Bx) + A uygulamaları kontrole göre anlamlı derecede uygun sonuçlar vermişlerdir.

Yapılan empenyelerde, 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.

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 (Anon, 1989).

I. (cd) Grubu için : BA + Bx empenyesinden sonra yapılan P'li uygulamalarla, A, St ve ISO'nin kontrolden daha az ısı yaydığı ortaya çıkmış olup, AKY ve KKY'da MMA'nin St'e oranla daha az

uygun olduğu belirlenmiştir. ISO'nin beklenen yanmayı önleyici etki göstermemesi, PEG-400'lü BA + Bx'la embrenye edilen örneklerde ISO retensiyonunun çok düşük kalmasından kaynaklanabilir.

II. Grup için : St ve P'li uygulamalar yanmanın her üç aşamasında (AKY, KKY, KHY) kontrolden anlamlı derecede daha yüksek sıcaklık dereceleri vermiştir. MMA ve ISO benzeri sonuçlar gösterirken, A hemen tüm uygulamalarda en uygun gözükmiştir. Bu sonuç BA+Bx'min A ile ilişkiye getirildiği ilave denemeler yapılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur.

III. Grup için : FA ve MAP ve Pyr'un üç yanma aşamasında kontrolden anlamlı derecede daha az sıcaklıklar göstermesi, bu maddelerin YÖE'nin varlığını açıkça göstermiştir. Pyr'un AK ve YKA'da göstermediği olumlu etkiyi burada göstermesi, bu

maddelerin bu maddenin etkinliğinin yanmadaki sıcaklığı düşürmek olduğunu ortaya koymuştur.

3. 3. Kendi Kendine Yanma Süresi (KKYs), Kor Hali Süresi (KHs) ve Yıkılma Anına Kadar Geçen Süre (YIKs)'ye İlişkin Bulgular

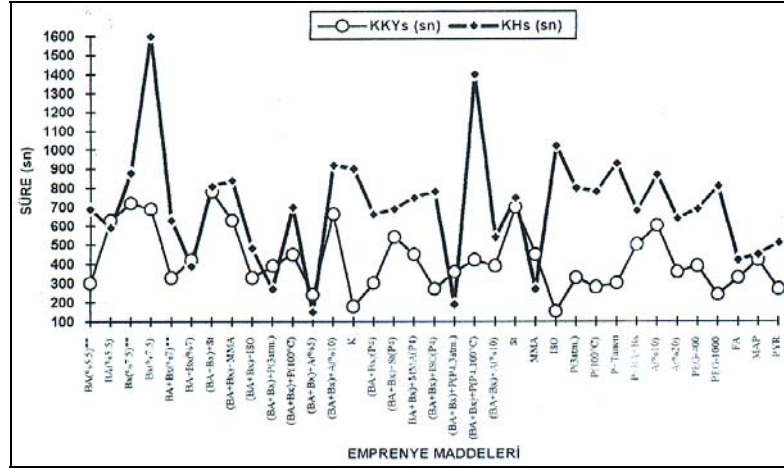
Duglas odunu deney örneklerinin yanma deneyi sırası ve sonrasında kaydedilen KKYs, KHs ve

YIKs ANOVA ve DT sonuçlarından elde edilen HG ile birlikte Tablo 4 ve Şekil 4'te verilmiştir.

I. (ab) Grubu İçin : KKYs, alev kaynağının kapatılmasından sonra deney örneklerinin alevli yanmaya kadar devam ettiği süredir.

Tablo 4. Duglas Odunu Deney Örneklerinin KKYs, KHs ve YIK Sonuçları

Grup	Deneme	KKYs (sn)		KHs (sn)		YIK (sn)		
No	No	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Aşaması
	1(K)	180.0	a	900.0	k	220.0	i	KKY
	2	300.0	c	690.0	g	330.0	h	KKY*
	3	630.0	h	590.0	e	330.0	h	KKY*
	4	720.0	k	880.0	j	630.0	ef	KH
	5	690.0	j	1600.0	m	90.0	d	KKY*
	6	330.0	d	630.0	f	90.0	a	KKY**
I(ab)	7	420.0	f	390.0	c	-	a	-
	8	780.0	l	810.0	h	-	a	-
	9	630.0	h	840.0	i	1320.0	b	KH*
	10	330.0	d	480.0	d	640.0	e	KH*
	11	390.0	e	270.0	b	1170.0	c	KKY*
	12	450.0	g	700.0	g	510.0	g	KKY
	13	240.0	b	150.0	a	-	a	-
	14	660.0	i	920.0	l	540.0	fg	KKY
	15	300.0	c(a)	660.0	c(e)	510.0	e(g)	KH*
	16	540.0	h	690.0	c	960.0	c	KH*
	17	450.0	g	750.0	d	510.0	e	KKY*
I(cd)	18	270.0	b	780.0	d	870.0	d	KH*
	19	360.0	d	190.0	a	1260.0	b	KH
	20	420.0	f	1400.0	f	1590.0	a	KH
	21	390.0	e	540.0	b	240.0	f	KKY*
	22	700.0	j(b)	750.0	d(h)	-	a(f)	-
	23	450.0	g	270.0	a	590.0	e	KH
	24	154.0	a	1020.0	j	-	a	-
	25	330.0	e	800.0	f	850.0	d	KH
II.	26	280.0	c	780.0	e	940.0	c	KH
	27	300.0	d	930.0	i	-	a	-
	28	500.0	h	680.0	c	-	a	-
	29	600.0	i	870.0	g	1380.0	b	KH
	30	360.0	f	640.0	b	840.0	d	KH
	31	390.0	e(a)	690.0	d(f)	-	a(c)	-
	32	240.0	b	810.0	e	960.0	b	KH
III.	33	330.0	d	420.0	a	-	a	-
	34	420.0	f	450.0	b	-	a	-
	35	270.0	c	510.0	c	960.0	b	KH



Şekil 4. Denemelerde elde edilen KKYs ve KHs değerleri

I (ab) grubu maddelerle 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) + A, (BA + Bx) + St veya P'in kontrole oranla anlamlı derecede olumlu sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Öte yandan St ve MMA ile ikinci bir emprenye işlemine tabi tutulan örneklerde KHs'nin uzunluğu vinil monomerlerin yanmada koru halini uzatarak yangın riskini uzun süre devam ettireceklerini de gösterebilir. KHs'nin kısaltılmasında BA, Bx'a oranla daha avantajlı gözüktüğünden, BA + Bx karışımında BA KHs'ni kısaltırken, Bx'ta yanma sıcaklığını düşürmek suretiyle YÖE'yi artırmaktadır. BA + Bx'in farklı karışım oranları ve değişik konsantrasyonlardaki çözeltilerinin YÖE üzerindeki etkilerinin araştırılması önerilebilir.

I. (cd) Grubu İçin : PEG-400'lü BA + Bx'la emprenyeli örneklerle, ikinci bir SİM uygulaması yapılan örneklerin KKYs'i kontrolden daha uzun olmuştur. KHs ise P'li uygulama dışında kontrolden daha kısadır. Bu gruptaki tüm uygulamalarda YIKs'i kontrolden daha uzun olduğundan PEG-400'ün KKYs'ni uzatma olumsuzluğuna karşılık, borlu bileşiklerin YIKs'ni uzatıp, KHs'ni kısaltmakla YÖE'lerini göstermişlerdir.

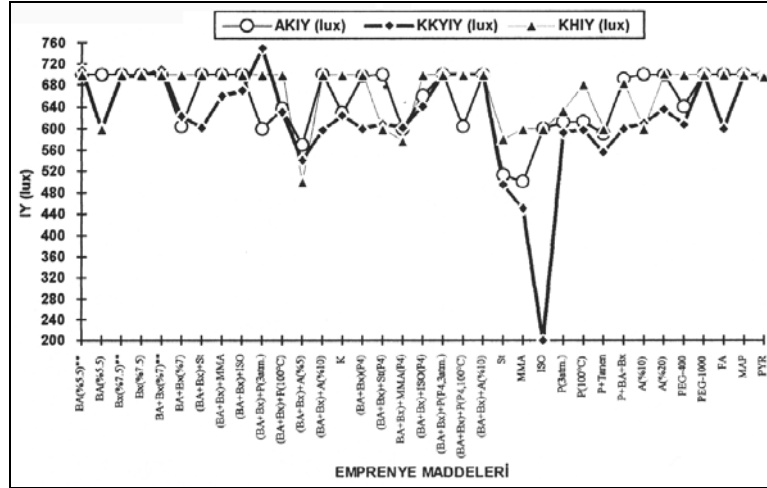
II. Grup İçin : KKYs yönünden ISO, KHs yönünden MMA, A, P + BA + Bx, St, P, YIKs açısından da St, ISO, P+Tanen, P + BA +Bx ve A'nın uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Böylece her bir SİM farklı bir yanma ve YIKs gösterdiği,

ancak tüm SİM'in özellikle de St, ISO, P + Tanen ve P+BA + Bx'in uzun süre yıkılmadan yanmaları SİM'in yanmada malzemenin mekanik özelliklerini muhafaza etmesine yardımcı olacaklarını gösterebilir. SİM'in yanmada odunun mekanik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması önerilebilir.

III. Grup İçin : Bu grupta yer alan ve yangın önleyici maddelerden MAP ve Pyr' un da KKYs'nde kontrole oranla daha uzun süreler vermesi, yanmada KKYs'nin uzunluğunun, malzeme direnç özelliklerini koruduğu sürece olumlu algılanmasının daha doğru olacağını göstermektedir. Çünkü istatistiksel sonuçlara göre kontrol grubu, üçüncü grup denemelerden de daha kısa sürede yanıp tükenmiştir. Oysa örneğin. MAP ve FA ile emprenyeli örneklerde daha uzun süreli KKY aşamasından sonra bile sırasıyla % 30.0 ve % 56.7'lik bir yanmamış kısmın varlığı gözönüne alındığında, KKYs'nin uzunluğu, AK'nın azlığı veya YKA'nın fazlalığı oranında bir avantaj olarak görülebileceği söylenebilir. Bu sonuçlar, FA ve MAP emprenyeli örneklerin deney sonrası yıkılmamaları ile desteklenmiştir.

3. 4. Alev Kaynaklı Yanma Işık Yoğunluğu (AKIY), Kendi Kendine Yanma Aşaması Işık Yoğunluğu (KKYIY), Kor Hali Aşaması Işık Yoğunluğu (KHIIY)'na İlişkin Bulgular

Duglas odunu deney örneklerinin yanması esnasında çıkan dumanın yoğunluğu, baca ağzından geçen ve bir fotosel tarafından algılanan değerler olarak üç yanma aşamasında AKIY, KKYIY ve KHIIY (lux) olarak ölçülmüş ve sonuçlar istatistiksel değerlendirmelerle birlikte Tablo 5 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Yanmadaki duman yoğunluğunun ters göstergesi olan ışık yoğunluğu değerleri
Tablo 5. Duğlas Odunu Deney Örneklerinin AKIY, KKYIY ve KHIY (lux) Değerleri

Grup No	Deneme No	AKIY (lux)			KKYIY (lux)			KHIY (lux)		
		Ort.	St.sp.	HG	Ort.	St.sp.	HG	Ort.	St.sp.	HG
I(K)	1	629.0	36.3	b	625.0	30.3	d	700.0	76.3	a
	2	700.0	0.0	a	708.0	30.6	b	700.0	0.0	a
	3	700.0	0.0	a	600.0	0.0	e	600.0	0.0	b
	4	700.0	0.0	a	696.0	4.8	b	700.0	0.0	a
	5	700.0	0.0	a	696.0	4.8	b	700.0	0.0	a
	6	700.0	0.0	a	710.0	79.0	b	700.0	0.0	a
	7	604.0	15.0	c	623.0	43.0	d	700.0	0.0	a
	8	700.0	0.0	a	602.0	16.0	e	700.0	0.0	a
	9	700.0	0.0	a	660.0	13.3	c	700.0	0.0	a
	10	700.0	0.1	a	670.0	31.3	c	700.0	0.0	a
	11	600.0	0.0	c	750.0	0.0	a	700.0	0.0	a
	12	637.0	24.0	b	631.0	32.0	d	700.0	0.0	a
	13	570.0	42.0	d	541.0	48.1	f	500.0	0.0	c
	14	700.0	0.0	a	597.0	4.8	e	700.0	0.0	e
	15	697.0	4.9	a(c)	600.0	0.0	d(bc)	700.0	0.0	a(a)
	16	700.0	0.0	a	609.0	29.0	cd	600.0	0.0	b
I(cd)	17	600.0	0.0	d	602.0	7.9	d	577.0	26.3	c
	18	660.0	38.0	b	642.0	37.0	b	700.0	0.0	a
	19	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a
	20	604.0	7.8	a	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a
	21	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a
	22	513.0	27.0	a(b)	495.0	5.2	e(ab)	581.0	25.0	e(a)
	23	500.0	16.0	e	450.0	4.7	f	600.0	0.0	d
	24	600.0	21.0	cd	200.0	3.2	g	600.0	0.0	d
II.	25	612.0	31.0	bc	593.0	14.5	c	634.0	49.0	c
	26	613.0	32.0	bc	597.0	9.3	c	682.0	21.8	b
	27	590.0	12.6	d	556.0	41.7	d	600.0	0.0	d
	28	692.0	8.8	a	600.0	0.0	c	684.0	23.0	ab
	29	700.0	0.0	a	610.0	18.7	bc	600.0	0.0	d
	30	699.0	2.9	a	636.0	135.0	a	701.0	21.1	a
III.	31	641.0	51.5	b(b)	608.0	22.5	bc(b)	700.0	0.0	a(a)
	32	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a
	33	700.0	0.0	a	600.0	0.0	c	700.0	0.0	a
	34	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a	700.0	0.0	a
	35	695.0	16.6	a	699.0	4.7	a	697.0	21.5	a

AKIY, KKYIY ve KHIY değerleri yanma esnasında çıkan dumanla ters orantılı değerlerdir. Herhangi bir yanma olayında alevli yanmadan belkide çok daha önemli yayılan duman etkisiyle meydana gelen zehirlenmeler ve boğulmalar olduğundan (Yalınkılıç, 1993; Yalınkılıç ve ark., 1996;

Hafızoğlu, ve ark., 1994) duman yoğunluğu dikkate alınmalıdır.

I(ab) grubunda AKY ve KKY'da BA+Bx ve BA+Bx'in ardından uygulanan St, MMA ve ISO'la ikinci işlem gören örneklerde kontrolden daha az duman oluşumu, borlu bileşiklerin St, MMA gibi

aşırı duman oluşturduğu bildirilen vinil monomerlerin (Hafizoğlu, ve ark., 1994), bu olumsuz etkilerini azaltabileceğini göstermektedir.

I(cd) grubunda ise PEG-400'lü (BA+Bx)+St veya MMA'nın aşırı duman yaydığı belirlenmiştir. İkinci işlem olarak uygulanan MMA, St'e göre daha fazla duman neşrine neden olurken; ISO, AKY'da kontrolden daha az diğer yanma aşamalarında kontrole eşdeğer oranda duman oluşumu göstermiştir.

II. grupta yer alan SİM'den başta MMA olmak üzere St ve P'in aşırı duman oluşumu göstermeleri; boyut stabilizasyonu ve direnç özelliklerini iyileştirme amacıyla kullanılan bu maddelerin borlu bileşiklerle veya diğer YÖE'ye sahip maddelerle ilişkide

kullanılması yönünde araştırmaların yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

III. grupta ise elde edilen bulgular PEG-400'ün tüm yanma aşamalarında yoğun duman oluşumuna neden olduğunu, FA ile emprenyeli örneklerde ise bu durumun KKY aşamasında ortaya çıktığını göstermiştir. Bu sonuçlar, FA'in süratli bir dış yüzey kömürleşmesinin ardından ısının odunda iç bölgelere geçişini engellemesi özelliğinden (LeVan, et al., 1990) kaynaklanabilir.

3. 5. Diğer Yanma Özellikleri

Duglas odunu deney örneklerinin yanması sırasında tespit edilen diğer yanma özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Duglas Odunu Deney Örneklerinin Diğer Bazı Önemli Yanma Özellikleri

Grup No	Deneme No	Kül Rengi	Alev Rengi	Koku	Duman	Çatırdama	Alev Yük. Aşamaları	Kurum	Köpüklenme	Alev Sıçraması	Diğer
	1 (K)	Gri-siyah	Sarı-Kırmızı	Yok	Yok	-	-	-	-	-	-
	2	Siyah	Mavi-sarı	Yoğun	"	Az	-	Yok	-	-	Dağınık yanma
	3	"	"	Yok	"	-	-	"	-	-	Kömür granül
	4	"	"	"	"	Var	AKY'de 30cm. KKY'de 10cm.	"	-	-	Toplu yanma
	5	"	Kirli sarı	"	"	Az	AKY'de 5cm.	"	-	-	"
	6	"	Mavi-yeşil	"	"	Az	AKY'de 30cm.	Aşırı	-	-	-
I(ab)	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	Siyah	Sarı	Yoğun	-	Aşırı	AKY'de 30cm.	Aşırı	-	-	-
	9	"	-	Hafif	Yok	Aşırı	KKY'da 40cm.	Yok	-	-	Toplu yanma
	10	"	Mavi	-	Az	Az	KKY'da 40cm.	Yok	-	-	"
	11	"	Sarı-kırmızı	Hafif	Az	Az	AKY'da 40cm.	Az	-	-	"
	12	"	"	-	Var	Çok aşırı	BY'ni geçmedi	Çok aşırı	-	-	-
	13	"	-	Hafif	Az	Aşırı	AKY'da 50cm.	-	-	-	-
	14	"	Sarı-kırmızı	Yok	-	Az	AKY ve KKY'da 10cm.	Yok	-	-	Toplu yanma
	15	"	"	-	-	"	AKY ve KKY'da 30cm.	"	-	-	"
	16	"	"	-	Var	Aşırı	"	Az	-	-	"
	17	"	Sarı-yeşil	-	Az	Normal	AKY'da 35cm. KKY'da 40cm.	"	-	-	"
I(cd)	18	"	Sarı-kırmızı	Var	Var	Var	AKY'da 10cm. KKY'da 30cm.	Yok	-	-	"
	19	"	Kırmızı	-	Yok	Sesli	AKY'da 40cm.	Yok	-	-	-
	20	"	Sarı	-	Az	Var	KKY'da 40cm.	-	-	-	Toplu yanma
	21	"	Sarı-mavi	-	Yok	Normal	AKY'da 10cm.	Yok	-	-	-
	22	"	Sarı-kırmızı	Yok	Hafif	-	KKY'da 30cm.	-	-	-	Toplu yanma
	23	"	-	Var	Aşırı	Normal	"	-	-	-	Büzüşme
	24	-	-	-	Aşırı	Aşırı	AKY'da 15cm. KKY'da 20cm.	-	-	Işınal	Aşırı is oluşumu
II	25	Siyah	Sarı-kırmızı	Yok	Hafif	-	KKY'da 25cm.	-	-	-	-
	26	"	"	Yok	Normal	Aşırı	BY'ni geçmedi	Az	-	-	Toplu yanma
	27	"	Sarı	"	Az	Normal	KKY'da 30cm.	"	-	-	-
	28	"	Yeşil-sarı	Yok	Yok	Var	BY'ni geçmedi	Yok	-	-	Toplu yanma
	29	"	Mavi-kırmızı	-	"	-	AKY'da 10cm. KKY'da 20cm.	"	-	-	Dağınık yanma
	30	Gri-Siyah	Sarı-kırmızı	-	Az	Az	BY'ni geçmedi	Çok az	-	-	-
	31	Siyah	"	-	Yok	Aşırı	AKY'da 10cm. KKY'da 40cm.	Yok	-	-	Toplu yanma
	32	"	"	-	"	Az	AKY'da 35cm.	-	-	-	Alevler mat

III	33	"	Mavi-sarı	-	"	Yok	-	-	-	-	Kömür taneli
	34	Gri-Siyah	Mavi	-	"	-	AKY'da 40cm.	-	-	-	-
	35	-	Kırmızı	-	"	Yok	-	Yok	-	-	Parçalı kül

- : Belirlenmedi, * : Max. olduğu aşama verildi, BY : Baca yüksekliği

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Duglas odununun doğal ve empenyeli halde bazı yanma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada; borlu bileşiklerden BA ve Bx'in sulu ve PEG-400'lü çözeltileri ile tek işlemlenmiş empenye, BA + Bx karışımıyla ön empenye işleminden sonra St, MMA, ISO, P ve A gibi SİM'lerden biriyle yapılan ikinci empenye, SİM'le yapılan tek işlemlenmiş empenye ve ticari anlamda uygulanan boyut stabilizatörü ya da YÖE'si bilinen bazı maddelerle yapılan empenyeler olmak üzere toplam 35 denemeyi kapsayan 4 grup empenye uygulaması yapılmıştır. Deney örnekleri ASTM E 160-50 Std.na göre yakılarak üç yanma aşamasındaki özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanılarak yapılan öneriler şunlardır :

Borlu bileşiklerin sulu çözeltileri yanma özellikleri bakımından PEG-400'lü çözeltilerine oranla daha olumlu sonuçlar vermiştir. Bor retensiyonunun

artması yanmayı önleyici etkiyi (YÖE) artırmıştır. Bu nedenle, borlu bileşiklerin farklı konsantrasyonlardaki sulu çözeltileri ile yapılacak empenyeler sonucunda gerçekleştirilecek farklı retensiyonlarda YÖE değişimi araştırılabilir.

BA ve Bx'in YÖE'si BA + Bx karışımı halinde kullanılmaları durumunda iyileşmekte ve bireysel kullanımındaki sakıncalar ortadan kalkmaktadır. Böylece, BA + Bx'in farklı karışım oranları ve farklı konsantrasyonda hazırlanacak sulu çözeltilerin YÖE üzerindeki etkisi araştırılabilir.

BA+Bx, SİM'in yanmadaki olumsuz etkisini azaltmışlardır. SİM ise yanmada odunun uzun süre direncini muhafaza ederek örneklerin yıkılmasını önlemişlerdir. Böylece, borlu bileşiklerin biyolojik zararlılara ve yangına karşı koruyucu etkinliği ile SİM'in boyut satabilitesini ve direnç artırıcı etkilerinin ilişkiye getirilmesi yönündeki çalışmalar önerilebilir.

SİM'e ait bazı özellikler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. BA, Bx, BA+Bx, FA, MAP ve Pyr'un bazı önemli yanma özellikleri

Özellik	Kontrol	Kimyasal Madde									
		BA LDN	BA t.k.	Bx LDN	Bx t.k.	BA+Bx LDN	BA+Bx t.k.	ISO	FA	MAP	Pyr
YAK*	95.0	71.5	58.0	49.5	60.5	40.1	58.0	77.4	21.5	33.9	93.0
YKA	0.0	0.0	0.0	21.0	24.3	69.7	13.7	0.0	56.7	30.0	56.7
AKS	546.5	387.0	233.5	219.5	248.0	391.5	476.5	429.3	326.5	431.5	310.0
KKYS	630.0	437.0	270.5	201.5	85.5	485.0	352.0	464.3	221.5	225.5	258.6
KHS	167.7	124.0	149.5	117.2	122.5	178.0	119.5	148.3	91.3	91.3	84.0
KKYs	180.0	300.0	630.0	720.0	690.0	330.0	420.0	154.0	330.0	420.0	270.0
KHs	900.0	690.0	590.0	880.0	1600.0	630.0	390.0	1020.0	420.0	450.0	510.0
YIKs	220.0	330.0	330.0	630.0	90.0	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	960.0
	KKY	KKY	KKY	KH	KKY						KH

Tablodaki sonuçlara göre literatürde bildirilen maddelerin bu çalışmada kontrole oranla uygunluk sıralaması aşağıdaki gibidir :

YAK (%) Açısından : FA > MAP > BA+Bx (LDN) > Bx (LDN) > BA (t.k.) = BA+Bx (t.k.) > Bx (t.k.) > BA (LDN) > ISO > Pyr

YKA (%) Açısından : BA+Bx (LDN) > FA > MAP > Bx (t.k.) > Pyr > FA > BA (LDN) > BA + Bx (t.k.).

AKS (°C) Açısından : Bx (LDN) > BA (t.k.) > Bx (t.k.) > Pyr > FA > BA (LDN) > BA + Bx (LDN) > ISO > MAP > BA+Bx (t.k.)

KKYS (°C) Açısından : Bx (t.k.) > Bx (LDN) > FA > MAP > Pyr > BA (t.k.) > BA+Bx (t.k.) > BA (LDN) > ISO > BA+Bx (LDN)

KHS (°C) Açısından : Pyr > FA = MAP > Bx (LDN) > BA+Bx (t.k.) > Bx (t.k.) > BA (LDN) > ISO > BA (t.k.)

KKYs (sn) Açısından : Bx (LDN) > Bx (t.k.) > BA (t.k.) > BA+Bx (t.k.) = MAP > BA + Bx (LDN) = FA > BA (LDN) > Pyr.

KHs (sn) Açısından : BA+Bx (t.k.) > FA > MAP > Pyr > BA (t.k.) > BA+Bx (LDN) > BA (LDN) > Bx (LDN)

YİK (sn) Açısından : BA+Bx = ISO = FA = MAP > Pyr > Bx (LDN) > BA

Bu sonuçlar, bazı yanma özellikleri açısından borlu bileşikler ön plâna çıkarırken, diğer bazı özellikler açısından da FA ve MAP'ı ve ardından Pyr'un daha olumlu olduğunu göstermektedir. Böylece, borlu bileşiklerle YÖE'si bilinen maddelerin etkinliklerinin daha ileri bir çalışmayla karşılaştırılması önerilebilir.

TÜBİTAK-TOAG 875'nolu projenin bir kısım sonuçlarından hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

Anonymous, 1989. The Economics of Boron. Sixth Edition, Roskill Information Service Ltd., England, ISBN : 0 86214993 2, 63-120.

ASTM D 1413-76, 1976. Standard Test Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soilblock Cultures, Annual Book of ASTM Standards, 452-460.

ASTM E 160-50, 1975. Standard Test Method For Combustible Properties of Treated Wood The Crib Test, 809- 813.

Hafizoğlu, H., M. K. Yalınkılıç, Ü. C. Yıldız, E. Baysal, H. Peker, Z. Demirci. 1994. Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkânları, TÜBİTAK-TOAG 875'olu Proje, 377 s.

LeVan, S. L., R. H. White. 1985. Performance of Fire Retardants and Fire-Resistive Coating on Wood. In: Flame Retardant Coating: Problems and Opportunities. 1985 October 27-30; Pinehurst, NC. Lancaster, P.A: Fire-Retardant Chemicals Association, 28 p.

LeVan, S. L., R. J. Ross, J. E. Winandy. 1990. Effects of Fire Retardant Chemicals on Bending Properties of Wood at Elevated Temperatures, Res. Pap. FPL-498, USA, 24 p.

TS 345, 1974. Ahşap Emprenye Maddelerinin Etkinliklerinin Muayene Metodları. TSE, Ankara.

TS 4176, 1984. Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerini Tayin İçin Homojen Meşcerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi

Alınması.TSE, Ankara.

Yalınkılıç, M. K. 1993. Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite, Boyutsal Stabilite ve Direnç Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklikler ve Bu Maddelerin Odundan Yıkanabilirlikleri, Münferit Araştırma Projesi, KTÜ Orm. Fak., 312 s. (Yayınlanmamıştır).

Yalınkılıç, M. K., 1996. Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızılçam Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri, Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, (Basımda).

Yalınkılıç, M. K., Y. Örs, N. Ay, E. Baysal. Z. Demirci. 1996. Duglas (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco Odununun Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilebilme Özellikleri, Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, (Basımda).