

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

A

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

45

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

2

1995

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



BAZI BORLU BİLEŞİKLERİN EMPRENYE SONRASI ODUNDAN YIKANMASI VE ÇEŞİTLİ SU İTİCİ MADDELERLE YIKANMANIN ENGELLENEREK BOYUTSAL STABİLİZASYONUN ARTIRILMASI¹⁾

Doç. Dr. M. Kemâl YALINKILIÇ²⁾
Arş. Gör. Ergün BAYSAL³⁾
Orm. End. Müh. Zafer DEMİRCİ⁴⁾

Kısa Özet

Bu çalışma, odun koruma amaçlı birçok emprenye maddesinin bileşiminde yer alan borik asit, boraks ve sodyum perborat'ın sulu veya polietilen glikol (PEG)-400'de çözündürülerek hazırlanan preparatlar halinde yapılan emprenyeler sonrasında odundan yıkanma özelliklerinin belirlenmesi ve özellikle bor'un odundan yıkanarak kısa sürede etkinliğini kaybetmesi gibi dış mekânda kullanımını sınırlayıcı sakıncaların giderilmesinde fiziksel bir engel oluşturmak için çeşitli su itici maddelerin (SİM) kullanılma imkânlarının araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonuçları, PEG-400'de çözündürülen bor tuzlarının sulu çözeltilerle yapılan emprenyelere oranla daha fazla yıkandığını ve SİM'in PEG'lü tuzların yıkanmasını engelleyemezken, sulu çözeltiler halinde yapılan borlu tuz emprenyesi sonrasında ikinci bir işlem olarak uygulanması halinde yıkanmayı önemli ölçüde engellediğini göstermiştir. Ancak yıkanma süresi arttıkça, SİM'in yıkanmayı engelleme etkisinin azaldığı tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$).

1) TÜBİTAK-TOAG 875 Nolu Projenin bir kısım sonuçlarından hazırlanmıştır.
2) KTÜ Orm. Fak. Orm. End. Müh. Bölümü 61080-Trabzon
3) KTÜ Orm. Fak. Orm. End. Müh. Bölümü 61080-Trabzon
4) KTÜ Fen Bil. Inst. Orm. End. Müh. Anabilim Dalı 61080-Trabzon

1. GİRİŞ

Odun koruyucu kimyasal maddeler içinde önemli bir yer tutan ve odunu özellikle biyolojik zararlılara (bakteriler, mantarlar, böcekler v.b.) karşı koruduğu çok eskiden beri bilinen borlu bileşiklerin, dış mekânda veya yüksek rutubet ve bağı nemli iç mekânlarda odundan yıkanarak uzaklaşması ve kalıcılık göstermemesi nedeniyle yaygın kullanımı sınırlanmaktadır (WILLIAMS 1990).

Bu çalışmada bor'un, odundan yıkanmasının önüne geçilmesi amacıyla bazı SİM'le ikinci bir emprenye yapılarak, odunda iç kısımlara tutunmuş olan borun önüne fiziksel bir engel oluşturulması denenmiştir. Bor'un odundan yıkanmasının engellenmesinin yanısıra, SİM'in odundan daralma ve genişlemeyi azaltarak boyutsal stabilizasyonu artırma etkilerinin de (RICHARDSON 1987; YALINKILIÇ / ALMA 1992; YILDIZ 1992), borlu bileşiklerle emprenyeli odunun çok yönlü korunmasında ilave bir avantaj sağlaması yönüyle araştırılmasına karar verilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan deney örnekleri kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunundan hazırlanmıştır. Bu amaçla Karaisalı Orman İşletmesi'nden (Kozan-ADANA) TS 345'e göre temin edilen tomrukların kesit yüzeylerine renklemeyi önleyici (ANTIBLUE) madde uygulanmış ve tomruklar KTÜ Orm. Fak. Orm. End. Müh. Bölümü Biçme Tesisi'ne getirilerek Bölüm 2.2.1'de belirtildiği gibi deneylere hazırlanmıştır.

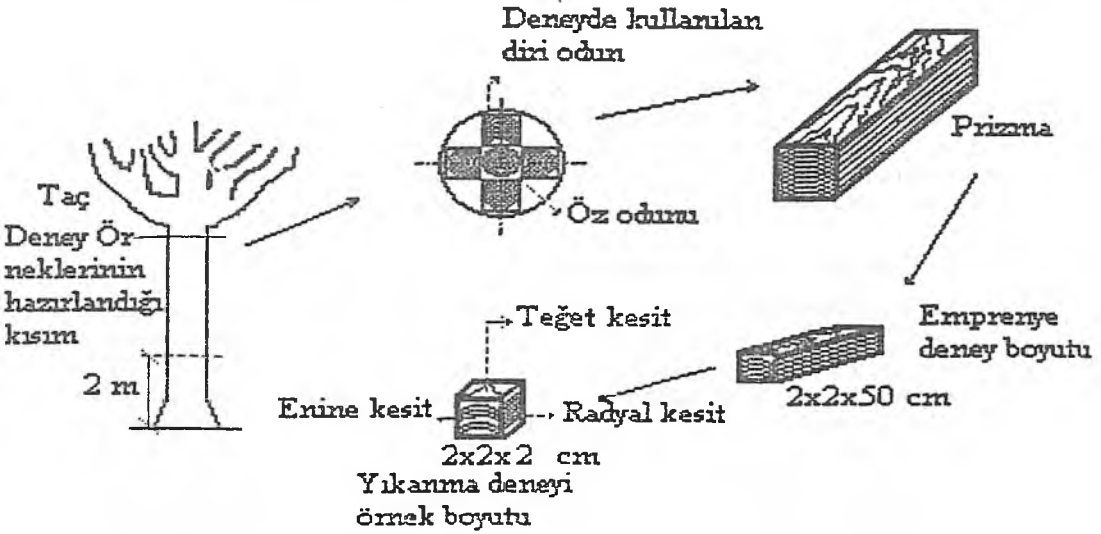
Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan borlu bileşikler, ETİBANK-Bandıra Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesi'nden; Vinyl monomerler PETKİM-İzmit Rafinerisi ve POLİSAN Kimya San. A.Ş.'den; PEG-400, Shell Petroleum Co.'den, geri kalan maddeler ise kimyasal madde satıcısı işletmelerden temin edilmiştir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Deney Örneklerinin Hazırlanması

TS 345'e(6) göre ağaçların dipten 2 m yukarısından ve tepeye yakın olan kısmın altında kalan ana gövdeden çıkarılan tomrukların, radyal yönde kesmek suretiyle prizmaları hazırlanmıştır. Prizmalarda öz odun aynı standarda göre hazırlanan ayıraçla belirgin hale getirilip deneme dışı bırakılmış ve diri odun kısmında, enine kesitte yıllık halkalar teğet kenara paralel olacak şekilde deney numuneleri hazırlanmıştır. Kesilen numuneler, aynı prizmadan alınan örneklerin ağaç eksenindeki sıraları, budak, çatlak v.b. dışında bozulmamış ve örnekler test-kontrol şeklinde birbirini izleyen aynı yıllık halka boyunca alınarak kodlanmıştır (Şekil 1).

Deney örneklerinin elde edileceği prizmaların boyları 60 cm'ye indirgenerek, iklimlendirme odasında emprenye deney planında belirtilen rutubet derecelerine kadar bekletilmiş veya etüvde ılımlı sıcaklık derecelerinde (max. 50°C) kurutulmuştur. Daha sonra prizmalardan, 2*2*50 cm boyutlarında kesilen örnekler, uç kısımları macunla kapatılarak emprenye edilmiş ve bu örneklerin başlardan 2.5 cm'lik kısımları kesilerek atıldıktan sonra geriye kalan bölümden 2*2*2 cm boyutlarında yıkanma deneyi örnekleri kesilip tekrar iklimlendirme odası veya etüve alınarak deney öncesi rutubet derecesine kadar kurutulmuştur.



Şekil 1: Deney örneklerinin hazırlanmasında izlenen kesme yöntemi
Figure 1: Preparation of experimental wood specimens

2.2.2 Deney Örneklerinin Emprenyesinde Kullanılan Kimyasal Maddelerin Çözeltilerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan kimyasal maddeler üç grup altında toplanmıştır:

I. Grup: Borlu bileşikler;

1. Borik asit (BA)'in % 5.5'lik sulu çözeltisi (Borik Asit Eşdeğeri (BAE) = % 25) (WILLIAMS, 1986),
2. BA'in % 5.5'lik PEG-400'lü çözeltisi (BAE = % 25),
3. Sodyum perborat (SP)'in % 3.4'lik sulu çözeltisi (24°C'de 100 ml suda max. 3.4 g SP çözünmektedir).

II. Grup: SİM;

1. Stiren (St); ön işlemden polimerleşme başlatıcısı benzol peroksit (% 2) ve divinil benzen (% 5) katılarak inhibitörlerden temizlenmiş ve kalıntı su CaCl_2 ile alındıktan sonra saf halde kullanılmıştır.
2. Metilmetakrilat (MMA); ön işlemden NaOH ve CaCl_2 ile inhibitörler uzaklaştırılmıştır. Bu amaçla 500-600 ml MMA için % 15'lik 300 ml NaOH kullanılmıştır.
3. 2,4-toluen düzosiyanat (ISO); saf halde ve % 50 oranında benzende çözündürülerek kullanılmıştır.

III. Grup: Bulking (hücre çeperini genişleterek daralmayı engelleyen) maddeler;

1. Parafin (P); BA ve Bx (7:3, ağırlık: ağırlık)'la birlikte trietilenamin (TEA) ve emülgatör (E) varlığında % 15'lik sulu çözelti halinde hazırlanmış ve 70°C'de homojenizörden geçirilerek kullanılmıştır (% 7'lik sulu BA+Bx+%8'lik (P+%0.15 TEA+%0.19 E)) (YALINKILIÇ 1993),
2. PEG-400, saf halde kullanılmıştır.

2.2.3 Uygulanan Emprenye Yöntemleri ve Emprenye Deney Planı

Deney örneklerinin emprenyesi ASTM D 1413-76 Std.nda belirtilen koşullarda gerçekleştirilmiştir. Emprenyede uygulanan deney planı Tablo-1'de verilmiştir. Çözelti ve işlem sıcaklığı 14. denemede $70\pm 5^\circ\text{C}$ diğer tüm emprenyelerde $25\pm 2^\circ\text{C}$ olarak uygulanmıştır. Her bir emprenye işleminde 760 mm Hg değerinde 60 dk süreyle bir ön vakum uygulandıktan sonra örnekler atmosferik basınçta çözelti içinde bir saat süreyle difüzyona bırakılmıştır.

2.2.4 Yıkanma Deneylerinin Yapılması

Yıkanma deneylerinde AWWA M-10 (77) ve ASTM D 1413-76 Std.ları esas alınmıştır. Her bir yıkanma işleminden sonra örnekler destile sudan alınıp ağırlıkları ve boyutları ölçüldükten sonra tam kuru hale gelinceye kadar $103\pm 2^\circ\text{C}$ 'de etüvde kurutulmuş ve sabit tartıma getirildiklerinden ağırlık ve boyutları belirlenmiştir. 6, 24, 48 ve 72 saat olarak uygulanan yıkanma periyotları sonrası ölçülen değerlerden aşağıdaki formüller uyarınca; yıkanan madde miktarı (% YMM), deney örneklerinin su alma oranı (% SAO), su itici etkenlik (% SİE), yaş haldeki hacimsel değişim (% YHD), tam kuru haldeki hacme oranla yıkanma sonrası hacimsel değişim (% KHD) ve daralmayı ve genişlemeyi azaltıcı etkenlik (% DAE ve % GAE) değerleri hesaplanmıştır (HAFIZOĞLU ve ark., 1994);

$$\text{YMM (\%)} = \frac{M_{o_i} - M_{o_s}}{M_{o_i}} \times 100$$

$$\text{SAO (\%)} = \frac{M_{r_g} - M_{o_i}}{M_{o_i}} \times 100$$

$$\text{SİE (\%)} = \frac{\text{SAO}_k - \text{SAO}_t}{\text{SAO}_k} \times 100$$

$$\text{YHD (\%)} = \frac{V_{y_{sh}} - V_{y_{öh}}}{V_{y_{öh}}} \times 100$$

$$\text{KHD (\%)} = \frac{V_{o_i} - V_{o_s}}{V_{o_i}} \times 100$$

$$\text{DAE (\%)} = \frac{D_k - D_t}{D_k} \times 100$$

$$\text{GAE (\%)} = \frac{G_k - G_t}{G_k} \times 100$$

- Burada; M_{o_i} : Emprenye sonrası tam kuru ağırlık g
 M_{o_s} : Yıkanma sonrası tam kuru ağırlık g
 M_{r_s} : Yıkanma sonrası yaş ağırlık g
 SAO_k : Kontrol örneğinin su alma oranı %
 SAO_t : Test örneğinin su alma oranı %
 $V_{y_{sh}}$: Yıkanma sonrası yaş haldeki hacim cm^3

- $V_{y\ddot{o}h}$: Yıkama öncesi rutubetli hacim cm^3
 V_{oi} : Yıkama öncesi tam kuru hacim cm^3
 V_{os} : Yıkama sonrası tam kuru hacim cm^3
 $D_k(G_k)$: Yıkama periyodu sonrası kontrol örneğindeki hacmen daralma (genişleme) (%)
 $D_t(G_t)$: Yıkama periyodu sonrası test örneğindeki hacmen daralma (genişleme) (%)

Tablo 1: Kızılçam Odunu Deneş Örneşlerinin Emrenyesinde Uygulanan Deneş Planı
Table 1: Treatment Schedule of Brutia Pine Wood Specimens

Deneme* No	Emrenye İşlem Sayısı ve Sırası	Örnek Rutubeti (%)	Çözelti Konsantrasyonu (%)	Çözücü Madde
Treatment No*	Process Number and Turn	Moisture Content %	Concentration of Treatment Solution %	Solvent
1(K)	–	12.0	–	–
2	1. BA	12.0	5.5	DS
3	1. BA 2. St	12.0 0.0	5.5 100.0	DS –
4	1. BA 2. MMA	12.0 0.0	5.5 100.0	DS –
5	1. BA 2. ISO	12.0 0.0	5.5 100.0	DS –
6	1. SP	12.0	3.4	DS
7	1. SP 2. St	12.0 0.0	3.4 100.0	DS –
8	1. SP 2. MMA	12.0 0.0	3.4 100.0	DS –
9	1. SP 2. ISO	12.0 0.0	3.4 100.0	DS –
10	1. P4	24.2	100.0	–
11	1. BA	24.2	5.5	P4
12	1. BA 2. St	24.2 0.0	5.5 100.0	P4 –
13	1. BA 2. MMA	24.2 0.0	5.5 100.0	P4 –
14	1. P+BA+Bx	24.2	15.0	DS, TEA, E
15	1. St	0.0	100.0	–
16	1. MMA	0.0	100.0	–
17	1. ISO	0.0	100.0	–
18	1. ISO	0.0	50.0	Benzen

TEA: Trietilenamin E: Emülgatör DS: Destile su (Distilled water)

* : Herbir denemede 12'şer adet örneşten oluşun 2 grup kullanılmıştır (Toplam 17x2=34 grup x 12=408 örneş)

* : 2 groups each contains 12 individual specimens were used for every treatment (Total specimen number=17x2x12=408)

2.2.5 Sonuçların Değerlendirilmesi Yöntemi

Çalışmada elde edilen tüm sonuçlar % 95 güven düzeyinde varyans analizleri ve Duncan testleriyle bilgisayarda STATGRAF istatistiksel programıyla irdelenerek değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Emprenyeli Deneç Örneklerinden Yıkanan Madde Miktarları (% YMM)

Yıkama deneyinde uygulanan yıkama periyotları sonunda belirlenen YMM Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Emprenyeli Kızılıçam Odunlarından Çeşitli Yıkama Periyotları Sonrası Yıkanan Madde Miktarı

Table 2: Leachant Amounts From Treated Specimens in Periodical Leaching Processes

Deneme No	Toplam Retensiyon %*	Yıkama Periyotlarına Göre YMM (%)								Toplam YMM %
		6 saat		24 saat		48 saat		72 saat		
Treatment No	Total Retention %*	Ort	HG**	Ort	HG**	Ort	HG**	Ort	HG**	Total Leachants % of total retention
		Leachants (%)								
Treatment No	Total Retention %*	6 hours		24 hours		48 hours		72 hours		
		Mean	HG**	Mean	HG**	Mean	HG**	Mean	HG**	
1(Kontrol)	-	1.80	ab	1.40	a	1.00	a	0.80	ab	5.00
2	2.32	11.10	e	1.00	a	1.00	a	1.40	bcd	14.40
3	58.17	1.50	ab	0.80	a	1.00	a	1.16	abc	4.46
4	54.13	5.70	cd	0.30	a	1.40	a	0.59	a	7.99
5	29.46	0.30	a	0.40	a	0.70	a	0.69	ab	2.09
6	2.61	2.40	b	1.20	a	1.00	a	0.41	a	5.01
7	62.96	0.50	a	1.00	a	2.00	ab	1.52	bcd	5.02
8	53.23	1.20	ab	2.30	ab	1.30	a	2.10	b	6.90
9	21.71	0.10	a	0.60	a	0.80	a	1.80	cd	3.30
10	60.00	13.00	f	15.60	g	17.10	g	24.90	k	70.60
11	29.65	6.30	d	0.00	a	4.70	cd	4.00	e	15.00
12	51.75	5.30	cd	4.10	bc	2.10	ab	0.00	a	11.50
13	13.60	5.70	cd	10.10	e	0.00	a	0.00	a	15.80
14	33.57	2.60	b	1.10	a	1.00	a	2.10	d	6.80
15	58.48	6.10	d	0.50	a	1.20	a	0.40	a	8.20
16	51.35	0.30	a	0.40	a	0.00	a	0.80	a	1.50
17	21.98	4.30	c	3.50	bc	0.10	a	0.80	a	8.70
18	24.89	4.70	cd	0.00	a	0.90	a	0.40	a	6.00

* Tam kuru oduna oranla retensiyon oranı (%) olup, 12'şer örneğe sahip 2 deney grubunun ortalamalarını yansıtmaktadır.

** Homojenlik grubu ($P \leq 0.05$)

** Homogeneity groups ($P \leq 0.05$)

Tablo incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

1. % 5.5'lik BA'in sulu çözeltisi, SP'nin % 3.4'lük sulu çözeltisi, saf PEG-400 ve % 5.5'lik PEG-400'lü BA ile empenye edilmiş örneklerin MMA ile ikinci bir empenyenin uygulandığı sırasıyla 2, 6, 10 ve 13. denemelerden 6. ve 13. denemelerdeki yıkama oranlarının, kontrol deneşindeki % 5.00 YMM oranının (ekstraktif maddeler ve suda çözünen basit şekerler) altında kalması, sözkonusu denemelerde kullanılan bileşiklerin odunun yapısında çözüldürücü etkide bulunmadığını, oysa 2 ve 10. denemelerde kullanılan asidik BA çözeltisinin (pH: 3.19-3.60) ve 5.70-5.80 pH derecesindeki PEG-400'ün odun yapısında hemen hemen eşdeğerde bir çözüldürücü etki yaptığını göstermiştir.

2. SİM, BA ve SP'in sulu ve kısmende PEG-400'lü çözeltileriyle elde edilen retensiyon oranlarında, bu tuzların ve hatta odunun suda çözünen bileşiklerinin (kontrol denemesinde tespit edilen) yıkanmasını engelledikleri görülmüştür. SİM'in bor tuzlarının yıkanmasını önlemede etkinlik sırası ISO > St > MMA şeklinde gerçekleşmiştir. 14. denemede uygulanan P'li BA + Bx'in, St ve ISO'nun tek işleme uygulandığı 15. ve 17. deneme örneklerinden daha az yıkanma oranı göstermesi dikkat çekici olup, bu bulgu borlu bileşiklerin P'li çözeltileriyle daha ileri çalışmalar yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

3. Yıkanma süresi uzadıkça (BA veya SP) + SİM işlemleri örneklerden yıkanan madde miktarı artmıştır.

4. Yıkanan madde miktarlarına göre çalışmada kullanılan kimyasal maddeler, en az yıkanan maddeden başlayarak aşağıdaki uygunluk sırasını göstermiştir ($P \leq 0.05$):

- SİM, BA veya SP'in sulu çözeltileri + SİM,
- BA veya SP'in sulu çözeltileri,
- P + BA + Bx,
- PEG-400 ve PEG-400'lü BA

3.2 Su Alma Oranları (% SAO)

Kızılçam odunu deney örneklerinin yıkanma periyotlarına göre kümülatif SAO (%) değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Kızılçam Odunu Deney Örneklerinin Yıkanma Deneyi Periyotlarına Göre Kümülatif SAO (%) Değerleri

Table 3: Cumulative Water Absorption Rates (WAR) of Wood Specimens in Periodical Leaching Processes

Deneme No	Yıkanma periyotlarına göre SAO (%)							
	6 saat		24 saat		48 saat		72 saat	
	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
Treatment No	WAR %							
	6 hours		24 hours		48 hours		72 hours	
	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG
1(K)	90.4	g	100.7	e	109.9	g	121.2	h
2	107.4	h	106.9	e	105.7	g	108.7	g
3	28.0	bcd	35.7	b	39.5	bcd	49.8	c
4	33.1	cde	35.6	b	42.1	cd	46.4	c
5	18.2	abcd	21.1	ab	26.5	a	32.6	ab
6	110.2	i	107.7	e	130.6	h	153.7	i
7	22.3	abcd	28.6	ab	39.7	bcd	51.9	cd
8	32.7	cde	34.9	b	44.9	d	60.2	de
9	16.3	abc	33.2	ab	45.0	d	67.6	e
10	22.9	abcd	25.0	ab	29.5	abc	29.6	a
11	45.9	ef	55.0	c	60.0	e	63.3	e
12	15.1	ab	27.2	ab	29.0	ab	29.8	a
13	14.7	ab	24.9	ab	26.6	a	30.4	a
14	57.5	f	80.8	d	85.4	f	83.6	f
15	12.1	ab	24.2	ab	32.9	abcd	24.1	a
16	34.9	de	31.3	ab	39.6	bcd	44.6	c
17	10.2	a	28.2	ab	35.4	abcd	41.5	bc
18	12.9	ab	18.7	a	28.6	ab	33.3	ab

Tablo incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Araştırmada ele alınan kimyasal madde ve işlem varyasyonları içinde kontrole oranla DAE değeri bakımından yıkanma sürelerine göre aşağıdaki genel uygunluk sırası ortaya çıkmıştır ($P \leq 0.05$):

- BA'nin PEG-400'lü çözeltisi + SİM, St, ISO (saf)
- PEG-400, BA ve SP'in sulu çözeltileri + SİM, P+BA+Bx
- BA'in PEG-400'lü çözeltisi
- ISO (% 50'lik benzenli çözeltisi), BA ve SP'in sulu çözeltileri, MMA,

2. GAE değerleri bakımından denemelerde kullanılan kimyasal madde ve işlemlerin uygunluk sırası, DAE değerleriyle ortaya çıkan sıralamanın tersi olmuştur.

3.3 Su İtici Etkenlik Değerleri (% SİE)

Kızılçam odunu deney örneklerinin SAO'na göre hesaplanan SİE değerleri yıkanma periyotlarına göre Tablo 6'da verilmiştir. Şekil 2'de ise BA'in sulu çözeltileri ve ikinci SİM empenyeli uygulamalarda SAO ve SİE değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 6: Kızılçam Odunu Deney Örneklerinin Yıkanma Deneyi Periyotlarına Göre Kümülatif SİE (%) Değerleri

Table 6: Cumulative Water Repellency (WRE) of Treatment Chemical in Treated Wood

Deneme No	Yıkanma periyotlarına göre SİE (%)							
	6 saat		24 saat		48 saat		72 saat	
	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
Treatment No	WRE at Leaching Periods %							
	6 hours		24 hours		48 hours		72 hours	
	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG
2	-38.0	a	-18.1	a	1.3	b	7.9	b
3	61.0	cd	63.6	cd	65.1	efg	59.7	ef
4	57.5	bcd	71.0	d	61.3	ef	60.9	efg
5	76.1	d	77.2	d	74.7	fg	72.6	ij
6	-68.1	a	-25.3	a	-36.6	a	-48.0	a
7	69.5	cd	69.4	d	61.6	ef	57.8	e
8	57.7	d	65.5	cd	58.5	e	49.4	d
9	70.1	bc	69.4	d	68.6	efg	67.7	ghi
10	72.8	d	77.1	d	79.2	g	78.8	jk
11	29.5	bc	42.5	c	42.9	d	47.2	d
12	77.4	d	65.9	cd	62.0	ef	65.3	fgh
13	81.2	d	67.1	cd	74.3	efg	72.2	hij
14	20.2	b	16.4	b	23.2	c	31.8	c
15	74.2	d	72.4	b	67.5	efg	80.2	k
16	52.2	bcd	67.8	cd	62.8	ef	63.2	efg
17	62.3	cd	88.9	d	66.1	efg	62.1	efg
18	85.5	d	80.2	d	71.7	efg	72.1	hij

Tablo incelendiğinde, SAO'na göre çalışmada uygulanan kimyasal maddelerin en az SAO'na sahip denemeden başlayarak aşağıdaki uygunluk sırasını gösterdiği belirlenmiştir ($P \leq 0.05$):

- SİM, BA'in PEG-400'lü çözeltileri + SİM
- BA veya SP'in sulu çözeltileri + SİM,
- BA'in PEG-400'lü çözeltisi,
- BA'in PEG-400'lü sulu çözeltileri, kontrol grupları

3.4 YHD ve KHD Oranları

Kızılçam odunu deney örneklerinin, yıkanma öncesi % 65 ± 3 bağıl nem ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklığın ayarlandığı iklimlendirme odasında hava kuruğu (% 12-15) rutubet derecelerine getirildikten sonra çeşitli yıkanma sürelerinde gösterdikleri hacimsel değişim (YHD) oranları ile yıkanma öncesi tam kuru haldeki hacme oranla yıkanma sürelerine göre işlem sonrası tam kuru hacim değişim (KHD) oranları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. YHD oranlarına göre çalışmada ele alınan maddelerin hacimsel değişmeyi en çok engelleyen uygulamadan başlayarak aşağıdaki uygunluk sırasını izlediği tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$):

- PEG-400, BA (PEG-400'lü çözeltisi) + St veya MMA
- P + BA + Bx, BA veya SP'in sulu çözeltileri, BA veya SP'in sulu çözeltileri + SİM
- ISO, SP'in sulu çözeltisi + ISO
- MMA, SP'in sulu çözeltisi

2. KHD oranlarına göre çalışmada ele alınan maddelerin hacimsel değişmeyi en çok engelleyen uygulamadan başlayarak aşağıdaki uygunluk sırasını izlediği tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$):

- BA'in sulu ve PEG-400'lü çözeltileri + SİM, St
- ISO, MMA, Kontrol
- P + BA + Bx, SP'in sulu çözeltisi + SİM
- SP'in sulu çözeltisi, PEG-400

3.5 Daralmayı ve Genişlemeyi Azaltıcı Etkenlik Değeri (DAE ve GAE %)

Kızılçam odunu deney örneklerinde tam kuru haldeki hacim baz alındığında yıkanma öncesi hacme oranla meydana gelen değişimin kontrol örnekleri değerlerine oranlanmasıyla elde edilen DAE değerleri Tablo 5'te verilmiştir. GAE oranları DAE değerlerinin yaklaşık tersi değeri olduğundan GAE oranlarının ayrıca tablo halinde verilmesine gerek duyulmamıştır.

Tablo 4: Kızılcım Odunu DeneY Örneklerinin Yıkanma DeneY Periyotlarına Göre Kümülatif YHD (%) ve KHD (%) Oranları
Table 4: Cumulative Volume Changes Based On Wet and Dry Volumes of Wood Specimens (VCW and VCD)

Deneme No	Yıkanma periyotlarına göre YHD (%)								Yıkanma periyotlarına göre KHD (%)*							
	6 saat		24 saat		48 saat		72 saat		6 saat		24 saat		48 saat		72 saat	
	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
Treatment No	VCW %								VCD %							
	6 hours		24 hours		48 hours		72 hours		6 hours		24 hours		48 hours		72 hours	
	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG
1(K)	11.7	ef	11.4	cde	12.7	gh	14.3	ij	+2.7	j	-7.4	a	+0.9	j	-3.0	fgh
2	12.5	f	11.0	cde	10.6	defg	9.1	cde	-0.5	ghi	-1.0	hij	-1.5	efg	+5.3	k
3	10.2	def	10.7	cde	11.0	efg	12.5	fghi	-6.0	d	-3.9	cd	-1.6	efg	-3.9	cd
4	11.1	ef	10.7	cde	10.0	defg	9.4	cdef	-9.3	b	-1.9	fgh	+0.4	ij	+2.8	j
5	7.4	bcd	8.0	bc	9.2	def	13.0	ghi	-0.4	ghi	-3.7	cd	-0.7	gh	-1.8	ef
6	16.8	g	15.2	e	13.1	gh	11.0	defgh	-7.9	c	-6.0	b	-3.4	c	-0.8	fg
7	6.8	abcd	8.3	bc	10.1	defg	10.4	defg	-45.2	a	-2.9	def	-9.8	a	+2.1	ij
8	8.3	cde	9.5	bc	10.0	defg	8.9	cde	-2.0	ef	-1.0	hij	-2.4	de	+6.2	k
9	3.9	ab	10.9	cde	20.3	i	29.6	k	+0.6	hi	+2.0	k	+3.8	k	+5.6	k
10	4.2	ab	4.4	a	4.6	ab	5.6	ab	-2.4	e	-2.1	fgh	-6.4	b	-8.9	a
11	11.5	ef	13.5	cde	14.8	h	13.9	efg	+0.9	i	+2.2	k	+3.6	k	+0.4	gh
12	3.5	a	3.9	a	6.1	abc	6.4	abc	-0.3	ghi	-0.1	j	-2.3	ef	-6.3	b
13	3.5	a	4.1	a	3.5	a	4.4	a	-0.4	ghi	-2.2	efg	-3.3	cd	-5.1	bc
14	4.8	abc	6.5	ab	7.6	bcd	8.4	bcd	-6.3	d	+3.4	l	+3.2	k	+5.1	bc
15	5.8	abc	9.8	bcd	7.8	cde	6.3	abc	-1.0	fg	-4.0	c	-1.2	fgh	+5.6	k
16	13.0	ef	14.4	de	18.7	i	16.8	j	-5.3	d	-3.2	cde	-2.4	cde	-1.2	hi
17	4.0	ab	9.7	bcd	11.5	fg	11.7	efghi	-0.7	fgh	-0.7	ij	-0.3	hi	-1.4	ef
18	4.0	ab	8.6	bc	11.2	fg	11.8	efghi	-1.2	efg	-1.5	ghi	-1.2	gh	-2.6	de

* KHD değerlerinde (-) daralmayı, (+) genişlemeyi temsil etmektedir.

* (-) Corresponds shrinkage where as (+) swelling in volume.

Tablo 5: Kızılçam Odunu Deney Örneklerinin Yıkanma Deneyi Periyotlarına Göre Kümülatif DAE Oranları**Table 5:** Anti Shrink Efficiencies (ASE) of Test Specimens by Leaching

Deneme No	Yıkanma periyotlarına göre DAE (%) [*]							
	6 saat		24 saat		48 saat		72 saat	
	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
Treatment No	ASE at Leaching Periods (%)							
	6 hours		24 hours		48 hours		72 hours	
	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG	Mean	HG
2	-25.8	ab	-26.3	abc	-4.8	bc	+32.8	fg
3	+15.0	bcdef	-7.6	abcd	+10.8	cd	+12.1	cde
4	-7.4	bc	-25.5	abc	-49.6	a	-73.8	a
5	+34.6	cdefg	+25.7	abcd	+28.5	def	+10.6	cde
6	-70.1	a	+4.7	abcd	-1.2	bc	-2.2	bc
7	+25.9	bcdefg	-18.1	abcd	+19.0	cde	+27.6	efg
8	+10.2	bcd	+3.7	abcd	+19.6	cde	+37.9	g
9	+60.5	defg	+16.9	abcd	-6.1	bc	-16.9	b
10	+69.6	g	+42.8	bcd	+45.2	fg	+26.7	efg
11	+13.4	bcde	-33.1	ab	-15.9	b	+3.1	cd
12	+68.9	fg	+62.8	d	+61.5	fg	+60.9	h
13	+73.3	g	+53.9	cd	+69.4	g	+57.3	h
14	+65.1	efg	+84.1	bcd	+38.8	efg	+40.1	g
15	+47.2	defg	+27.9	abcd	+39.9	efg	+56.5	h
16	-26.8	ab	-49.3	a	-48.8	a	-16.8	b
17	+59.4	defg	+5.4	abcd	+14.7	cde	+56.1	h
18	+60.9	defg	+15.6	abcd	+9.3	cd	+19.8	def

* + DAE olduğunu, - GAE olduğunu göstermektedir.

* (+) corresponds anti shrink efficacy where as (-) anti swelling efficacy at applied leaching periods of time

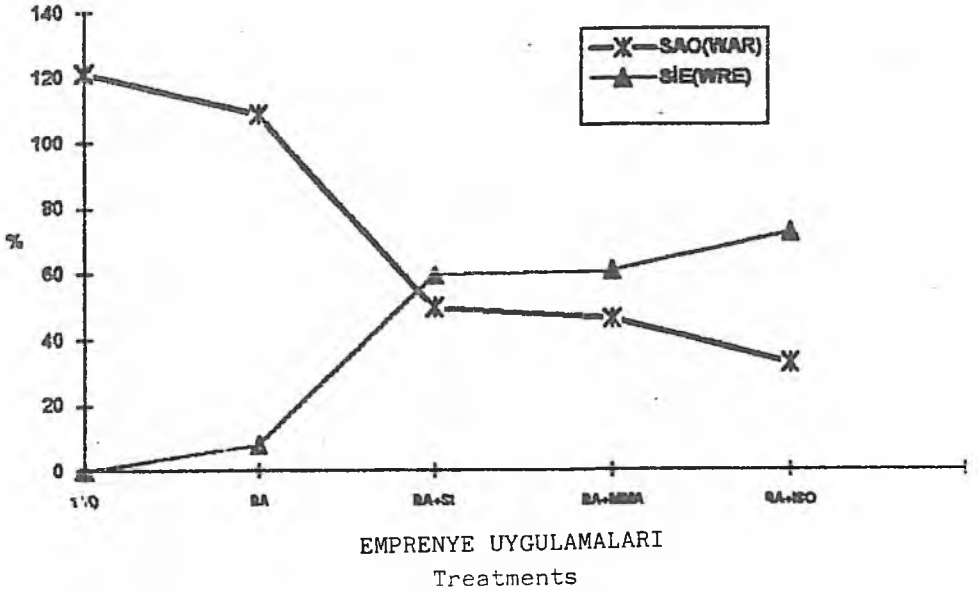
Tablo ve Şekil incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. SİE oranlarına göre, uygulanan kimyasal maddeler ve işlemler, etkenliği en yüksek olan dan başlayarak aşağıdaki sıralamayı göstermiştir ($P \leq 0.05$).

- SİM, BA'in PEG-400'lü çözeltileri + SİM
- SİM, BA'in PEG-400'lü çözeltileri + SİM
- P + BA + Bx, BA'in PEG-400'lü çözeltileri
- BA veya SP'in sulu çözeltileri

2. Yıkanma süresi arttıkça SİM'in değerlerinde azalmalar görülmüştür.

3. BA'in sulu çözeltilisinin tek işlemde uygulandığı ve SİM'in ikinci işlem olarak uygulandığı denemelerde elde edilen SİE ve SAO değerleri birbiriyle ters orantılı olarak gelişmiştir.



Şekil 2: BA'in sulu çözeltisi ve ikinci SİM emprenyeli uygulamalarında SAO ve SİE değerlerinin karşılaştırmalı gösterimi
 Figure 2: WAR and WRE of the specimens secondary treated with water repellents followed by aqueous solutions of boric acid

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, fungusit ve insektisit özelliğe sahip olup, ayrıca yangın engelleyici nitelikleri nedeniyle çeşitli borlu emprenye maddeleri bileşiminde yer alan borlu bileşiklerle, daralmayı azaltıcı ve çatlamayı önleyici önemi olan PEG ve SİE gösteren SİM ilişkiye getirilmiştir. TÜBİTAK-TOAG 875 nolu projenin kızılçam odunuyla ilgili bir bölümü olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, ülkemizde yerli olarak üretilen BA, Bx ve SP gibi bileşiklerin odun koruma endüstrisinde geniş kullanım alanları bulmasına öncülük edilmesi amaçlanmıştır.

Borlu emprenye tuzlarının odun korumada yaygın kullanımını sınırlayan başlıca sakıncası olan odundan yıkanarak uzaklaşması, bu çalışma kapsamında kullanılan SİM'le önemli ölçüde azaltılmış ve odunun SAO düşürülerek boyutsal stabilizasyonu sağlanmıştır. Bu durum, yıkanma deneyi sonuçlarına göre, SİM ile borlu tuzların sulu çözeltileri + SİM kombinasyonlarıyla emprenye edilen örneklerden elde edilen verilerin istatistiksel anlamda eşdeğer çıkmasından anlaşılmıştır.

Böylece borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının, borlu bileşiklerle emprenye edilen odunların SİM'le yüzeysel bir işlem görmesiyle engellenebileceği ortaya konmuştur. Bu sonuçlara göre, gerek iki işlemlilik gerekse tuzlar ve SİM'in kimyasal olarak ilişkiye getirilmesi ve tek işlem ve farklı yöntemlerle diğer borlu bileşikler de kullanılarak daha ileri emprenye denemelerinin yapılması önerilebilir.

5. ÖZET

Bu çalışmada odun koruma endüstrisinde odundan yıkanma sakıncası nedeniyle sınırlı kullanıma sahip borlu bileşiklerden BA, SP ve Bx, çeşitli SİM'le ilişkiye getirilerek yıkanmanın fiziksel olarak ne ölçüde engelleneceği araştırılmıştır. Borlu bileşiklerin sulu ve PEG-400'de çözündürülerek hazırlanan çözeltileriyle tek işlemde ve ikinci bir SİM emprenyesinin yapıldığı kızılçam odunu örneklerinde yıkanma deneyleri sonuçlarına göre YMM, SAO, YHD ve KHD, DAE ve SİE değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Sonuçlar, en az YMM oranlarının, sulu BA ve SP'la emprenye edilen örneklere uygulanan ikinci bir SİM emprenyesi ile sağlandığını göstermiştir. SİM ile ikinci bir emprenye yapılmayan, sulu BA emprenyeli örneklerden gerçekleşen YMM'nin, BA'in PEG'lü uygulamasından fazla olması, PEG'ün BA ile chalate oluşturma olasılığını doğurmuştur. Bu olasılık, aynı denemeler için kaydedilen SAO ile de desteklenmiştir. SİM tek işlemli emprenye uygulamalarına oranla SAO'nı önemli ölçüde azaltmışlardır. Hemen hemen tüm yıkanma deney sonuçları, SİM'in etkinlik açısından $St > MMA \geq ISO$ sırasını izlediklerini göstermiştir. PEG'lü BA çözeltilerinin tekli ve ikili emprenye işlemlerinde, yıkanma sonrası hacimsel değişimi en aza indirgemesi PEG'ün odunda boyutsal stabilizeyi sağlama etkisini açıkça göstermiştir. PEG'lü BA'le emprenyeli deney örneklerinde ikinci işlemde St ve MMA uygulamasıyla 72 saatlik yıkanma sonrası sırasıyla % 60.9 ve 57.3'lük DAE elde edilebilmiştir. Bu sonuç, bor, PEG, St ve MMA gibi vinil monomerlerin birlikte kullanımına yönelik daha ileri çalışmalara girilmesini gerektirecek niteliktedir. Çalışmada, hesaplanan SİE değerleri, SİM'in ikinci işlemde odunda su iticiliği artırdığını, ancak 2 günlük bir yıkanma süresinden sonra bu etkinliğin yavaş yavaş azaldığını ortaya koymuştur.

LEACHABILITY OF BORON FROM TREATED WOOD BY SOME BORON COMPOUNDS AND WATER REPELLENTS

Assoc. Prof. Dr. M. Kemal YALINKILIÇ
Res. Ass. Ergün BAYSAL
Forest Prod. Eng. Zafer DEMİRCİ

Abstract

Wood preservation effectiveness of boron compounds against biological damagers and fire is well known. But these compounds are not widely used in preservation of wood because of their leachability from wood by rain water and making wood more hygroscopic than untreated wood in damp environments.

Main aim of this study is; therefore, to improve the undesired leachability properties of some boron compounds by various water repellents (WRs). Aqueous solutions with polyethyleneglycol (PEG)-400 of boric acid and sodium perborate were chosen as boron compounds (Table 1). WRs were used as secondary treatment chemicals which were considered as dimensional stabilizer of wood and physical barriers of boron retained at innerparts of treated wood. Results indicated that WRs were reduced the leachability of boron from wood significantly ($P \leq 0.05$) (Table 2). Boron salts applied with PEG were more leachable than were of aqueous solutions. WRs were not found effective on reducing the leachability of boron solved in PEG. Longer leaching time caused more leachant and reduction the physical alleviation of WRs on boron leaching (Table 3, 4, 5, 6 and Figure 2).

1. INTRODUCTION

No one preservative or preservative formulation is ideal for all uses of wood against all possible hazards. Nevertheless, evaluation of chemicals in terms of their characteristics suggested for an ideal wood preservative have been continuing in almost every wood preservation laboratories (WILLIAMS 1990).

Borates are especially well suited for protection of wood in buildings and their contents. In generic sense, borates offer: 1. High toxicity toward most wood destroying fungi and insects, 2.

Capable of deeply penetrating wood by several treatment techniques, 3. Adaptable to simple on-site individual or complex commercial treating operation, 4. Easy, reliable procedures to determine treatment quality, 5. Non flammable with favorable effects on wood's fire resistance, 6. Competing suppliers to encourage lower costs and reliable product service through competition (Borates are woefully lacking in this respect in Türkiye. Such advantages must be established), 7. No undesirable side effects (WILLIAMS 1990; RICHARDSON 1987; YALINKILIÇ 1993).

On the contrary, permanence in treated wood (resistance to leaching, evaporation, and volatilization) rating varies with the specific borate compound, its formulation in combination with other preservatives, the use of secondary water repellent (WR) treatments, and the use of treated wood. For wood members that do not touch the ground or are not exposed to the weather, borates are ideal because evaporation and volatilization do not occur with borate-treated wood (WILLIAMS 1990).

No single borate preservative or formulation will provide all of the above advantages and borates have many other limitations beyond permanence, which are likely to be resolved by ongoing research (HAFIZOĞLU et al. 1994).

Scope of this study was; therefore, to improve the undesired leachability properties of some boron compounds by various WRs as suggested by WILLIAMS (1990) and, enhance dimensional stability of wood via WRs, additionally.

2. MATERIALS AND METHODS

Wood specimens were prepared according to Turkish Standard TS 345 as shown in Figure 1. Specimens were dried to o.d. weight at max. 50°C in an oven and then sealed with the end grain prior to impregnation in order to avoid excess longitudinal penetration. 2*2*2 cm end diameters were obtained from the 2.5 cm inner parts at two edges of fiber direction of 60 cm treated sticks.

Treatment solutions were prepared from three different groups of preservatives as follows:

I. Boron Compounds

1. Aqueous solution of boric acid (BA) at 5.5 % conc. (BAE = 25 %) (WILLIAMS, 1986),
2. BA solved in Polyethylene Glycol (PEG)-400 at 5.5 % conc., (BAE = 25 %),
3. Aqueous solution of sodium perborate (SP) at 3.4 % conc,

II. WRs: Styrene (St), methylmetacrylate (MMA), 2, 4 toluen diisocyanate (ISO),

III. Bulking agents:

1. Paraffin wax (P) used in a mixture with BA and borax (Bx) at 15 % aqueous solution conc. (Aqueous solution of P at 8 % conc. include 0.15 % triethylamine (TEA) and 0.19 % emulsifier (E) plus BA and Bx (7:3, weight:weight) at 7 % aqueous sol. conc.) (YALINKILIÇ 1993),

2. PEG-400 (pure).

Impregnation trials based on ASTM-D 1413-76 Std. and schedule applied as in Table 1. 60 min vacuum (760 mmHg) was applied in every treatment prior to 60 min diffusion period at atmospheric pressure.

Leachability were determined according to AWWA M-10 (77) and ASTM-D 1413-76 Std.s, and leaching periods were 6, 24, 48 and 72 hours.

Amounts of leachants (AL), water uptake (WU) or water absorption rates (WAR), antishrink efficiency (ASE), volume change based on initial wet and dry volumes (VCW) and (VCD) and water repellency (WRE) values were calculated by formulas given on page 4 (HAFIZOĞLU et al., 1994). Symbols on the formulas are as follows:

Mo_i : o.d. weight after treatment g

Mo_s : o.d. weight after leaching g

Mr_s : wet weight after leaching g

SAO_k : water uptake ratio of control specimen %

SAO_i : water uptake ratio of test specimen %

V_{ysh} : wet volume after leaching cm^3

$V_{y\delta h}$: wet volume prior to leaching cm^3

Vo_i : o.d. volume prior to leaching cm^3

Vo_s : o.d. volume after to leaching cm^3

$D_k(G)_k$: Volume changes of control specimen after leaching % (D_k : shrink, G_k : expansion)

$D_i(G)_i$: Volume changes of test specimen after leaching % (D_i : shrink, G_i : expansion)

Results evaluated by STATGRAF statistical program and ANOVA and DUNCAN tests were made based on 95 % significance level ($P \leq 0.05$).

3. RESULTS AND DISCUSSION

AL from treated specimens in periodical leaching processes were given in Table 2. Least AL were obtained with the specimens treated with WRs, aqueous solutions of BA and SP secondarily treated with WRs. P + BA + Bx followed them preceding BA and Bx in PEG-400. Antileaching effectiveness (ALE) of WRs was in evident in this study and they ranged as $ISO > St > MMA$, respectively in consequential order driven from individual AL values. PEG-400 was the most leachable chemical throughout the study (70.6 % of the total deposit), but AL were surprisingly lowered when used with BA. This result may suggest chemical interaction between PEG and boron and possibility of cholate formation as previously stated by HAFIZOĞLU et al. (1994). Similarity of AL values in the treatments of 2 and 11 in which aqueous and PEG solutions of BA used at the same conc. proved above conclusion.

Cumulative water absorption rates (WAR) of wood specimens at leaching periods were given in Table 3. SP made wood the most absorptive in the study while styrene the least. Minimum water uptake ratios were achieved with WRs in a consequential order from the least to more WAR as; $St \geq ISO$ (solved in benzene 50 %) $\geq ISO$ (pure) $\geq MMA$ after 72 hours leaching. ISO solved in benzene was more effective than pure ISO possibly because deeply penetration into wood even not determined here.

WAR of treated wood with SP was statistically higher than controls' and those of other treatments. This might arised from banding capabilities of SP with water. Though similar high WAR was determined for aqueous BA, this was significantly lower than either WARs of SP treated or control's.

Considerable reductions were realized at WARs of secondary treatment by WRs on initially boron treated wood specimens. This result support the conclusion of WILLIAMS (1990) on secondary WR treatments. Interestingly, lower WAR were determined on the wood specimens treated with BA in PEG-400; although, steadily increments were recorded through leaching periods.

Cumulative volume changes based on initial wet and dry volumes of wood specimens were given in Table 4. Onitial conditioned (at 65 ± 3 , relative humidity and $20 \pm ^\circ\text{C}$) volumes of specimens prior to leaching referred to wet volumes where as o.d. volumes given as dry volumes.

Considering of VCW the tretments ranged as follows from the most stabilizier to least ($P \leq 0.05$):

- PEG-400, BA in PEG-400 plus St or MMA,
- P + BA + Bx, Aqueous solutions of BA and SP and/or WRs,
- ISO, Aqueous solution of SP plus ISO,
- MMA, Aqueous solution of SP.

As for VCD the sequence were as such:

- BA (with both used solutions) plus WRs, St,
- ISO, MMA, Control,
- P + BA + Bx, Aqueous solution of SP plus SİM,
- Aqueous solution of SP, PEG-400.

PEG-400 appeared as a good stabilizier on VCW bases with the same order of St and MMA used as secondary treatment chemical after BA in PEG-400.

Antishrink efficiencies (ASE) were given in Table 5. As easily seen from the Table, ASE values showed mixed results on the time bases. ASE of PEG-400 lowered from 69.6 % to 26.7 % in 72 hours. St had much more ASE than MMA and somewhat than ISO at secondary treatment in both cases. BA with PEG-400 was in a good suitability with WRs as having the ASE values 60.9 and 57.3 % for St and MMA, respectively, offering further research on boron, PEG and vinly monomers as such.

Cumulative WRE values of treatment chemical in treated wood were given in Table 6. Almost all treatments excluding BA and SP in aqueous sols. were shown WRE. WRs caused significant raising on the WRE values of initially boron treated wood till 48 hours of leaching; though tend to decrease slightly as time proceeds. Wood treated with ISO solved in benzen (50 % conc.) here again showed excellent performance on water repellency than pure ISO treatment and steadily decrease of WRE was recorded by leaching time. Another high WRE values were determined for PEG-400, unexpectedly, since PEG is known as leachable by water (YALINKILIÇ 1993).

4. CONCLUSION

Boron in water of PEG and WRs were physically interrelated in wood treatment for better protection WRs avoided boron leaching, considerably. Boron with PEG-400 leached at lesser amounts than aqueous sols. It is concluded that possible cholate formation between boron and PEG are to be investigated. WAR values supported AL values and WRs here too, made the wood less permeable than single boron treatments. Thus, water affinity of boron as a hygroscopic salt group would have been ameliorated by WRs, though additional further complementary studies to be needed.

Boron with PEG-400 was highly stable for dry and wet volume basis. St gave better results at some extent for leachability properties throughout the study than MMA and somewhat than ISO, and ASE values calculated would offer further research on boron, PEG and vinly monomers used in this study as St and MMA. Treatments other than single treatments with aqueous BA and SP made wood more water repellent, significantly than control. WAR and WRE of BA in aqueous solution with and without WRs in Fig. 2 demonstrated necessity of secondary treatment of boron treated wood with WRs.

KAYNAKLAR

- HAFIZOĞLU, H., M.K. YALINKILIÇ, Ü.C. YILDIZ, H. PEKER, E. BAYSAL, Z. DEMİRCİ, 1994: Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi, TÜBİ-TAK-TOAG 875 Nolu Projesi, 377 s.
- RİCHARDSON, B.A., 1987: *Wood Preservation*, The Construction Press. Ltd. Lancaster, England, 238 pp.
- WILLIAMS, L.H., 1990: *Potential Benefits of Diffusible Preservatives for Wood Protection: an Analysis With Emphasis on Building Protection With Diffusible Preservatives*, M. Hamel, Ed., Forest Products Research Society, 29-35.
- WILLIAMS, L.H., J.K. MOULDIN., 1986: *Integrated Protection on Against Lyctid Beetle Infestations, III. Implementing Boron Treatment of Virola Lumber in Brazil*, F. Prod. J., 36, 11-12, 24-28.
- YALINKILIÇ, M.K., 1993: Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite ve Direnç Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklikler ve Bu Maddelerin Odundan Yıkanabilirlikleri, Münferit Araştırma Projesi (Yayınlanmamıştır). KTÜ Orm. Fak. Trabzon, 312 s.
- YALINKILIÇ, M.K., M.H. ALMA., 1992: Ağaç Malzemenin Monomerik Kimyasal Maddelerle İşlem Görmesiyle Elde Edilen Yeni Bir Ürün: ODUN-PLASTİK KOMPOZİTİ, Yeşile, Çerçeve, 17, 30-32.
- YILDIZ, Ü.C., 1992: Ağaç Malzemenin Yapısında Meydana Getirilen Değişikliklerle Bazı Teknolojik Özelliklerinin İyileştirilmesi, ORENKO'92 1. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi Bildiri Metinleri, I. Cilt, 403-413.