

SERİ  
SERIES  
SERIE  
SÉRIE

**A**

CİLT  
VOLUME  
BAND  
TOME

**53**

SAYI  
NUMBER  
HEFT  
FASCICULE

**2**

**2003**

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



# BORAKS VE BORİK ASİTLE EMPRENYE EDİLMİŞ KAYIN KAPLAMA LEVHALARDAN ÜRETİLEN LAMİNE TABAKALI MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Doç.Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU <sup>1)</sup>

Ar.Gör. Semra ÇOLAK <sup>1)</sup>

Ar.Grv. İsmail AYDIN <sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Bu araştırmada yanmayı geciktirici özelliği olan boraks ve borik asitle daldırma yöntemiyle emprenye edilmiş kayın kaplama levhalardan üre formaldehit tutkısıyla üretilen lamine edilmiş tabakalı ağaç malzemelerin liflere dik yönde eğilme, liflere paralel basınç, liflere dik çekme-yarılma dirençleri ile yüzeye dik brinell sertlik değeri ve eğilmede elastikiyet modülü özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Sonuç olarak kaplamaların emprenye edilmiş olmasından dolayı levhalarının mekanik özelliklerine olumlu yönde etki ederken, özgül ağırlığı etkilenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** LVL, Bor, Boraks, mekanik özellikler

## 1. GİRİŞ

Bir kısım kullanım yerlerinde masif odun yerine değerlendirilebilecek çelik, plastik ve beton gibi alternatif malzemeler olmasına rağmen, odunun her zaman doğal bir mühendislik malzemesi olarak bu malzemelere karşı üstünlüğü günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Ancak orman kaynaklarının gün geçtikçe azalması nedeniyle, odun işleyen endüstriler için uygun özelliklerde ve yeterli miktarda hammadde temininde sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu nedenle, hammadde olarak odunun ve bundan üretilen ağaç malzemelerin korunması yanında, masif odun yerine küçük boyutlu odun örneklerinden yada ahşap kaplamalardan üretilen yapı malzemelerinin kullanımı artmıştır. Gelişmiş ülkelerde yapıda kullanılan odun malzemeleri olarak, LVL (Laminated Veneer Lumber), PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber) ve Glulam (Glued Laminated Timber) ön plana çıkmaktadır. Bunlardan LVL, kalıpcılık, dekoratif giriş ve kemerler, kapı ve pencere girişleri, merdiven, çeşitli mobilya parçaları, büro bölmeleri, yapı iskelesi, stadyum oturakları, kamyon karoseri ve hayvan ağılları gibi kullanım alanlarına sahiptir (BALDWIN 1995).

Lamine edilmiş tabakalı ağaç malzemelerin üretim teknikleri, teknolojik özellikleri ile avantajlı ve dezavantajlı yanları literatürde geniş olarak açıklanmıştır (BOZKURT / KURTOĞLU 1979; BALDWIN 1995; HAYGREEN / BOWYER 1996; ŞENAY 1996; KAMALA et.al.1999). Bilindiği gibi bor bileşikler, ağaç malzemelerde yanmayı geciktirici emprenye maddesi olarak, masif odunda ve odun levha ürünlerinde kullanımı bir çok araştırmaya konu olmuştur (EICKNER

<sup>1)</sup> K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

/ SCHAFFER 1967; DEPPE 1972; LAKS et.al. 1988; DIMRI / SHUKLA 1991; HAFIZOĞLU et.al. 1994; YALINKILIÇ et.al. 1998; SEAN et.al. 1999; LEBOW / WINANDY 1999; VAR 2000). Borlu emprenye maddeleri odun koruyucu uygulamalarda; böcek ve mantarlara karşı belirgin bir etkiye sahip olmaları, memelilere karşı zehirlilik ve uçuculuklarının düşük olması, renksiz ve kokusuz özellik göstermeleri gibi çeşitli avantajları yanında higroskopik yapıda olmaları nedeniyle boyut stabilitesini etkileyebilmekte, ancak uygun su itici polimerlerin ve hidrofobik maddelerin ilavesiyle bu etkinin azaltılabileceği bildirilmektedir (HAFIZOĞLU et.al. 1994; YALINKILIÇ et.al. 1995, YALINKILIÇ et.al. 1999). Yanmayı geciktiren kimyasalların odunun direnç özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar, yüksek asiditeye sahip kimyasalların yüksek retensiyonlarda uygulanmaları sonucunda, süre ve sıcaklığa bağlı olarak odunda hidroliz etkilerinin ortaya çıktığını göstermiştir. Bununla birlikte, yanmayı geciktirici formülasyonlarda, nötrleştirici tuzlar ile birlikte kullanım neticesinde odunun direnç özellikleri üzerindeki olumsuz etkiyi minimize etmek hedeflenmektedir (EICKNER 1966).

Literatürde; yapıştirılarak kullanılacak odun malzemelerin bu tür maddelerle emprenye edilmesi durumunda, kullanılan emprenye maddesi ve uygulama şekli ile tutkal ve ağaç türüne göre yapışma direncinde farklı sonuçlar görülmektedir (BLACK 1952; DEPPE 1972,1986; LAKS et.al. 1988; DIMRI / SHUKLA 1991; SHUKLA 1991; WANG / RAO 1999).

Bu çalışmanın amacı, boraks ve borik asitle emprenye edilerek yanmaya karşı dirençli hale getirilmesi durumunda, kayın soyma kaplamalarından üre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılarak üretilen lamine edilmiş tabakalı malzemelerin (LVL) mekanik özelliklerinde meydana gelecek değişmelerin belirlenmesidir.

## 2. MATERYAL

Lamine edilmiş tabakalı levhaların yapımında, endüstriyel şartlar altında bir kontrplak fabrikasında üretilmiş olan, 2.1 mm kalınlık ve 50 cm x 50 cm ebatlarındaki kayın soyma kaplama levhaları kullanılmıştır. Kaplamalar, enjektörlü bir kurutma makinesinde % 6 - 8 rutubete kadar kurutulmuşlardır.

Kaplama levhalarının emprenye edilmesinde daldırma yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla 55x30x55 cm boyutlarında bir emprenye tankı hazırlanmış ve kaplamaların eşit miktarda çözelti ile temasını sağlamak için tankın iç kısmı eşit aralıklara bölünmüştür. Kaplamalar emprenye edilmeden önce bir iklimlendirme dolabında rutubetleri % 7 olacak şekilde bekletilmişlerdir. Borik asit ( $H_3BO_3$ ) ve boraksın ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) % 5'lik çözeltileri hazırlandıktan sonra kaplama levhaları bu çözeltiler içerisinde 20 dakika süre ile daldırılmışlardır. Emprenye işleminden sonra retensiyon (net kuru madde) miktarlarının belirlenebilmesi amacıyla kaplamalar emprenye öncesi ve sonrasında tartılmışlardır. Kaplamaların retensiyon oranları; borik asit için ortalama  $12.30 \text{ kg/m}^3$  (min.: 8.1 max.: 14.7) ve boraks için ortalama  $11.5 \text{ kg/m}^3$  (min.: 8.6 max.: 13.2) olarak belirlenmiştir. Kaplama levhaları emprenye işleminden sonra enjektörlü bir kurutma makinesinde  $110^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, % 6-8 rutubete ulaşmaya kadar yeniden bir kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Levhalarının üretiminde % 55'lik üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Tutkal çözelti karışımı, 100 birim ağırlık üre-formaldehit reçinesine, 30 birim ağırlık buğday unu ve 10 birim ağırlık  $NH_4Cl$  (% 15'lik) ilave edilerek hazırlanmıştır.

Tutkallandıktan önce, kullanılacak kaplama levhaları tekrar bir iklimlendirme dolabında % 7 rutubet düzeyine ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Lamine levhaların üretimi laboratuvar

şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kaplama levhalarının tutkulanmasında 4 silindrikl tutkallama makinesi kullanılmış, levhaların tek yüzlerine yaklaşık olarak  $160 \text{ gr/m}^2$  tutkal çözeltisi sürülmüştür. Tutkallanan levhalar, lifleri birbirine paralel olacak şekilde üst üste yerleştirilmiştir.

Tutkallanarak lifleri birbirine paralel olacak şekilde üst üste konulan 9 adet  $50 \times 50 \text{ cm}$  ebatlarındaki kaplama levhalarından oluşan taslakların preslenmesinde, presleme alanı  $70 \times 89 \text{ cm}$  olan, elektrikle ısıtılan, tek katlı, laboratuvar tipi bir hidrolik pres kullanılmıştır. Pres sıcaklığı  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ , pres basıncı  $1.2 \text{ N/mm}^2$  ve pres süresi 15 dakika olarak uygulanmıştır.

Üretilen  $19 \text{ mm}$  kalınlıktaki lamine edilmiş levhalar; pres sonrası iç ve dış tabakaları arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılığını gidermek amacıyla, istif latası kullanılmaksızın üst üste 1 hafta süre ile istiflenmişlerdir. Böylece levhaların yavaşça soğumaları sağlanarak biçim değiştirmeleri önlenmeye çalışılmıştır.

Borik asit ve Boraks ile emprenye edilen kayın soyma kaplama levhalarından üretilen lamine edilmiş tabakalı malzemelerden alınan deney örnekleri üzerinde özgül ağırlık (TS 2472), liflere dik yönde eğilme direnci (TS 2474), eğilmede elastikiyet modülü (TS 2478), liflere paralel basınç direnci (TS 2595) ve liflere dik çekme-yarıлма direnci (TS 2476) belirlenmiştir. Sertlik deneyinin levha yüzeyine dik olarak uygulanmasında TS 2479'daki esaslar dikkate alınmıştır.

### 3. BULGULAR

Araştırılan özelliklere ait aritmetik ortalama ( $\bar{x}$ ) ve standart sapmalar (s) Tablo 1'de verilmiştir. Boraks ve borik asitle emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen levhaların mekanik özelliklerindeki değişmelerin istatistiksel anlamda değerlendirilmesinde basit varyans analizi yapılmış, önem düzeyinin belirgin olması durumunda Duncan testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır.

Tablo 2'de varyans analizi sonuçları özetlenmiş ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. Ayrıca elde edilen ortalamaların deneme levhalarının özgül ağırlığıyla da ilişkili olabileceği düşünülecek her üç grup için tam kuru özgül ağırlıklar da belirlenmiştir.

Aşağıdaki tabloların incelenmesinden görüleceği gibi kontrol örneklerinin tam kuru özgül ağırlığı (0.695) ile boraks ve borik asitle emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen levhaların tam kuru özgül ağırlıkları arasındaki fark 0.05 yanılma olasılığıyla önemli bulunmamıştır.

Liflere dik yöndeki eğilme direnci ortalama değerleri; kontrol levhalarında en az, borik asitle emprenye edilen kaplamalardan üretilenlerde ise en fazla bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre ortalama değerler arasındaki farkın (0.001 yanılma olasılığı) belirgin olduğu anlaşılmıştır. Duncan testi sonucuna göre boraksla emprenye edilenler ile kontrol levhaları arasındaki fark önemsiz, ancak borik asitle emprenye edilenler ile diğer iki grup arasındaki fark anlamlıdır. Eğilmede elastikiyet modülü ortalamaları arasında ise 0.01 yanılma olasılığıyla istatistiksel anlamda belirgin bir fark bulunmuştur. Kontrol levhalarının elastikiyet modülü aritmetik ortalaması ( $19512 \text{ N/mm}^2$ ) emprenyeli levhalarınkinden daha düşüktür. Bu farkın belirgin olduğu Duncan testiyle de belirlenmiştir. Boraks ve borik asitle emprenye edilenlerin ortalamaları arasındaki fark ise belirgin değildir.

Deneme levhalarının liflere paralel basınç direnci aritmetik ortalama değerleri karşılaştırıldığında; kontrol levhalarından, boraks ile emprenye edilmişler yaklaşık %10, borik asitle emprenye edilmişler ise yaklaşık % 3 oranında yüksek değerler elde edilmiştir. Uygulanan varyans

**Tablo1: Deney Levhalarının Mekanik Direnç Test Sonuçları**

Tabelle 1: Mittelwerte Der Mechanische Eigenschaften Von Furnierschichtholz

Özellikler Eigenschaften	Kontrol Unbehandelt			Emprenye maddesi Imprägnierung					
				Boraks Borax			Borik Asit Borsäure		
	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
Özgül Ağırlık ( $g/cm^3$ ) Darrdichte	0.695	0.024	30	0.702	0.019	30	0.704	0.023	30
Liflere Dik Yönde Eğilme Direnci ( $N/mm^2$ ) Biegefestigkeit	118.3	6.33	27	120.6	5.56	27	128.0	6.43	27
Eğilmede Elastikiyet Modülü ( $N/mm^2$ ) Biege-E-Modul	19512	1945	27	20748	2533	27	21431	2191	27
Liflere Paralel Basınç Direnci ( $N/mm^2$ ) Druckfestigkeit //	55.3	2.0	30	57.1	1.8	30	60.6	2.7	30
Brinell Sertlik Değeri ( $N/mm^2$ ) Härte nach Brinell	23.7	2.5	30	27.6	4.1	30	26.4	3.3	30
Liflere Dik Çekme- Yarılma Direnci ( $N/mm^2$ ) Zugspaltfestigkeit	0.334	0.046	30	0.326	0.04	30	0.286	0.039	30

**Tablo 2: Basit Varyans Analizi ve Duncan Testi ( $P \leq 0,05$ ) Sonuçları\***

Tabelle 2: Ergebnisse Der Varianzanalysen und des Duncan Test

Özellikler Eigenschaften	Varyans Analizi Sonuçları Varianzanalysen		Duncan Testi Sonuçları Duncan Test		
	F-Oranı F-werte	Önem Düzeyi sicherung	Varyans kaynakları ortalamaları Mittelwerte der Varianzanalysen		
			Kontrol Unbehandelt	Boraks Borax	Borik Asit Borsäure
Özgül Ağırlık Darrdichte ( $g/cm^3$ )	2.431	Önemli Değil	0.695 a	0.702 a	0.704 a
Liflere Dik Yönde Eğilme Direnci ( $N/mm^2$ ) Biegefestigkeit	18.222	***	118.3 a	120.6 a	128.0 b
Eğilmede Elastikiyet Modülü ( $N/mm^2$ ) Biege-E-Modul	5.106	**	19512 a	20748 b	21430 b
Liflere Paralel Basınç Direnci ( $N/mm^2$ ) Druckfestigkeit //	44.174	***	55.3 a	57.2 b	60.6 c
Brinell Sertlik Değeri ( $N/mm^2$ ) Härte nach Brinell	10.502	***	23.7 a	27.6 b	26.4 b
Liflere Dik Çekme-Yarılma Direnci ( $N/mm^2$ ) Zugspaltfestigkeit	11.238	***	0.334 a	0.326 a	0.286 b

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar bir birinden farksızdır. (\*\*) = 0.01, (\*\*\*) = 0.001 olasılık

analizi sonucuna göre, kaplamaların boraks ve borik asitle işlenmesinin, üretilen lamine edilmiş tabakalı ağaç malzemenin liflere paralel yöndeki basınç direncine etkisinin anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Duncan testine göre fark üç grup için de belirgindir.

Lamine edilmiş tabakalı ağaç malzeme deney levhalarının tutkal hattına dik uygulanan Brinell sertlik değeri ortalamaları, kontrol levhalarında, boraks ile empenye edilmişlerde % 16, borik asitle empenye edilenlerden ise yaklaşık % 11 oranında düşüktür. Uygulanan varyans analizi sonucuna göre; kaplamalara yapılan empenye işleminin levhaların sertliğine etkisi, 0.001 yanılma olasılığıyla önemli bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farkların karşılaştırıldığı Duncan testi sonucuna göre boraks ve borik asitle empenyeli levhaların ortalama değerleri arasında fark belirgin bulunmazken, her iki grubun ortalamaları ile kontrol levhası ortalamaları arasındaki fark belirgindir.

Aynı şekilde, empenye işleminin liflere ve tutkal hattına dik olarak uygulanan çekme yarılma direnci üzerine etkisi, yapılan varyans analizine göre önemli bulunmuştur. Duncan testi sonucuna göre kontrol grubuyla borakslı levhalar arasındaki fark anlamsız, her iki grubun ortalama değerleri ile borik asitli levhaların ortalama değerleri arasındaki fark ise anlamlıdır.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tablo 2'de görüldüğü gibi; en yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değeri, borik asitle empenye edilmiş kaplamalardan üretilen levhalarda bulunmuştur. Boraks ile empenye edilenlerle kontrol levhalarının eğilme direnci arasında belirgin bir fark görülmemektedir. Aynı şekilde boraks ve borik asitle empenye edilmiş kaplamalardan üretilen LVL'lerin elastikiyet modülü ortalamaları arasında da istatistiksel manada önemli bir fark yoktur.

Masif odun, borik asit, amonyum fosfat, amonyum sülfat gibi inorganik tuzlar ile empenye edildiğinde, bu kimyasallar odunun kömürleşme miktarını artırıp, yanıcı ve uçucu maddelerin miktarını azaltmakta ve böylece odunun pirolizini değiştirmektedir. Asidik yanmayı geciktirici kimyasallar, glikoz ünitelerinin dehidratasyonu ve selülozun depolimerizasyonunu kolaylaştırabilirler (LeVAN / WINANDY 1990). Böylece bu maddeler, odunun kimyasal yapısına etkileri nedeniyle direnç özelliklerinde bir bozulmaya neden olurlar. Yapılan bir çalışmada boraks ve borik asit karışımıyla empenye edilmiş (retensiyon 56.3 kg/m<sup>3</sup>) masif odun örneklerinin, 27°C, 54°C ve 82°C sıcaklıklarda uzun süreli bekletilmeleri sonrasında, eğilmede elastikiyet modülü ve yoğunluklarında önemli bir değişimin olmadığı, hatta kırılma modülünde % 5 lik bir artış olduğu ve bunun bazı karbonhidratların çapraz bağlar oluşmasıyla ilişkili olabileceği bildirilmektedir (LeVAN et.al.1990). Tabakalı ağaç malzemelerde, yapıştırıcının cinsi ve hazırlanmasının da, eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine önemli etkisi olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan borik asitle empenye edilmiş kaplamalardan üretilen LVL'lerin eğilme direncinin yüksek çıkması; tutkal tabakasının oluşması üzerine, borik asitli kaplama yüzeylerinin göstermiş olduğu fiziksel ve kimyasal etkisiyle açıklanabilir. ÖZEN (1981), fenol formaldehit tutkalıyla yapıştırılmış kontrplakların eğilme direncinin, üretilen formaldehit ile üretilmiş olanlarınkinden daha düşük olmasının nedenini fenol formaldehit tutkalının daha elastik olmasıyla izah etmektedir. Tutkalın gevrek yada elastikliği üzerine, ilave maddelerin (sertleştirici, koruyucu maddeler, katkı ve dolgu maddeleri) tür ve miktarları yanında, tutkalın kaplama yüzeylerine sürüldükten, presleme bitimine kadarki reaksiyonunu hızlandıracak odun özellikleri de etkili olabilmektedir. Örneğin borik asitle empenye edilmiş kaplamaların asitidesi daha fazla olacağından, kontrol levhalarıyla aynı şartlarda üretilmiş levhaların tutkal jelleşme süresinin kısılması ve sertleşmenin daha kısa sürede gerçekleşmesi nedeniyle, tutkal hücre boşluklarına dolmadan kaplama yüzeyinde kalarak daha kalın bir tabaka oluşturacaktır. Ancak alkali özellik

gösteren tutkallarla, örneğin fenol formaldehit ile üretim yapılması durumunda, bu durumun tersi bir oluşumun meydana gelmesi muhtemeldir. Aynı şekilde yine alkali özellik gösteren boraksla empenye edilmiş kaplamaların üre formaldehit tutkalıyla yapıştırılmasında, tutkal karışımının jelleşme ve sertleşmesi daha uzun sürede gerçekleşecektir. Bilindiği gibi, sıcak preste tutkal viskozitesi başlangıçta hızlı bir şekilde düşmekte, bir müddet bu şekilde kalmakta ve daha sonra yine hızlı bir şekilde yükselerek katılaşmaktadır. Alkali özellik gösteren boraksla empenye edilmiş kaplamaların yapıştırılmasında, presleme esnasında tutkalın viskozitesinin azalması ve bu durumda kalma süresinin daha fazla olacağı düşünülmektedir. Böylece viskozitesi azalmış tutkal, kaplamanın hücreleri içerisine kadar nüfuz edecek ve iki kaplama levhası arasındaki tutkal tabakası daha ince olacaktır. Bu nedenle boraksla empenye edilmiş kaplamalardan üretilen levhaların eğilme direncinin, borik asitle empenye edilmiş levhalarinkinden daha düşük olması normaldir. Diğer malzemelerde de olduğu gibi gevrek bir tutkal tabakasının statik direnç özelliklerinin, elastik bir tutkal tabakasına göre yüksek olacağı kesindir. Bu açıklamalara göre borik asitle empenye edilmiş kaplamalardan üretilen LVL'lerin elastikiyet modülü ve eğilme direncinin daha yüksek bulunması normal karşılanmalıdır. LeVAN et.al. (1990) bu durumun boraks ve borik asitle empenye edilmiş masif odunda, bazı karbonhidratların oluşturacakları çapraz bağlarla ilgili olabileceğini bildirmektedir. Farklı tutkallar kullanılarak boraksla empenye edilmiş odun örneklerinden üretilen şerit yongalı levhalarda (Flakeboard), direnç özelliklerinin; kullanılan tutkal türü ve empenye maddesi miktarına göre farklılıklar gösterdiği ve bunun, empenye maddesinin tamponlama (buffer) faaliyeti sonucunda yapıştırıcının pH'ını etkileyerek jelleşme süresini değiştirmesiyle ilgili olduğu rapor edilmektedir (LAKS et. al. 1988).

Masif odunun liflere paralel basınç direncinin, empenye işlemlerinden önemli bir oranda etkilenmediği bildirilmektedir (LeVAN / WINANDY 1990; WAZNY / KRAJEWSKI 1992). Bu çalışmada ise boraks ve borik asitle empenye edilen kaplamalardan üretilen lamine edilmiş tabakalı ağaç malzemelerin liflere paralel basınç direnci daha yüksek bulunmuştur. Burada da gruplar arasında bulunan farklılık, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde olduğu gibi, daha çok tutkalın sertleşme reaksiyonuyla ilişkilidir.

Kontrol levhalarının Brinell sertlik değeri ( $23.7 \text{ N/mm}^2$ ) empenye edilmişlerden belirgin şekilde düşüktür. Brinell sertlik deneyi, deneme levhalarının yüzeyine dik olarak uygulandığı için öncelikle yüzeydeki kaplamanın özellikleri sertlik üzerine daha etkili olacaktır. Odun kaplama yüzey ve hücrelerindeki boraks ve borik asitin kristal formasyonu bu değeri yükseltmektedir.

Kontrol grupları ve boraksla empenye edilenlerin liflere dik yöndeki çekme-yarıma direnci, borik asitle empenye edilenlerden belirgin olarak fazladır. Yarıma direnci deney örneklerinin hazırlanması ve deneyde uygulanan kuvvet yönü dikkate alınır, sadece kaplama malzeme özelliği değil, aynı zamanda tutkal bağının da bu direnç üzerine etkili olabileceği düşünülmelidir. Literatürde yapıştırılarak kullanılacak ahşap malzemelerin, yanmaya karşı koruyucu maddelerle empenye edilmesi durumunda yapışma direncine, kullanılan empenye maddesinin tür, miktar ve uygulama şekli yanında tutkal türüne göre farklı sonuçlar bildirilmektedir (DEPPE 1972, LAKS et.al. 1988; DIMRI / SHUKLA 1991; SHUKLA 1991; WANG / RAO 1999; WANG/RAO 1999). Borik asit hücre çeperindeki amorf bölgelere girerek mikrofibrilleri ayırmaya zorlamakta, intrapolimerik boşlukları şişirerek çapraz bağlanmayı azalttığı ifade edilmektedir (WINANDY / ROWELL 1984; HASHIM et al. 1992). Ayrıca fenol formaldehit tutkalı kullanılarak boraks ve borik asitle empenye edilmiş kaplamalardan üretilen kontrol plakların çekme makaslama direncinin belirgin olarak azaldığı rapor edilmektedir (DIMRI / SHUKLA 1991). Bu açıklamalara göre LVL'nin çekme-yarıma direncinin azalması, hem tutkal bağı kalitesinden hem de borik asidin odun kaplamalarda yapmış olduğu etkiden kaynaklandığı söylenebilir.

Sonuç olarak; yanmayı geciktirici olarak kullanılan boraks ve borik asitle emprenye işleminin, üretilen lamine edilmiş tabakalı ağaç malzemenin araştırılan direnç özellikleri üzerine etkisi vardır. Ancak bu etki, liflere dik çekme – yarıma direnci ve sertlik özelliği hariç tutulursa, eğilme ve basınç direnci ile eğilmede elastikiyet modülü üzerine ahşap kaplamalardaki değişikliklerden ziyade, tutkal tabakasının oluşum reaksiyonuyla daha çok ilişkilidir. Bu sonuçlar çalışmada kullanılan üre formaldehit tutkalı için geçerlidir. Özellikleri farklı başka bir yapıştırıcı kullanılması durumunda farklılıklar göstermesi beklenmelidir.





# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE PHYSIKALISCH - TECHNOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN VON UF- FURNIERSCHICHTHOLZ HERGESTELLT AUS IMPRÄGNIERTEN FURNIEREN MIT BORAX UND BORSÄURE

Doç.Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU  
Ar.Gör. Semra ÇOLAK  
Ar.Gör. İsmail AYDIN

## Abstract

Das Imprägnieren von Holz mit Borax oder Borsäure ist eine gängige Brandschutzmaßnahme im Holzbau. Dabei stellt sich die Frage, in wie weit dies die physikalisch-technologischen Eigenschaften der Holzprodukte verändert. In dem nachfolgend dargestellten Forschungsvorhaben ist dies am Beispiel von UF-Harz-gebundenem Schichtholz aus Buchenfurnier (*Fagus orientalis* Lispky) untersucht worden. Die Imprägnierung der Furniere hat die mechanischen Eigenschaften des Schichtholzes beeinflusst. Ferner lassen die Ergebnisse keinen Einfluß der Imprägnierung auf die Darrdichte von Schichtholz erkennen.

**Keywords:** Boron, borax, mechanical properties

## ZUSAMMENFASSUNG

Die zur Herstellung der Schichtholzplatten verwendeten Buchenschäl furniere wurden unter industriellen Bedingungen in einem Sperrholzwerk gefertigt. Die Furniere wurden nach 36-stündiger Dämpfung mit einer Blocktemperatur von 60 – 65°C geschält und anschließend in einem Düsenrohr trockner auf eine Feuchte von 6% bis 8% getrocknet. Die Dicke der Furniere betrug 2.1 mm mit den Kantenlängen 50 cm x 50 cm. Nach der Klimatisierung der Proben auf eine Feuchte von  $u = 7\%$ , wurden die Furniere zum Zwecke des Brandschutzes in einem Labortauchbecken fallweise 20 Minuten in 5%ige Lösungen von Borax oder Borsäure bei Zimmertemperatur eingetaucht. Für die Bestimmung der aufgenommenen Mengen ( $\text{kg/m}^2$ ) an Borax und Borsäure wurden die Furniere vor und nach der Tränkung gewogen. Die aufgenommenen Mengen von Schutzmitteln nach 20-minütiger Tränkzeit sind in Tabelle 1 dargestellt. Daraus läßt sich erkennen, dass die Menge an aufgenommenem Borax niedriger ist als die der Borsäure. Nach der Imprägnierung wurden die Furniere erneut in einem Düsenrohr trockner mit den bereits beschriebenen Parametern getrocknet und klimatisiert. Als Bindemittel für die Furnierschichtholzherstellung wurde folgende Leimflotte eingesetzt: 100 g UF-Harz (55% Feststoff); 30 g Weizenmehl; 10 g Ammoniumchlorid (15%ige Lösung). Die Fertigung der Furnierschichthölzer fand im Pilotmaßstab am Institut für Holzmechanik und Holztechnologie der forstlichen Fakultät der Schwarzmeer-Technischen Universität statt. Von jeder Imprägnierungsvariante wurden 4 Platten mit 9-schichtigem Aufbau hergestellt. Der Leimauftrag erfolgte einseitig, maschinell durch vier Walzen und betrug  $160 \text{ g/m}^2$ . Nach einer Wartezeit von 5 Minuten wurden die Platten 15 Minuten bei 110°C und  $12 \text{ kg/cm}^2$  gepresst. Die mechanische Eigenschaften der Schichtholzplatten wurden nach Türkisch-Normen bestimmt.

Die Ergebnisse der Festigkeits- und Härteprüfungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Die mechanische Eigenschaften von Furnierschichtholz**

Eigenschaften	Imprägnierung					
	Ohne		Mit Borax		Mit Borsäure	
	x	s	x	s	x	s
Darrdichte ( $g/cm^3$ )	0.695	0.024	0.702	0.019	0.704	0.023
Biegefestigkeit ( $N/mm^2$ )	118.3	6.37	120.6	5.66	128.0	6.43
Biege-E-Modul ( $N/mm^2$ )	19512	1945	20748	2533	21431	2191
Druckfestigkeit // ( $N/mm^2$ )	55.3	2.0	57.1	1.8	60.6	2.7
Härte nach Brinell ( $N/mm^2$ ) (quer zur Plattenebene)	23.7	2.5	27.6	4.1	26.4	3.3
Zugspaltfestigkeit ( $N/mm^2$ )	0.334	0.046	0.326	0.040	0.286	0.039

Die Imprägnierung der Furniere mit Borax und Borsäure beeinflusst offenbar die mechanischen Eigenschaften des Schichtholzes. Aus Tabelle 1 läßt sich entnehmen, daß die Biege- und Druckfestigkeit (parallel zur Faser) sowie der Biege-E-Modul und der Härtegrad von Schichtholz aus imprägnierten Furnieren geringfügig höhere Werte aufweisen als jene aus nicht imprägnierten Furnieren. Zwischen den mit von Borax oder Borsäure imprägnierten Platten zeigten sich ebenfalls Unterschiede. Die Biegefestigkeit des Schichtholzes aus mit Borsäure imprägnierten Furnieren weist 6% höhere Werte auf als die mit Borax behandelten. Ebenso liegt der Biege-E-Modul bei der Imprägnierung mit Borsäure höher als bei der Verwendung von Borax. Ferner ist die Druckfestigkeit (//) und die Härte des mit Borax imprägnierten Schichtholzes höher ist als jenes mit Borsäure imprägniert. Die Imprägnierung der Furniere wirkt sich auf die Zugspaltfestigkeit des Schichtholzes negativ aus. Insbesondere die Zugspaltfestigkeit nimmt durch die Tränkung der Furniere mit Borsäure deutlich ab.

## KAYNAKLAR

BALDWIN, R. F., 1995: Plywood and veneer-based products: Manufacturing practices, Miller Freeman Books, San Francisco.

BLACK, J.M., 1952: The effect of fire-retardant chemicals on glues used in plywood manufacture, FPL Report No:1427, USDA, Forest Prod. Lab. Madison.

BOZKURT, Y., KURTOĞLU, A., 1979: Yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı elemanları, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B serisi, Cilt 29, Sayı 2, 39-59.

DEPPE, H.J., 1972: Orientierende untersuchungen zum brandverhalten von furnierplatten, Holz als Roh- und Werkstoff, 30, 464-468.

DEPPE, H.J., 1986: Untersuchungen zur Schutzbehandlung von Bausperrholz, Holz als Roh- und Werkstoff, 44, 333-340.

DIMRI, M.P., SHUKLA, K.S., 1991: Study on the effect of wood preservatives on the glue bond strength of plywood, Journal of the Society of Indian Foresters (Van Vigyan), 29, 1, 35-39.

EICKNER, H.W., 1966: Fire retardant-treated wood, Journal of Materials, Vol. 1, No 3, 625- 644.

EICKNER, H.W., SCHAFFER, E.L., 1967: Fire-retardant effects of individual chemicals on douglas fir plywood, Fire technology, 3, 2, 90-104.

HASHIM, R., DICKINSON, D., MURPHY, R., DINWODIE, J., 1992: Effect of vapour boron treatment on mechanical properties of wood based board materials. The Int. Res. Group on Wood Preservation Document No. IRG/WP/3727-92.

HAYGREEN, J.G., BOWYER, J.L., 1989: Forest Products and Wood Science, 3rd Edition, Iowa State Univ. Press, Iowa.

HAFIZOĞLU, H., YALINKILIÇ, K.M., YILDIZ, Ü.C., BAYSAL, E., PEKER, H., DEMİRCİ, Z., 1994: Türkiye Bor kaynaklarının odun koruma endüstrisinde değerlendirilme imkanları, TOAG projesi, proje no: 875, Trabzon.

KAMALA, B.S., KUMAR, P., RAO, R.V., SHARMA, S.N., 1999: Performance test of laminated veneer lumber (LVL) from rubber wood for different physical and mechanical properties, Holz als Roh- und Werkstoff, 57, 114-116.

LAKS, P.E., HAATAJA, B.A., PALARDY, R.D., BIANCHINI, R.J., 1988: Evaluation of adhesives for bonding borate-treated flakeboards, F.P.J., 38, 11/12, 23-24.

LEBOW, S.T., WINANDY, J.E., 1999: Effect of fire-retardant treatment on plywood pH and the relationship of pH to strength properties, Wood Science and Technology, 33, 285-298.

LeVAN, S.L., WINANDY, J.E., 1990: Effects of fire-retardant treatments on wood strength: a review. Wood and Fiber Science 22 (1) : 113-131.

LeVAN, S.L., ROSS, R.J., WINANDY, J.E., 1990: Effects of fire retardant chemicals on the bending properties of wood at elevated temperatures. Res. Pap. FPL-498, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

ÖZEN, R., 1981: Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları Yayın No: 9, Trabzon

ŞENAY, A., 1996: Ahşap lamine taşıyıcı elemanların mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Doktora Tezi (Basılmamıştır), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

SEAN, T., BRUNETTE, G., COTE, F., 1999: Protection of oriented strandboard with borate, F.P.J., 49, 6, 47-51.

SHUKLA, K.S., 1991: Studies on the preservation of plywood: treatment of veneers with water borne preservatives by non pressure technique, J. Timb. Dev. Assoc. 37, 3, 34-47.

TS 2472, Kasım 1976: Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, TSE, Ankara.

TS 2474, Kasım 1976: Odunun statik eğilme dayanımının tayini, TSE, Ankara.

TS 2478, Kasım 1976: Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara.

TS 2595, Mart 1977: Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini, TSE, Ankara.

TS 2476, Kasım 1976: Odunda liflere dik doğrultuda çekme gerilmesini tayini, TSE, Ankara.

TS 2479, Kasım 1976, Odunun statik sertliğinin tayini, TSE, Ankara.

YALINKILIÇ, M.K., TAKAHASHI, M., İMAMURA, Y., DEMİRCİ, Z., 1998: Effect of boron addition to adhesive and/or surface coating on fire retardant properties of particleboard., Wood and Fiber Science, 30, 4, 348-359.

YALINKILIÇ, M.K., GEZER, E.D., TAKAHASHI, M., DEMİRCİ, Z., İLHAN, R., İMAMURA, Y., 1999: Boron addition to non- or low-formaldehyde cross-linking reagents to enhance biological resistance and dimensional stability of wood, Holz als Roh und Werkstoff, Cilt 57, 351-357.

YALINKILIÇ, M.K., BAYSAL, E., DEMİRCİ, Z., 1995: Çeşitli emprenye maddelerinin Douglas odununun higroskopisitesinde yaptığı değişiklikler 1. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 23-25 Ekim, Trabzon, Bildiri Metinleri Cilt II, 47 – 60.

WANG, S.Y., RAO, Y.C., 1999: Structural performance of fire-retardant treated plywood; Effect of elevated Temperature, Holzforschung, 53, 547-552.

VAR, A.A., 2000: Emprenye edilmiş yongalardan üretilen yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri, Doktora Tezi (Basılmamıştır), K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

WAZNY, J., KRAJEWSKI, K.J., 1992: Long-term effect of CCA and NaPCP preservatives on the compression strength of radiata pine sapwood. Holzforschung 46 (6): 533-535.

WINANDY, J.E., ROWELL, R.M., 1984: The chemistry of wood strength. In: RM Rowell (ed.) The chemistry of solid wood. Advances in the chemistry series 207, American Chemical Society, p. 211-255.