

**TÜRKİYE’NİN BOR KAYNAKLARI,  
KULLANIM YERLERİ VE ORMAN ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİ**

**M. Hakkı ALMA**

KSÜ Orman Fakültesi  
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Kahramanmaraş

**Bilal ACEMİOĞLU**

KSÜ Fen ve Edebiyat Fakültesi  
Kimya Bölümü  
Kahramanmaraş

**ÖZET**

Yerkürenin yaklaşık olarak %0,001-0,005’ini oluşturan bor, dünyadaki en büyük dağılımını Türkiye’de göstermektedir. Türkiye’de bulunan bor kaynakları dünya toplam bor rezervinin yaklaşık olarak %65’ini oluşturmaktadır. Bunu, sırasıyla Rusya, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer dünya ülkeleri takip etmektedir. Bor kaynaklarının rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi halinde, Türkiye ekonomisinde önemli ölçüde iyileşmeler olabileceği düşünülmektedir. Bor, boraksın değişik türevleri (boraks dekahidrat, boraks pentahidrat vs.) ve borik asit halinde deterjan sanayiinden uzay sanayiine kadar uzanan 400 değişik amaç için kullanılmaktadır. Borlu bileşikler, özellikle orman ürünleri sanayiinde diğer koruyucu maddelere göre çevreye uyumlu olmasından dolayı, ahşap malzemeyi mantar, böcek vb. gibi biyotik zararlılara karşı korumak amacıyla değişik metot ve formülasyonlarla uygulanmaktadır.

***BORON RESOURCES IN TURKEY, ITS USAGE FIELDS  
AND IMPORTANCE IN FOREST PRODUCTS INDUSTRY***

**ABSTRACT**

Boron which constitutes 0.001-0.005% of the crust of the earth shows its greatest distribution in Turkey. Boron resources in Turkey constitute about 65% of the total boron reserves in the world, followed by Russia, the United States of America and other world countries, respectively. If boron reserves are rationalistically evaluated, it is thought that great improvements can be expected in the economy of Turkey. Boron is evaluated in about 400 different areas extending from detergent industry to space technology in the form of borax derivatives, such as borax decahydrate, borax pentahydrate and boric acid. Specifically, boron compounds are used in the forest products industries in order to protect wooden materials against biotic factors such as wood-decaying fungi, wood-boring insects, etc. due to their rather environmentally friend properties in comparison to those of other commercial wood preservatives.

**GİRİŞ**

Yerkabuğunun bileşimine girmeyen elementler içinde yaygın olmayanlar arasında yer alan bor, periyodik sistemin üçüncü grubunun başında bulunan bir elementtir. Atom sayısı 5, atom ağırlığı 10,82, ergime noktası 2190±20°C’dir. Doğada pek çok kayanın

yapısında bulunur. Bor oranı karalara göre denizlerde biraz daha yüksektir. Hatta bu oran sıcak denizlere doğru daha fazla bir artış göstermektedir. Bor doğada serbest olarak bulunmayıp, alkali ve toprak alkali boratlar (tuzlar) veya borik asit halinde bulunur (1,2).

Borun element olarak kullanımı daha az yaygın olup yenidir. Borun en çok kullanılan türü olan boraks dekahidrat (sodyum tetraborat dekahidrat;  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) binlerce yıldan beri kullanılmaktadır. Hatta Babilliler ziynet eşyalarını oksitlenmeye karşı korumak amacıyla boraks kaynağı kullanmışlardır. Pers'ler ve Arap'lar da boraksı 2000 yıl önce kullanmışlardır. Boraks sözcüğü Arapça kökenlidir. Doğal boraks sözcüğü ise, Sanskrit dilinde boraksın karşılığı olan "tincana" dan gelmektedir (1-2). Dünyada bor cevheri olarak bilinen 50'den fazla bileşik vardır. Borat cevherlerinin önemlileri ve bileşimleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Önemli Bor Cevherleri ve Bileşimleri (2)

Bor cevheri	Bileşim	Formül	$\text{B}_2\text{O}_3$ (%)	$\text{H}_2\text{O}$ (%)
Tinkal(Ham Boraks)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	36.5	47.2
Tinkalkonit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	47.8	30.3
Kernit (Rezorit)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	50.9	26.4
Uleksit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{B}_{10}\text{O}_{18} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	43.0	35.6
Kolemanit	$2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	50.9	21.9
Pandermit	$4\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	49.8	18.1
Priseit	$5\text{CaO} \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7,5\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_5\text{B}_{12}\text{O}_{23} \cdot 7,5\text{H}_2\text{O}$	50.7	15.4
Borasit	$5\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 7\text{B}_2\text{O}_3$	$\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$	62.2	-
Hidroborasit	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaMgB}_{16}\text{O}_{31} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	50.5	26.1
Ünyonit	$2\text{CaO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$	$2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$	37.6	42.1
Aşarit	$2\text{MgO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$12\text{Mg}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	41.4	10.7
Sassolit	$\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	56.4	43.6

Bu derlemenin amacı, son zamanlarda gündemde olan borlu bileşiklerin ülkemizdeki potansiyeli, kullanım yeri kapasiteleri ve özellikle orman ürünleri sanayinde ahşap malzemeyi korumada nasıl ve hangi metotlarla kullanıldığı hakkında detaylı bilgi vermektir.

### TÜRKİYE'NİN BOR KAYNAKLARI VE DİĞER ÜLKELER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Dünyada bilinen bor kaynaklarının büyük çoğunluğunu tinkal cevherleri oluşturmaktadır. Büyük rezervleri olan diğer bor cevherleri ise kolemanit ve uleksittir. Ticari yönden de en önemli bor cevherleri sırasıyla Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Arjantin, Şili ve Çin olmak üzere başlıca 6 ülkede üretilmektedir. Bunlardan başka, Peru, Sırbistan, Bolivya ve İrlanda'da düşük oranlarda bor üretimine rastlanabilmektedir. Toplam borik asit olarak, Türkiye'de 143, Amerika Birleşik

Devletleri'nde 106, Rusya'da 60, Arjantin ve Çin'de 15 milyon ton borik asit cevherinin olduğu tahmin edilmektedir (3).

Tablo 2. Dünya Bor Rezervleri (4)

Ülkeler	Görünür Ekonomik Rezerv (Bin Ton)	Muhtemel Mümkün Rezerv (Bin Ton)	Toplam Rezerv (Bin Ton)	Toplam Rezervdeki Payı (%)
Türkiye	375.000	269.000	644.000	63.1
ABD	45.000	60.000	105.000	10.3
Rusya	28.000	112.000	140.000	13.7
Çin	27.000	9.000	36.000	3.5
Şili	8.000	33.000	41.000	4.0
Bolivya	4.000	15.000	19.000	1.9
Peru	4.000	18.000	22.000	2.2
Arjantin	2.000	7.000	9.000	0.9
Sırbistan	3.000	0	3.000	0.3
İran	1.000	1.000	2.000	0.2
<b>Toplam</b>	<b>497.000</b>	<b>524.000</b>	<b>1.021.000</b>	<b>100.00</b>

Tablo 2'de görüldüğü gibi, görünür ve mümkün olan bor rezervleri açısından Türkiye dünyada birinci durumdadır. Fakat Üretim açısından A.B.D. birinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde bor rezervleri (Priseit halinde) Romalılardan 1949 yılına kadar Bandırma kasabasının yakınlarında çıkarılmıştır. Daha sonraları Balıkesir-Bigadiç (Kolemanit, Priseit ve Uleksit), Kütahya-Emet (Kolemanit), Bursa-Mustafa Kemal Paşa (Kolemanit) ve son zamanlarda da Eskişehir yakınındaki Kırka'da (Tinkal, Kolemanit ve Uleksit) bor rezervleri tespit edilmiştir (1, 4, 5).

Tinkal, Kolemanit ve Uleksit cevherleri bugün ticari açıdan en önemli olan ve en fazla kullanılan başlıca bor cevherleridir. Bunlardan Tinkal dünya tüketiminin %75'ine cevap vermekte olup, Türkiye'de Eskişehir Kırka'da ve A.B.D.'de Kaliforniya Boron County'de bol miktarda çıkarılmaktadır. ABD'de Tinkal ve Kernit rezervinin borik asit olarak 50 milyon ton Türkiye'de ise 120 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Diğer yandan Kolemanit rezervi ABD'de tükenmiş olmasına karşın, Türkiye'de Kütahya-Emet bölgelerinde 173 milyon ton civarındadır. Ayrıca, son zamanlarda Balıkesir-Bigadiç ve Bursa Mustafa Kemal Paşa'da da iyi nitelikte Kolemanit yatakları bulunmuştur. Uleksit cevherleri ise birçok özel şirketler tarafından işlendiğinden dolayı miktarı hakkında kesin bilgilere ulaşılamamıştır (4).

Ülkemizdeki bor minerallerinin büyük bölümü ise Balıkesir, Eskişehir ve Kütahya civarında bulunmaktadır. Yalnız Türkiye'nin değil, dünyadaki bor madeni rezervlerinin %52'sinin bu bölgede olduğu belirtiliyor. Balıkesir'in Bigadiç, Kütahya'nın Emet ve Hisarcık ilçeleri ile Eskişehir'in Kırka ilçesi son derece zengin bor madeni yataklarına sahiptir (5).

## TÜRKİYE'DEKİ BOR'UN İŞLETİM SİSTEMİ VE ÜLKE EKONOMİSİNDEKİ YERİ

Türkiye'de başta bor olmak üzere stratejik değeri olan madenlerin 1970'li yıllara kadar üretim ve ihracatı yabancıların işletmesindeydi. Daha sonra 1978'de 2172 sayılı yasa ile devletleştirilerek Eti Holding'e devredilmiştir. 1983 yılında ise Bor tuzları trona ve asfaltit ile nükleer enerji hammaddelerinin işletilmesini düzenleyen 2840 sayılı kanun çıkartıldı. Bor kaynakları halen devlet tekelinde olup, Eti Holding tarafından işletilmektedir (4).

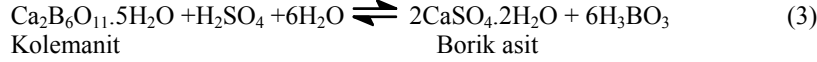
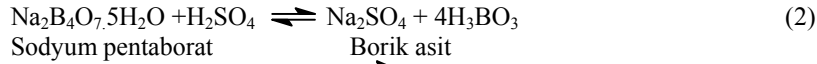
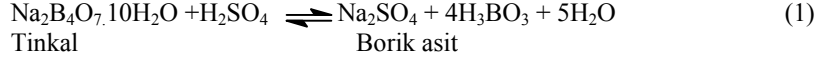
Bir ton borun 400 Amerikan Doları civarında olduğu kabul edildiğinde ve Türkiye'nin toplam olarak yaklaşık 644 milyon ton bor rezervine sahip olduğu göz önüne alındığında, bu cevherin Türkiye'de çok önemli bir ölçüde zenginlik kaynağı olduğu daha iyi anlaşılır. Yaklaşık olarak 260 milyar dolar değerinde olan bu rezerv ülkemizin 106 milyar dolar olan dış borcunun yaklaşık 2 katına denk değerdedir. Ham haldeki değeri yaklaşık 1 trilyon dolar olan bor cevherleri işlendiği zaman değeri 6-7 trilyon dolara ulaşmaktadır (6).

Ayrıca, bor ihracatından dolayı, halen ülkemize 230-240 milyon dolarlık bir gelir elde edilmektedir. Dünya bor ticaretinin hacmi ise 1 milyar 250 milyon olduğu kabul edilirse Türkiye'nin bor pazarından yeterince pay alamadığı görülmektedir. Dünyada mevcut üretimin %30'unu Türkiye yaparken, pastadan aldığımız pay %20-22 arasında değişmektedir. Oysaki, Amerika %45 civarında üretim yapmasına rağmen, pastadan %55-60'luk bir dilim aldığı bilinmektedir. Fakat her şeye rağmen Eti Holding tarafından işletilen bor madenlerinin üretimi 1975 yılında dünya bor üretiminin %11'i iken günümüzde bu oran %31 düzeyine çıkmıştır. Yukarıdaki verilerden de anlaşıldığı üzere Türkiye'nin bor minerali rezervlerinde diğer ülkelere göre ezici bir fazlalık bulunmaktadır. Şu anda dünya maden piyasasında Eti Holding başı çekerken onu %10'luk rezervi ile US Borax takip etmektedir (4, 6).

### BORAKS VE BORİK ASİT ÜRETİMİ

Bor cevherlerinden boraks genel olarak şu şekilde elde edilmektedir: (1) Örneğin, tinkal cevheri sıcak suda (80°C) çözündürülür, (2) Çözünen kısım süzülüp kristallendirilir ve (3) Kristal suyu tamamen uçurularak boraks elde edilir. Boraksların en önemlileri: sodyum tetraborat dekahidrat ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), boraks pentahidrat ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; Ergime sıcaklığı: 741°C) ve susuz boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) dir. Doğada tinkal minerali olarak bulunan boraks dekahidrat 50°C'de ısıtıldığında boraks pentahidratı vermektedir. Boraks pentahidrat 160-170°C'de boraks dihidrata, 190-299°C'de boraks monohidrata ve 400-450°C'de de susuz boraksa dönüşür (1-2).

Diğer yandan, tinkal, boraks pentahidrat ve kolemanitin sülfürik asit ile belli sıcaklıklarda (70°C) muamelesi halinde borik aside (Ergime sıcaklığı: 171°C) dönüşür (Formül 1, 2 ve 3) (1, 2, 7):



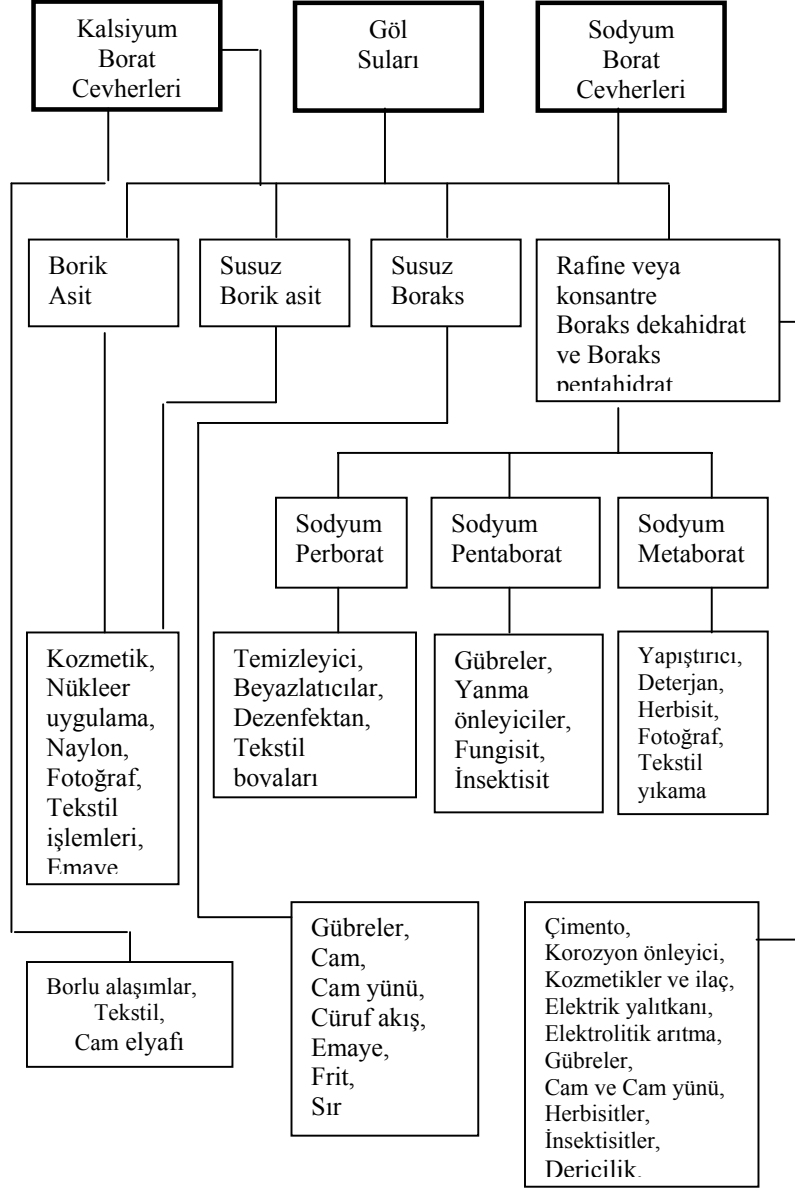
### Borlu Bileşiklerin Genel Olarak Kullanım Yerleri

Borun, sayısı yüzleri bulan pek çok türevleri vardır. Ancak bunlardan sadece 5'i büyük miktarlarda kullanılmaktadır. Bunlar; borik asit, susuz borik asit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), boraks dekahidrat, boraks pentahidrat ve susuz boraks (1).

Şekil 1'de yukarıda adı geçen borlu bileşiklerin başlıca kullanım yerleri gösterilmektedir. Şekilde görülebileceği gibi, günümüzde bor bileşikleri günlük hayatımızın ve sanayinin birçok dalına girmiş olup, kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır. Bilim adamları, tahmin edilenden çok daha yüksek derecelerde bile, neredeyse hiç dirençle karşılaşmadan elektrik taşıyabilen metal bir bileşim olan borun özellikle süper hızlı bilgisayarların üretiminde kullanılabileceğinden söz etmektedirler. Deterjan sanayiinden uzay teknolojisine kadar yüzlerce değişik alanda kullanılan bor minerali, petrol ve doğal gaz kadar büyük stratejik öneme sahiptir. A'dan Z'ye her yerde roket yakıtından, diş macununa kadar her alanda kullanılan bor, sanayinin tuzu olarak adlandırılmaktadır. Bu değerli maden 400'den fazla ürünün en hayati hammaddesi özelliği göstermektedir. Camlarda, motor yağlarında ve çelik jantlarda da kullanılan bor, araba boyalarının içine katılarak parlaklığı ve kolay çizilmemeyi sağlamaktadır. Lastiklerin içindeki çelik teller de borla güçlendirilmektedir. Ayrıca, bilginin akışını sağlayan ince optik liflerde sağlamlığı artırmak amacıyla kullanıldığı bildirilmektedir (3).

Bor tarım ilaçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat, dozunun çok hassas ayarlanması gerekir. Yeterli dozlarda kullanılırsa, gübrenin verimini artırmaktadır. Ayrıca sulama sularında bor miktarının 4 ppm'in üzerine çıkması bitkilerin çoğuna zararlı olduğu kabul edilmektedir. Bitkilerin bordan zarar gördüğü yapraklarının kenardan ortaya doğru kıvrılması ile gözlenir. Turp, lahana, marul, havuç ve soğan gibi bazı bitkiler 2-4 ppm'den zarar görmezken, patates, domates, bezelye, arpa, mısır ve yulaf gibi bitkiler 1-2 ppm'den yukarı sınırlarda zarar görürler. Özellikle, erik, armut, elma, kiraz ve limon ağaçları 1 ppm'den fazla bor içeren sularla sulanmamalıdır. İçme sularında ise en fazla 20 ppm (20 mg/l) bor olabilir (2).

Bisküvi, pasta gibi gıda ürünlerinin yapıldığı metalik kalıplarda da bor kullanılmaktadır. Eğer bor olmasaydı, kalıplar yüksek ısıya dayanmayacaktı. Ahşap ürünler uzun ömürlü ve bozulmadan kalabilmeleri için, borlu maddeler ile muamele edilmektedir. Seramik sanayiinde; fayansların parlaklığı ve sertliği bor sayesinde mümkün olmaktadır. çamaşırların beyazlatılmasında ve ziynet eşyalarının parlatılmasında da borlu bileşikler kullanılmaktadır (6).



Şekil 1. Borlu Bileşiklerin Kullanım Yerlerini Gösteren Diyagram (3).

Borlu bileşikler, ısıya dayanıklı olduğu için yanmaz kumaş üretiminde ve tutkal ve plastik yapımında yaygın olarak kullanılan fenol-formaldehit tipi reçinelerde fenol polimerizasyon katalizörü olarak kullanılmaktadır (8-9). Tıp ve ilaç sanayiinde; diş macunlarında, Losyonlarda, yanık ve yara kremlerinde de bor kullanılmaktadır. Ayrıca, insanın besinlerle günde 10-20 ppm civarında bor alabileceği bildirilmiştir (2). Borlu yakıtlar itme güçlerinin fazlalığından dolayı, roket, füze ve savaş uçaklarında da kullanılmaktadır. Çok yakın bir gelecekte borlu yakıtların, diğer motorlarda da kullanılacağı söylenilmektedir. Bor yüksek ısı ve basınç altında azot ile muamele edildiği takdirde, elmas kadar sert olan borazon adlı yeni malzemelere dönüşebilmektedir (10).

## BORLU BİLEŞİKLERİNİN AHŞAP MALZEME KORUMA TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

### Bor Elementinin Diğer İnorganik Tuzlarla Kullanımı

Bor alkali toprak elementi ağaç malzemeyi zararlılara karşı korumak amacıyla ilk olarak 1913'te Alman bilim adamı Wolman tarafından geliştirilen krom-bor bileşimleri halinde uygulanmıştır. Daha sonraları ACC (asetik asit, bakır sülfat ve dikromat) tipik odun koruyucu tuzu, yangın önleyici olarak kullanıldığı takdirde, bu bileşimdeki dikromat yerine borik asit kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen karışım Celcure F diye adlandırılmaktadır. Bu bileşim özellikle çürüklük mantarlarından *Poria* spp. türlerine karşı etkili olmaları yanında, korozyon yapmadıkları ve oduna yeterli düzeyde tutundukları saptanmıştır. Fakat bu bileşim deniz zararlıları ve böcekler için etkili değildir (11).

Tablo. 3. Ülkemizde Kullanılan CCB (Bakır-Krom-Bor) Tipi Çoklu Tuzların Bileşimleri ve Oranları (12)

Ticari İsimler	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (%)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (%)	Katkı Maddesi (%)
Wolmanit-CB	28	48	24	—
Tanalith-CB	36	40	24	—
Tanalith-CBC	37	36	25	2

Son yıllarda, yaygın olarak kullanılan CCA (bakır-krom-arsenik) koruyucu tuzlarında bulunan ve çok toksik özelliklere sahip olan arsenik yerine borlu bileşikler kullanılmaya başlandı. Elde edilen bu borlu tuz karışımı 1961 yılında Almanya'da CCB [(Bakır (CuO), Krom (CrO<sub>3</sub>), Bor (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)] tuzu olarak piyasaya sunuldu. Fakat gerçek olarak CCB tuzu II. Dünya savaşı sırasında Hindistanlı Kamesan adlı bir bilim adamı tarafından geliştirilmiştir. CCB tuzu oduna yavaş olan tutunmasından dolayı, yeni kesilmiş yaş haldeki odunlara Boucherie adlı yer değişimi metodu ile uygulanmaktadır. Daha sonraları CCB tuzları değişik ülkelerde Celcure M, Wolmanit-CB ve Tanalith-CB adları altında uygulanmaktadır (11).

Ülkemizde Wolmanit-CB, Tanalit-CB ve Tanalith CBC olarak bilinmektedir. Bunların bileşimleri ve oranları Tablo 3'de verilmektedir (12). Bu tuzlar ağaç malzemeyi mantar, böcek, termit (beyaz karınca) ve deniz zararlılarına ve yangına karşı koruyucu olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip tuzlar kokusuz olup demir, bakır, pirinç, bronz ve alüminyum ve cama karşı korozif etkileri görülmemiştir (12).

Bu tuzlar; oduna vakum-basınç, osilasyon, besi suyunu çıkarma ve daldırma gibi bir çok emprenye teknikleri ile nüfuz ettirilebilir. Ülkemizde ve diğer dünya ülkelerinde bu tuzlar, tel direkleri, çit direkleri, soğutma kuleleri, deniz iskeleleri, iskele döşemeleri, binalarda çatı olarak kullanılan keresteler, çiftlik ahırlarındaki ağaç malzemelere uygulanmaktadır (11-12).

Borlu bileşiklerin dahil olduğu modern çok tuzlu koruyucularda bor gittikçe büyük bir önem kazanmıştır.

#### **Boraks ve Borik Asit Bileşikleri Halinde Kullanımları**

Borun yangın etkisini azaltıcı özelliğinden başka fungusit ve insektisit özellikleri de mevcuttur. Borlu odun koruyucularının yukarıdaki özelliklerinden başka diğer olumlu yönleri; insan ve hayvanlar için zehirli olmamaları ve renksiz ve kokusuz olmalarıdır. Bu nedenle borlu bileşikler çevre dostu odun koruyucular olarak göz önüne alınır (13). Bor bileşikleri zemin ile temas durumlarında ve sulu yerlerde kolay bir şekilde yıkandıkları halde, yalnız başlarına kullanıldıklarında bile odun korumada etkili olabilmektedir. Yalnız başına kullanılan borlar, sodyum tetraborat dekahidrat (boraks) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) ve borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) bileşimleri halinde kullanılmaktadır. Odun koruma muamelelerinde, %15'e kadar suda çözünen eriyikleri kullanılmaktadır. Borlu bileşimlerin çabuk yıkanmaları onların çok hızlı bir şekilde suda çözünme karakterlerinden kaynaklanmaktadır. Fakat bu bileşimler odun ile muamele edildikten sonra, sodyum iyonları ( $\text{Na}^+$ ) atmosferik  $\text{CO}_2$  ile nötralize olduğunda son borik asit depozitinin normal sıcaklıklarda çok az çözüldüğü görülmüştür (11, 14).

Bu tip borlu bileşimlerin çözünürlüklerini azaltmak amacıyla, son zamanlarda Yalınkılıç ve arkadaşları (15) boraks ve borik asit ile muamele edilen ağaç malzemeleri buharlı ısıtma ile belli yoğunluk derecelerine kadar preslemişlerdir. Preslenmiş odunda azalan lümen boşluklarından dolayı, borlu bileşenler kısmen de olsa odun içersinde çözünmeleri azaltılabilmektedir (16).

Boraks ve borik asit normal emprenye teknikleri (Dolu ve boş hücre metotları vs.) ile uygulanmalarına karşılık, en büyük nüfuz değerleri difüzyon metotları ile sağlanmaktadır. Bu metotta; yeni kesilmiş taze haldeki ağaç malzeme veya rutubeti %50'den daha fazla olan yaş ağaç malzemeler daldırma veya püskürtme (spreyleme) yoluyla ağaç malzemeye emdirilir. Bu şekilde muamele edilmiş ağaç malzemenin suyun buharlaşmasını engellemek amacıyla ağaç malzemeler bir arada istif edilir, koruyucu kağıtlara sarılır ve depolarda saklanır. Bu suretle borlu bileşiklerin daha derinlere nüfuzu sağlanmış olur (11).



Boratlar düşük konsantrasyonlarda ve daldırma veya püskürtme yoluyla muamele edildiğinde bile, *Lyctid* böceklerinin saldırısına karşı duyarlı olan yapraklı ağaç odunlarının muamelesinde bile etkili olmaktadır. Bu amaçla borik asit Avustralya'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Boratlar ayrıca odunda renklenme yapan mantarlara karşı da kullanılmaktadır. Boratlar yüksek pH'larda daha etkili olduklarından dolayı, boraks borik asit veya kolay çözünebilir karışımlardan daha güvenilir olmaktadır (11).

Borik asit ve boraks kolayca çözünmelerinden dolayı daha kalıcı bir muamele elde etmek amacıyla 1.0 kısım borik asit ve 1,54 kısım sodyum tetraborat (boraks) dan oluşan bir solüsyon hazırlanması gerekmektedir. Bu solüsyon kurutulduğunda esas olarak tipik bir borlu odun koruyucusu olarak bilinen TİMBOR (Disodyum oktaborat;  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) adını alır. Timbor da %117,3 borik asite karşılık gelen bir bor içeriğine sahiptir. Timbor muamelesi dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, 25 mm kalınlığındaki bir kereste için gerekli süre en az 4 hafta olup, büyük bir sermaye maliyetine yol açmaktadır. Bu nedenle bu tip muamele dünyanın birçok yerinde vazgeçilmiş olup, gelişmekte olan ülkelerde çabuk çürüyen tropik yapraklı ağaçlarda halen cazip bir koruyucu madde olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Timbor özellikle permeabilitesi düşük olan ladin kerestelerinde verimli sonuçlar vermektedir. Hatta, taze haldeki ladin ağaç malzemelere difüzyon yoluyla emdirilen timbordaki borun çözünmesi hayli güç olmaktadır. Bu şekilde muamele edilmiş odunlar zemin ile temas durumlarında da kolaylıkla kullanılmaktadır (11-12).

Ayrıca, ahşap malzemenin borlu bileşiklerle muamele sıcaklığı tamamıyla ağaç malzemenin kalınlığına bağlıdır. Örneğin, aynı oranda bir nüfuz derinliği sağlamak için, 25 mm'lik kalınlığa sahip bir ağaç malzeme, %20'lik bir borik asit solüsyonu ve en az 40°C'lik bir muamele sıcaklığı gerekirken, 75 mm kalınlığındaki bir malzeme için %40'lik bir borik asit solüsyonu ve 57°C'lik bir sıcaklık gerekmektedir (11).

## BORAKSIN ORGANİK KORUYUCULARLA KULLANIMI

### Sodyum Pentaklorofenatla Birlikte kullanımı

Boratlar, yüzeysel küf yapan *Penicillium* spp. ve *Trichoderma* spp. mantar türlerine karşı kısmen etkisiz olduklarından dolayı, diğer toksik maddelerle örneğin, sodyum pentaklorofenat (NaPCP) gibi maddelerle kombine edilerek kullanılmalıdır. Bu amaçla borat esterler de kullanılabilir (11-12, 14).

Diğer yandan, boratlar sodyum pentaklorofenat tuzunda tampon çözeltisi olarak ta kullanılmaktadır. Bu amaçla, 1 kısım NaPCP'ye 3 kısım boraks katılabilir. Bu karışımda pahalı olan ve çevreye ciddi sorunlar getiren NaPCP maddesi yerine çevre dostu olan ve fiyatı gayet rasyonel olan boraks tuzunun kullanılması gayet ekonomik ve yeterince etkili bir uygulama olacaktır. Bu karışımdaki bor çözeltisi hem renklenmeye karşı etkili ve hem de NaPCP için iyi bir tampon çözeltisi görevi görmektedir. Bu karışım tropik ağaçlarda kullanılacaksa, 1 kısım NaPCP ve 2 kısım boraks karışımı kullanılmalıdır. NaPCP'nin boraks ile muamelesi, NaPCP'deki sodyum iyonlarının nötr

asitlerle nötralleşmesini engelleyerek, NaPCP'nin daha derinlere nüfuzunu ve NaPCP'nin odun yüzeyinde çökmemesini sağlar (11).

Taze kesilen çam tomruklarının enine kesit yüzeylerine fırça ile sürmek veya püskürtmek ve taze biçilen kerestelerin NaPCP ve boraks karışımının sudaki %1'lik çözeltilerine saniyelik kısa süreli daldırılmaları iyi sonuç vermektedir (11).

Ayrıca, boratlar beyaz çürüklük yapan mantarlara karşı etkili olduklarından dolayı, çok yaygın olarak tributiltin oksit (TBTO) adlı organik odun koruyucularla birlikte beyaz çürüklük yapan mantarlara karşı daha çok etkili olmak üzere de kullanılmaktadır (11).

İskandinavya ülkelerinde arkeolojik eserlerin deforme olmadan kurutulmasını sağlamak amacıyla, kullanılan polietilen glikol (PEG-1000) kimyasal maddesinin zararlılara karşı etkinliğini artırmak için, boraks ve borik asit gibi borlu bileşikler belli oranlarda PEG çözeltilerine katılmaktadır. Bilindiği gibi, PEG kimyasalları odun zararlılarına karşı dirençleri çok az olan kimyasal maddelerdendir (11).

Son zamanlarda fenil boronik asidin ( $C_6H_5B(OH)_2$ ) kuvvetli fungusit özelliklerinin keşfedilmesinden sonra odun koruma teknolojisinde hızlı bir şekilde uygulama alanı bulmuş ve birçok dünya ülkelerinde yaygın olarak pazarlanmaktadır (17). Bu asitler odunu tahrip eden mantar enzimlerinin aktif grupları ile reaksiyona girme yoluyla söz konusu enzimleri etkisiz hale getirmektedirler. Bu bor asidi özellikle Basidiomycetes sınıfına ait mantarlara karşı etkin olarak kullanılmaktadır. Fakat şunu belirtmek gerekir ki, bu organik asit borik asit kadar ucuz ve temini kolay değildir (13).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya bor rezervinin %63'üne sahip olan ülkemizde bor içeren son mamüllerin sayısını artırarak, dünyadaki bor pastasından yeterli oranda yararlanmayı artırmak, bu sayede ülke ekonomisine katkı sağlamak amaçlanmalıdır.

Ülkemizde bulunan bor cevherinin üretimini artırmak ve bor rezervlerini daha modernize metotlarla işleyerek, hammadde olarak satımından çok değişik ürünlerde kullanımını artırmak ve ülkemiz bor cevherlerinin satışını minimuma indirmek gerekmektedir. Borlu bileşiklerin ya kendi başlarına veya diğer koruyucu tuzlarla olan karışımları, mantar, böcek, bakteri vb. organizmaların yaptığı zararlara karşı etkin ve diğer koruyucu kimyasallara göre çevreye daha az olabilecek zararlarından dolayı, ahşap malzemelerin korunmasında yaygın olarak kullanılmaları teşvik edilmelidir. Bunun sağlanması halinde, kimyasal maddelerle korunacak ahşap malzemelerin oranında bir artma olacaktır. Bu duurm malzemenin uzun süreli kullanılmasına bağlı olarak mevcut orman varlığı üzerindeki yükü de azaltacak ve diğer bir deyimle orman varlığımızı korunacaktır.

### KAYNAKLAR

1. ERDOĞAN, Y. 1991. Doktora Ders Notları, K.T.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Trabzon.

2. ULLMAN, G. 1974. Bor und Bor Verbindungen, Encyclopedie der Technischen Chemie, 4 Neuberarbeite und Erweiterte Auflag, Ban 8, 663-664, 4.
3. OTHMER, K. 1978. Boron Compounds, Encyclopedia of Chemical Technology, 3<sup>rd</sup> Edition, 4, 97 John Wiley and Sons, New York.
4. ANONİM. 1973. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Kimya Mühendisliği, Cilt: 6, Sayı: 60, 21 Ağustos, Ankara.
5. ANONİM. 1977. IV. Bor Bileşikleri, Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, No. DPT-1566-OİK: 254, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
6. ÖNAL, G. 2001. Ders Notları, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.
7. BALKAN, A. K., AYOK, EMİR, T., TOLUN, R. 1980. Kolemanitten Sülfürik Asit Kullanımı ile Borik Asit Üretiminde Oluşan Jipsli Çökeltinin Filtrasyonu, TUBITAK-MAE, Kimya Bölümü Yayını, 5, Eylül, Gebze, İzmit.
8. JUNGANG, G., YANFANG, L, LITING, Y. 1999. Termal Stability of Boron-Containing Phenol Formaldehyde Resin, Polym. Deg. and Stability, 63:19-22.
9. KNOP, A., SCHEIB, W. 1979. Chemistry and Application of Phenolic Resins, Springer-Verlag, New York, p.95.
10. DULL, E., METCALFE, H. C., WILLIAMS, J. E. 1958. Modern Chemistry, Charles, Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York, s. 359.
11. RICHARDSON, B. A., 1978. Wood Preservation, the Construction Press, New York.
12. BOZKURT, A. Y., GÖKER Y., ERDİN, N. 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, No. 3779/425, İstanbul.
13. YALINKILINÇ, M. K., YOSHIMURA, T., TAKAHASHI, M. 2000. Enhancement of Biological Resistance of Wood by Phenylboronic Acid Treatment, J of Wood Science and Technol., 44(2): 152-157.
14. NICHOLAS, D. D. 1973. Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments, (Vol 1), Syracuse Univ. Press, New York.
15. YALINKILINÇ, M. K, TSUNADA, K., DWIANTO, W., INOUE, M., TAKAHASHI, M. 1998. Effect of Past Hot-Compression of Boron Treated Wood of Radial Direction on Boron Leachability. Proc. of the Second International Wood Science Seminar, November 6-7, 1998, Serpong, Indonesia, pp. 69-79.
16. YALINKILINÇ, M. K., DWIANTO, W., IMAMURA, Y., TSUNADA, K., TAKAHASHI, M. 1999. Biological Resistance of Steam-Compressed Wood Pretreated with Boric Compounds. The International Research Group on Wood Preservatives, Document No: IRG/WP 99-30/90, pp. 11.
17. YALINKILINÇ, M. K., YUSUF, S., YOSHIMURA, T., SU, WEN-YU, TSUNADA, K., TAKAHASHI, M. 1997. Incorporation of Phenylboronic Acid Treatment with Vapor Phase Formalization. The International Research Group in Wood Preservation, Document No: IRG/WP 97-40077, 1997, pp. 18.