T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AHŞAP KORUMA AMAÇLI BOR İÇEREN ÇUBUKLARIN ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Seçil AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

Eş Danışman

Doç. Dr. Evren TERZİ

Şubat, 2020

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AHŞAP KORUMA AMAÇLI BOR İÇEREN ÇUBUKLARIN ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Seçil AYDIN tarafından hazırlanan tez çalışması çalışması 04.02.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN	Doç. Dr. Evren TERZİ
Yıldız Teknik Üniversitesi	İstanbul Üniversitesi
Danışman	Eş Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Osman İSMAİL
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. S. Nami KARTAL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa _____

Danışmanım Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Ahşap Koruma Amaçlı Bor İçeren Çubukların Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Seçil AYDIN

İmza

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'nun 116O149 numaralı projesiyle ve Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün FYL-2017-3107 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında üleksit, kolemanit ve disodyum oktaborat tetrahidrat esaslı bor çubuklarının üretimi gerçekleştirilmiş olup bu çubukların özelliklerini belirlemek için fiziksel karakterizasyon testleri uygulanmıştır. Ahşap koruma amacıyla seçilen üleksit çubukların yerinde bakım uygulamalarında koruyucu madde olarak kullanımı incelenmiştir. Tez çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen hocalarım Sayın Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN'e ve Sayın Doç. Dr. Evren TERZİ'ye teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmamı, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Projesi kapsamında gerçekleştirme fırsatını sunan ve deneysel çalışmalarımda bilgisinden ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Hocam Prof. Dr. S. Nami KARTAL'a teşekkürlerimi sunarım.

"Bor Minerallerinden Hazırlanacak Bor Çubuklarının Odun İçerisinde Difüzyon Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi", adlı TÜBİTAK Projesi (116O149) kapsamında gerçekleştirdiğim tez çalışmamı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na ve "Ahşap Koruma Amaçlı Bor İçeren Çubukların Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi" adlı yüksek lisans tezi projemi destekleyen Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (YTÜ BAPK)'üne teşekkürlerimi sunarım.

Bununla birlikte deneysel çalışmaları beraber yürüttüğümüz proje ekip arkadaşım Kimya Yüksek Mühendisi Melek ÇORDAN'a teşekkür ederim. Bor çubuklarının üretilmesi aşamasında yardımlarından ve emeklerinden dolayı REMSAN A.Ş.'ye ve Arge Birimi şefi Sayın Fehmi KULA'ya teşekkürü borç bilirim. Bor minerallerinin temin edildiği ETİMADEN işletmelerine, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Endrüstri Mühendisliği Marangoz Atölyesi çalışanlarına ve Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarına ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tüm eğitim hayatım boyunca bana her konuda güvenen, her zaman yanımda olup bana destek olan annem Safinaz GÜNGÖR'e ve babam Mehmet Halit AYDIN'a; her ihtiyacım olduğunda beni cesaretlendiren ve yanımda olduğunu hissettiren Cezary KOSZTYŁA'ya teşekkür ederim.

Seçil AYDIN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ IX

KISALTMA LİSTESİ XI

ŞEKİL LİSTESİ XII

TABLO LİSTESİ XIV

ÖZET XV

ABSTRACT XVII

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 2

1.3 Hipotez 3

2 AHŞAP KORUMA 4

2.1 Ağaç Malzeme 4

2.2 Ahşap Koruma 5

2.3 Ahşap Koruma Yöntemleri 6

2.4 Emprenye Yöntemi 6

2.4.1 Basınç Uygulanmayan Emprenye Yöntemi 7

2.4.2 Basınç Uygulanan Emprenye Yöntemi 8

2.5 Emprenye Maddeleri 9

2.6 Ahşap Korumada Bor Kullanımı 10

3 BOR ELEMENTİ, MİNERALLERİ, BİLEŞİKLERİ 14

3.1 Bor Elementi 14

3.2 Borun Kullanım Alanları 14

3.3 Kolemanit 15
3.4 Üleksit 16
3.5 Disodyum Oktaborat Tetrahidrat (Etidot-67) 17
3.6 Türkiye ve Dünya Bor Rezervleri 17
4 ÖNCEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR 19
5 DENEYSEL ÇALIŞMALAR 22
5.1 Kullanılan Hammaddeler 22
5.1.1 Üleksit,Kolemanit ve Etidot-67 Hammaddeleri 22
5.1.2 Sarıçam(*Pinus sylvestris L.*) 22
5.1.3 Etilen Glikol 23
5.2 Ekipmanlar 24
5.2.1 Tek Vidalı Ekstrüder 24
5.2.2 Laboratuvar Malzemeleri 25
5.2.3 Karakterizasyon cihazları 25
5.3 Deneysel Yöntem 26
5.3.1 Harç Hazırlanması ve Çubukların Üretimi 26
5.3.2 Isıl İşlem Görmüş Çubuklara Uygulanan Testler 28
5.3.3 Odun Örneklerinin Hazırlanması 30
5.3.4 Üleksit Çubukların Ahşaba Yerleştirilmesi 31
5.3.5 Odun Örneklerinde Bor Yayılım Miktarının Belirlenmesi 32
6 DENEYSEL SONUÇLAR 36
6.1 Hammaddelerin Karakterizasyon Sonuçları 36
6.2 Hammaddelerin Termal Analiz/Termal Gravimetri (DTA/TG) Sonuçları 36
6.3 Çubukların Isıl Analiz Sonuçlarıı 38
6.4 Çubukların Sertlik Testleri Sonuçları 43
6.5 Çubukların Yoğunluk Testleri Sonuçları 45

6.6 Çubukların Çözünürlük Testleri Sonuçları 46
6.7 Bekleme Süresinin Ardından Odun Örneklerinin Rutubet Miktarları 49
6.8 Odun Örneklerinden Bor Miktarlarının Belirlenmesi 51
7 SONUÇ ve ÖNERİLER 64
A XRD PATERNLERİ 67
KAYNAKÇA 69
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 74

SİMGE LİSTESİ

As	Arsenik
B	Bor
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
Cu K α	Bakır K alfa tüpü
Cl	Klor
Cr	Krom
Dk	dakika
F	flor
g	gram
H	Hidrojen
kg	Kilogram
kPa	Kilopaskal
kV	Kilovolt
mA	Miliamper
ml	Mililitre
kV	Kilovolt
mm	Mili metre
N	Azot
Na	Sodyum
O	Oksijen
s	Saniye
µm	Mikrometre

°C	Santigrat Derece
Θ	Teta Açısı
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

ACQ	Alkalin Bakır Quat
ACZA	Amonyaklı Bakır Çinko Arsenic
APVMA	Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority
BAE	Borik Asit Eşdeğeri
CBA	Bakır Azole
CC	Amonyaklı Bakır Sitrat
CCA	Bakır/Krom/Arsenik
CDDC	Bakır Dimetilditiyokarbomat
DMRT	Duncan's Multiple Range Test
DOT	Di Sodium Oktaborat Tetrahidrat
DTA/TG	Diferansiyel Termal Analiz / Termal Gravimetri
EG	Etilen Glikol
EPA	Enviromental Protection Agency
FT-IR	Fouirer Transform Infrared Spektrofotometre
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
LDN	Lif Doygunluğu Noktasının
PEG	Principal Components Analysis
PMRA	Pest Management Regulatory Agency
RM	Rutubet Miktarları
TBTO	Tributiltin-Oksit
XRD	X-Işını Difraktometre Analizi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Çubuk Örnekleri a) Borat, b) Bor-Bakır Karışımı 13

Şekil 3.1 Örnek Kolemanit Mineral Resimleri 16

Şekil 3.2 Örnek Üleksit Minerali Resmi 16

Şekil 5.1 Remsan Refrakter Malzeme San. ve Tic. A.Ş.'de Bulunan Tek Vidalı Ekstrüder 24

Şekil 5.2 Deneysel Yöntem Şeması 27

Şekil 5.3 Çubuk Üretimi Için Hazırlanmış Olan Harç 28

Şekil 5.4 Ahşap Örnekler a) Etüvde Bekletilen, b) Parafinlenmiş 30

Şekil 5.5 Ahşap Örneklerde Açılacak Olan Deliklerin Şematik Olarak Gösterimi ... 31

Şekil 5.6 Çubuk Yerleştirmek Amacıyla a) Delikler Açılmış Ahşap Örnekler, b) Çubukların Yerleştirilmesi, c) Örneklere Enjekte Edilen Etilen Glikol, d) Yerleştirilmiş Çubukların Görseli 31

Şekil 5.7 Desikatörde Klima Odasında Bekletilen Numuneler 32

Şekil 5.8 Odun Örneklerinin 2'ye Bölünmesiyle Elde Edilen Yüzeyler Yatay a), Üstten Görünüş b) 33

Şekil 5.9 Bor Miktarını Belirlemek Için Odun Örneklerinden a) Farklı Bölgelerden Alınan Parçaların Şematik Gösterimi, b) Gerçek Görsel 33

Şekil 5.10 Anton Paar Microwave Digestion System-Multiwave GO Mikrodalga Yakma Sistemi a), Bilyeli Odun Öğütme Cihazı b) 34

Şekil 6.1 Kolemanit Mineralinin TG/DTG Eğrileri 36

Şekil 6.2 Üleksit Mineralinin TG/DTG Eğrileri 37

Şekil 6.3 Etidot-67 mineralinin TG/DTG eğrileri 38

Şekil 6.4 Oda Sıcaklığında Kurutulmuş Bor İçerikli Çubuklar a) Kolemanit, b) Üleksit, c) Etidot-67 39

Şekil 6.5 Isıl İşlem(30°C, 50°C Ve 70°C) Uygulama Sonrası a) Kolemanit Çubuklar, b) Üleksit Çubuklar 40

Şekil 6.6 100°C Isıl İşlem Sonrası Kolemanit, Üleksit ve Etidot-67 Çubuklar 41

Şekil 6.7 200°C Sıcaklıkta Bekletilen a) Kolemanit, b) Üleksit Çubuklar 41

Şekil 6.8 200°C Sıcaklıkta Bekletilen Etidot-67 a), Etidot-67-Katkı Karışımı Çubuklar b) 42

Şekil 6.9 400°C Sıcaklıkta Bekletilen a) Kolemanit, Üleksit, b) Etidot-67 İçeren Çubuklar 42

Şekil 6.10 400 °C Sıcaklıklarda Bekletilen Katkılı Karışımlar(Kolemanit+Katkı, Üleksit+Katkı, Etidot-67+Katkı) 43

Şekil 6.11 Üleksit, Kolemanit ve Etidot-67 Hammaddeler Kullanılarak Üretilen Çubukların 20°C, 30°C ve 50°C Sıcaklıklardaki Sertlik Değerleri Grafiği . 44

Şekil 6.12 Katkısız Üretilen Çubuklar ile Katkı Eklenerek Üretilen Çubukların Sertlik Değerlerinin Karşılaştırmalı Grafiği 44

Şekil 6.13 Katkısız Çubukların Yoğunluklarının Oda Sıcaklığı(20°C) ve 30°C Karşılaştırmalı Grafiği 45

Şekil 6.14 Katkısız ve Katkılı Çubukların Oda Sıcaklığındaki Yoğunluk Değerlerinin Karşılaştırmalı Grafiği 46

Şekil 6.15 Bor Yayılım Grafiği a) Çubuk, b) Toz Formunda b) 47

Şekil 6.16 Oda Sıcaklığında a) Katkısız Çubukların 6 Saat ve 1gün Sonrası Çözünürlük Grafikleri, Oda Sıcaklığında b) Katkısız Üleksit ve Kolemanit Çubukların 6 Saat ve 1 Gün Sonrası Çözünürlük Grafikleri 48

Şekil 6.17 Üleksit a) Diri Odun Bölgesi için İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE), b) Diri Odun için Üleksit Dağılımı 52

Şekil 6.18 Üleksit a) Öz Odun için İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE), b) Öz Odun Örneklerinde Üleksit Dağılımı 53

Şekil 6.19 Üleksit-Etilen Glikol a) Diri Odun Bölgesi için İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE), b) Diri Odun Örneklerinde Üleksit-Etilen Glikol Dağılımı 54

Şekil 6.20 Üleksit-Etilen Glikol a) Öz Odun Bölgesi için İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE), b) Öz Odun Örneklerinde Üleksit-Etilen Glikol Dağılımı 55

Şekil 6.21 DOT'un a) Diri Odunda İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE), b) Diri Odunda DOT Dağılımı 57

Şekil 6.22 DOT'un a) Öz Odunda İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE), b) Öz Odunda DOT Dağılımı 58

Şekil 6.23 DOT-Etilen Glikol a) Diri Odun için İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (%BAE), b) Diri Odun Örneklerinde DOT-Etilen Glikol Dağılımı 59

Şekil 6.24 DOT-Etilen Glikol a) Öz Odun için İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (%BAE), b) Öz Odun Örneklerinde DOT-Etilen Glikol Dağılımı 60

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri 15
Tablo 3.2 2017 Yılı Dünya Bor Rezervleri 17
Tablo 5.1 Kolemanit, Üleksit ve Etidot-67 Minerallerinin Kimyasal İçerikleri ve Partikül Boyutları 23
Tablo 5.2 XRD ve TG/DTG Analiz Parametreleri 25
Tablo 5.3 Hazırlanan Harç İçeriği 27
Tablo 6.1 Bekleme Süreleri İçinde Odun Örneklerinin Sahip Oldukları Rutubet Miktarları 49
Tablo 6.2 Birinci İnceleme Bölgesi için Karşılaştırma 61
Tablo 6.3 İkinci İnceleme Bölgesi için Karşılaştırma 62
Tablo 6.4 Üçüncü İnceleme Bölgesi için Karşılaştırma 63

ÖZET

Ahşap Koruma Amaçlı Bor İçeren Çubukların Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi

Seçil AYDIN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

Eş-Danışman: Doç. Dr. Evren TERZİ

Ahşabın dayanımını artırıp ömrünü uzatmak, çeşitli biyotik ve abiyotik etmenlere karşı korumak amacıyla uygulanan işlemler uzun yıllardır kullanılmaktadır. Çevreye ve insan sağlığına karşı duyarlılık arttıkça ahşap korumada kullanılan maddeler de zamanla değişmiştir. Bor içerikli koruyucular yangın geciktirici olarak, mantar-böceklere karşı koruyucu olarak çeşitli formlarda kullanılabilmeleri gibi, suda kolay çözünürlükleri, çevreye zararlı etkisinin olmaması gibi birçok sebepten ötürü ahşap korumada tercih edilmektedir.

Tez çalışmasında özellikle yerinde bakım metotlarında kullanılmak üzere disodyum oktaborat tetrahidrat (Etidot-67), üleksit ve kolemanit minerallerinden çubuklar üretilmiş ve ısıl davranış, sertlik, yoğunluk, çözünürlük gibi özelliklerini belirlemek amacıyla katkı eklenerek çeşitli testler uygulanmıştır. Sonuç olarak ahşap korumada yerinde bakım işlemi için katkısız üleksit mineralinin kullanımına karar verilmiştir. %30, %60 ve %90 bağıl nem düzeyindeki getirilen sarıçam odunundan hazırlanan örneklere üleksit çubuklar yerleştirilmiştir. Bekleme süresi, etilen glikol kullanımı,

odunda yerleştirildiği bölge (diri-öz odun) ve rutubet miktarına bağlı olarak üleksit çubuklardan odun yapısına difüze olan bor miktarı ölçülmüş, yüzde borik asit eş değeri (%BAE) olarak hesaplamalar yapılmıştır. Ahşap malzemede iç çürümeye karşı koruma için minimum eşik değeri olan %0,10 BAE değeri ile yapılan karşılaştırmalar sonucu üleksit mineralinden üretilen çubukların yerinde bakım işlemlerinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yapılan testler sonrası kullanılan katkının çubukların sertlik ve termal dayanım gibi özelliklerine karşı bir koruma etkisi yaratmadığı için, bor çubuklarının katkısız üretilmesine karar verilmiştir. Ayrıca özellikle Etidot-67 bor çubuklarının, 70°C'yi aşamayan koşullarda muhafaza edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor minerali, bor çubuk, ahşap koruma.

ABSTRACT

Production and Determination of Properties of Boron Based Rods for Wood Protection

Seçil AYDIN

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

Co-advisor: Assoc. Prof. Dr. Evren TERZİ

Various processes have been used for many years to increase the durability of wood and extend its service life and to protect against a number of biotic and abiotic factors. As the sensitivity to the environment and human health increased, the substances used in wood preservation have changed over time. Boron preservatives are preferred in wood preservation for many reasons such as fire retardant, fungicide-insect protection, various solubility in water, easy solubility in water and no environmental impact.

In this thesis, rods of disodium octaborate tetrahydrate (Etidot-67), ulexite and colemanite minerals were produced especially for on-site maintenance methods and additives were added to determine properties and various tests were applied. As a result, it was decided to use pure ulexite mineral for on-site maintenance in wood preservation. Ulexite rods were placed in the samples prepared from pine wood conditioned to the relative humidity levels of 30%, 60% and 90%. The amount of boron diffusing from the ulexite rods to the wood structure was measured depending on the residence time, ethylene glycol usage, the area where the wood

was placed (sapwood) and the amount of moisture, and the percent boric acid equivalent (% BAE) was calculated. As a result of the comparisons made with 0.10% BAE, which is considered as the minimum threshold value for protection against internal decay in wooden materials, it was concluded that the bars produced from ulexite mineral can be used in on-site maintenance operations. In addition, since the additive used after the tests did not create a protection effect against the properties of the rods such as hardness and thermal resistance, it was decided to produce the boron bars without additives. Also it was determined that Etidot-67 boron rods should be kept under conditions that cannot exceed 70 ° C.

Keywords: Boron mineral, boron rods, wood protection.

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Ağaç malzeme ilk çağlardan beri çok çeşitli alanlarda kullanımı olan, anatomik fiziksel ve kimyasal yapı bakımından farklılıklar gösteren doğal bir malzemedir. Ağaç malzemeler üstün özelliklerine rağmen yağmur, kar, güneş ışığı, mantar ve böcekler gibi biyolojik ve çevresel etkilerden dolayı zarar görmektedir. Son yıllarda ağaç malzemeye karşı talep artışı, ağaç malzemeyi korumanın önemini daha da ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple ağaç malzeme ömrünü uzatmak için çeşitli yöntemler ve maddeler kullanılarak emprenye edilmektedir. Ağaç malzeme, kullanıldığı mekana göre değişik kimyasal maddelerde emprenye edilmektedir aksi taktirde birçok dış etken tarafından zarar görmekte ve onarım-bakım masrafları artmaktadır [1, 2]. En fazla bozunmanın görüldüğü ahşap elemanları yüksek rutubet içeren, çürüklük başlangıcı olan ve toprak ile temas halinde olan ahşap elemanlar olarak sıralayabiliriz. [3]

Ağaç malzemeleri korumak için çeşitli kontrol ve önleme yöntemleri bulunmaktadır. Düzeltici işlemler, uygulamalarda basınçsız kimyasallar kullanır ve koruyucu kimyasalları bir yapının çeşitli alanlarına dağıtılır. Difüze olabilen kimyasallar genellikle binaların ve ahşap malzemelerin iyileştirici işlemleri için seçilir, çünkü bu tür kimyasallar ahşap içindeki su içinde yavaşça hareket eder ve kendilerini ahşapta sabitlememektedir [4].

Özellikle dış mekan koşullarında, ahşap çeşitli ahşap parçalayıcı organizmalar tarafından çürümeye karşı hassas olmasından kaynaklı onlarca yıldır, bu temel sorunun üstesinden gelmek için, odun, kreozot, arsenik, çinko, bakır ve kromat gibi çeşitli kimyasallarla, bileşikler veya kompleksler emprenye işleminde uygulanmıştır. Ancak bu geleneksel biyositlerin çoğu, çevre bilincinin artması nedeniyle Avrupa Birliği pazarından çıkarılmıştır [5].

Ağaç elemanların emprenyesinde biyositlerin kullanımının sınırlandırılması ve ağır metaller içeren emprenye maddelerinin zararlarının fark edilmesinin ardından bor içerikli emprenye maddelerinin kullanımı artmıştır ve bor hakkında araştırmalar halen devam etmektedir. Bor içerikli emprenye maddeleri oduna zarar veren mantar, termit ve böcek gibi canlılara karşı toksik etkisi yaratmaktadır ayrıca ahşabın yanmasını geciktirici etkisi de bulunmaktadır [6, 7].

Büyük ahşap yapılarda iç çürümeyi kontrol için kullanılan en yaygın suda difüze olabilen yöntem, odunda serbest su varlığında ahşaba salınan, yüksek miktarda bor içeren borat çubuklardır. Bor hem çürük mantarlarına hem de böceklere karşı son derece aktiftir ve hedef olmayan organizmalara karşı çok düşük toksisiteye sahiptir ve bu sebeple emprenye işlemi çok cazip bir kimyasaldır. Rutubetli oduna difüze olabilen bor değişik formlarda yerine bakım için uygundur ancak en çok kullanılan bor formu çubuk şeklinde olandır [8, 9].

Çubuk formuna ek olarak toz, jel, yoğun glikol esaslı çözeltiler ve macun formları da yerinde bakım metodlarında kullanılmaktadır. Toz halindeki boratlar, genellikle de di-sodyum oktaborat tetrahidrat (DOT) %15'lik konsantrasyonda çözelti elde etmek amacıyla su ile karıştırılarak kullanılmaktadır. DOT çözeltileri ahşaba spreyleme ya da fırça ile sürülerek uygulanmaktadır. Toz DOT ahşapta açılan deliklere doldurularak da kullanılabilmektedir [5].

Bor içeren koruyucu maddelerin difüzyonu birçok etmene bağlıdır. Bu etmenler, rutubet, difüzyon zamanı ve yönü, diri-öz odun faktörü, odun kalınlığı, sıcaklık, odun yoğunluğu şeklinde sıralayabiliriz [10].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, ahşap malzemenin biyolojik, kimyasal ve fiziksel faktörler sebebiyle hizmet ömrünün olumsuz etkilenmesini en az indirgemek amacıyla üretilen bor çubuklarının yapılarına eklenen katkı maddeleri ile birlikte özelliklerinin belirlenmesi ve seçilen bor mineralinden üretilen bor çubuklarının yerinde bakım amacıyla ağaç malzemede kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla uygulanan ısıl işlemin ardından sertlik testi, yoğunluk testi ve çözünürlük testleri yapılmıştır. Uygulanan testler sonucunda katkısız üleksit çubukların yerinde

bakım amacıyla ahşaba yerleştirilmesine karar verilmiştir. Farklı rutubet seviyelerine getirilen sarıçam odununun öz ve diri odun bölgelerinden alınan örneklere üleksit çubuklar yerleştirmiş, 7, 30, 60 ve 90 gün bekleme süreleri sonrası odunun 3 farklı bölgesinden alınan örneklerde bor dağılıma incelenerek tez çalışması gerçekleştirilmiştir.

1.3 Hipotez

Ahşap koruma amaçlı yerinde bakım metodu için uygun farklı bor mineralleri seçilerek fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla testlerin yapılabileceğine karar verilmiştir. Testler sonrası üleksit mineralinin daha önce yerinde bakım yönteminde kullanılmadığı belirlenmiştir. Üleksit içeriğinin tek vidalı ekstrüder yöntemi ile çubuk formuna getirilebileceği ve ahşap içerisine yerleştirilerek iç çürümeye karşı koruma için minimum eşik değerine ulaşılabileceği düşünülmüştür.

2
AHŞAP KORUMA

2.1 Ağaç Malzeme

Ağaç gövdesi temelde odun, kambiyum ve kabuktan meydana gelmektedir. Odun kısmı öz ve diri, kabuk kısmı ise iç ve dış kabuk olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Odun kimyasal içerik olarak selüloz, hemiselüloz, lignin, düşük molekül ağırlığına sahip ekstraktif bileşenler ve çok miktarda serbest hidroksil grubu içeren doğal bir malzemedir. İçeriğindeki hidroksil grupları sebebiyle higroskopik bir yapıdadır ve değişik oranlarda bünyesine su alabilmektedir. Kabuk kısmı incelendiğinde mantar tabakasının da olduğu görülmektedir. Bu tabaka lignin, karbonhidrat ve hidroksil asit komplekslerde oluşmaktadır [11, 12].

Birçok ağaç türünde enine kesit alındığında özün etrafında koyu bir bölge ve dışa doğru açılan değişik renkte tabakalar mevcuttur olduğu görülür. Bu tabakalar dıştan içeri doğru; dış kabuk, iç kabuk, kambiyum, yıllık yaş halkaları ve öz şeklindedir. En dışta bulundan dış kabuk genellikle ölü hücrelerden oluşur. Öz, ağacın henüz genç yaşlarında su iletimi ve depolama görevini yerine getiren bölgedir, ileriki yaşlarında ise diri ve öz odun şeklinde iki bölüm görülür. Ağacın türüne göre farklı yaşlarda oluşumu başlayan ortadaki koyu renkli bölge öz odun, daha dış tarafta kalan daha açık renkli kısım da diri odun olarak adlandırılır. Öz odun, özün çevresinde yer alıp, ölü hücrelere sahiptir ve bu sebeple emprenye edilmesi güçtür. Ağaçtaki bu kısmın içeriğindeki ekstraktif maddeler sayesinde mantar ve böceklere karşı doğal bir koruma sağlar. Diri odun enine kesitte bakıldığında daha dış tarafta kalıp ve su iletimi ve depolamasını yapan kısımdır. Diri odunda onu mikroorganizmalara karşı koruyacak olan ekstraktif maddeler bulunmadığından öz oduna göre dayanıklılığı daha düşüktür. Ancak permeabilitesi yüksek olan diri odun, kimyasal koruyucu maddelerin ahşaba nüfuzunu kolaylaştırmaktadır bu nedenle ahşap malzeme zararlı mikroorganizmalara karşı korunabilmektedir [13, 14, 15].

2.2 Ahşap Koruma

Ahşap malzeme dünya ekonomisinde, özellikle yapı, inşaat ve mobilya endüstrisinde, önemli bir yere sahip yenilenebilir bir kaynaktır. Ancak giderek azalan orman varlığı nedeniyle ahşanın kullanım ömrünü uzatmak önemli hale gelmiştir. Ahşap koruma temelde yangına, kimyasal bozunmaya, fiziksel aşınmaya ve biyolojik saldırıya karşıdır. Ahşabın kullanımında, taşınımında, saklanmasında bozunmasını geciktirecek bazı yöntemler uzun bir süredir kullanılmaktadır. Ancak korumada kullanılan kimyasal koruyucuların çevrede yarattığı kirlilik ve bu kimyasalların imhası ekolojik olarak daha dost teknolojilerin araştırılmasına sebep olmuştur [7, 16, 17].

Ahşap korumanın kökenleri en eski yazılı tarihimize kadar uzanmaktadır. Geçmişte, ahşap malzemelerin kömürleştirme methoduyla ya da ağaç malzemeyi kuru tutma metodlarıyla koruma sağlandığı, gemi üreticilerinin bazı zararlılardan kaçınmak için çeşitli özleri tekne yüzeylerine sürdükleri, bitkisel, hayvansal ve mineral yağların koruma amaçlı kullanıldığı bilinmektedir [18, 19].

Ahşap koruma amaçlı uygulamaları temelde kısa süreli ve uzun süreli koruma şeklinde ikiye ayırabilmek mümkündür. Kısa süreli koruma 6 aydan daha kısa sürerken, uzun süreli koruma 50 ila 100 yıl arası değişebilir. Kısa süreli koruma, ahşabın çürümeye uygun olduğu dönemde kısıtlı bir süre boyunca koruma şeklinde açıklanabilir. Bu tür uygulamalar, yeni kesilmiş kerestenin mantar saldırısına çok açık olduğu kuruyana kadarki zaman aralığında korunmasının kapsar. Daha uzun süreli koruma gereken durumlarda kullanılacak kimyasal miktarı ve ne kadar derine uygulanacağı büyük ölçüde farklılık göstermektedir [18].

Uzun yıllardır kullanılan ahşap malzemelerin kullanılma amaçlarına göre bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Ahşap; heterojen, anizotrop ve lif dokusu; higroskopik, viskoelastik, ses, poröz, ısı, iletkenlik, elektrik gibi özellikleri sebebiyle önemli bir malzemedir. Doğal bir ürün olmasından kaynaklı biyolojik bozunmaya, kimyasallara, hava koşullarına, yangına ve yıpranmaya karşı hassastır. Bu sebeplerle ahşap korumada en çok kullanılan yöntem olan emprenye ile çeşitli kimyasallar kullanılarak ahşabın korunması sağlanmaktadır [2, 20, 21, 22].

Ahşapta en fazla zararın görüldüğü bazı bölgeleri şu şekilde sıralayabiliriz; toprakla temas eden bölgeler, rutubet oranının fazla olduğu bölgeler, çürüklüğün başladığı bölgeler, çatı ve tavan arasında bölgeleri, yapı temel malzemeleri, dış cephe kaplamaları, tuzlu su ile temas bölgeleri vb. özellikle yerinde bakım metotlarının uygulandığı toprağa temas eden bölgelerdeki uygulamalardan demiryolu traversleri, tel ve çit direkleri, toprağa yerleştirilen temel direkleri gibi ahşap elemanlarda sık sık zarar görülmektedir [3].

2.3 Ahşap Koruma Yöntemleri

Ahşap korumada temelde odununun modifikasyonu ve emprenye metotları mevcuttur. Odunda uygulanan modifikasyon yöntemini odunda meydana gelen olumsuzlukları, yapısını değiştiren ya da iyileştiren yöntemler şeklinde açıklamak mümkündür. Odun modifikasyon yöntemlerin kimyasal, fiziksel, termal ve enzimatik modifikasyon olarak gruplandırılır. Etkili modifikasyon işlemleri ile odunun su absorpsiyonu azalır ve odunun dış faktörlere karşı direnci artar, mantarlara karşı dayanım ve boyutsal kararlılık artar [23, 24].

Ağaç malzemeyi koruma yöntemlerinden bir diğeri olan emprenye yöntemi, basınç uygulanan ve basınç uygulanmayan metotlar olmak üzere 2 ana gruba ayrılmaktadır.

2.4 Emprenye Yöntemi

Emprenye yöntemi, anizotrop olan ağaç malzemenin değişik abiyotik ve biyotik faktörlere karşı korunması için, sıvı karakterde koruma maddelerinin ahşabın yapısına verilmesi şeklinde açıklanabilir.

Ağaç malzemenin kullanılacağı ortama göre emprenye malzemesi seçilmektedir. Koruma sağlamak amacıyla çeşitli maddeler yıllardır kullanılmaktadır. Önceki yıllarda hayvansal, bitkisel ve mineral yağlardan yararlanılırken ağaç malzemenin kullanımı arttıkça, koruma amaçlı kimyasalların kullanımına başlanılmıştır. Yapılan çalışmalarda bakır, çinko ve arsenik gibi bileşiklerin emprenye amaçlı kullanılabileceği görülmüştür. 2500'den fazla kimyasal şimdiye kadar ağaç malzemeyi korumada kullanılmıştır [21].

En yaygın emprenye maddelerinden bakır/krom/arsenik (CCA), kreozot ve pentaklorofenol (PCP) kullanımının ekolojik dengeye, insan ve diğer canlılara olan zararı sebebiyle kullanımları birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu kimyasalların ahşap korumada kullanımını kaldırmak ve kullanılabilecek alternatif ahşap koruyucular için yapılan araştırmalarda borlu bileşikler ön plana çıkmıştır [25].

Seçilecek olan emprenye yöntemi uygulamaya, kullanılan kimyasala, ağacın türüne gibi birçok parametreye bağlı olduğundan dolayı değişiklik göstermektedir [18].

2.4.1 Basınç Uygulanmayan Emprenye Yöntemi

Bu yöntemler kısmen daha basit araçlar kullanılarak uygulanabilmelerinden dolayı, ahşaba kolaylıkla uygulanabilmektedirler. Ancak dezavantajları emprenye maddesinin ahşap malzemeye derinlemesine nüfuz edememesidir ve bu sebeple koruma süresi daha kısadır [26].

2.4.1.1 Emprenye Maddesinin Yüzeye Sürülmesi veya Püskürtülmesi

Kullanılacak olan emprenye maddesinin yüzeye sürülmesi ile ince bir tabaka oluşur mantara ve böceklere karşı koruma sağlar. Kimyasal madde, kapiler etki ile odun yüzeyine geçer. Bu uygulamada kimyasalın ne kadar derine nüfus edeceği ağacın türüne ve kullanılan kimyasala bağlıdır. Ancak genellikle birkaç milimetre kadar derine nüfuz etmektedir. Bu uygulamada kimyasalın yüzeye uygulanmasının ardından birkaç saniye kimyasalın nüfus etmesi için beklenir ve ardından fazla olan emprenye maddesi fırça yardımıyla yüzeyden uzaklaştırılır. Bu yöntem, uygulanılan ahşap yüzeyden yukarıda ise ve düzenli olarak tekrar uygulama söz konusu olursa koruma sağlar ancak bu kısıtlı bir korumadır. Sedir ve kızılağaç gibi daha dayanıklı ağaç türlerinde bu yöntemin kullanım ömrünü uzattığı görülmüştür. Ancak bu yöntem genellikle 1-2 yıl koruma sağlamaktadır [18, 27].

2.4.1.2 Emprenye Maddesini Daldırması

Daldırma yöntemi, emprenye maddesinin sürülerek uygulanmasına nazaran daha etkili bir koruma sağlamaktadır ancak bu yöntemde de emprenye maddesi kapiler etki ile ahşaba nüfuz etmektedir. Uygulama süresinin uzatılması emprenye maddesinin diri oduna nüfuz etmesine olumlu yönde etki yaparken, uygulamanın öz oduna etkisi oldukça sınırlıdır. Uygulanan emprenye maddesinin viskozitesini

azaltmak amacıyla ısıtma işlemi, uygulamayı geliştirmek için kullanılan bir yöntemdir [18].

2.4.1.3 Sulama Metodu

Sulama işlemi mekanik bir işlemdir ve hızlıca uygulanabilmektedir. Ahşap malzeme organik çözücülü emprenye malzemesinde yüzdürülürken aynı zamanda uzunluğu 1 ila 1,5 m arasında değişen bir tünelde geçirilir ve bu esnada yukarıdan emprenye maddesi püskürtülür. Bu yöntemin koruma derecesi fırça ile sürme yöntemi ile aynı olduğu söylenebilir [15].

2.4.1.4 Açık Kazanda Sıcak ve Soğuk Metot

Basınç uygulanmayan yöntemler arasında en etkili olan metottur. Prensip olarak sıcaklık değişiminden kaynaklı basınç farkı kullanılıp, bu sayede emprenye maddesi ahşap elemana derinlemesine nüfuz edebilmektedir.

Metodun uygulanmasında öncelikle hava kurusu haldeki ahşap malzeme sıcak emprenye maddesi içine batırılır bu sayede ağaç malzemenin hücreleri içlerindeki hava ısınıp genişlediği için dışarı atılır. Bir sonraki adımda ahşap malzeme soğuk emrenye maddesine batırılır. Soğuma sebebiyle hücrelerdeki küçülen hava bir vakum etkisi yaparak emprenye maddesini ahşabın iç kısımlarına doğru çeker ve emprenye maddesine derinlemesine nüfuz edebilmektedir [15].

2.4.2 Basınç Uygulanan Emprenye Yöntemi

Bu yöntemde amaç vakum ve basınç birleşimi ile emprenye maddesinin ağaç malzemede daha derine nüfuz etmesini sağlamaktır. Bu proseste vakum yapabilen ve basınç uygulayabilen kapalı tanklar kullanılmaktadır. Aynı anda çok sayıda ağaç malzeme emprenye edilebildiği için avantajlı bir yöntemdir ayrıca emprenye maddesinin miktarı rahatlıkla ayarlanabilmektedir.

Dolu hücre ve boş hücre metodu olmak üzere 2 alt gruba ayrılmaktadır. 1830'larda patenti alınan dolu hücre yönteminde odun öncelikle emprenye için hazırlanmış olan tanka yerleştirilir ardından vakum uygulanarak ağaç malzeme içerisindeki havanın alınması sağlanır. Emprenye maddesi tanka verilirken vakum işlemi devam ettirilir. Emprenye maddesinin tamamı tanka verildikten sonra basınç yavaşça

sisteme geri verilir ve bu basınçla birlikte emprenye maddesi odunun içerisindeki boşlulara nüfuz eder. Boş hücre yönteminde ise amaç kullanılan emprenye maddesinin miktarını azaltmaktır ve dolu hücre yönteminden farkı vakum işleminin uygulanmamasıdır [15, 26].

2.5 Emprenye Maddeleri

Günümüzde bilinen 2500 civarında emprenye maddesi bulunmaktadır ve bu maddelerin bazıları tek bazıları ise birlikte ahşap korumada kullanılmaktadırlar. Emprenye maddelerinde önemli olan kullanılan emprenye maddesinin sadece hedef olan organizmaya etkili olması, hedef olamayan organizmalara zarar vermemesidir. Ağaç malzemeyi koruma amaçlı kullanılan emprenye maddeleri 3 temel grupta toplanabilir: suda çözünen emprenye maddeleri, yağlı emprenye maddeleri ve organik çözücüde çözünen emprenye maddeleri [17, 28].

Yağlı emprenye maddelerinden en önemlisi maden kömüründen elde edilen kreozottur. İnsan sağlığı açısından kreozot, kapalı mekanlarda kullanıma uygun olmadığı için daha çok açık alanlarda kullanılır. Maden kömürü katranı, linyit kömürü katran yağı, odun katranı ve katran yağı yağlı emprenye maddelerine örnek olarak verilebilir [15, 27, 28].

Organik çözücülü emprenye maddelere örnek olarak naftanatlar, tributiltin-oksit (TBTO), pentaklorofenol ve organik cıva bileşikleri verilebilir.

Suda çözünen emprenye maddeleri krom, bakır, arsenik, bor, çinko gibi maddelerinden tuzlarından oluşurlar. Emprenye maddelerinden bakır/krom/arsenik (CCA), amonyaklı bakır çinko arsenik (ACZA), amonyaklı bakır sitrat (CC), alkalin bakır quat (ACQ), bakır azole (CBA), bakır dimetil ditiyokarbomat (CDDC) gibi suda çözünen emprenye maddeleri, işlem sonrası odun yapısıyla reaksiyona girmekte ya da çökelme ile oduna bağlanmaktadırlar. Bu reaksiyonlara fiksasyon adı verilmektedir ve fiksasyon sonucu bu maddeler yıkanmaya karşı dirençli bir hale gelmektedirler [15, 27, 28].

CCA uzun süre en önemli emprenye maddelerinden biri olarak görülse de arsenik ve krom içermesinden kaynaklı çevre örgütlerinin baskıları ile kullanımı büyük ölçüde azalmıştır. Aralık 2003'ten itibaren Amerika'daki Çevre Koruma Örgütü

(EPA) ve Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu (PMRA), Avrupa Komisyonu (AK) ve Avustralya Pestisitler ve Veteriner İlaçları Kurumu (APVMA) tarafından alınan karla CCA kullanımı, Avrupa, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri ve Avusturalya'da konutlarda kullanımı yasaklanmıştır ancak Asya ve Afrika ülkelerinde halen kullanımı mevcuttur [29, 30].

2.6 Ahşap Korumada Bor Kullanımı

Borun ahşap korumada ilk kullanımı 1913 yılında geliştirilen krom-bor karışımına dayanır ve özellikle 20. Yüzyılın son yarısından itibaren borun ahşabı mantarlara, böceklere ve termitlere karşı korumasından kaynaklı, kullanımı hızla artmıştır. Bor saf bileşik olarak, mineraller şeklinde ve değişik kombinasyonları şeklinde ahşabı koruma kullanılabilmektedir. Çevreye ve hayvanlara karşı düşün toksisitesi, düşük maliyeti, ahşaba kolayca uygulanabilirliği, korozif olmayışı, uçucu olmayışı vb. olumlu özellikleri sebebiyle borun kullanımı uzun yıllardır devam etmektedir [28].

Bor bileşikleri yüksek konsantrasyonda kullanıldığında oluşturdukları kompleksler ile ahşaba zarar veren canlılara karşı toksik özellik göstermektedir. Ayrıca bor bileşiklerinin bir diğer özelliği ise hem insektisit hem de fungisit özellik gösteren tek emprenye maddesi olmasıdır [6].

Bor elementinin nem/rutubet varlığında gösterdiği yüksek difüzyon özelliği, uzun sürelerdir kullanılan emprenye maddelerinin nüfuz edemediği bölgelere ulaşabileceği anlamına gelmektedir. Gerekli durumlarda yerinde bakım için de bor mineralleri kullanılabilmektedir.

Bor mineralinin şimdiye kadar değişik formlarda kullanımı mevcuttur: toz, jel, katı çubuk, macun vb. Toz halinde kullanımı genellikle DOT (disodium oktaborat tetrahidrat) %15 konsantrasyonda çözelti oluşturmak için su ile karıştırılır ve oluşturulan çözelti spreyle veya fırça ile sürme yöntemleri ile uygulanmaktadır.

Ahşap malzemede daha iç kısımlara ulaşabilmek için toz halindeki DOT ahşapta açılan deliklere de doldurulabilmektedir. Ayrıca su varlığında borik asit yayan bor çubuklarının yerinde bakım metodunda kullanımı mevcuttur [3, 32].

Emprenye maddelerinin etkileri açık havada kullanımlarında ahşap maddenin özellikle bazı kısımlarındaki fazla yıpranmadan kaynaklı etkileri kısa zamanda

kaybolmaktadır. Tahrip olmaya daha müsait bu kısımların etrafına ya da içerisine konsantre halde emprenye tuzları yerleştirilerek, bu maddelerin ahşaba nüfus etmesi sağlanır. Yerinde bakım adı verilmekte olan bu yöntemin alt grupları, bandaj yöntemi, kobra yöntemi ve oyma delik yöntemi şeklinde söylenebilir. Yerinde bakım işlemi için hali hazırda ticari olarak satılmakta olan bor-bakır ve bor flor içerikli çubuklar bulunmaktadır [33, 34].

Emprenye maddesindeki aktif bileşen konsantrasyonu genel olarak disodyum oktaborat tetrahidratın (DOT) yüzdesi olarak verilir ancak borik asit eşdeğeri (BAE) ya da borik asit eşdeğer yüzdesi (BAE%) olarak da verilebilmektedir. Difüzyonunun gerçekleşmesi için odun nem içeriğinin en az %20 olması gerektiği düşünülmektedir ve bu oran, dışarıda kullanılan ahşap elemanlarda herhangi bir koruma olmadığı taktirde çoğunlukla aşılmaktadır. Difüzyonun %40 ve daha fazla nem oranında büyük ölçüde daha hızlı olduğu görülmüştür [3].

Difüzyonun geniş bir nem aralığında gerçekleştiği doğrudur ancak suyun ahşap içerisinde sürekli olmadığı durumlarda difüzyon daha kompleks bir proses haline gelmektedir. Doymamış odunda gaz ya da buhar bölgeleri buhar su fazını parçalayarak yerel bariyer görevi görür. Bu durum birim alandaki difüzyon için mevcut yol sayısında azalmaya sebep olur. Doymuş odunda difüzyon, içerisindeki su odunun gözenekler boyunca her yöne ilerleyebileceği için daha kolay gerçekleşecektir. Bu sebeple difüzyon hızı, odun içerisindeki suyun değişkenliği difüzyon hızını etkilemektedir [10,35].

Koruma amaçlı kullanılan madde konsantrasyonu ile odun içerisindeki serbest suyun kimyasal konsantrasyonu arasında fark olduğu müddetçe difüzyon devam edecektir. Eşitlik 2.1 ve 2.2 de verilen Fick'in birinci ve ikinci yasaları, sabit bir difüzyon katsayısı varsayımını kullanarak, genellikle odun içine difüzyonu ifade eder. Bu, difüzyon katsayısı konsantrasyondan bağımsız olduğunda doğrudur ancak ahşap ısıtılırsa, kurutulursa ya da emprenye edilirse zaman içerisinde ahşabın içindeki koşullarda bir değişiklik olacaktır ve bu sebeple kararsız durum akışı gerçekleşecek ve difüzyon katsayısı değişecektir [10,35].

$$F=-D(\partial C/\partial X) \quad (2.1)$$

$$\partial C/\partial t=D(\partial C/\partial X^2) \quad (2.2)$$

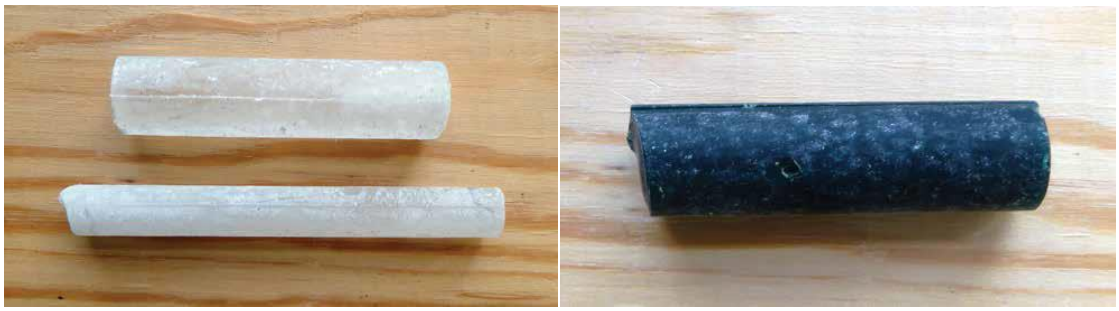
Eşitlik 2.1'de gösterilen F, birim alandaki transfer hızını; C, difüze olan maddenin konsantrasyonunu; X, alana dik yöndeki pozisyon koordinatını; D ise difüzyon katsayısını göstermektedir. Kararsız hal difüzyonu Fick'in 2. Yasasına tabidir. Ancak difüzyon katsayısı değiştiğinde Fick'in 2. Yasası bazı diferansiyel denklemlerle değiştirilmelidir [10,35]. Hem fiziksel hem de kimyasal koşullardan etkilenen difüzyon, Fick'in 2. Yasası ile ifade edilebilmektedir ancak bu diferansiyel denklemin tek bir basit integral çözümü yoktur, ancak başlangıç, sınır ve diğer koşullara bağlı olarak difüzyon katsayısı D'nin C konsantrasyonuyla değişip değişmediğine bağlı olarak çeşitli çözümler türetilmiştir. Difüzyon katsayısı D, artan sıcaklıkla artar. Bir Arrhenius tipi denklem, difüzyon katsayısının sıcaklık bağımlılığını tanımlamak için yaygın olarak kullanılır:

$$D=A_f T^{1/2} e^{(-E/RT)} \quad (2.3)$$

Burada D, difüzyon katsayısı; A_f, rekans faktörü; T, mutlak sıcaklık; E, aktivasyon enerjisi ve R ise genel gaz sabitini ifade etmektedir [36].

Borun ahşaptaki çözünürlüğü nem içeriği dışında daha birçok etmene de bağlıdır. Sıcaklık, ahşap elemanın kalınlığı, difüzyon zamanı ve yönü, öz ve diri odun faktörü gibi diğer faktörüler de çözünürlüğe etki etmektedir [10].

Yerinde bakımda kullanılan çubuklar katı halde sıkıştırılmış veya kaynaşmış aktif difüze edilebilir koruyucular içerir ve bu tür çubuklardan yaygın içerik bordur. Şekil 2.1'de yerinde bakım amaçlı kullanılan çubuk örnekleri gösterilmektedir. Borun yanında ek olarak sodyum florür ve bakır da kullanılmaktadır. Çubuk formülasyonunun avantajı uygulamasının kolay olması ve dökülme vb uygularken meydana gelebilecek risklerin az olmasıdır. Dezavantaj olarak da uygulama sırasında difüzyona yardımcı olan suyu içermemeleri verilebilir. Buna önlem olarak bazı uygulamalarda çubuk hacminden daha geniş açılan uygulama deliklerine borat çözeltisi doldurulmaktadır [3].



a) b)

Şekil 2.1 Çubuk örnekleri a) borat, b) bor-bakır karışımı [3]

Borlu bileşikler ağaç malzemedeki yapılara doğrudan bağlanmamaktadır ve kimyasal fiksasyon gerçekleşmemektedir. Borlu bileşiklerin çözünürlüklerinin fazla olmasından kaynaklı ahşama muamele edilen emprenye maddeleri kolaylıkla yıkanmaktadır. Borun su varlığında kolayca uzaklaşmasını engellemek amacıyla borun oduna bağlanması üzerine çalışmalar halen yapılmaktadır [37].

3
BOR ELEMENTİ, MİNERALLERİ, BİLEŞİKLERİ

3.1 Bor Elementi

Kökeni Buraq/Baurach (Arapça) ve Burah (Farsça) kelimelerinden gelen bor (B), 1808 senesinde Gay-Lussac ve Jacques Thenard ile Sir Humphry Davy tarafından bor oksitin potasyum ile ısıtılması ile üretilmiştir.

Bor elementi periyodik tabloda B simgesi ile gösterilmekte olup atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81 g/mol'dür. Periyodik cetvelde 3A grubundaki ilk ve en hafif üye olmakla birlikte temel hal elektron dizilişi $1s^2$ $2s^2$ $2p^1$ şeklindedir. Ayrıca metal ile ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir ve yeryüzündeki 51. en yaygın elementtir. Bor toprakta genellikle ortalama 10-20 ppm, deniz suyunda 0,5 ila 9,6 ppm aralığında, tatlı sularda 0,001-1,5 ppm aralığında bulunmaktadır [38,39].

Serbest şekilde doğada bulunmayan bor diğer elementlerle bileşikler halinde bulunur. Tabiatta yaklaşık olarak 250 çeşit bor minerali mevcuttur. Oksijenle bağ yapmaya yatkın oluşundan dolayı çok değişik bor-oksijen bileşimi vardır [40, 41].

Bor elementi, doğada 250'den fazla mineralin yapısında bulunmaktadır ancak ticari öneme sahip olanların sayısı azdır ve bu minerallerin değeri içeriğindeki %B_2O_3 miktarı ile belirlenmektedir [42].

Ticari anlamda önemli olan bor mineralleri Tablo 3.1'de verildiği gibi; kolemanit, tinkalkonit, üleksit, borasit, pandermit ve hidroborasit şeklinde söylenebilir [43].

3.2 Borun Kullanım Alanları

Bor kullanıldığı sektörlerde çoğunlukla rafine bor ürünleri şeklinde tüketilmektedir ancak konsantre bor şeklinde de tüketimi mevcuttur. Bor minerallerinin en çok tüketildiği alanlara baktığımızda cam sektörü %47'lik bir oran ile ilk sırada yer almaktadır. Seramik sektöründeki kullanımı %15'tir, sır hazırlanmasında kullanıldığı görülmektedir. %2 oranında deterjan ve temizlik ürünlerinde, %16

oranında tarımda kullanımı mevcuttur. Toplam bor kullanımının %80'lik bölümü bu sektörlerde toplanmıştır. Borun kullanıldığı tüm sektörleri şu şekilde sıralayabiliriz; savunma, cam, elektrik ve bilgisayar, enerji, görüş sistemleri, ilaç ve kozmetik, iletişim araçları, inşaat, kağıt, kimya, koruyucu malzeme, makine, metalurjik ürün, otomobil, seramik, spor malzemeleri, tarım, tekstil, tıp, uzay ve havacılık, nükleer endüstrisi [43, 44].

Tablo 3.1 Ticari önemi olan bor mineralleri [43]

Mineral ismi	**Kimyasal formül**	**B_2O_3 oranı**
Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11}.5H_20$	50,8
Tinkal	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	36,5
Üleksit	$NaCaB_5O_9.8H_2O$	43
Kernit	$Na_2B_{14}0_7.4H_2O$	51
Pandermit	$Ca_4B_{10}O_9.7H_2O$	49,8
Hidroborasit	$CaMgB_6O_{11}.6H_2O$	50,5

3.3 Kolemanit

Kimyasal formülü $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$ olan kolemanit mono klinik sistemde kristallenmektedir. Çoğunlukla eşboyutlu ve kısa prizmatik kristalli ve taneseldir. Sertliği 4-4,5 mohs, özgül kütlesi ise 2,42 g/cm^3, B_2O_3 içeriği %50,8 ve bor içeriği ise %15,7'dir. Suda yavaş çözünür ancak HCl içinde hızla çözünen kolemanit ısıtıldığında suyunu kaybederek dağılır. Kolemanit minerali camsı parlaklığa sahiptir ve renksiz, beyaz, şeffaf-yarı şeffaf formlarında bulunabilir. Siyah ve gri killerin ara tabakalarında bulunan bu mineral içerisinde büyük kazanlara benzeyen boşluklar mevcuttur ve bu boşluklar içerisinde 5-6 cm uzunluğunda monoklinikal kristaller şeklinde bulunmaktadır. Bor bileşikleri içerisinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında bulunur [45, 46, 47].



a)



b)

Şekil 3.1 Örnek kolemanit mineral resimleri a) ve b) [48, 49]

3.4 Üleksit

Kimyasal içeriği %42,95 B_2O_3, %7,65 Na_2O, %35,55 H_2O ve %42,95 B_2O_3 şeklinde olan üleksit doğada masif, karnabahar, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Beyaz, gri renk tonlarında ve ipek parlaklığında olabilir. Isıl işlem altında bünyesindeki kristal suyu kaybederek mineral yapısında değişmeler meydana gelir. Türkiye'de Kırka, Bigadiç ve Emet'te, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır. Bigadiç yatağında ikinci cevher olarak bulunan üleksite Emet'te bulunan yataklarda 3 değişik düzeyde rastlanmaktadır [50, 51].



Şekil 3.2 Örnek üleksit minerali resmi [51]

3.5 Disodyum Oktaborat Tetrahidrat (Etidot-67)

Etidot-67 ya da disodyum oktaborat tetrahidrat ($Na_2B_8O_{13}.4H_2O$) beyaz, kokusuz düşük yoğunluğa sahip toz formatında olan bir Eti Maden ürünüdür. İçeriği; %14 Na_2O, %67 B_2O_3 (ağırlıkça %20,9 B) ve %19 H_2O şeklindedir. Diğer boratlara kıyasla çözünürlüğü en yüksektir ve birim kütle başına en çok bor içeriğine sahiptir. Etidot-67 düşük konsantrasyonlu çözeltilerinde hafif alkali özellik sergiler. Ancak yüksek konsantrasyona çıkıldığında çözeltilerinde nötr özellik sergiler [52].

3.6 Türkiye ve Dünya Bor Rezervleri

Türkiye'de bilinen bor yatakları özellikle Kırka/Eskişehir, Bigadiç-Susurluk/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya'da bulunmaktadır. Türkiye'de rezerv açısından en çok bulunan bor cevherleri kolemanit ($2CaO.3B_2O_3.5H_2O$) ve tinkal ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)'dir. Türkiye'de önemli tinkal yatakları Kırka'da kolemanit yatakları ise Emet ve Bigadiç civarında bulunmaktadır.

Bunlara ilaveten, Bigadiç'te az miktarda üleksit rezervi mevcut olup Kestelek'te zaman zaman üleksit yan ürün olarak elde edilmektedir. Rezerv miktarları mineral bazında aşağıda verilmektedir. Türkiye dünya bor rezervlerinin %72'sine sahiptir.

Dünyadaki rezervler incelendiğinde önemli bor yataklarının Türkiye, Rusya, Güney Amerika ve ABD şeklinde 4 bölgede toplandığı görülmektedir. Bunlar Türkiye'nin içinde bulunduğu Güney Orta Asya orojenik kemeri, Doğu Rusya, Güney Amerika'daki And Kemeri ve ABD'nin Kaliforniya eyaletinde bulunan Mojave Çölü'dür [43].

Tablo 3.2 2017 Yılı Dünya bor rezervleri [43]

Ülkeler	Toplam Rezerv (bin ton B_2O_3)	Dağılım %
Türkiye	948.712	74,4
Rusya	100.000	7,7
ABD	80.000	6,2
Peru	22.000	1,7

Tablo 3.2 2017 Yılı Dünya bor rezervleri [43] (devamı)

Arjantin	9.000	0,7
Çin	36.000	2,8
Bolivya	19.000	1,5
Şili	41.000	3,2
Kazakistan	15.000	1,2
Sırbistan	21.000	1,6
Toplam	1.291.712	100

4
ÖNCEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Borun ahşap korumada kullanımına dair araştırmalar incelenmiş olup değişik alanlarda kullanımından bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Özçiftçi ve arkadaşları çalışmalarında sanayi atığı bor yağı ile emprenye edilmiş Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana Mattf*.), Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*) ve sarıçam (*Pinus Sylvestris L*.) odunlarının bazı mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmışlardır. Sonuç olarak atık bor yağının ağaç malzemenin mekanik özelliklerini %2-%5 oranında düşürdüğünü belirlemişlerdir ancak bu oranın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirtmişlerdir. Bu sonuca ek olarak mekanik etkilere söz konusu olduğunda daldırma yöntemi ile emprenyeyi önermişlerdir [53].

Kartal ve arkadaşları, bor esaslı maddelerin özellikleri, ağaç malzemenin ve kompozitlerde kullanım olanakları ve borun ağaç malzemeden yıkanmasını önleyecek yeni sistemler inceledikleri araştırmalarında emprenyede kullanılan, insana ve çevreye zarar veren maddeler sebebiyle ortaya çıkan sorunların bor içerikli emprenye maddelerinde ortaya çıkmadığı belirtilmiş, borun nadir dezavantajı olan kolay yıkanabilme özelliğine dikkat çekilmiştir [6].

Var çalışmasında, borlu madde katılım oranının yonga levhanın fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak toplam yonga levha malzemesi içinde, borlu madde katılım oranının artmasına bağlı olarak, levhaların özgül kütle değerleri arttığını/iyileştiğini, su alma ve kalınlık artışı oranı değerleri ise yükseldiğini/kötüleştiğini gözlemlemiştir. Borlu yonga levhalar, yoğuşma ve su sızma sorunları olmayan ve hava kurusu rutubete sahip olan mekânlarda değerlendirilebileceklerini belirtirken, yağış ve nispi rutubeti yüksek olan ve iyi havalandırılmayan yerler için kullanımın uygun olmayabileceğine dikkat çekmiştir [54].

Lebow ve arkadaşları bu çalışmada, formülasyonun ve konsantrasyonun nem oranları 18-21 oranında dengelenmiş kereste örneklerindeki bor difüzyonuna

etkileri araştırmıştır. Sonuç olarak hazırlanan tüm çözeltiler için lif doyum noktasının altında bile borun difüzyonla nüfuzu gerçekleşmiştir. Deney sonuçlarına göre %23 DOT konsantrasyonlu glikol-borat solüsyonu dış deney bölgesinde belirgin ölçüde daha yüksek oranda bor tutulması sağladığı, bu etki iç deney bölgesinde daha az görüldüğü belirtilmiştir. Hem %15 hem de %23 DOT şeklinde uygulanan solüsyonlarda, daha önce yayınlanmış verilerle karşılaştırıldığında daha fazla borun dış deney bölgesinde tutulduğu gözlemlenmiştir. İç deney bölgesinde bu oran daha az olmasına rağmen, mantarların büyümesi için gerekli olan nem miktarı düşünüldüğünde, o nem miktarında borun daha fazla içeri yayılabileceği öngörülmüştür [55].

Terzi ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada saf bor minerallerinin (tinkalkonit, kolemanit ve üleksit) ayrıca bir kimyasal proses olmadan, ahşap plastik kompozit içeriğine eklenmiş ve yangın performansı uygulanan çeşitli yöntemler ile test edilmiştir. Sonuç olarak saf bor mineralinin kullanımının yangın performansını artırdığı test sonuçlarında belirlenmiştir [56].

Freitag ve arkadaşları, çalışmalarında pentaklorofenol ile muamele edilmiş Douglas köknarından yapılmış direklere kaynaşmış bor çubuklarından bor yayılımını incelemiştir. Uygulama için açılan deliklerden bor çubukları kolayca yayılıp 1 yıl içerisinde koruma için gerekli seviye ulaşmıştır. Uygulamadan 15 yıl sonra bile uygulama bölgesinde bor miktarının etkili bir seviyede olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak Douglas köknarı kullanılarak yapılmış direklerde, bor çubuklarının mükemmel uzun süreli koruma sağladığını belirtilmiştir [32].

Kartal ve ark, çalışmalarında bor (DOT ve borik asit) emprenyesinin ve ısıl işlemin ahşabın kimyasal ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Sonuç olarak bor kullanımının ve ısıl işlemlerin kimyasal bileşime ve güç özelliklerine birlikte etki ettiklerini belirtip, ayrı ayrı etkileriyle ilgili yorum yapmanın zor olduğu açıklanmıştır [57].

Şimşek ve arkadaşları çalışmalarında, borlu bileşiklerle emprenye edilen ağaç malzemenin tam kuru yoğunluk değerlerini ve çürüklüğe karşı dayanıklılıklarını incelemiştir. Yapılan testler sonrası borlu bileşiklerle emprenye edilen deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerleri emprenyesiz kontrol örneğine nazaran

daha yüksek düzeyde gerçekleşmiş olup, borlu bileşiklerle emprenye edilen deney örneklerinin çürüklük değerlerinin kontrol örnekleri ile kıyaslandığında önemli derecede daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür [58].

Gezer çalışmasında, polietilen glikol (PEG) ile bor koruyucuların sızabilirliğini azaltma potansiyelini araştırmıştır. Güney çamından elde edilen (*Pinus spp*.) test örnekleri sodyum borat veya borik asit ve PEG kombinasyonları ile emprenye edilmiş, ardından hem sızdırma hem de bozunma testlerine tabi tutulmuştur. Sırayla sodyum borat veya borik asit ile ve daha sonra PEG-400 veya PEG-600 ile işlemden geçirilmiş numuneler bor yıkanmasına karşı önemli ölçüde artan bir direnç göstermiştir. Bununla birlikte, bozunma testleri, sodyum borat veya borik asit ve PEG ile muamele edilmiş blokların, muhtemelen PEG tükenmesinin bir sonucu olarak hemen hemen bütün retensiyon seviyelerinde biraz daha yüksek ağırlık kaybı yaşadığını göstermiştir. Bu nedenle, sonuçlar hacim artırıcı maddelerinin borun sızdırmaya karşı direncini arttırabileceğini göstermesine rağmen, artan sızdırmama direncinin, geçici bir etki olabileceğine dikkat çekilmiştir [59].

Freitag ve Morrell çalışmalarında, etilen glikolün füzyon yöntemi ile oluşturulmuş çubuklardan borun dağılımı üzerine etkileri incelemiştir. Glikolün bor hareketini olumlu yönde etkilediğini belirtmiş, ancak %15 rutubet içeriğine sahip örneklerde uygulama deliğinin yakınındaki bölgelerle sınırlı bir glikol etkisini tespit etmişlerdir. %60 rutubet seviyesine erişildiğinde, glikolün etkisinin azaldığı gözlemlemişlerdir. Glikolün bor dağılımı üzerine etkisinin kimyasal bir olaydan ziyade glikolün sıvı formu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir [60].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde borun ahşap korumada geniş bir yerinin olduğu anlaşılmaktadır. Bor çeşitli formlarda saf olarak kullanılabildiği gibi farklı maddelerle karışım elde edilerek de kullanılabilmektedir. Bor çubuklarının kullanımıyla ilgili çeşitli çalışmalar ve bulgular mevcuttur ancak bor minerallerinden doğrudan üretilen bor çubukları, doğrudan bu çubuklardan bor yayılımı, bu çubukların özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan testlerle ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

5
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Kullanılan Hammaddeler

5.1.1 Üleksit, Kolemanit ve Etidot-67 Hammaddeleri

Bu deneysel çalışmada kullanılan hammaddeler ve katkı maddeleri aşağıdaki gibidir. Çubukların üretimi için hazırlanan harçta Eti Maden İşletmeleri'nden tedarik edilen kolemanit ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$), üleksit ($NaCaB_5O_9.8H_2O$) ve Etidot-67 ($Na_2B_8O_{13}.4H_2O$) kullanılmıştır. İlave olarak katkı maddesi eklenerek ayrıca bir harç hazırlanmış ve çubuklar üretilmiştir. Deneysel çalışmalarda iletkenlik 1.5 ms/cm distile su kullanılmıştır. Tablo 5.1'de çubuk üretiminde kullanılan hammaddelerin içerikleri belirtilmiştir.

Bununla beraber, çubukların hazırlanması aşamasında, bor mineraller/bileşik içeren harca %2 oranında alüminyum silikat içerikli katkı maddesi eklenerek, çubukların sertlik ve yoğunluk özelliklerine etkisi incelenmiştir.

5.1.2 Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*)

Gymnospermae sınıfından, *Pinaceae* familyasının *Pinus* cinsinin olan ve dünyada en geniş alana yayılım gösteren çam türü olan sarıçam ülkemizde de çok miktarda bulunmaktadır. Eskişehir'in batı bölgesinden başlayarak doğuya doğru Kuzey Anadolu'nun dağlık ve yüksek kesinlerine kadar, buradan da Kafkaslara kadar yayılım gösterir.

Sarıçamın ismi gövdedeki tilki sarisi renkten gelmektedir. 1000-2500 m rakım arasında görülen sarıçam, yetiştiği ortama göre 20 ile 24 m arasında değişebilen bir boya sahiptir. Ülkemizdeki orman alanlarının %6,8'ini oluşturan sarıçamların odunları çok değişik alanlarda kullanılabilmektedir ve değerlidir [63, 64].

Bu tez çalışmasında sarıçamın öz ve diri odun bölgelerinden 100x150x50 mm boyutlarında elde edilen odun örnekleri bor çubukların yerleştirilmesinde kullanılmıştır.

Tablo 5.1 Kolemanit, üleksit ve etidot-67 minerallerinin kimyasal içerikleri ve partikül boyutları [52, 61, 62]

		Kolemanit (-45 Mikron)	**Üleksit (-45 Mikron)**	**Etidot-67**
Bileşen	**Birim**	**Değer**		
B_2O_3	%	40,00+/-0,50	37,00+/1,00	67,00
CaO	%	27,00+/-1,00	19,00 Max.	/
SiO_2	%	4,00-6,50	4,00 Max.	/
SO_4	%	0,60 Max.	0,25 Max.	/
As	ppm	35 Max.	40,00 Max.	<0,010
Fe_2O_3	%	0,08 Max.	0,04 Max.	/
Al_2O_3	%	0,40 Max.	0,25 Max.	/
MgO	%	3,00 Max.	2,50 Max.	/
SrO	%	1,50 Max.	1,00 Max.	/
Na_2O	%	0,50 Max.	3,50 Min.	14,92
Kızdırma Kaybı	%	25,00 Max.	/	/
Nem	%	1,00 Max.	1,00 Max.	/
Dökme yoğunluğu	ton/m^3	1,00 Max.	1,00 Max.	/
	Boyut (µm)	**Değer**		
	+150	%0,25 Max.	%0,25 Max.	/
	-45	%75,00 Min.	%75,00 Min.	/
	-90	/	/	%50 Min

5.1.3 Etilen Glikol

Saf etilen glikolün kimyasal formülü $HOCH_2CH_2OH$ şeklindedir ve renksizdir. Organik bileşiklerden glikol grubunun en basit üyesidir. Bazı fiziksel özellikleri şu şekildedir: erime noktası -13°C, kaynama noktası 198°C, parlama noktası 110°C gibi. Bu tez çalışmasında üleksit yerleştirilecek odun örneklerinin yarısına bor yayılımını artırması amacıyla etilen glikol enjekte edilmiştir [65].

5.2 Ekipmanlar

5.2.1 Tek Vidalı Ekstrüder

Çubukların üretimi için Remsan Refrakter Malzeme San. ve Tic. A.Ş.'de bulunan tek vidalı ekstrüder kullanılmıştır. Bu ekipman malzemelerin diğer plastikler, katkılar, boya ve stabilizanlar ile homojen karıştırılması için kullanılan ürünlerdir. Ekstrüderleri oluşturan ana birimler; motor, redüktör, kovan grubu ve taşıyıcı gövde olarak sayabiliriz. Bu ana birimlere ek olarak bu ürünlerin özelliklerini belirleyen çok sayıda yardımcı mevcuttur [66].



Şekil 5.1 Remsan Refrakter Malzeme San. ve Tic. A.Ş.'de bulunan tek vidalı ekstrüder

5.2.2 Laboratuvar Malzemeleri

Tez çalışmalarında kullanılan tüm cam malzemeler teraziler, desikatörler, fırın vb. laboratuvar araç ve gereçleri yetkinliği olan bir firma tarafından kalibre edilerek kullanılmıştır.

5.2.3 Karakterizasyon Cihazları

Kullanılan hammaddelerin yapısal özellikleri XRD ve DTA/TG analizleri yapılarak belirlenmiştir.

5.2.3.1 X-Işını difraktometre analizi (XRD)

Hammaddelerin kristal özellikleri, Philips Panalytical X'Pert Pro X-Işını difraktometre cihazıyla Tablo 5.2'te verilmekte olan parametreler kullanılarak incelenmiştir. Toz haldeki numuneler alüminyum numune kabına boşaltılmış ve düz bir yüzey elde edilerek analiz için hazırlanmıştır.

5.2.3.2 Diferansiyel termal analiz / termal gravimetri (DTA/TG) analizi

Malzemelerinin termal analizleri için Perkin Elmer Pyris Diamond TG/DTG cihazı kullanılmıştır. Tablo 5.2'te verilen analiz parametreleri kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

Tablo 5.2 XRD ve TG/DTG analiz parametreleri

XRD	
Işın üretim parametreleri	CuKα, 45 kV, 40 mA
Adım sayısı (2θ°)	0,01
Tarama programı (°/s)	1,2
TG/DTG	
Sıcaklık Aralığı (°C)	30-900
Isıtma Hızı (°C/dk)	10
Ortam	Azot
Kroze	Platin

5.2.3.3 İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) Analizi

Tez çalışmasında, her numune üç paralel olacak şekilde hazırlanmış ve üç kez okuma yapılarak elde edilen sonuçların ortalaması alınmış ve ppm cinsinden sonuçlar verilmişir. Numunelerde B element analizi ve miktar tayini Shimadzu ICPE 9000 cihazı kullanılarak yapılmıştır.

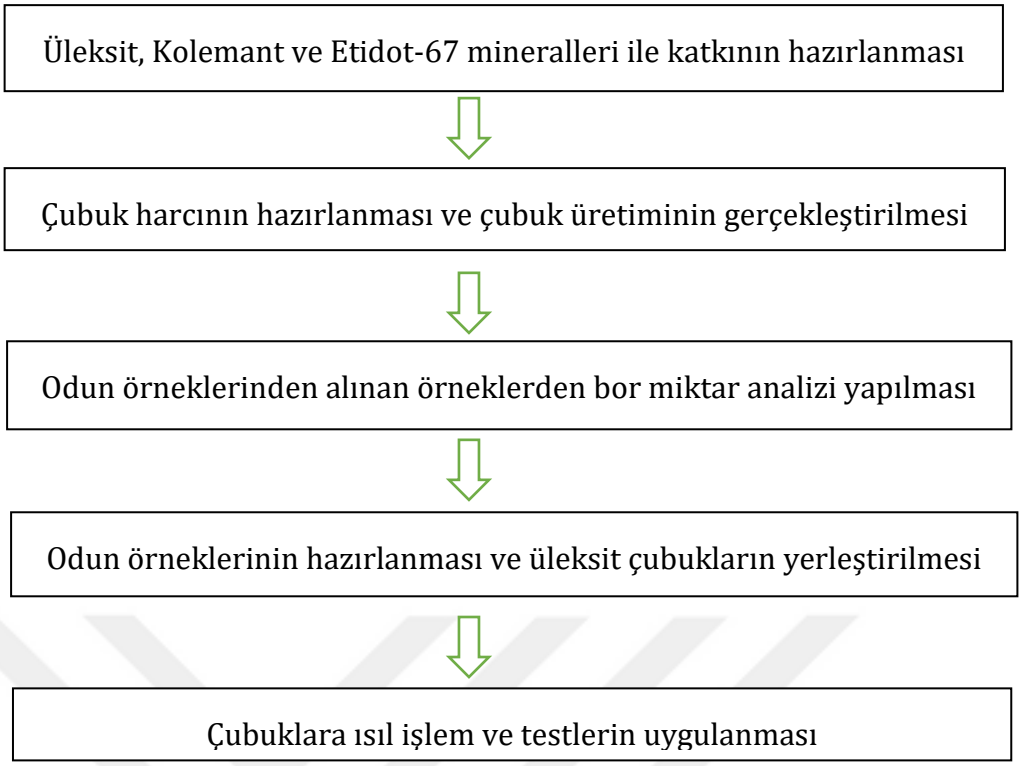
5.3 Deneysel Yöntem

Tez çalışmasında, hazırlanan bor mineralleri ile su ve katkı maddesi kullanılarak önce harç hazırlanmış ve ardından bor çubukları üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Üretilen çubuklara ısıl işlem uygulanmış ardından testler yapılmıştır. Kullanılmasına karar verilen üleksit çubuklar oduna yerleştirilirken, odun örneklerinin yarısına bor yayılımını artırması amacıyla etilen glikol enjekte edilmiştir. Üleksit çubukların yerleştirildiği odun örneklerinden alınan parçaların mikrodalgada yakma işleminde %65 derişik nitrik asit (HNO_3), her 0,5 gramlık numuneye 14 ml şeklinde kullanılmıştır. Her numune üç paralel olacak şekilde hazırlanmış ve üç kez okuma yapılarak elde edilen sonuçların ortalaması alınmış ve ppm cinsinden sonuçlar verilmiştir. Şekil 5.2'de deneysel yöntem şeması verilmektedir.

5.3.1 Harç Hazırlanması ve Çubukların Üretimi

Tez çalışmasında kullanılan çubukların üretimi için hazırlanan harçta hammadde olarak Eti Maden İşletmeleri'nden tedarik edilen kolemanit ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$),üleksit ($NaCaB_5O_9.8H_2O$) ve Etidot-67 ($Na_2B_8O13.4H_2O$) ayrıca katkı maddesi kullanılmıştır.

Tek vidalı ekstrüder yardımıyla 0,6-0,9 cm çaplarında çubuklar üretilmiştir Deneysel çalışmalarda iletkenlik 1.5ms/cm distile su kullanılmıştır. Tablo 5.3'te hazırlanan harçların % olarak içerikleri belirtilmiştir. (Ü, üleksit; K, kolemanit ve E ise Etidot-67'den üretilmiş çubukları ifade etmektedir.)



Şekil 5.2 Deneysel yöntem şeması

Tez çalışmasında kullanılan çubukların üretimi için hazırlanan harçta hammadde olarak Eti Maden İşletmeleri'nden tedarik edilen kolemanit ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$),üleksit ($NaCaB_5O_9.8H_2O$) ve Etidot-67 ($Na_2B_8O13.4H_2O$) ayrıca katkı maddesi kullanılmıştır. Tek vidalı ekstrüder yardımıyla 0,6-0,9 cm çaplarında çubuklar üretilmiştir Deneysel çalışmalarda iletkenlik 1.5ms/cm distile su kullanılmıştır. Tablo 5.3'te hazırlanan harçların % olarak içerikleri belirtilmiştir. (Ü, üleksit; K, kolemanit ve E ise Etidot-67'den üretilmiş çubukları ifade etmektedir.)

Tablo 5.3 Hazırlanan harç içeriği

	Kolemanit (%)	**Üleksit (%)**	**Etidot-67 (%)**	**Katkı (%)**	**Su (%)**
Ü	-	80,6	-	-	19,4
Ü+K	-	82,4	-	2	15,6
K	84,7	-	-	-	15,3
K+K	83,3	-	-	2	14,7
E	-	-	71,4	-	28,6
E+K	-	-	72,6	2	25,4



Şekil 5.3 Çubuk üretimi için hazırlanmış olan harç

Üretim sonrası çubuklar ısıl işleme tabi tutulmadan önce oda koşullarında 2,5 saat boyunca bekletilmiştir. Ardından düşük (30°C, 50°C ve 70°C) ve yüksek (100°C, 200°C ve 400°C) olmak üzere farklı sıcaklıklarda 2,5 saat süresince ısıl işleme tabi tutulmuştur. İşlem sonrası çubukların yapılarında, yüzeylerinde meydana gelen değişimler incelenmiş olup, çubukların ısıya karşı gösterdiği davranışlar belirlenmiştir.

5.3.2 Isıl İşlem Görmüş Çubuklara Uygulanan Testler

Üretim sonrası ısıl işlem gören çubukların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sertlik testi, yoğunluk testi ve çözünürlük testi uygulanmıştır.

5.3.2.1 Sertlik Testleri

Vickers testi tabanı kare olan ve 136° bir tepe açısına sahip olan piramit şeklindeki elmas ucun değişik yükler altında malzemeye batırılması şeklinde uygulanır. Vickers sertlik testi en yumuşak malzemeden en sert malzemeye kadar geniş bir aralıkta ölçüme imkan vermektedir. Avantajı, doğru okumalar yapması ve ölçülecek tüm yüzeyler için tek bir uç kullanılıyor olmasıdır. Ölçüm süresi daha uzun olsa da

en duyarlı sertlik ölçüm yöntemidir. Tüm bu sebeplerden ötürü Vickers sertlik testi uygulanmasına karar verilmiştir [67].

Oda sıcaklığı (20°C), 30°C 50°C ve 70°C derecede ısıl işleme tabi tutulmuş çubuklara statik sertlik ölçme yöntemlerinden olan Vickers sertlik testi uygulanmıştır. Her çubuğun en uygun yüzeyi seçilerek bir kurşun kalem ile yüzey bir miktar boyanmıştır. Ardından çubuk, boyanan yüzey üste gelecek şekilde cihaza yerleştirilerek 200gram yük uygulanmış ve oluşan iz büyüklüğü ölçülmüştür. Her çubuk için 3 ölçüm alınmıştır. Değerlerin birbirinden çok farklı çıkma durumu söz konusu ise ölçüm sayısı 4'e ya da 5'e çıkarılmıştır.

5.3.2.2 Yoğunluk Testleri

Isıl işleme tabi tutulmuş ve sertlikleri ölçülmüş çubukların yoğunluklarında meydana gelen değişimleri gözlemlemek amacıyla çubuklara yoğunluk testi uygulanmıştır. Üretilmiş çubukların öncelikle ağırlıkları ölçülmüş ardından eşit miktardaki su içerisine bırakılan çubukların meydana getirdiği hacim farkı ölçülerek yoğunlukları hesaplanmıştır.

5.3.2.3 Çözünürlük Testleri

Sıcaklığın çözünürlük üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek amacıyla ısıl işleme tabi tutulmuş çubuklar 6 saat, 1 gün,2 gün ve 4 gün boyunca ultra saf suda bekletilerek çözünmeleri sağlanmıştır. Süzülme işlemi sonrasında 1000 kat seyreltme işlemi ardından bor miktarlarının belirlenmesi için numuneler hazır hale gelmiştir.

Hammaddelerin toz ve çubuk haline getirildikten sonraki çözünme oranları arasındaki farkı gözlemleyebilmek amacıyla aynı çözünme testi işlemleri toz numuneler için de yapılmıştır. Çubukların kütleleri ölçülmüş ve aynı kütlede toz hammadde tartılarak çözünme testleri gerçekleştirilmiştir.

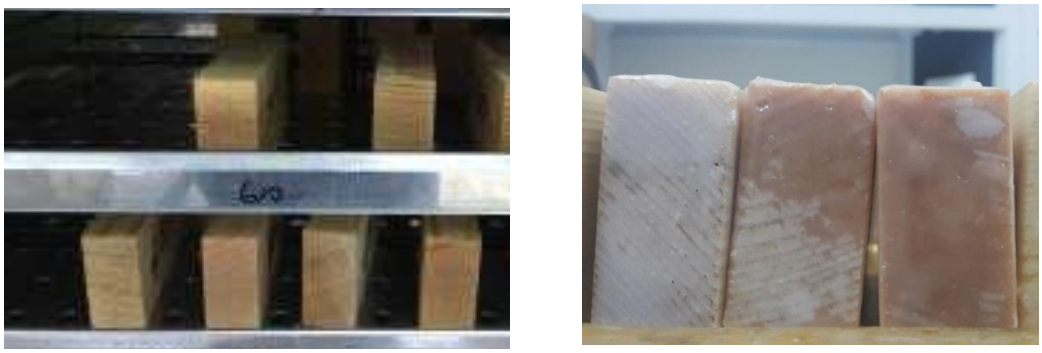
Isıl işlem görmüş çubuklara uygulanan testler sonrasında çubuk harcına eklenen katkının belirgin bir etkisi olmadığı, çubuklar için optimum sıcaklığın oda sıcaklığı (20°C) ile 30°C olduğu görülmüştür. Kullanılan hammaddelerden üleksit mineralinin daha iyi çözünürlük özelliğine sahip olmasından ötürü ağaç malzemeye yerleştirilmesine karar verilmiştir ve çubukların yerleştirilmesi sonrası bor dağılımlarına bakılmıştır.

5.3.3 Odun Örneklerinin Hazırlanması

Çubuklara uygulanan ısıl işlem ve testler sonrasında üleksit mineralinden yapılmış çubukların ahşaba yerleştirilmesine karar verilmiştir. Bu tez çalışmasında sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ağacından alınan öz ve diri odun tabakasından 100x150x50 mm boyutlarındaki odun örnekleri kullanılmıştır.

Üleksit mineralinden üretilen çubuklar için 2 diri odun ve 2 öz odun örneği alınarak, kullanılacak ahşap örnekler öncelikle %30, %60 ve %90 odun rutubetine getirilmiştir. Bu işlem için örnekler etüvde 105°C'de 72 saat boyunca kurutulmuş, tartılmış ve destile su kullanılarak vakum yöntemi ile emprenye edilmiştir. Daha sonra örnekler vakum desikatörüne yerleştirilmiştir, desikatör iç basıncı 0,7±0,1 kPa düştüğünde yarım saat süresinde vakum işlemi devam ettirilmiştir. Destile suyun desikatöre yavaş yavaş eklenmesiyle yaklaşık yarım saat emprenye işlemi vakum altında gerçekleşmiştir. Örnekler bu sayede suya doygun hale gelmiştir.

İşlem sonrası örnekler maşa ile alınarak kağıt havlu üzerinde kısa bir süre tutulup süzdürülmüştür. Örneklerin yaş ağırlıkları 0,01g hassas terazide hızlıca belirlenmiştir. Örneklerin g ve kg/m^3 cinsinden su alımlarını belirlenemek için daha sonra tekrar tartım yapılmıştır. Son işlem olarak etüvde ya da oda şartlarında bekletilme gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.4a). Sürekli tartım işlemi ile istenilen rutubet oranlarına getirilen örnekler rutubet kaybını önlemek amacıyla şekil 5.4 b)' deki gibi sıvı parafinle kaplanmıştır.

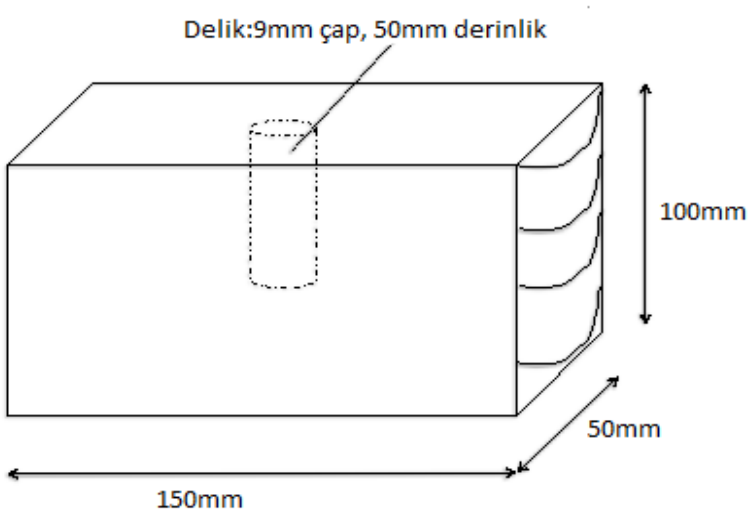


a) b)

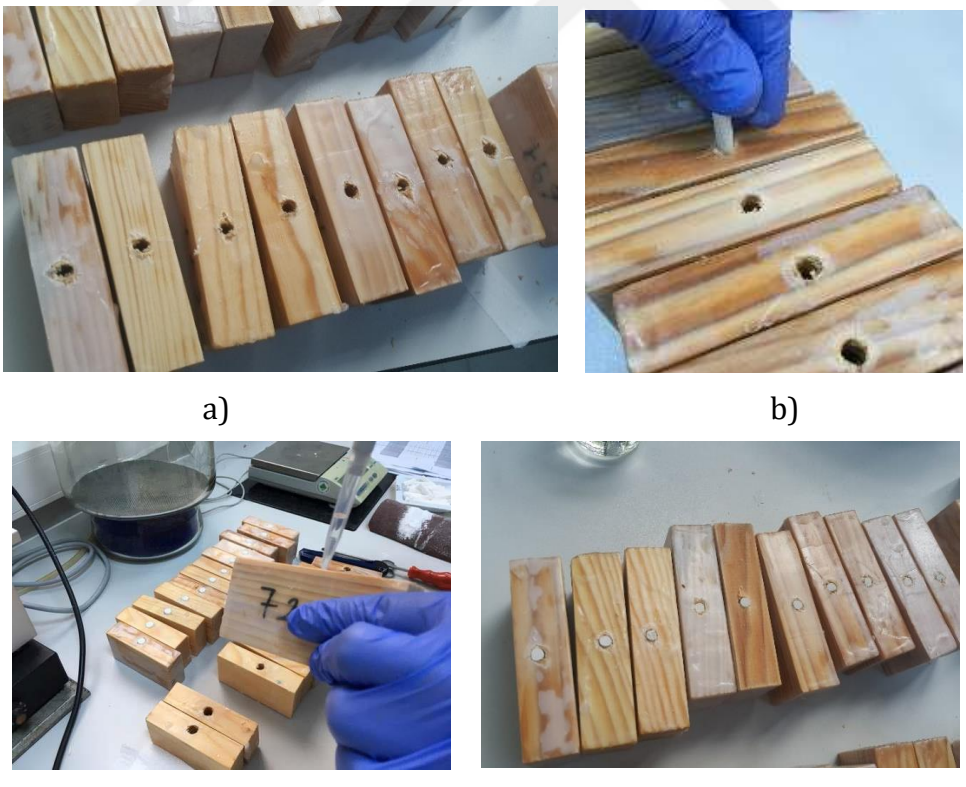
Şekil 5.4 Ahşap örnekleri,a) etüvde bekletilen b) parafinlenmiş

5.3.4 Üleksit Çubukların Ahşaba Yerleştirilmesi

Üretilmiş olan üleksit çubukların yerleştirilebilmesi için ahşap örneklerde 9mm çapında ve 50mm derinliğinde Şekil 5.5'te gösterildiği gibi uygun delikler açılmıştır.



Şekil 5.5 Ahşap örneklerde açılacak olan deliklerin şematik olarak gösterimi



a) b)

c) d)

Şekil 5.6 Çubuk yerleştirmek amacıyla a) delikler açılmış ahşap örnekleri, b) çubukların yerleştirilmesi, c) örneklere enjekte edilen etilen glikol, d) yerleştirilmiş çubukların görseli

Şekil 5.6 b'de gösterildiği gibi bor çubuklar açılan deliklere yerleştirilmiştir. Çubukların yarısını yerleştirmeden önce ise bor yayılımını hızlandırması amacıyla 1ml etilen glikol enjekte edilerek ardından çubuk yerleştirilmiştir. Açık kalan kısım plastik tıpa ile kapatılmıştır. Örnekler 7, 30, 60 ve 90 gün bekletilmek üzere kondisyonlama odalarına yerleştirilmiştir (Şekil 5.7).

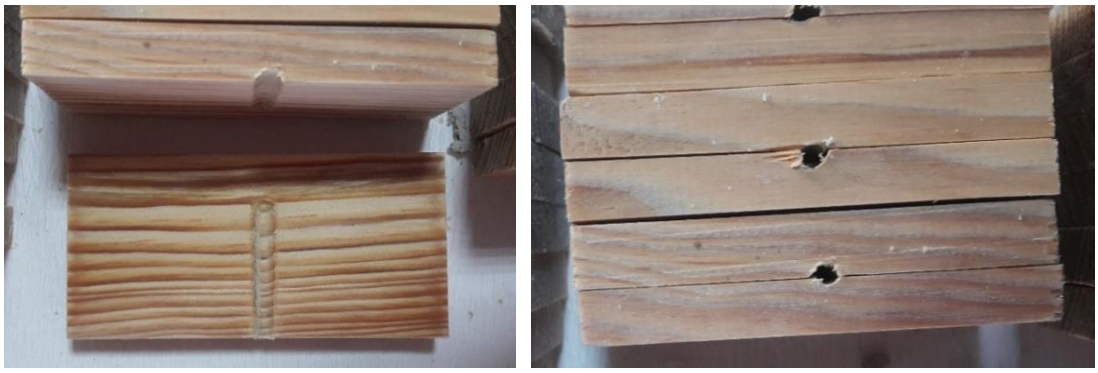


Şekil 5.7 Desikatörde klima odasında bekletilen numuneler

7, 30, 60 ve 90 gün bekleme süreleri boyunca bor elementinin radyal, boyuna ve teğet yönlerde rutubet sebebiyle odun içerisinde yayılımı beklenmiştir. Üretilmiş olan çubukların yerleştirilmesinde her bir deliğe yerleştirilen çubuklar öncelikle etüvde 60 derecede 1 gün boyunca kurutulmuştur ve bu sayede değişmez ağırlıklar belirlenmiştir. Açılmış olan her delikte eşit BAE miktarında bor elementi olması için çubuklardan 1,50 g örnek kesilip ardından açılan deliklere yerleştirilmiştir. Bu ağırlığın belirlenmesinde üleksit mineralinin içerdiği bor elementi miktarı göz önünde bulundurulmuştur. Üleksit mineralinde bor miktarı %13,33'tür ve 1,50 g ağırlığında olan üleksit çubuğunda 0,200 g bor elementi bulunmaktadır.

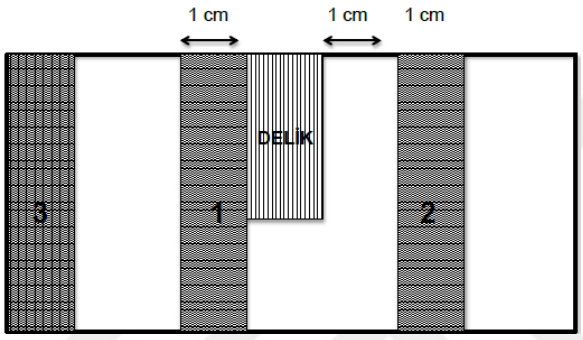
5.3.5 Odun Örneklerinde Bor Yayılım Miktarının Belirlenmesi

Bor yayılımına bakmak için öncelikle odun örnekleri testere ile boyuna kesilerek Şekil 5.8'de görüldüğü gibi 2 yüzey elde edilmiştir. Ardından Şekil 5.9'da gösterildiği gibi 3 ayrı parça kesilip çıkartılmış ve etiketlenerek ayrılmıştır. Ayrılan bu numuneler tartılıp tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmuştur ve rutubet miktarları belirlenmiştir.



a) b)

Şekil 5.8 Odun örneklerinin 2'ye bölünmesiyle elde edilen yüzeyler a) yatay, b) üstten görünüş



a)



b)

Şekil 5.9 Bor miktarını belirlemek için odun örneklerinden a) farklı bölgelerden alınan parçaların şematik gösterimi, b) gerçek görsel

Odun örneklerinden alınan 3 parça öncelikle Anton Paar Microwave Digestion System-Multiwave GO mikrodalga yakma sisteminde yakılabilmek için bilyeli odun öğütme cihazı ile parça boyutları yaklaşık 40 mesh olacak şekilde odun unu haline getirilmiştir (Şekil 5.10).



a) b)

Şekil 5.10 Anton Paar Microwave Digestion System-Multiwave GO mikrodalga yakma sistemi a), bilyeli odun öğütme cihazı b)

Odun unu haline getirilen numunelerden 0,5 g tartılarak ve %65'lik nitrik asitten 15ml kullanılarak mikrodalga çözümlendirme cihazında belirlenen berlirli bir proses ile numuneler bor miktar analizi için sıvı hale getirilmiştir. Çözümlendirme prosesi sıcaklığın ilk olarak 100°C'ye 8 dakikada çıkarılmasıyla başlar ve 100°C'de 3 dakika beklenir. 3 dakika içerisinde 195°C çıkan sıcaklık, 10 dakika boyunca sabit kalır. sistemin 10 dakika içerisinde soğutulması ile proses 34 dakikada sonlanır. İşlem sonrası sıvılaştırılmış numuneler ultra saf su ile 50ml hacme tamamlanmıştır. Bor miktar tayini için hazır olan numunelerin analizleri ICP Emission Spectrometer ile gerçekleştirilmiştir.

Numunelerdeki bor miktarı hesaplanmasında önce ICP-OES cihazından gelen veriler elde edilmiştir. Ppm (mg/l) cinsinden olan bu veriler sulu çözeltilerde bulunun bor miktarıdır. Tartılan odun miktarı, yakılan odun miktarı, seyreltme oranları,yakma sonrası elde edilen sıvı miktarı gibi parametreler göz önünde bulundurularak mg/kg biriminden bor element miktarı, 50ml'de mg biriminden bor element miktarı, odundaki % olarak bor element miktarı, sarıçamdan alınan öz ve diri odun kısımlarının tam kuru yoğunluğunun 0,402 ve 0,410 g/cm^3 olduğu belirlenerek kg/m^3 biriminden bor element miktarı, % ve kg/m^3 olarak BAE birimleri ve bor element miktarları hesaplanmıştır.

BAE değerinin bulunmasında üleksit minerali için 1,312 katsayısı kullanılmıştır. Proje genel sonuçları hem % BAE şeklinde ve hem de kg/m^3 BAE olarak verilmiştir

ve böylece literatürde verilen değerlerle karşılaştırılabilmiştir. Ahşap korumada minimum koruma değeri %0.1BAE'dir.

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kg} \quad (5.2)$$

$$\text{Odunda ppm biriminden B Miktarı} = \text{Odun Yoğunluğu} / 1000000 \text{ kg/m}^3 \text{ B} \quad (5.3)$$

5.3 numaralı eşitlik kullanılarak bor element değerleri kg/m^3 cinsinden hesaplanabilmiştir.

Üleksit mineralinin mol ağırlığı 405,21 g/mol'dür ve içerisinde 54 g bor elementi bulunmaktadır. Yani %13,33 oranında bor elementi içermektedir ve borik asitteki % bor elementimiktarı %17,49 olduğu için buradan üleksit için katsayı 17,49/13,33=1,312 şeklinde hesaplanmıştır.

$$\% \text{ BAE Üleksit} = 1{,}312 \times \% \text{ Üleksit} \quad (5.4)$$

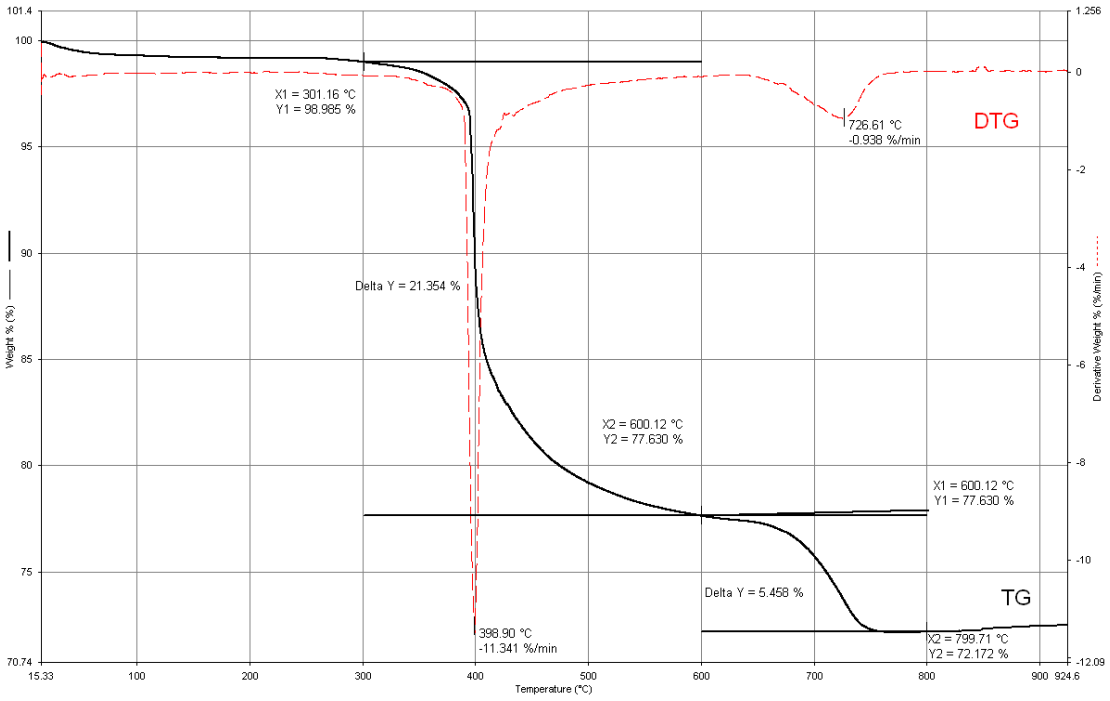
6
DENEYSEL SONUÇLAR

6.1 Hammaddelerin Karakterizasyon Sonuçları

Kolemanit ve üleksit minerali ile Etidot-67 numunelerinin XRD paternleri Ek-A'da verilmiştir. Kolemanit ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$) kristal yapı özellikleri X-ışını difraktometresinde (XRD), PDF Kard No 01-082-1825 monoklinik düzlemde olduğu, üleksit ($NaCaB_5O_9.8H_2O$) kristal yapı özellikleri PDF Kard No 00-02-0419 anortik düzlemde olduğu, Etidot-67'nin ise amorf olduğu teyit edilmiştir.

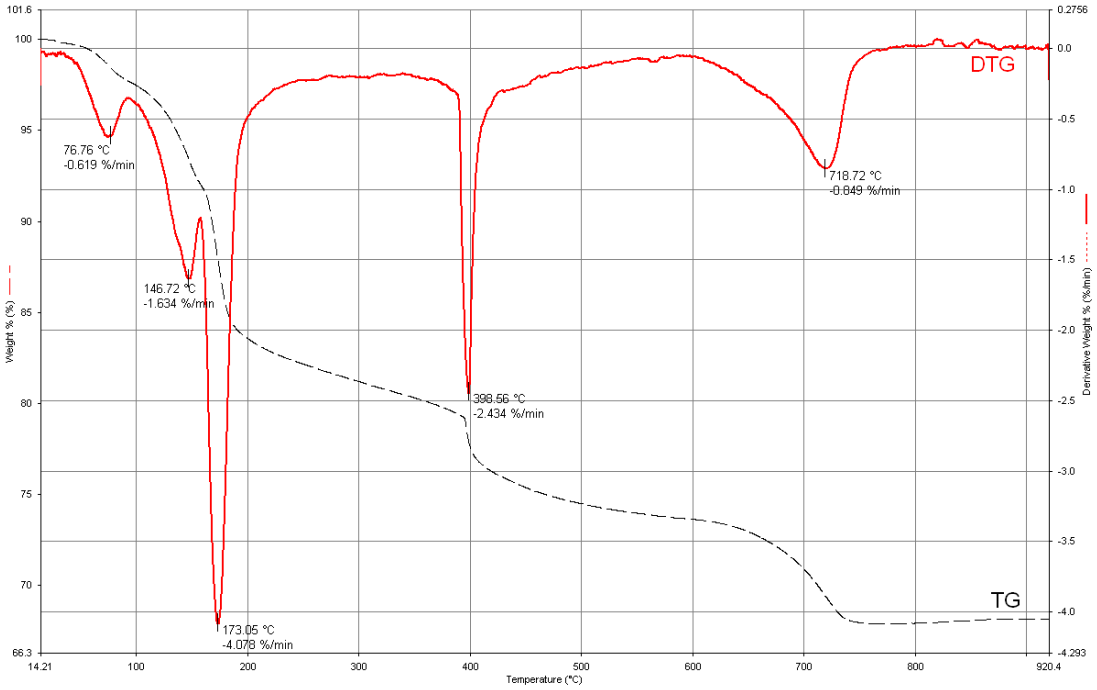
6.2 Hammaddelerin Termal Analiz/Termal Gravimetri (DTA/TG) Sonuçları

Hammaddelerin termal analizleriyle, bor mineralleri ve bileşiklerinin ısıtmaya karşı gösterdikleri tipik davranışları belirlenmiştir (Şekil 6.1-3).



Şekil 6.1 Kolemanit mineralinin TG/DTG eğrileri

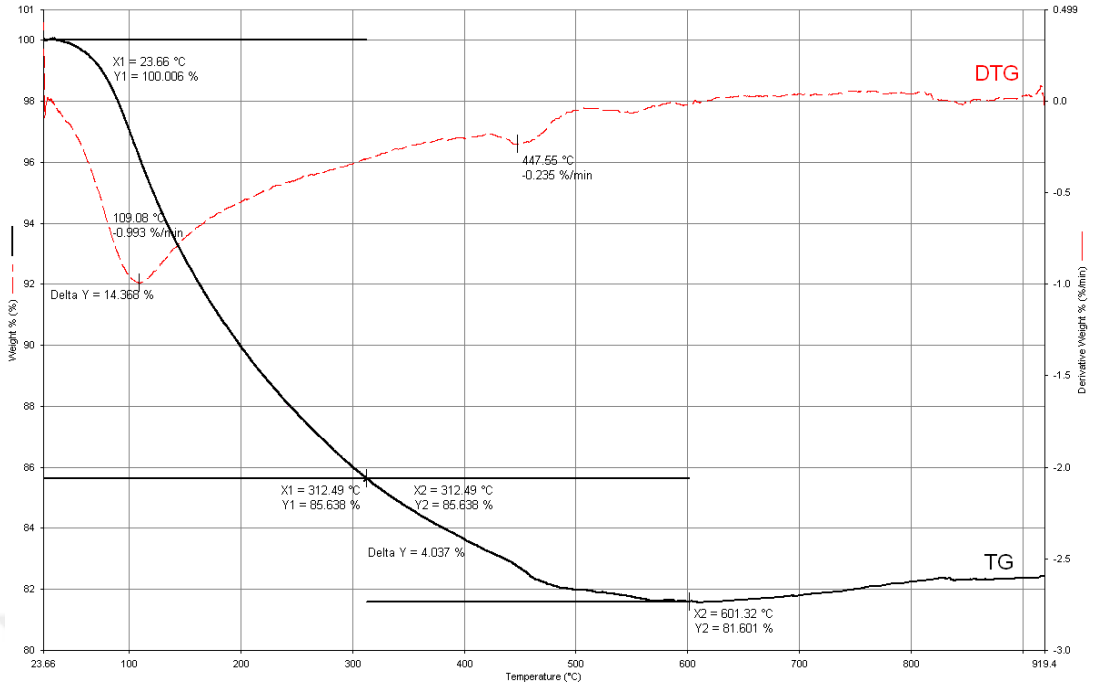
Kolemanit mineralinin TG/DTG eğrileri (Şekil 6.1) incelendiğinde 300°C ye kadar bir kütle değişimi meydana gelmemiştir. Şekil 2.2'deki eğrilere bakıldığında 2 adımda kütle azalışı olduğu görülmektedir. 301°C ile 600 °C arasında %21'lik bir kütle kaybı olmuştur. Bunu takip eden 2. basamakta ise toplam suyun hepsi bünyeden uzaklaşmıştır, %26'lık bir kayıp.



Şekil 6.2 Üleksit mineralinin TG/DTG eğrileri

Üleksit minerali için 76°C' de bozunmanın başladığı ve 240°C'ye kadar devam ettiği belirlenmiştir. 146°C ve 173°C'de 2 pik noktası ile %8'lik ve %17'lik kütle kayıplarının ardından 240°C'de kütle kaybı sona ermiştir. Isıtmaya devam edilmesi ile 398°C ve 718°C pikleri ile kalan OH^- gruplarının uzaklaşması gerçekleşmiştir.

Etidot-67 ($Na_2B_8O_{13}.4H_2O$)'nin bünyesindeki 4 mol suyun 600°C ye kadar tamamen uzaklaştığı belirlenmiştir. Şekil 6.3'te görüldüğü üzere 1.adımda %14,36'lık kayıp meydana gelmiştir.300°C sonrası %4'lük kütle kaybı oluştuğu gözlenmiştir. Bu kütle azalışlarını temsil eden pik tepeleri sırasıyla 109°C ve 447°C olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.3 Etidot-67 mineralinin TG/DTG eğrileri

6.3 Çubukların Isıl Analiz Sonuçları

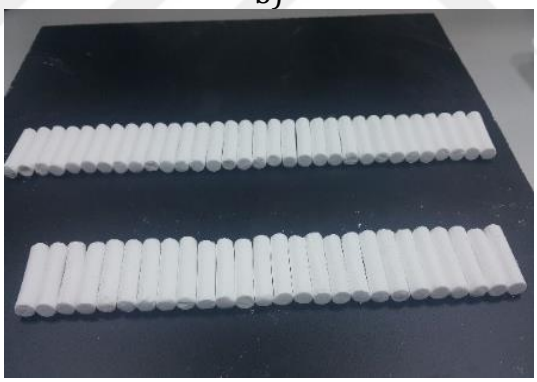
Hammaddelere katkı eklenerek hazırlanan çubuklara uygulanan bu ısıl test, ahşap koruma amaçlı üretilen bu çubukların hangi sıcaklığa kadar yapılarını koruyabileceklerini belirleyebilmektir. Bu sebeple oda sıcaklığından ve 400°C'ye kadar olan geniş bir skalada ısıl işlemler gerçekleştirilmiştir. Üleksit, kolemanit ve etidot-67 içerikli çubuklar ve bu hammaddelere katkı eklenerek hazırlanmış çubuklar oda sıcaklığı, 30°C, 50°C ve 70°C de herhangi bir şişme, kırılma gibi değişiklikler göstermemişlerdir (Şekil 6.5). Sonuç olarak Şekil 6.4'te gösterildiği gibi çubukların oda sıcaklığında kurutulmasına karar verilmiştir. Bunu takiben ekonomik olarak düşük sıcaklıklarda ısıl işlemin yapılması önerilmektedir. Üretilen çubuklar 100°C, 200°C, 400°C sıcaklıklarda da 2 saat etüvde ve fırında bekletilmiştir. Üleksit ve kolemanit içeren çubukların yapısında 100°C ve 200°C sıcaklıklarda herhangi bir değişim göstermemiştir (Şekil 6.6 ve 6.7). Ancak Şekil 6.9'da gösterildiği gibi 400°C sıcaklıkta kolemanit içeren çubuk tozlaşarak çubuk şeklini kaybederken, üleksit içeren çubukta ise az miktarda tozlaşma görülmüştür. Etidot-67 ve Etidot-67 ile katkı içeren çubuklarda (Şekil 6.8) 100°C sıcaklıkta herhangi bir değişim gözlenmezken, Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve 6.10'de görüldüğü gibi 200°C ve 400°C sıcaklıkta şişme ve kabarma sebebiyle çubuk hacminde bozulma meydana gelmiştir.



a)

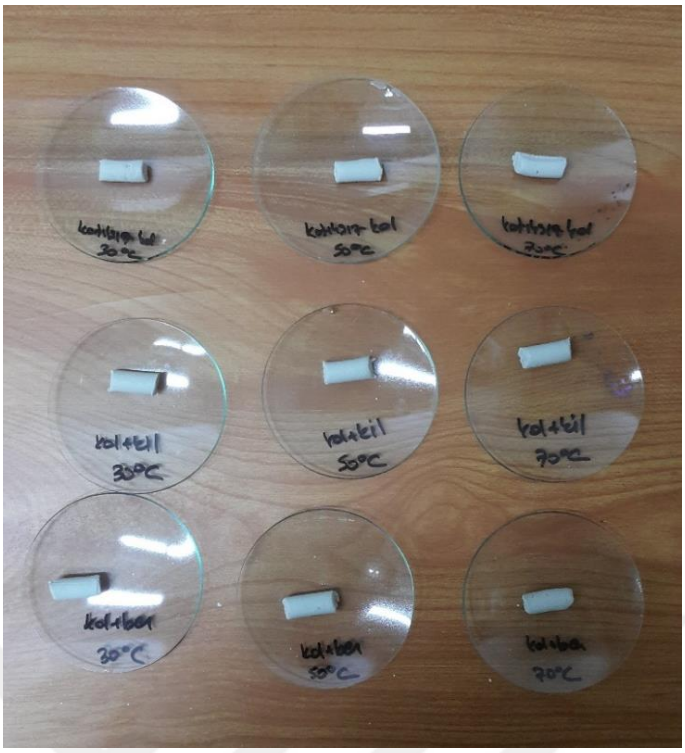


b)

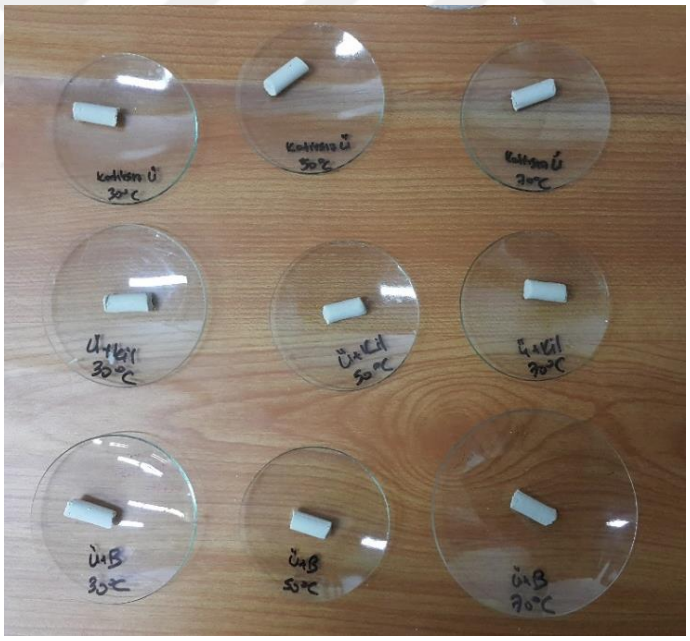


c)

Şekil 6.4 Oda sıcaklığında kurutulmuş bor içerikli çubuklar
a) kolemanit, b) üleksit, c) etidot-67



a)

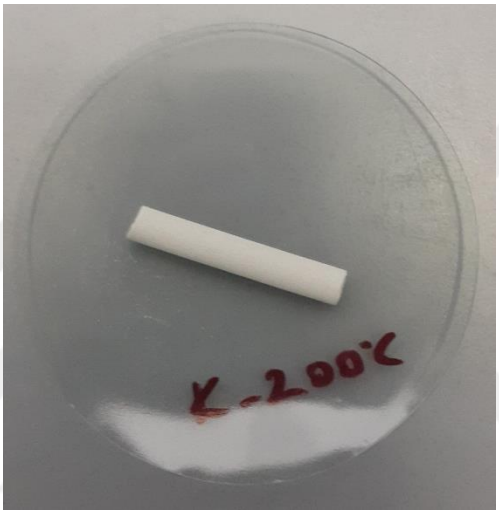


b)

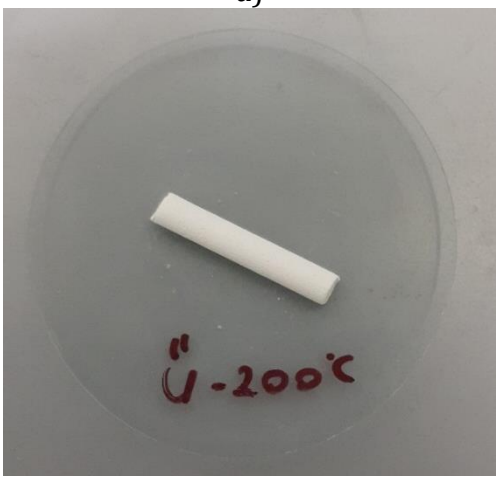
Şekil 6.5 Isıl işlem (30°C, 50°C ve 70°C) uygulama sonrası a) kolemanit çubuklar, b) üleksit çubuklar



Şekil 6.6 100°C Isıl işlem sonrası kolemanit, üleksit ve etidot-67 çubuklar

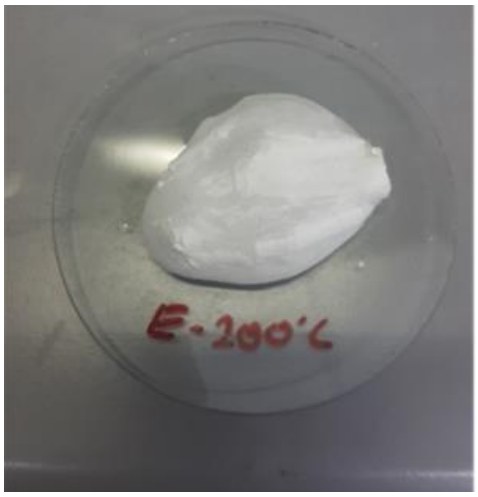


a)



b)

Şekil 6.7 200°C Sıcaklıkta bekletilen a) kolemanit ve b) üleksit çubuklar

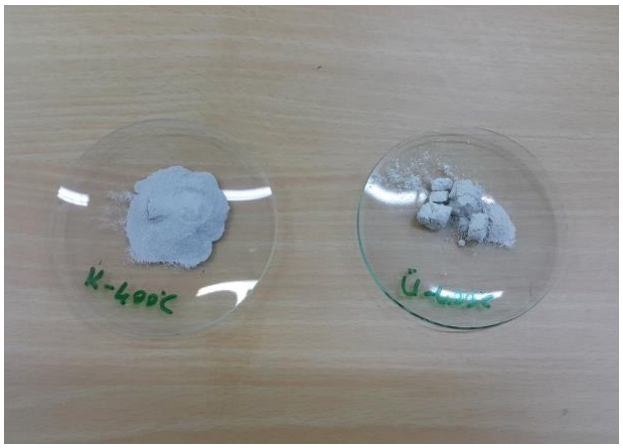


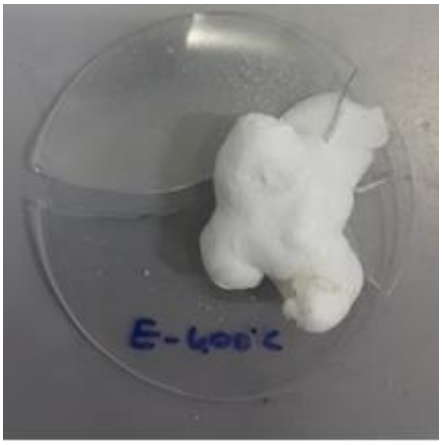
a)



b)

Şekil 6.8 200°C Sıcaklıkta bekletilen a) etidot-67, b) etidot-67-katkı karışımı çubuklar





a) b)

Şekil 6.9 400°C Sıcaklıkta bekletilen a) kolemanit, üleksit, b)etidot-67 içeren çubuklar



Şekil 6.10 400 °C Sıcaklıklarda bekletilen katkılı karışımlar (kolemanit+katkı, üleksit+katkı, etidot-67+katkı)

Çubuklar değişen ortam sıcaklıklarında ısıl işleme tabi tutulduklarında 200°C'ye kadar kolemanit ve üleksit çubuk formlarında bir bozulma gözlenmemiştir. Ancak 400°C'ye ulaşıldığında çubuk formunu kaybederek tozlaştıkları gözlenmiştir.

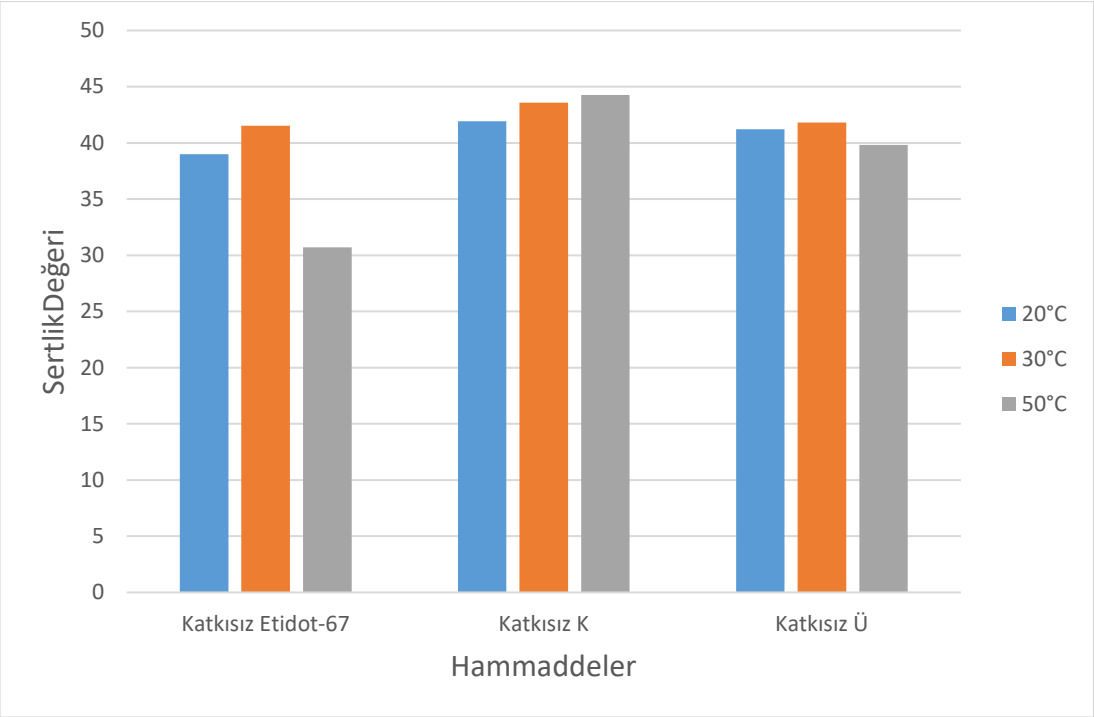
Etidot-67 bileşiği için bu sıcaklığın daha düşük olduğu dikkat çekmektedir. Ortam koşullarının 100°C'yi aştığında durumlarda özellikle Etidot-67 içerikli çubuklar için özel saklama koşullarının uygulanması gerektiğine dikkat edilmelidir. Ayrıca Etidot-67 içerikli çubuklara katkı katılmasının ısıl işlem sıcaklığında bir değişime sebep olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 6.10).

6.4 Çubukların Sertlik Testleri Sonuçları

Isıl testlere tabi tutulan çubuklara Vickers sertlik testi uygulanarak değişik sıcaklıklara karsı dayanımları ve katkıların sertlik değerlerinde herhangi bir değişime sebep olup olmadığı gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

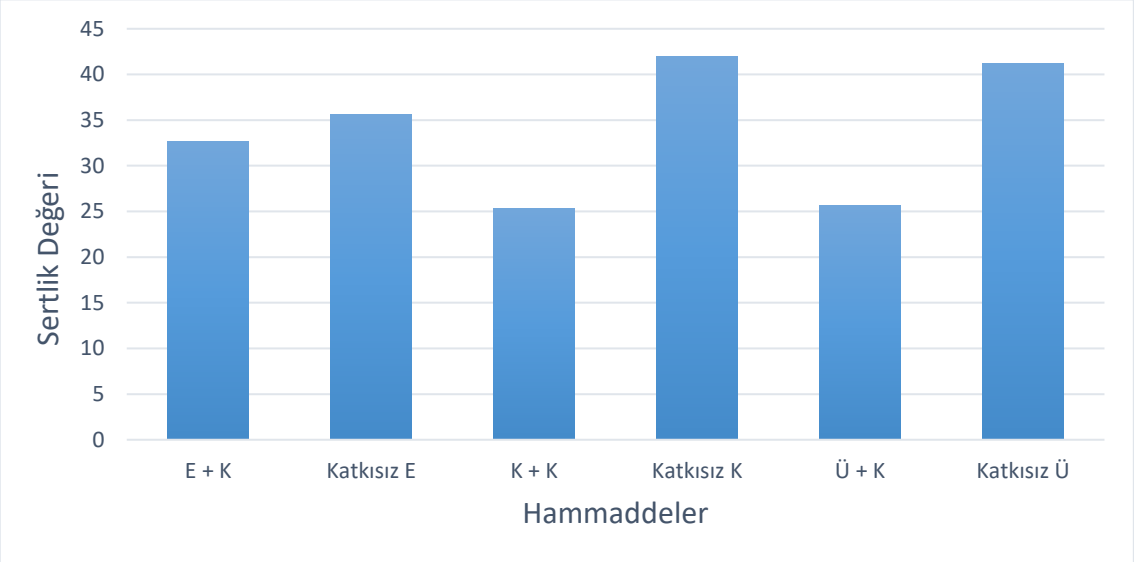
$$Hv_{0,2}=0,102*(F/d^2) \qquad (6.1)$$

Her çubuğa 200 gr yük uygulanarak 3 ya da 4 iz elde edilmiş ve bunların sayısal sonuçlarının ortalama değerleri eşitlik 6.1 yardımıyla hesaplanarak grafikler şeklinde Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de verilmiştir.



Şekil 6.11 Üleksit, kolemanit ve etidot-67 hammaddeler kullanılarak üretilen çubukların 20°C, 30°C ve 50°C sıcaklıklardaki sertlik değerleri grafiği

Şekil 6.11'te verildiği gibi katkısız üleksit ve kolemanit ile üretilen çubukların sertlik değerlerine bakıldığında sıcaklıkla birlikte belirgin bir değişiklik görülmemiştir. Ancak etidot-67 çubuk için sıcaklık 50°C'ye çıktığında yapısında meydana gelen değişimler sebebiyle sertliğinde azalma olduğu tepit edilmiştir.

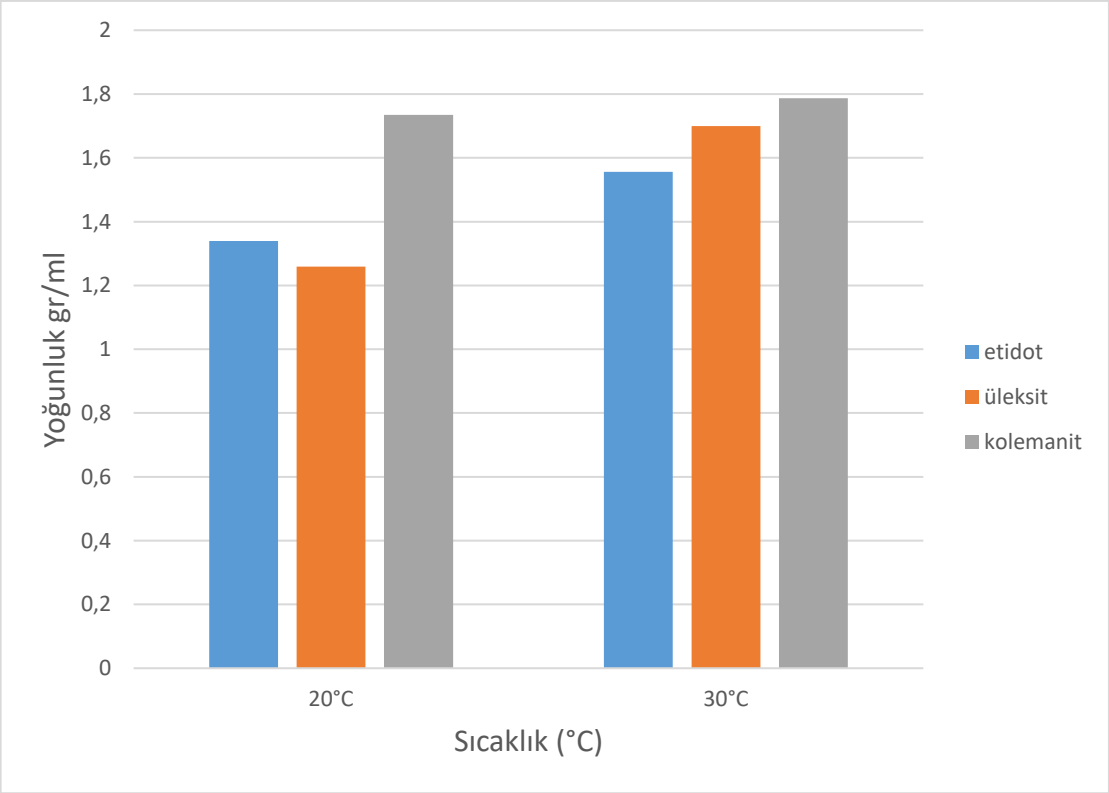


Şekil 6.12 Katkısız üretilen çubuklar ile katkı eklenerek üretilen çubukların sertlik değerlerinin karşılaştırmalı grafiği

Kullanılan katkının hammaddelerin sertliği üzerindeki etkisinin gösterildiği Şekil 6.12'ye bakıldığında, her 3 hammadde için katkının oda sıcaklığında ısıl işleme tabi tutulmuş çubuklarda sertlik değerini azalttığı görülmektedir.

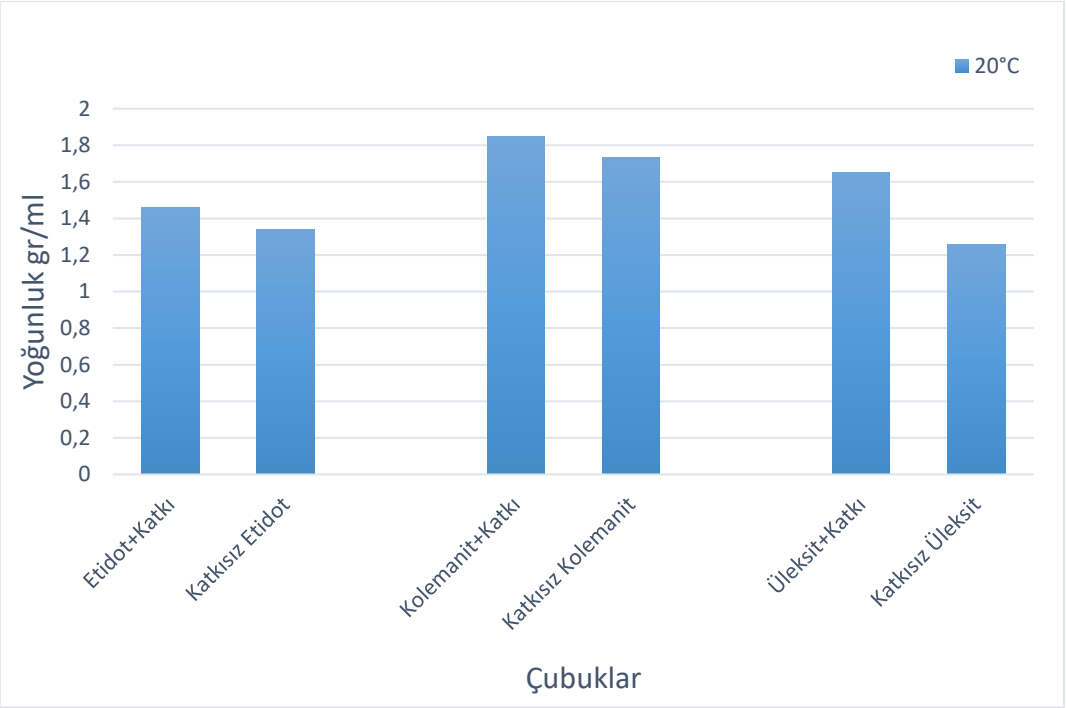
6.5 Çubukların Yoğunluk Testleri Sonuçları

Isıl teste tabi tutulduktan sonra sertlikleri ölçülen çubukların yoğunluk değişimlerini gözlemlemek amacıyla yapılan yoğunluk testlerinde, yoğunluk formülü kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Test öncesi her çubuğun ağırlığı ölçülmüştür. Testler sonrası sonuçların grafikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.13 Katkısız çubukların yoğunluklarının oda sıcaklığı (20°C) ve 30°C karşılaştırmalı grafiği

Şekil 6.13 incelendiğinde katkısız çubukların oda sıcaklığındaki yoğunluk değerleri sıcaklık 30°C'ye yükseldiğinde az miktarda artış göstermektedir.



Şekil 6.14 Katkısız ve katkılı çubukların oda sıcaklığındaki yoğunluk değerlerinin karşılaştırmalı grafiği

Katkılı çubukların yoğunluk değerleri ile katkısız çubukların yoğunluk değerleri oda sıcaklığında incelendiğinde (Şekil 6.14) kullanılan katkının çubukların yoğunluğunu artırdığı görülmektedir.

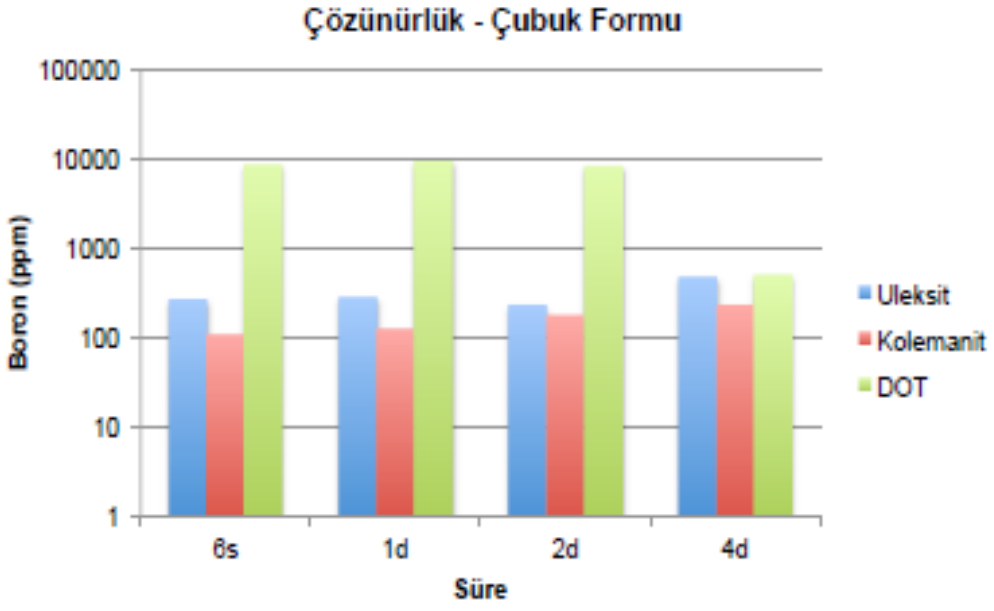
Isıl işlemlerde katkının sıcaklık etkisine karşı belirgin bir koruma sağlamaması, sertlik testleri ardından kil katkısının çubukların sertlik değerini azaltmasından dolayı çubuklara pozitif yönde bir etkisinin olmadığına karar verilmiş ve bu sebeple çözünürlük testlerinde sadece sadece katkısız çubukların kullanılmasına karar verilmiştir.

6.6 Çubukların Çözünürlük Testleri Sonuçları

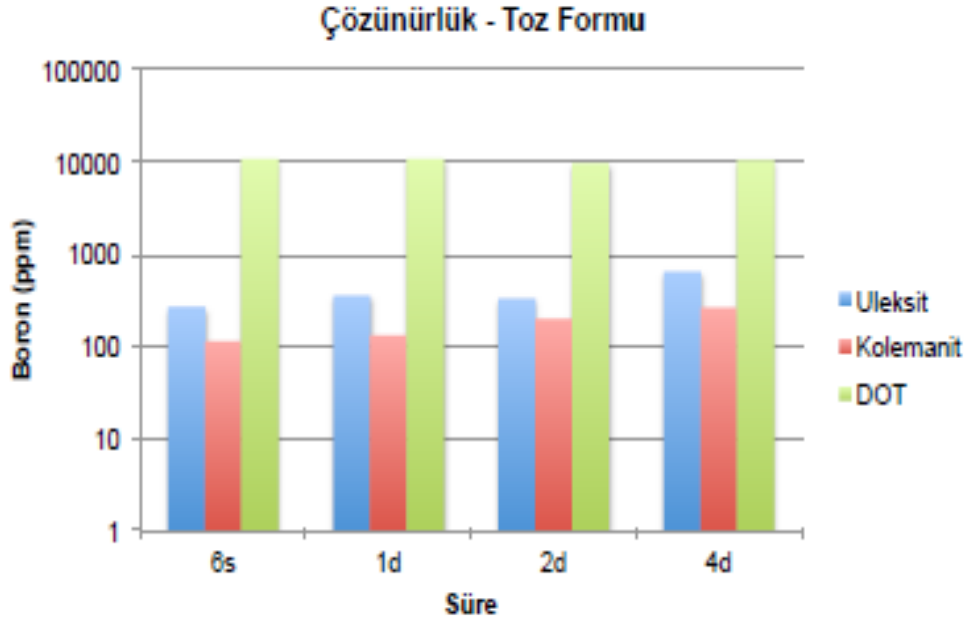
Toz ve çubuk formundaki numunelere uygulanan çözünürlük testlerinin sonuçları Şekil 6.15'de verilmiştir.

Çubuk yapımında kullanılan bor minerallerinin toz ve çubuk formundayken 6 saat, 1 gün, 2 gün ve 4 gün sürelerle suya yaydıkları bor element miktarları ICP-OES analizleri ile belirlenmiştir.

Grafikler incelendiğinde hem toz hem de çubuk formunda etidot-67'nin bor yayılımın daha fazla olduğu görülmektedir. Etidot-67 bileşiğini üleksit ve kolemanit minerali takip etmektedir.

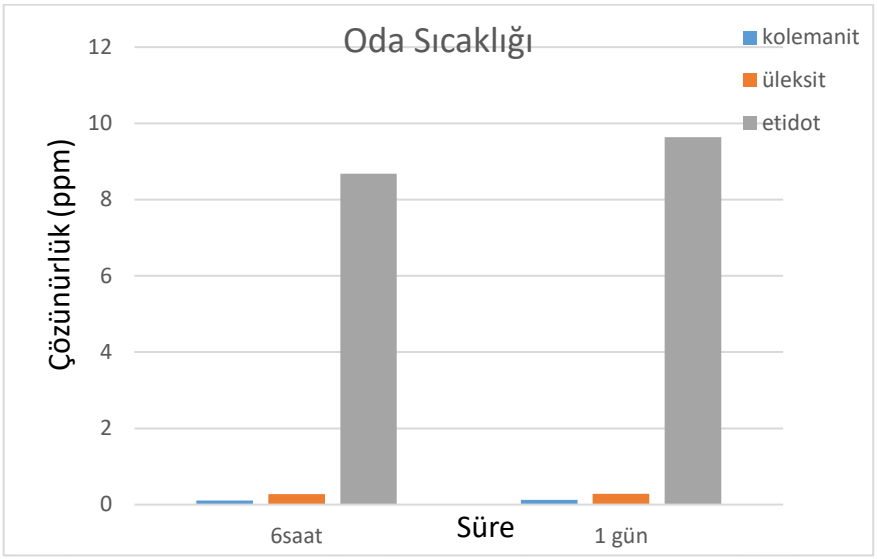


a)

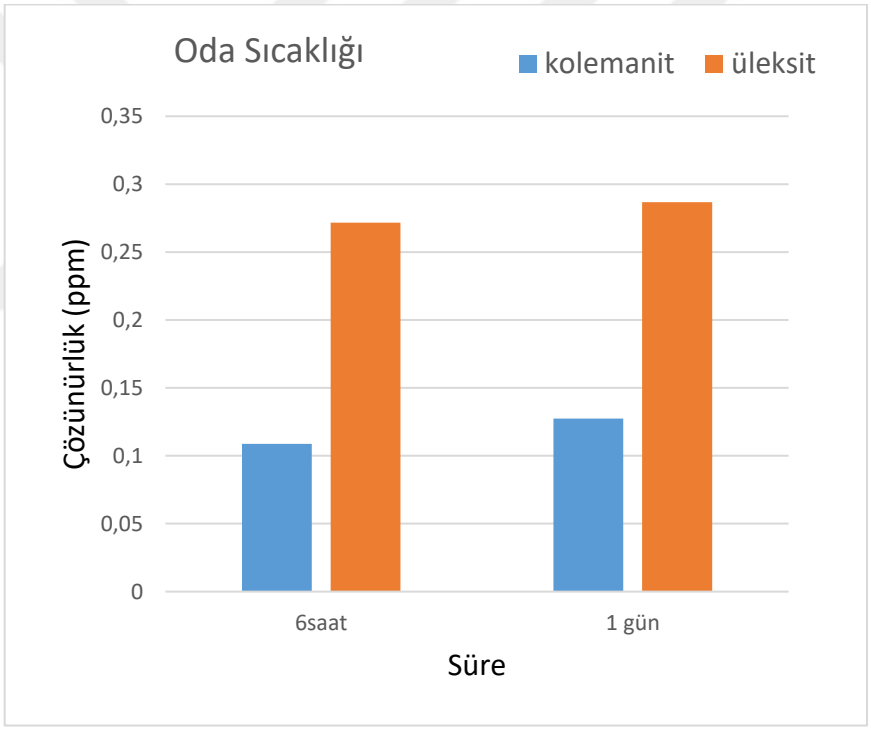


b)

Şekil 6.15 Bor yayılım grafiği a) çubuk, b) toz formunda



a)



b)

Şekil 6.16 Oda Sıcaklığında a) Katkısız Çubukların 6 Saat ve 1gün Sonrası Çözünürlük Grafikleri, Oda Sıcaklığında b) Katkısız Üleksit ve Kolemanit Çubukların 6 Saat ve 1 Gün Sonrası Çözünürlük Grafikleri

Şekil 6.16'da verildiği gibi oda sıcaklığında katkısız çubukların çözünürlükleri karşılaştırıldığında etidot-67 çubuğun çözünürlüğünün kolemanit ve üleksit çubuğa oranla daha fazla olduğu görülmüştür. 6 saat ve 1 gün çözünme sürelerinde

çözünürlükleri incelenen 3 hammaddenin, her 3'ünün de çözünürlüğünün süre ile birlikte arttığı saptanmıştır.

6.7 Bekleme Süresinin Ardından Odun Örneklerinin Rutubet Miktarları

Üleksit çubukların montelenmesi için hazırlanan ve %30, %60 ve %90 rutubet seviyelerine getirilen odun örneklerinin nem miktarları 7, 30, 60 ve 90 gün bekleme süreleri ardından nem tayin cihazı ile ölçülmüş ve Tablo 6.1'de verilmiştir. Parantez içerisindeki rakamlar standart sapmayı göstermektedir.

Tablo 6.1 incelendiğinde 7, 30, 60 ve 90 günlük inkübasyon süreleri boyunca test örneklerinin genel rutubet içerikleri, tüm üç hedef rutubet seviyesindeki örnekler için 90 günlük süre boyunca düştüğü görülmüştür. Bu durum örneklerin desikatörde bekletilseler bile rutubet kaybına uğrayabileceklerini gösterir.

Tablo 6.1 Bekleme sürelerin içinde odun örneklerinin sahip oldukları rutubet miktarları

Bekleme Süresi (Gün)		Nem (%)					
		Üleksit			Etidot-67		
		30	60	90	30	60	90
Diri Odun	7	27,6(1,8)	66,1(1,3)	72,4(5,0)	28.6 (0.3)	58.4 (2.8)	86.4 (2.2)
	30	26,8(5,0)	60,7(2,1)	67,4(2,0)	26.0 (2.0)	56.2 (1.4)	76.6 (5.2)
	60	26,9(6,3)	53,9(2,1)	77,7(5,6)	27.7 (5.3)	51.8 (5.4)	76.2 (0.9)
	90	20,9(7,2)	51,4(3,5)	72.9 (2.2)	25.8 (4.2)	55.8 (0.2)	75.2 (2.0)
Öz Odun	7	31.9 (3.8)	47.5 (2.1)	79.2 (5.5)	33.0 (1.4)	59.9 (2.2)	84.5 (5.5)
	30	34.6 (3.6)	62.4 (3.3)	77.2 (8.2)	30.9 (3.5)	63.2 (2.0)	74.7 (0.4)
	60	38.0 (3.9)	72.9 (6.1)	88.6 (4.0)	29.7 (2.1)	61.0 (2.4)	78.8 (2.2)
	90	41.0 (3.1)	66.3 (4.8)	81.4 (6.0)	31.0 (0.0)	54.3 (0.8)	76.4 (1.2)

Tablo 6.1 Bekleme sürelerin içinde odun örneklerinin sahip oldukları rutubet miktarları (devamı)

	Bekleme Süresi (Gün)	Nem (%)					
		Üleksit + EG			Etidot-67 + EG		
		30	60	90	30	60	90
Diri Odun	7	31.5 (7.0)	49.3 (2.2)	81.7 (2.0)	31.0 (5.7)	57.9 (0.1)	85.0 (3.1)
	30	25.9 (3.0)	41.3 (2.5)	77.3 (4.1)	24.9 (2.0)	55.2 (1.2)	81.3 (3.4)
	60	21.7 (3.0)	42.7 (2.7)	87.6 (5.5)	23.5 (2.1)	56.7 (5.0)	78.6 (3.4)
	90	26.9 (7.0)	47.5 (2.8)	81.6 (1.1)	25.8 (1.1)	56.0 (3.1)	77.0 (0.8)
Öz Odun	7	35.4 (4.1)	61.6 (3.7)	88.2 (5.1)	33.8 (0.9)	56.3 (3.0)	85.2 (2.2)
	30	30.8 (1.4)	59.4 (2.0)	79.4 (1.2)	25.8 (2.0)	53.0 (0.4)	81.4 (5.0)
	60	25.7 (5.1)	51.0 (3.2)	66.2 (1.4)	26.0 (2.6)	55.8 (0.1)	78.3 (0.1)
	90	28.4 (3.1)	52.7 (5.0)	71.3 (3.7)	26.1 (6.0)	57.2 (3.1)	73.0 (4.2)

3 aylık bekleme süresinin ardından %60 ve %90 hedef rutubete sahip örneklerdeki rutubet seviyesinin, lif doygunluğu noktasının (LDN) oldukça üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak %30 hedef rutubete sahip örneklerdeki tüm inkübasyon rutubetleri sonunda örneklerin rutubet içeriğinin %24 ile %34 oranları arasında değiştiği görülmüştür.

Bu sonuçlar, borun odun içinde yayılmasını sağlayacak serbest suyun bulunduğunu işaret etmektedir. Çizelgede karşılaştırma amaçlı etidot-67 çubuklarının da verileri bulunmaktadır. Bu çubuklar da üleksit çubuklarla aynı koşullarda inkübe edilmişlerdir. Hedeflenen rutubet oranları ile inkübasyon süresi sonrası oranlar karşılaştırıldığında, rutubet oranlarının inkübasyon sürelerinde genelinde düştüğü gözlemlenmiştir.

6.8 Odun Örneklerinden Bor Miktarlarının Belirlenmesi

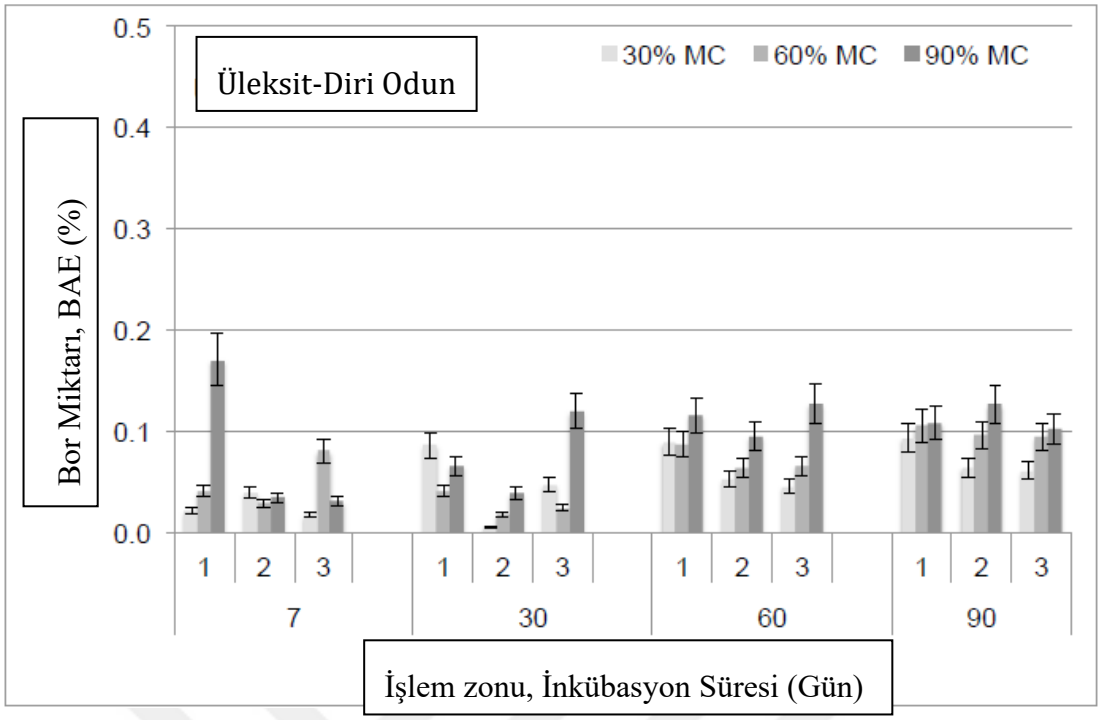
Hedeflenen rutubet oranlarında inkübasyon süreleri sonrası odun örneklerinden Şekil 5.9a)'da verildiği şekilde 1, 2 ve 3 numaralı bölgelerden 1'er cm genişliğinde 3'er parça alınarak, bu parçalardan bor miktar analizi yapılmıştır.

Aşağıdaki grafiklerde odun örneklerinden alınan 3 analiz bölgesinde belirlenen BAE şeklinde % bor element miktarını ve alınan örneklerdeki üleksit dağılımını görmekteyiz. Örnekler incelendiğinde, başlangıç durumundaki rutubet içeriği ile inkkübasyon süresi arttıkça odun örneklerindeki bor miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Genel olarak, üleksit esaslı bor çubuklarının kullanıldığı diri odun örneklerindeki bor içeriklerinin öz odun örneklerinden daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.17-18).

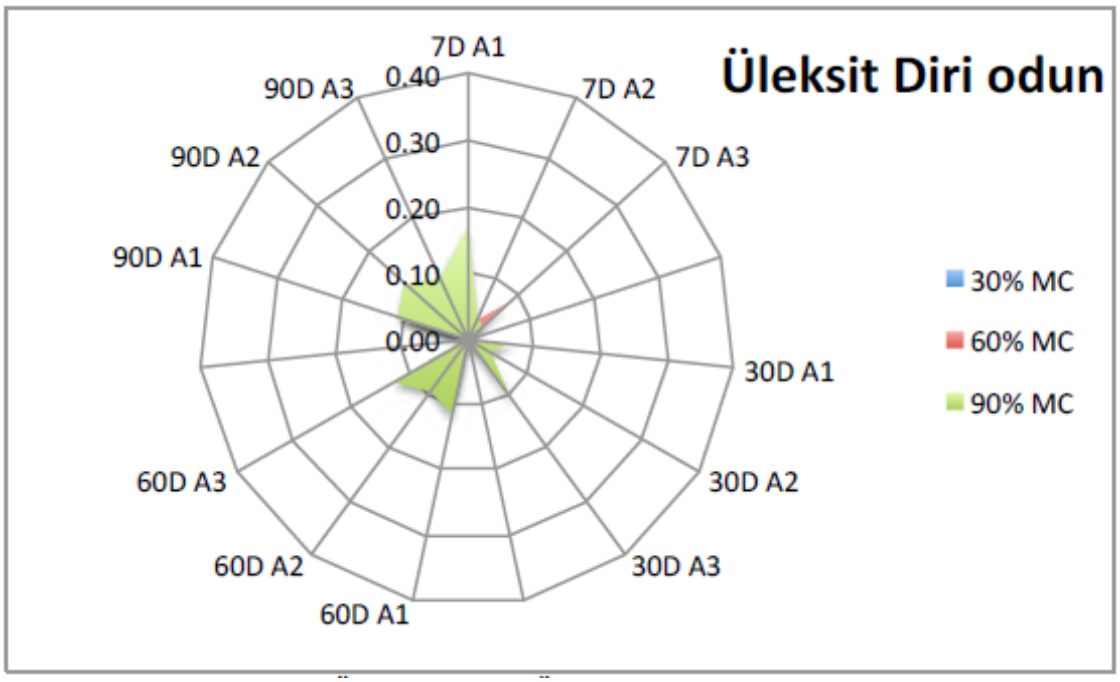
Etilen glikol kullanılmayan üleksit esaslı çubukların kullanıldığı diri odun örneklerinde 7 ve 30 günlük inkübasyon süresi sonunda elde edilen bor seviyelerinin genel olarak iç çürümeye karşı koruma için minimum eşik değerinden (%0,10 BAE) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Üleksit esaslı bor çubuklarının kullanıldığı öz odun örneklerinde, %90 hedef rutubet içeriğine sahip olan örneklerde yalnızca 90 günlük inkübasyon süresi sonunda %0,10 BAE eşik değeri aşılabilmiştir. Bununla birlikte, üleksit için birkaç istisna bulunmaktadır. Üleksit esaslı çubuklarda, %90 hedef rutubet içeriği seviyesinde, 7 ve 30 günlük inkübasyon periyodu sonunda diri odun örnekleri, sırasıyla 1. ve 3. analiz bölgelerinde %0,10 BAE eşiğini aşan bor elementi tespit edilmiştir.

Üleksit ile birlikte deliklere etilen glikol eklendiğinde hem diri odun hem de öz odun örneklerindeki bor içeriklerinin etilen glikol kullanılmayan örneklere kıyasla arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, %0,10 BAE eşik değerinden fazla olan bor içerikleri genellikle hem diri hem de öz odun bloklarında 60 ve 90 günlük inkübasyon süresi sonunda tespit edilmiştir. Bu durum, etilen glikolün bor çubuklarından borun çözülmesinde ve borun odun içerisinde dağılmasında da önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

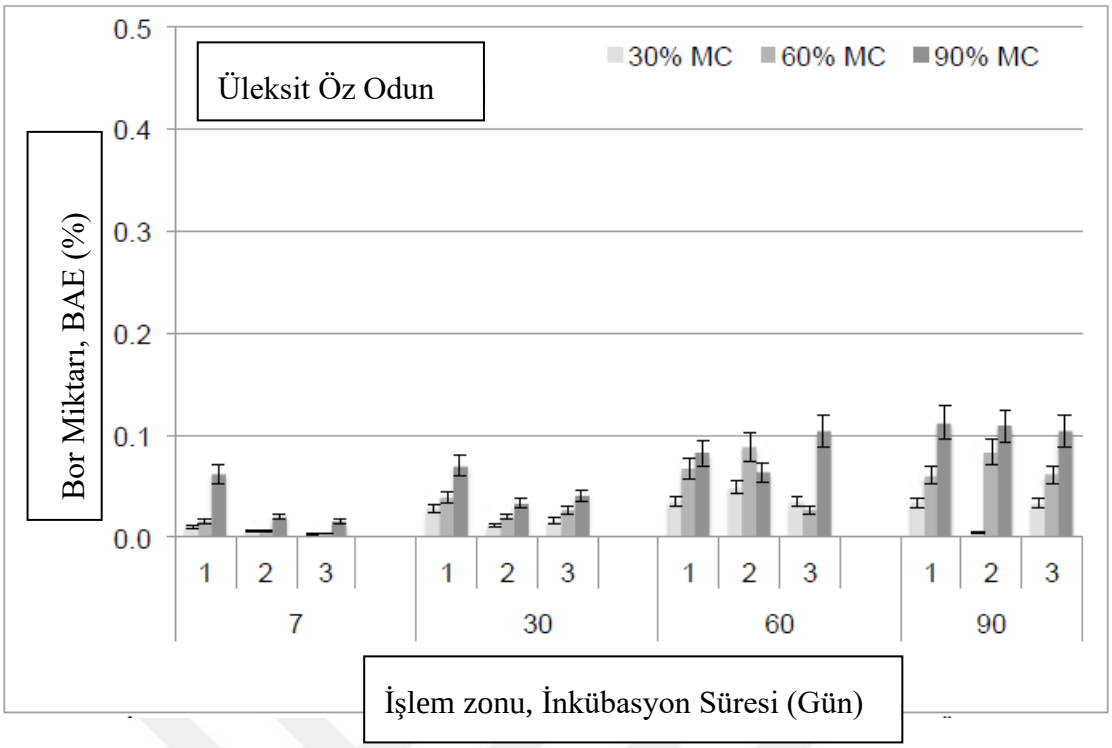


a)

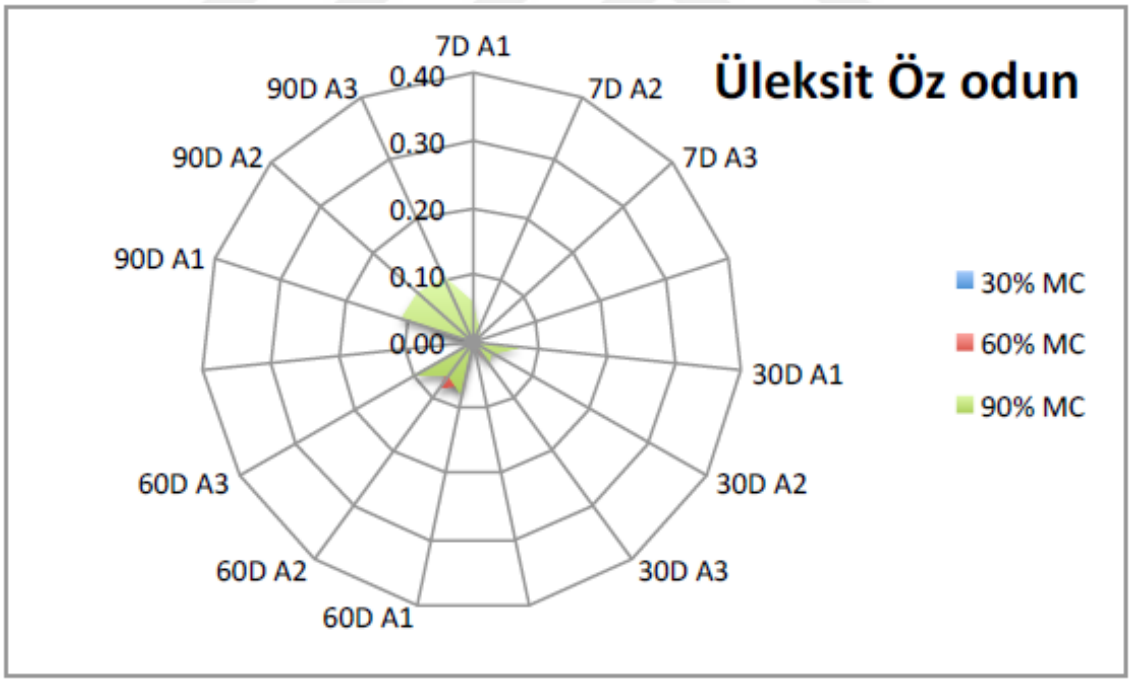


b)

Şekil 6.17 Üleksit a) diri odun bölgesi için inceleme zonu, bekleme süresi ve blok nem düzeyi ile bor miktarı ilişkisi (% BAE), b) diri odun için üleksit dağılımı



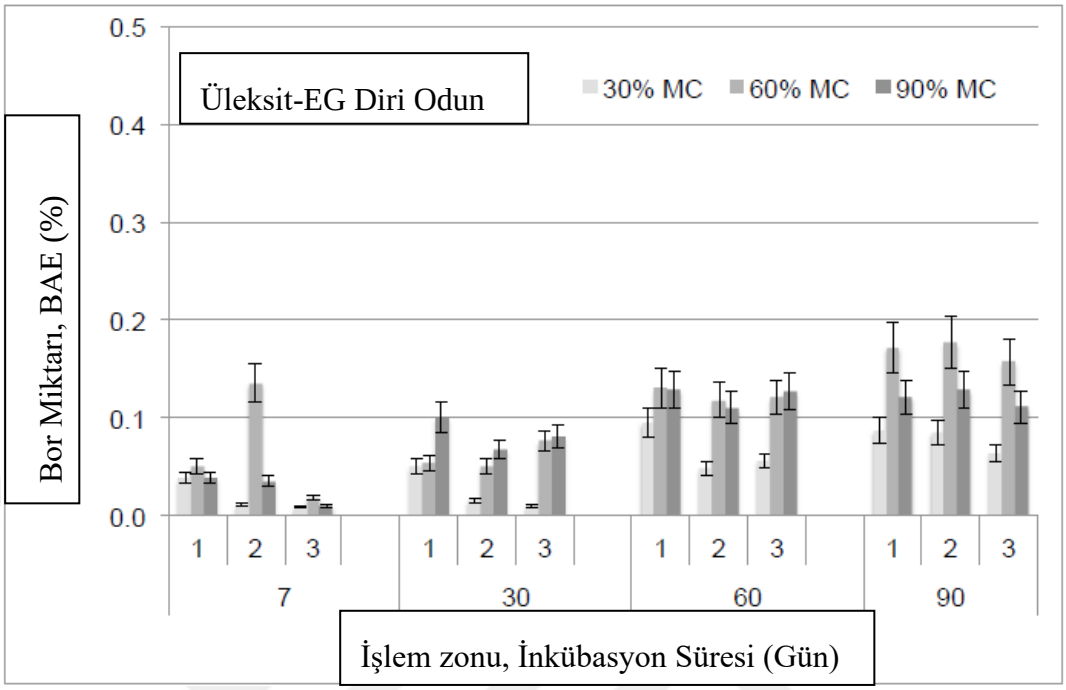
a)



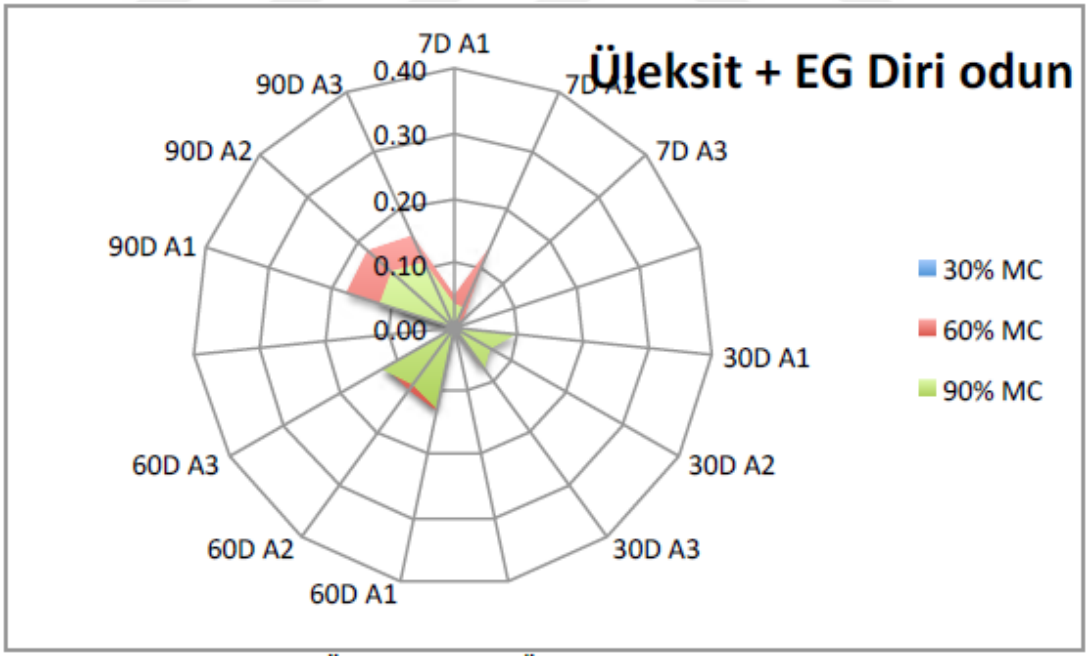
b)

Şekil 6.18 Üleksit a) öz odun için inceleme zonu, bekleme süresi ve blok nem düzeyi ile bor miktarı ilişkisi (% BAE), b) öz odun örneklerinde üleksit dağılımı

Glikol kullanıldıktan sonra yerleştirilen bor çubuklarının analiz sonuçları şekil 6.19'da verilmiştir.

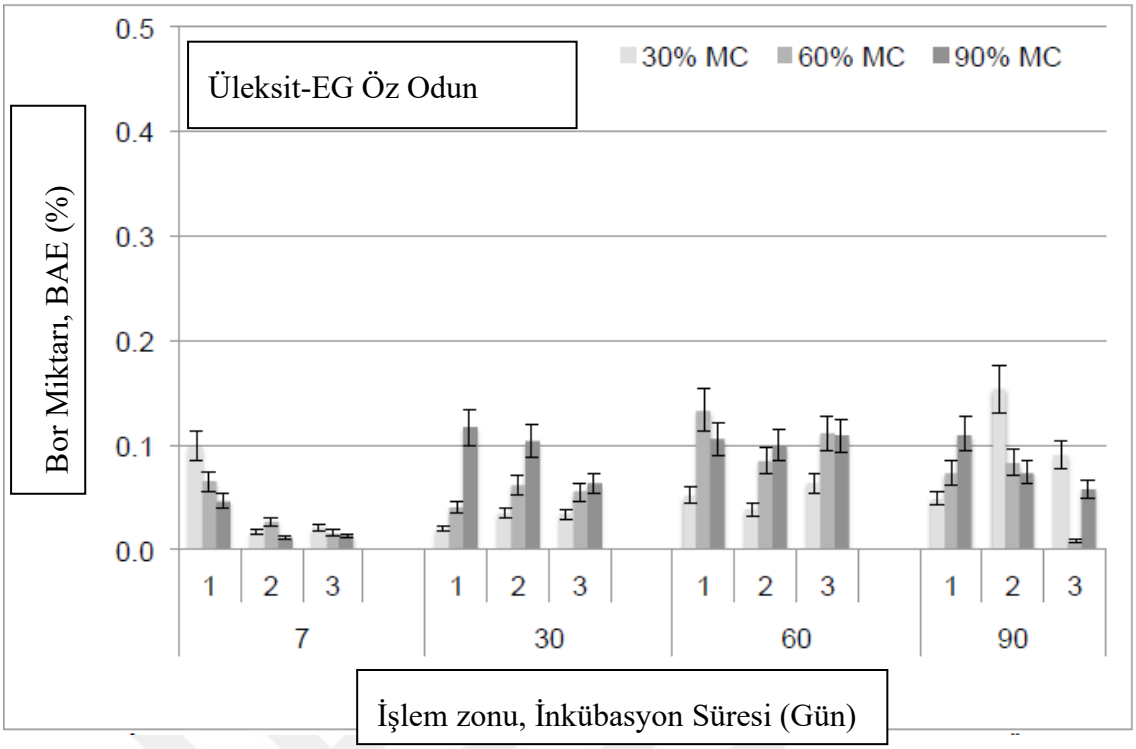


a)

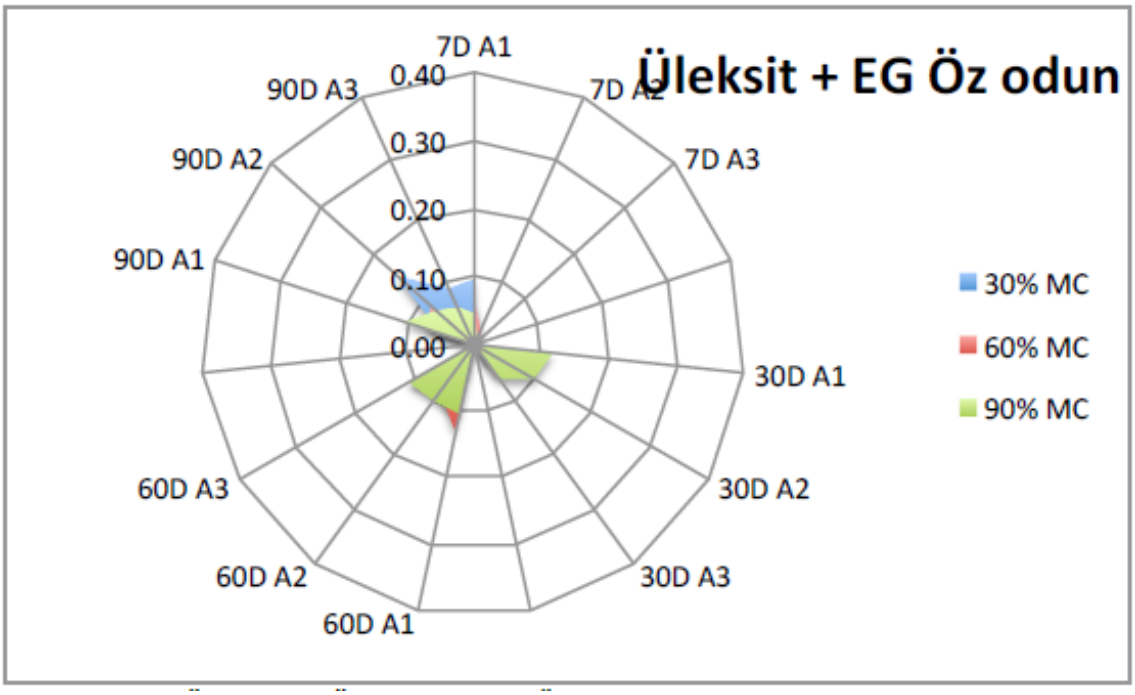


b)

Şekil 6.19 Üleksit-etilen glikol a) diri odun bölgesi için inceleme zonu, bekleme süresi ve blok nem düzeyi ile bor miktarı ilişkisi (% BAE), b) diri odun örneklerinde üleksit-etilen glikol dağılımı



a)



b)

Şekil 6.20 Üleksit-etilen glikol a) öz odun bölgesi için inceleme zonu, bekleme süresi ve blok nem düzeyi ile bor miktarı ilişkisi (% BAE), b) öz odun örneklerinde Üleksit-etilen glikol dağılımı

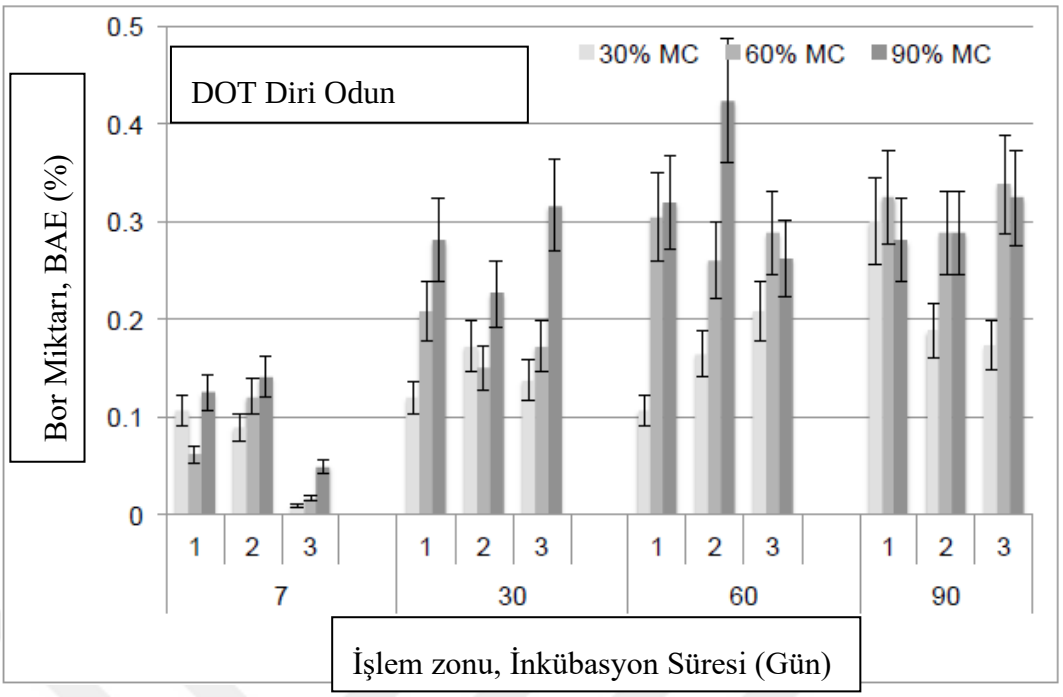
Glikol eklenmiş ve eklenmemiş diri ve öz odun örneklerine yerleştirilmiş olan üleksit çubuklardan difüze olan bor miktarının alansal olarak gösterimleri Şekil 6.17-6.20 b)'de, DOT çubuklardan difüze olan bor miktarının alansal olarak gösterimleri ise Şekil 6.21-6.24 b'de gösterilmiştir. Alansal gösterim grafikleri sayesinde bor elementi dağılımları görsel olarak da rahatça incelenebilmektedir.

DOT esaslı bor çubukları, üleksit minerallerinden elde edilen çubuklarla karşılaştırıldığında, önemli düzeyde daha fazla bor içerdiği gözlemlenmiş ayrıca öz ve diri odun örneklerinde borun daha iyi yayıldığı tespit edilmiştir. DOT'nin çözünürlüğü 97 g/L iken üleksit 7,6 g/L çözünürlük değerlerine sahiptir. Şekil 6.21a'da verildiği gibi sadece DOT ile işlem görmüş diri odun örneğinde hemen hemen tüm analiz bölgelerinde, %0,10 BAE eşik seviyesi aşabilmiştir.

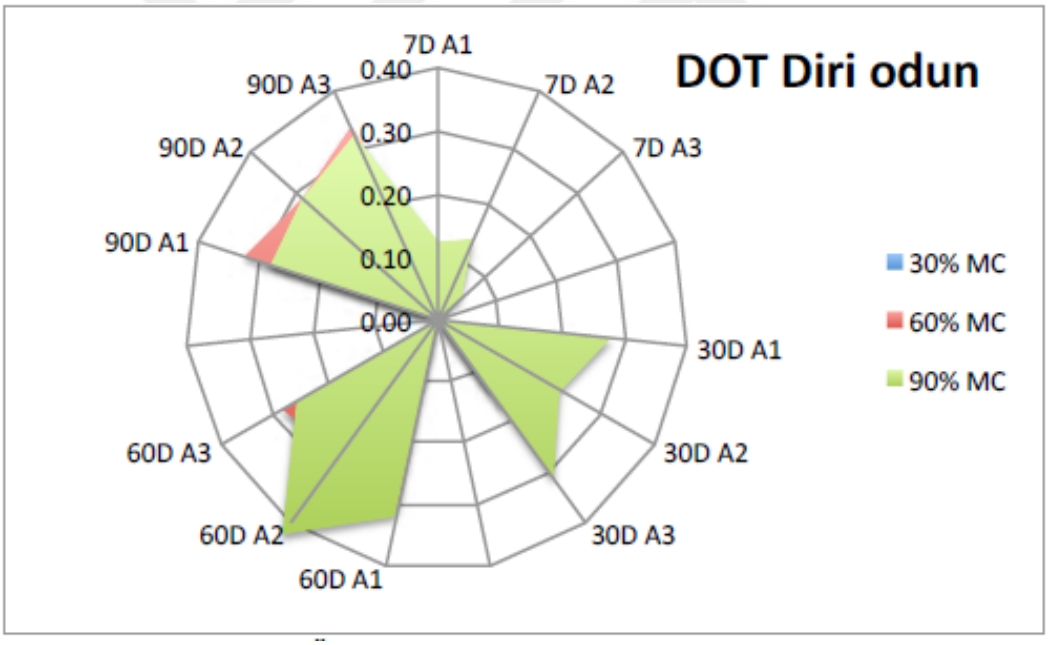
7 günlük inkübasyon süresi için %0,10'dan düşük bor seviyelerinin tespit edildiği az sayıda istisna görülmüştür. Öz odun blokları diri odun bloklarına kıyasla biraz daha az bor içerdiği tespit edilmiştir. Diri odun ve öz odun blokları arasında 7 günlük inkübasyon süresi için daha belirgin farklılıklar görülmüştür. Ancak, inkübasyon süresi uzatıldığında bu farklılıklar ortadan kalkmıştır. Bununla birlikte, üleksit mineralinden üretilmiş çubuklardaki etilen glikolün bor dağılımı üzerine olumlu yöndeki etkisi DOT kullanılarak üretilen çubuklarda görülmemiştir.

Çalışmada genel olarak bazı istisnalar dışında, tespit edilen bor içeriği uygulama deliğinden uzaklık ile tutarlı bir ilişki eğilimi göstermemiştir. Genel olarak bor içerikleri, %30 ve %60 rutubet miktarına göre %90 odun rutubeti içeriği seviyelerinde artış göstermiştir.

Bor yayılımı için serbest suyun gerekli olduğu fenomeni, test edilen en düşük rutubet seviyelerinde, maruz kalma periyodunun bir noktasında yayılımın meydana gelmesini sağlayacak yeterli rutubetin odun içerisinde bulunduğunu göstermektedir.

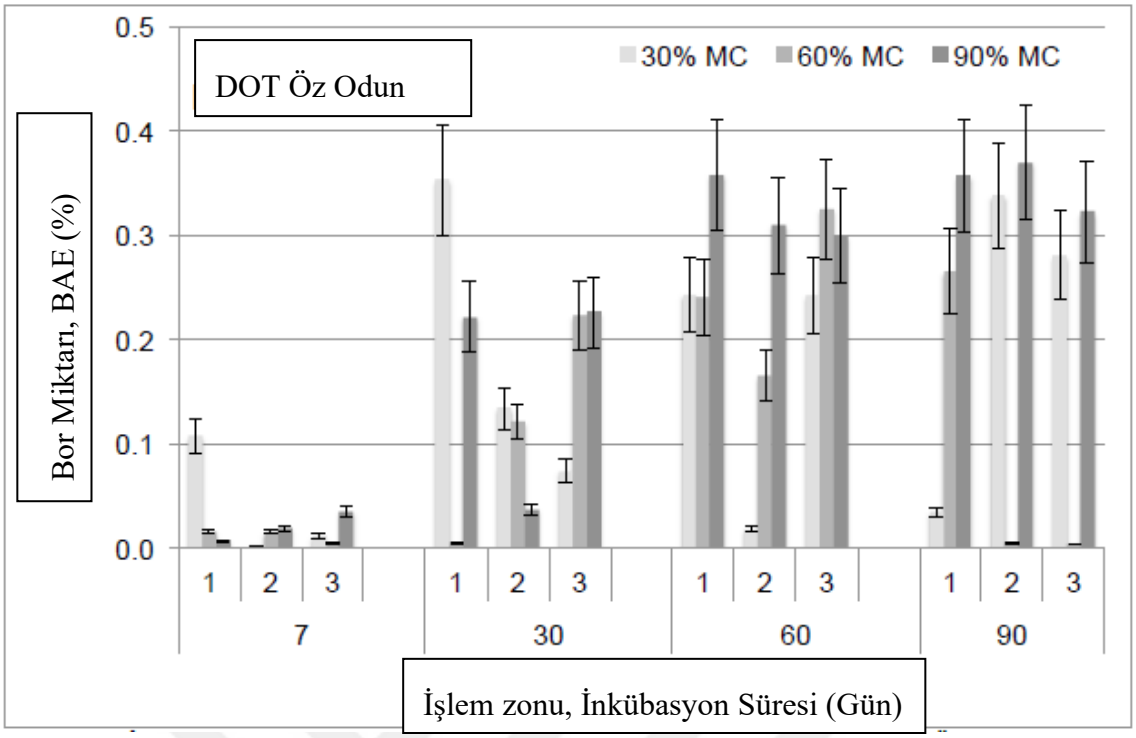


a)

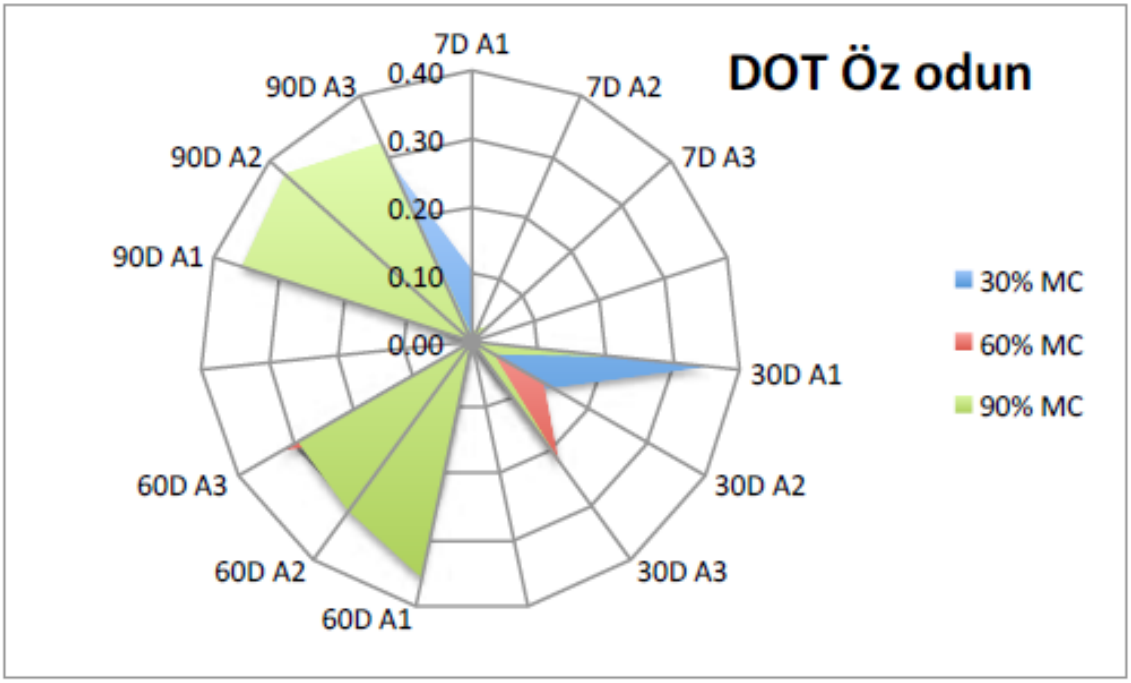


b)

Şekil 6.21 DOT'un a) diri odunda inceleme zonu, bekleme süresi ile bor miktarı ilişkisi (% BAE), b) diri odunda DOT dağılımı

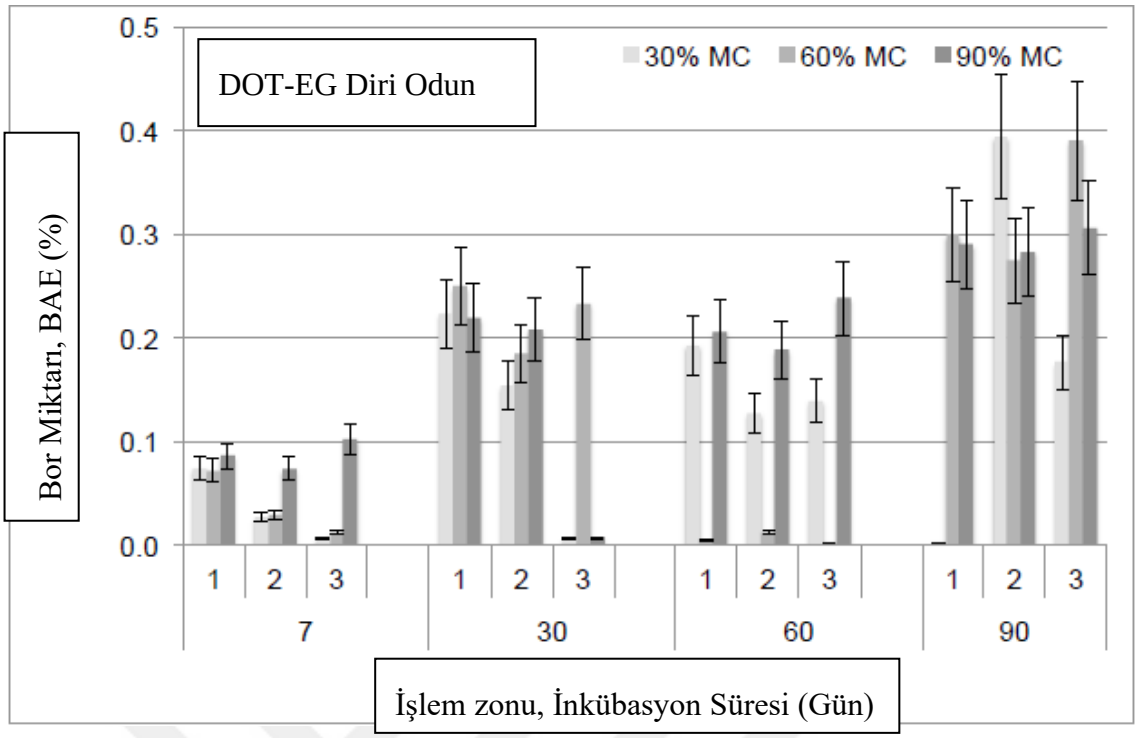


a)

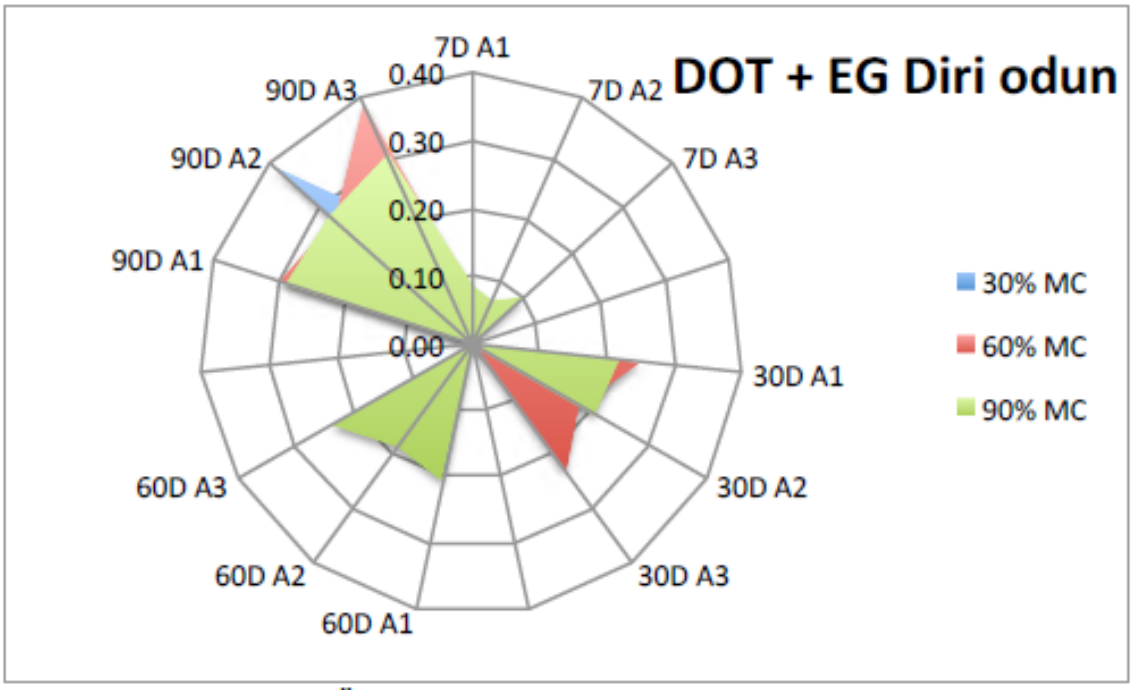


b)

Şekil 6.22 DOT'un a) öz odunda inceleme zonu, bekleme süresi ile bor miktarı ilişkisi (% BAE), b) öz odunda DOT dağılımı

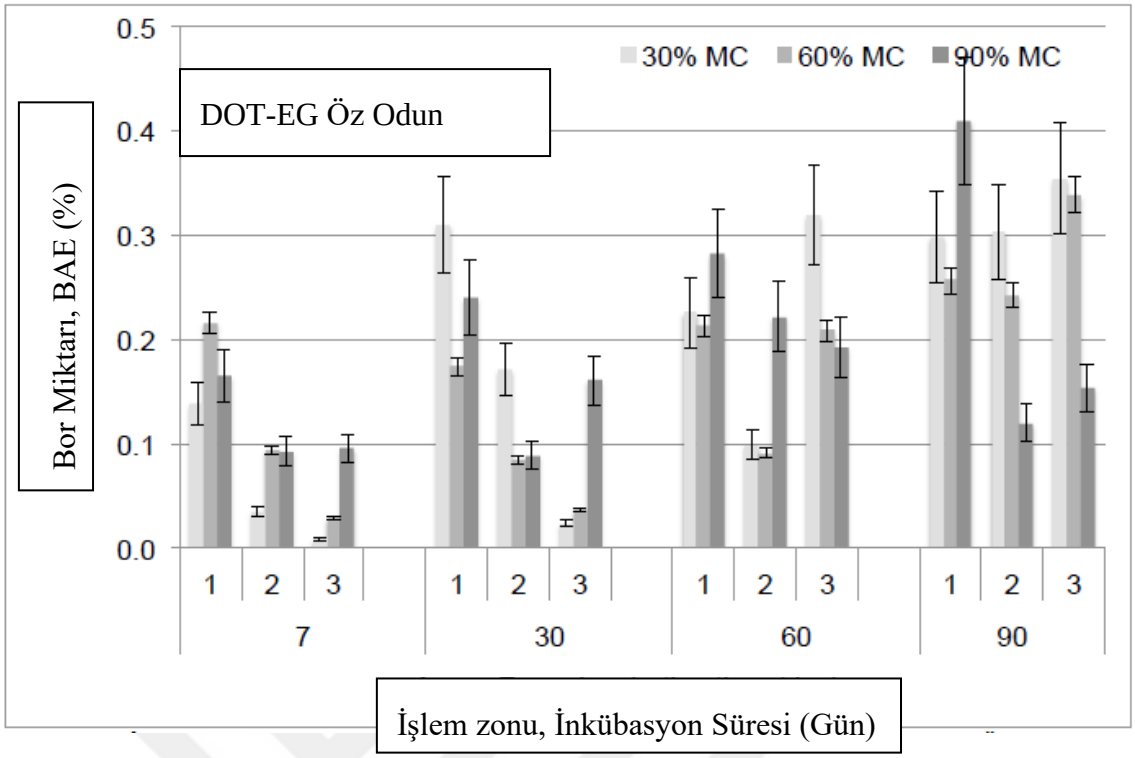


a)

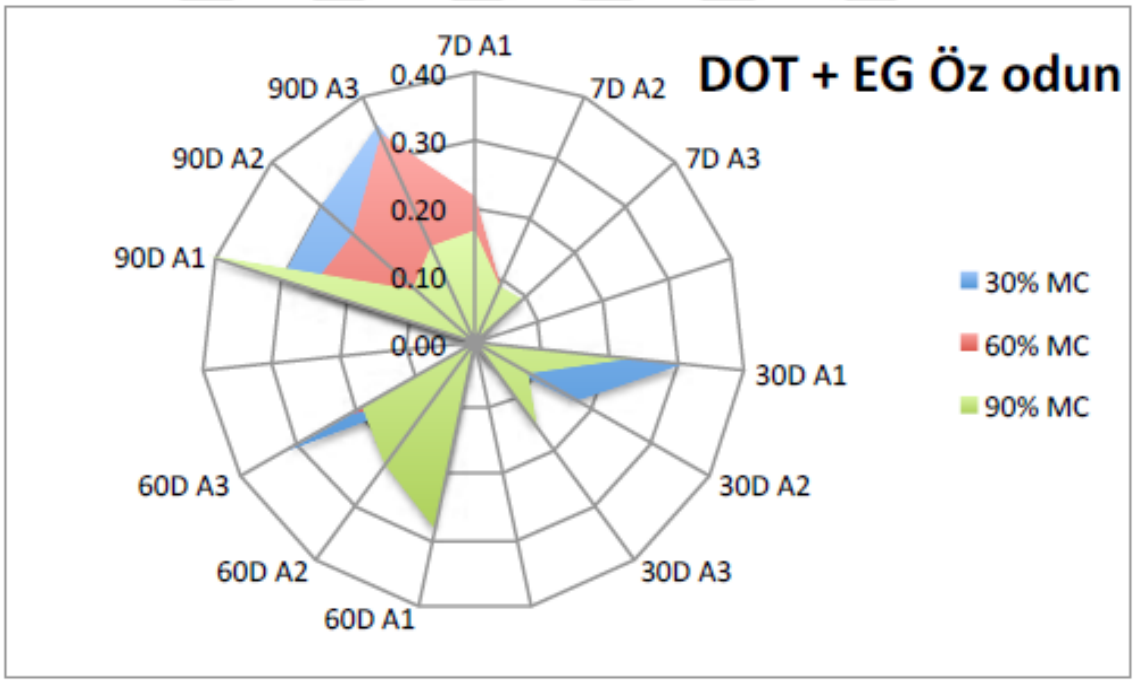


b)

Şekil 6.23 DOT-etilen glikol a) diri odun için inceleme zonu, bekleme süresi ile bor miktarı ilişkisi (%BAE), b) diri odun örneklerinde DOT-etilen glikol dağılımı



a)



b)

Şekil 6.24 DOT-etilen glikol a) öz odun için inceleme zonu, bekleme süresi ile bor miktarı ilişkisi (%BAE,) b) öz odun örneklerinde DOT-etilen glikol dağılımı

Tablo 6.2, 6.3 ve 6.4'te sırayla odun örneklerindeki 3 farklı inceleme bölgesi için istatistik analiz sonuçları görülmektedir. Bu tablolarda bekleme süreleri (7 gün, 30 gün, 60 gün ve 90 gün), odun örneklerinin rutubet miktarları (%30, %60 veya %90) göz önüne alınarak üleksit çubuklar ile DOT çubuklar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir ayrıca odun bölgeleri (diri ve öz), etilen glikol eklenmiş ve eklenmemiş örneklerin de ayrı ayrı değerlendirmeleri yapılmıştır.

Tablo 6.2 Birinci inceleme bölgesi için karşılaştırma

	Bekleme			**Nispi Rutubet (%)**			
	Süresi	**%30**	**%60**	**%90**	**%30**	**%60**	**%90**
	(Gün)		**Üleksit**			**DOT**	
Diri Odun	**7**	B	A	A	A	A	AB
	30	AB	B	B	A	A	A
	60	AB	B	B	A	A	A
	90	B	B	B	A	A	A
Öz Odun	**7**	B	A	A	A	A	B
	30	B	B	B	A	C	A
	60	B	B	B	A	A	A
	90	AB	B	B	A	A	A
			Üleksit+EG			**DOT+EG**	
Diri Odun	**7**	B	AB	B	A	A	A
	30	B	AB	B	A	A	A
	60	B	A	B	A	C	A
	90	AB	B	C	C	A	A
Öz Odun	**7**	B	B	B	A	A	A
	30	B	B	B	A	A	A
	60	B	B	B	A	A	A
	90	B	B	B	A	A	A

Bu incelemelerde güven aralığı $p \leq 0,05$ olarak belirlenmiştir. Duncan's Multiple Range Test–DMRT esas alınarak oluşturulan değerlendirme satırlarında kullanılan aynı harfler 2 bileşik arasında istatistiksel anlamda bir farklılığın olmadığını, farklı harfler de istatiksel olarak anlam farkının olduğunu göstermektedir. Tüm inceleme

bölgelerine bakıldığında bazı istisnaları hariç üleksit ve DOT çubuklar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya çıktığı görülmektedir. Etilen glikol kullanımı ya da kullanılmama durumu ve değişik odun bölgeleri (diri-öz) durumunda da bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Tablo 6.3 İkinci inceleme bölgesi için karşılaştırma

	Bekleme			**Nispi Rutubet (%)**			
	Süresi	**%30**	**%60**	**%90**	**%30**	**%60**	**%90**
	(Gün)		**Üleksit**			**DOT**	
Diri Odun	**7**	B	B	B	A	A	A
	30	B	B	B	A	A	A
	60	C	B	C	A	A	A
	90	C	B	C	A	A	A
Öz Odun	**7**	A	AB	B	A	A	B
	30	B	B	A	A	A	A
	60	A	B	B	B	A	A
	90	B	AB	B	A	B	A
			Üleksit+EG			**DOT+EG**	
Diri Odun	**7**	AB	AB	B	A	B	A
	30	B	B	B	A	A	A
	60	B	AB	B	A	B	A
	90	B	B	B	A	A	A
Öz Odun	**7**	AB	B	B	A	A	A
	30	B	B	A	A	A	A
	60	B	A	B	A	A	A
	90	B	B	B	A	A	A

Tablo 6.4 Üçüncü inceleme bölgesi için karşılaştırma

	Bekleme			**Nispi Rutubet (%)**			
	Süresi	**%30**	**%600**	**%90**	**%30**	**%60**	**%90**
	(Gün)		**Üleksit**			**DOT**	
Diri Odun	**7**	B	A	AB	B	B	A
	30	B	B	B	A	A	A
	60	B	B	B	A	A	A
	90	B	B	B	A	A	A
Öz Odun	**7**	A	AB	B	A	A	A
	30	B	B	B	A	A	A
	60	B	C	B	A	A	A
	90	B	A	B	A	C	A
			Üleksit+EG			**DOT+EG**	
Diri Odun	**7**	A	A	B	A	A	A
	30	A	B	A	A	A	C
	60	B	A	B	A	B	A
	90	B	B	B	A	A	A
Öz Odun	**7**	A	AB	B	A	A	A
	30	A	B	B	AB	A	A
	60	B	B	B	A	A	A
	90	B	B	B	A	A	A

7
SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez çalışmasında ahşap korumada yerinde bakım amacıyla bor çubukları üretilmiş ve fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla ısıl işlem uygulanmış ardından sertlik, yoğunluk ve çözünürlük testleri yapılmıştır. Bu testlerin ardından katkısız üleksit çubukların ahşaba yerleştirilmesine karar verilmiş ve bor yayılım miktarı incelenmiştir.

Çubuklara uygulanan ısıl işlemler sonrası fiziksel testlerin sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde katkı maddesi eklenmiş ve eklenmemiş çubuklara ısıl işlem uygulanması ile çubuk formun etidot-67 çubuklar için 100°C, kolemanit ve üleksit çubuklar içinse 200°C sonrası bozulduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı çubukların depolama koşullarına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Katkı maddesinin, minerallerin çubuk formuna dönüştürülmesinde herhangi bir iyileştirme sağlamadığı, oda sıcaklığındaki çubukların sertlik değerini düşürmesinden dolayı katkısız çubukların üretilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Çözünürlük testleri sonucunda toz ve çubuk formunda üleksitin kolemanite oranla daha fazla çözündüğü tespit edilmiştir ve bu sebeple üleksitin ahşap korumada kullanılmasına önerilmektedir.

Çubukların özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bu testler sonucu hali hazırda üretimi ve kullanımı mevcut olan etidot-67 mineralinden yapılmış olan çubuklarla karşılaştırmak için üleksit mineralinden yapılmış çubuklar kullanılmıştır. Ardından 2 hammaddeden çubuklar istenilen rutubet şartlarına getirilmiş odun örneklerine yerleştirilmiştir.

Etilen glikol uygulanmamış olan üleksit çubukların yerleştirildiği odun örneklerinden alınan parçalardaki bor miktarının, DOT çubukların yerleştirildiği odun örneklerindeki bor miktarından büyük ölçüde daha az olduğu görülmüştür.

Bunun sebebi olarak DOT ile üleksit minerali arasında çözünürlük değerleri farkı gösterilebilir.

Etilen glikol eklemesinin yapıldığı durumlarda hem diri hem de öz odun örneklerinde, etilen glikol eklemesinin yapılmadığı duruma göre biraz daha fazla bor dağılımı görülmüştür.

Sonuçlara bakıldığında, üleksit esaslı çubukların etilen glikol ile birlikte kullanılması durumunda, diri odundaki iç çürüklüğü engelleyebilecek %0,10'luk BAE eşik değerinin sağlanabilmesi esasına bağlı olarak DOT'ye maliyet bakımından alternatif olarak yerinde bakım metodlarında kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Tez çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesinin ardından aşağıdaki öneriler getirilebilir:

1- Etidot-67 içerikli çubuklar odun içerisinde çözünmeden yüksek sıcaklığa maruz kaldığı anda hacmini kaybedip şişeceği için etkili olamayacaklardır. Etidot-67 içerikli çubukların düşük sıcaklıklı özel saklama koşullarında tutulması önerilir.

2- Ağaç malzemenin rutubetinin yıl boyunca LDN (lif doygunluğu noktası – yaklaşık ağaç türlerine göre % 26-30 arası)'dan yüksek olduğu ve hatta % 60'ların üzerinde bulunabileceği (toprak temasında ve/veya içerisinde oluşu, sık sık yağmur/kar vb. ıslanma durumuna maruz kalması) tel direklerinde, ahşap köprü ayaklarında, ahşap yapı temel malzemesi, kütük ev malzemesi, travers vb. kullanım yerlerinde üleksit çubuğu kullanımı durumunda, bor elementi ahşap içerisinde %0,10 BAE eşik değerini aşabilecek ve iç çürüklüğü önlemede rol oynayabilecektir.

3- Dış maksatlı uygulamalarda nüfuz edecek B element miktarının artmasına ve reservoir etkisi yaratabilme potansiyelinden dolayı deliklere birden fazla çubuk yerleştirilmesi düşünülebilir.

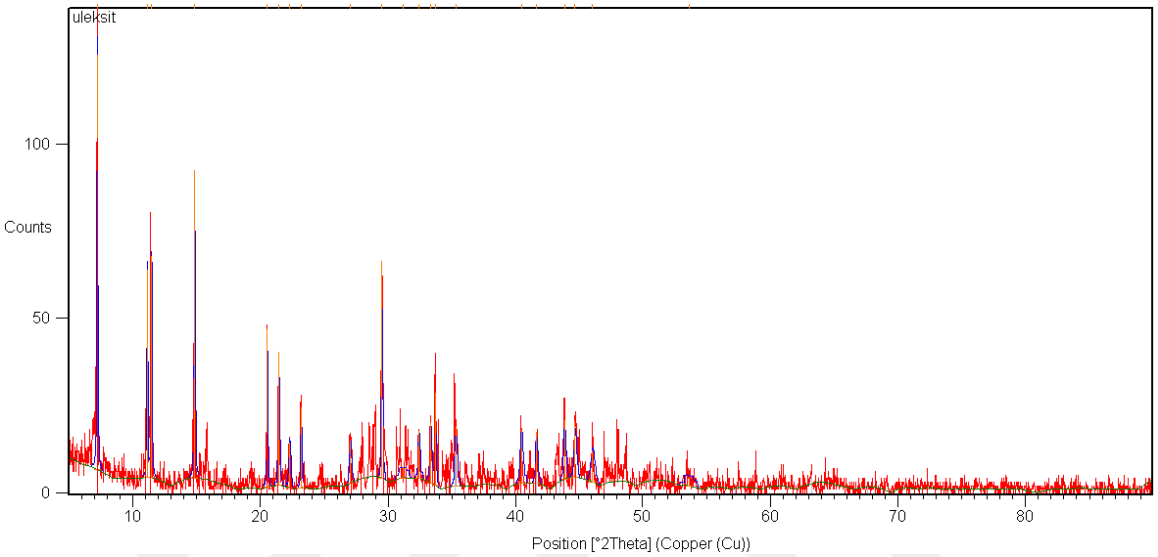
4- Hem dış maksatlı hem de iç kısım korumalarında yerinde bakım işlemlerinde işlem bölgesinin rutubet artışına katkı sağlaması bu sebeple de bor miktarının odun içerisinde daha uzak mesafeye taşınabilmesi konusunda rol oynaması sebebiyle etilen glikolün odun içerisindeki bor çubukların yerleştirilmesi için açılan deliklere uygulanan miktarı artırılabilir.

5- Üleksit mineraline DOT katılması ile elde edilecek çubuklardan bor yayılımı miktarı artırılabilir. DOT'ye üleksit katılımı DOT'den üretilecek bor çubuk maliyetlerini de azaltacak ve kulanım olanakları da artacaktır.

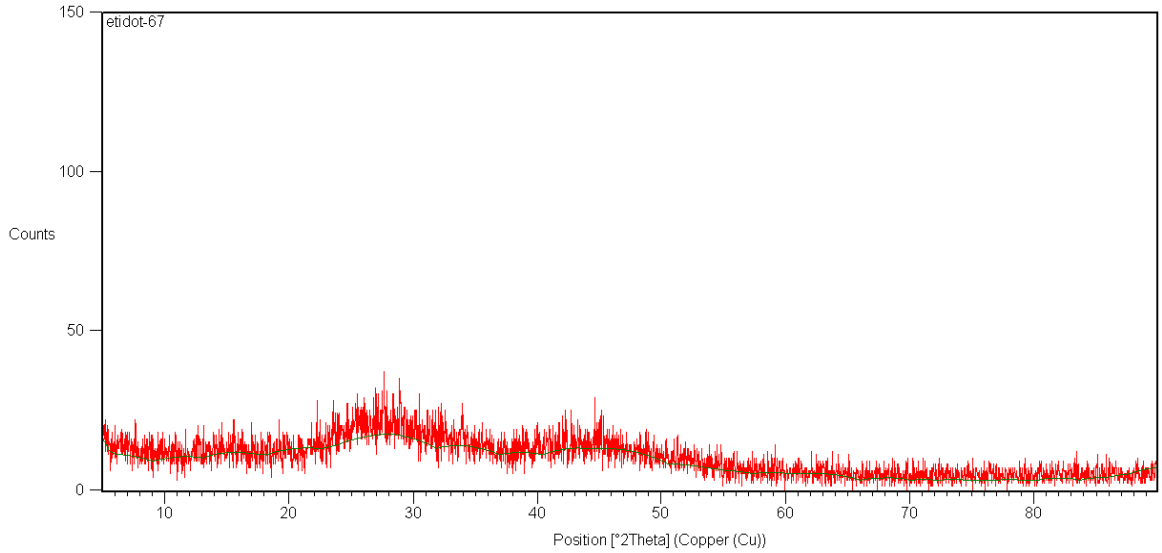
6- Yerinde bakım işlemlerinde açılacak deliklerin derinliği, çapı ve sıklığı artırılarak minerallerden odun yapısına nüfuz alanı artırılabilir. Bu durumda daha fazla üleksit çubuğundan daha fazla B element miktarı yayılacak ve korunacak alan miktarı da artacaktır.

A
XRD PATERNLERİ

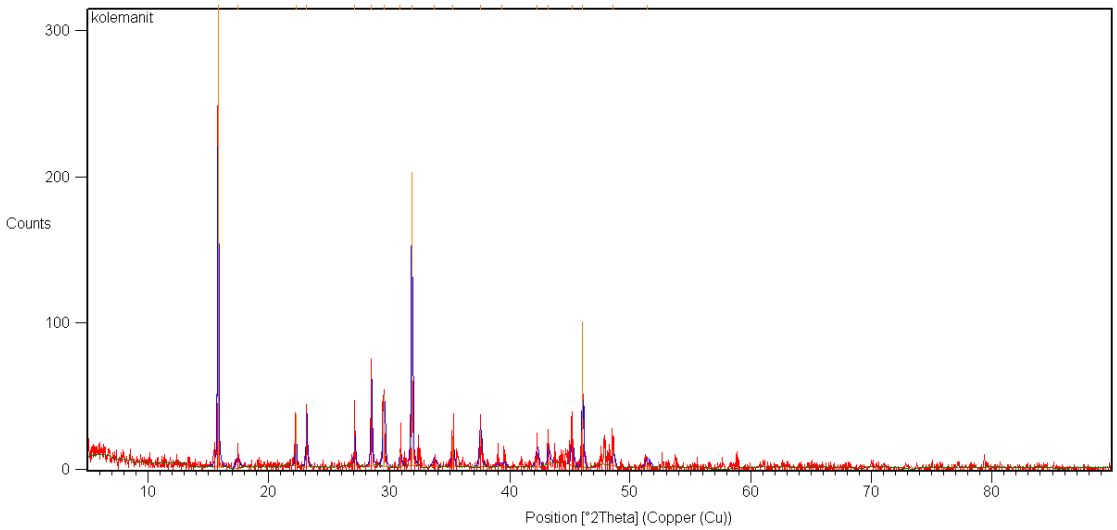
Ek-A'da kolemanit ve üleksit minerali ile Etidot-67 numunelerinin XRD paternleri verilmektedir.



a)



b)



c) [68]

Şekil Ek-A: Bor Çubuklarının Üretiminde Kullanılan Hammaddelerin XRD Paternleri

a) Üleksit b) Etidot-67 c) Kolemanit

KAYNAKÇA

[1] İ. Açıkel, "Emprenye İşleminin Ağaç Malzemede Vida Tutma Direncine Etkisi," Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2007

[2] A. Can, "Endüstriyel Ölçekli Isıl İşlem ve Borlu Bileşiklerle Emprenyenin Odunun Bazı Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi," Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2011

[3] S.T. Lebow ve R.W. Anthony, "Guide for use of wood preservatives in historic structures," General Technical Report FPL-GTR-217, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, 2012.

[4] S.N Kartal, E. Terzi ve T. Yoshimura, "Performance of fluoride and boron compounds against drywood and subterranean termites and decay and mold fungi," Journal of Forestry Research, pp1-10, 2019.

[5] M. A. Ermeydan, Z. N. Kartal ve E. D. Tomak, "Effect of process variations of polycaprolactone modification on wood durability, dimensional stability and boron leaching," Holzforschung, Volume 73, Issue 9, Pages 847–858, 2019.

[6] S. N. Kartal ve Y. Unamura, "Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanımı," 2. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 23-25 Eylül 2004.

[7] H. Sivrikaya ve A. Saraçbaşı, "Bor Madeninin Ahşap Koruma Endüstrisinde Değerlendirilmesi," 2. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 23-25 Eylül 2004.

[8] Cabrera, Y., Morrell ve J.J., "Effect of wood moisture content and rod dosage on boron or fluoride movement through Douglas-fir heartwood", Forest Products Journal, 59(4), 93-96, 2009

[9] J. J. Morrel, C. S. Love ve C. M. Freitag, "Performance of boron/fluoride rod for internal remedial treatment of Douglas-fir poles", International Wood Products Journal, Volume 2, Issue 2, pp 71-74, 2011

[10] Ra, J.B., H.M. Barnes ve T. E. Conners, 2001. "Determination of boron diffusion coefficients in wood", Wood and Fiber Science, 33(1), 90-103.

[11] S. Yıldız, Ü. C. Yıldız ve E. Dizman Tomak, "Yeni Nesil Su Bazlı Mikro-Emülsiyon Sistem Formülasyonlarla Muamele Edilen Doğu Kayınının Bazı Fiziksel Özellikleri," III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: IV Sayfa: 1691-1702, 20-22 Mayıs 2010.

[12] İ. E. Dönmez ve Ş. Dönmez, "Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkânları," SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 14: 156-162, 2013.

[13] H. Sivrikaya, "Diri ve Öz Odunun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri," Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bartın, 2003.

[14] R. Merdan, "Ahşap Yapı Elemanlarının Borlu Bileşiklerle Farklı Çalışma Şartlarında Emprenye Edilebilirliğinin Araştırılması," Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, 2011.

[15] S. B. Güler, "Ahşabın Yaşam Döngüsü Çerçevesinde Koruma ve Onarım Metotlarının Analizi," İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2011.

[16] R. F. González-Laredo vd, "Wood preservation using natural products," Madera y Bosques, vol. 21, núm. especial: 63-76, 2015.

[17] J. C. F. Walker, "Primary Wood Processing, Principles and Practice," University of Canterbury, Christchurch, New Zeland, 2006.

[18] J. J. Morrell, "Hand book of Environmental Degradation of Materials," Chapter 14 Protection of Wood-Based Materials, 2005.

[19] G. Çakır, "Bor Katkılı Zeytin Karasuyu ile Emprenye Edilmiş Bağ Budama Artıklarından Üretilmiş Yonga Levhaların Fiziksel, Mekanik ve Çürüklük Direncine Olan Etkisinin Belirlenmesi," Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, 2012.

[20] S. Demir, "Odun Korumada Bitkisel Yağların Yanmaya Karşı Etkinliğinin Arttırılması," Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2018.

[21] M. Yaşar, Ş. Ş. Yaşar, M. S. Fidan, M Ertaş and M. Altınok, "Doğal ve Kimyasal Emprenye Maddeleri ile Emprenye Edilen Sedir (Cedrus Libani A. Rich.) Odununun Direnç Özelliklerinin Tespiti," İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, ISSN:2147-345, 2017

[22] K. Kayahan, "Ahşap Korumada Entegre Kazan Sistem Tasarımı ve Uygulaması," Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Karabük, 2018.

[23] G. K. Demirer ve A. Temiz, "Ahşap Korumada Çevre Dostu Modifikasyon Yöntemleri," Selçuk-Teknik Dergisi, ISSN:1302-6178, 2015.

[24] E. D. Tomak ve Ü. C. Yıldız, "Odunun Kimyasal Modifikasyonu," III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: IV Sayfa: 1681-1690, 20-22 Mayıs 2010.

[25] E. Baysal, "Borlu Bileşikler ve Doğal Sepi Maddeleriyle Emprenye Edilen Sarıçam Odununun Yanma Özellikleri," Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 19, Sayı 1, ss 59-69, 2003.

[26] U. B. Şimşek, "Bitkisel ve Kimyasal Koruyucularla Emprenye Edilen Sarıçam Odununun Bazı Fiziksel ve Biyolojik Özellikleri," Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2013.

[27] T. Aşçı, "Emprenye Maddesi Olarak Kullanılan Borlu Bileşiklerin Performans Özelliklerinin Modifikasyonu," Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2016.

[28] Ö. Bozkurt, "Tarihi Yapıların Restorasyonunda, Ahşabın Biyolojik Bozulmalara Karşı Yerinde Emprenye Tekniklerinin Uygulanabilirliği," Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Edirne, 2008.

[29] A. Can, "Su İtici Maddeler ile Kombine Edilmiş Bazı Emprenye Maddelerinin Performansının İncelenmesi," Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bartın, 2018.

[30] M. E. Ergün, H. Toker, E. Baysal, M. Yüksel, T. Türkoğlu ve H. İ. Kesik, "Ağaç İşleri Sektöründe Kitosanın Odun Koruma Maddesi Olarak Kullanılması," Selçuk-Teknik Dergisi, Cilt 14, Sayı 2, ss 269-285, 2014.

[31] E. Terzi, S. N. Kartal, P. Gerardin, C. M. Ibanez ve T. Yoshimura, "Biological performance of particleboard incorporated with boron minerals," Journal of Forestry Research, Volume 28, Issue 1, pp 195–203, 2017.

[32] C. Freitag, J. Morrel ve C. S. Love, "Long-term performance of fused borate rods for limiting internal decay in Douglas-fir utility poles," Holzforschung, Vol. 65, pp. 429–434, 2011.

[33] E. İlter, A. Saraçbaşı, Ö. D. Balkız, A. P. Erten ve M. R. Sözen, "Çeşitli Emprenye Maddeleri ile Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemenin Açık Hava Testleri ile Dayanıklılık Sürelerinin Tespiti (20 Yıl Sonuçları)," İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten, No 290, 2010.

[34] Preschem, Polesaver Rods, https://preschem.com/products/ woodpolepreservatives / polesaver-rods, 14.08.2019.

[35] J. B. Ra, "Determınatıon of Diffusion Coefficients of Boron From Borate Rods in Wood Using Boltzmann's Transformation," Mokchae Konghak, Volume 31, pp24-29,2003.

[36] R. Kolavali, "Diffusion Of Ions in Wood," Chalmers University Of Technology, Thesıs For The Degree Of Lıcentıate Of Engıneerıng, Forest Products and Chemical Engineering, Department of Chemical and Biological Engineering, Sweden, 2013.

[37] S. N. Kartal, M O. Engür ve C. Köse, "Emprenye Maddeleri ve Emprenye Edilmiş Ağaç Malzeme ile ilgili Çevre Problemleri," Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 56, Sayı 1, 2006.

[38] M. Yıldırım, "Sodyum Boratlardan Magnezyum Borat Üretiminin Araştırılması ve Üretim Parametrelerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi," Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.

[39] Boren, Bor Elementi, https://www.boren.gov.tr/Sayfa/bor-elementi/23, 16.08.2019

[40] N. Yenmez, "Stratejik Bir Maden Olarak Bor Mġnerallerin Türkiye İçin Önemi," İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, Sayı 19, ss 59-94, İstanbul, 2009.

[41] Eti Maden, Bor Elementi, http://www.etimaden.gov.tr/bor-elementi, 16.08.2019

[42] M. Sarı, "Kernit Mineralinden Sodyum Borhidrür ($NaBH_4$) Üretimi ve Üretim Mekanizmasının İncelenmesi," Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2008.

[43] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, "Bor Sektör Raporu," Mayıs 2018.

[44] T. D. Tombal, Ş.G. Özkan, İ. K. Ünver, A. E. Osmanlıoğlu, "Bor Bileşiklerinin Özellikleri, Üretimi, Kullanımı ve Nükleer Reaktör Teknolojisinde Önemi," Bor Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, ss 86-95, 2016.

[45] Ö. Korçak, "Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Kullanılması ve Çimentonun Performans Özelliklerinin Geliştirilmesi," Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2014.

[46] C. Demir, "Bor Minerallerinin Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi," Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2016.

[47] Ç. Moral, "Kolemanitten Kalsiyum Fosfat Çimentosu Eldesi," İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2010.

[48] Kolemanit, http: / / webmineral.com / specimens / picshow . php? id = 271 & target = Colemanite#.WtJO5YhubIU, 16.08.2019.

[49] Kolemanit, http://www.maden.itu.edu.tr/muze/Borlar2.htm, 16.08.2019.

[50] E. Alparslan, "Tekstil Endüstrisinde Borlama Uygulamaları," Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2011.

[51] A. Kantürk, "Borakstan Sodyum Borhidrür Üretimi ve Üretimi Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi," Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.

[52] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ürün Teknik Bilgi Formu, Etidot-67.

[53] A. Özçiftçi ve F. Batan, "Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi," Politeknik Dergisi, Cilt 12, Sayı 4, ss 287-292, 2009.

[54] A. A. Var, "Borlu Madde Katılım Oranının Yongalevhanın Fiziksel Özelliklerine Etkileri," Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 14, Sayı 3, ss 235-245, 2010.

[55] P. K. Lebow, S.T. Lebow ve S. A. Halverson, "Boron Diffusion in Surface-Treated Framing Lumber," Forest Products Journal, 63(7/8), pp 275-282, 2013

[56] E. Terzi, S.N. Kartal, S. Pişkin, N. Stark, S. K. Figen ve R. H. White, "Colemanite: A Fire Retardant Candidate For Wood Plastic Composites," Bioresources, Vol 13, Issue 1, pp 1491-1509.

[57] S. N. Kartal, W.J. Hwang ve Y. Imamura, "Combined effect of boron compounds and heat treatments on wood properties: Chemical and strength properties of wood," journal of materials processing technology, Vol. 198, Issues 1-3, pp. 234–240, 2008.

[58] H. Şimşek, F. Yılmaz ve H. Peker, "Borlu Bileşiklerle Muamele Edilenağaç Malzemenin Tamkuru Yoğunluk Değeleri ve Çürüklüğe Karşı Direnci," IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, 15-17 Ekim, 2009.

[59] E. D. Gezer, J. H. Michael ve J. J. Morrel, "Effects Of Glycol on Leachability And Efficacy of Boron Wood Preservatives," Wood and Fiber Science, Vol. 31, Issue 2, pp. 136-142, 1999.

[60] C. M. Freitag, J. J. Morrel, J. H. Michael ve J. J. Morrel, "Effect of glycol on movement of borate from fused borate rods," Forest Products Journal, Vol. 52, No 6, pp. 68-74, 2002.

[61] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ürün Teknik Formu, Öğütülmüş Üleksit.

[62] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ürün Teknik Formu, Öğütülmüş Kolemanit.

[63] Ü. Taşdemir, "Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*) Fidanlarındaki Su Stresi Uygulamasının Yarı Kurak Alan Ağaçlandırmaları Üzerine Etkisi (5 Yıllık Sonuçlar)," Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce, 2016.

[64] H. İ. Çaylak, "Bazı Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.)* Orijinlerinde Morfo-Genetik Farklılıklar ve Ağır Metallerin Tohumların Çimlenmesi Üzerindeki Etkileri," Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bartın, 2016.

[65] Etilen Glikol, https://www.makaleler.com/etilen-glikol-nedir-hangi-amaclakullanilir, 16.09.2019.

[66] Polmak Plastik, Ekstrüder, https:// www.polmakplastik.com/ tr / urundetay-cift-vidali-ekstruder-masterbatch-plastik-uretimi-neden-cift-vida-ekstruder-295.html, 17.08.2019.

[67] 9 Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Malzemesi-1 Ders Notu.

[68] M. Çordan, "Kolemanit Esaslı Bor Çubuklarının Ahşap Yapı Elemanlarında Kullanımının İncelenmesi" Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2019.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: secilaydin92@gmail.com.tr

Makaleler

1. S. N. Kartal, E. Terzi, A. K. Figen, M. Cordan, S. Aydın, S. Pişkin, "Comparative evaluation of boron distribution from ulexite, colemanite and DOT rods in Scots pine wood", Journal of Foresty Research, pp1-8, 2019.

Projeler

1. S. N. Kartal, S. Pişkin, E. Terzi, A. K. Figen, M. Çordan, S. Aydın, TÜBİTAK 1005 "Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı", 116O149, "Yeni Nesil Bor Çubukları: Bor Minerallerinden Hazırlanacak Bor Çubuklarının Odun İçerisinde Difüzyon Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi".

2. A. K. Figen, S. Aydın, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, FYL-2017-3107.