T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

BİYOLOJİK YÖNTEMLE PERMEABİLİTESİ İYİLEŞTİRİLEN ODUNUN BAZI ÖZELLİKLERİNİN VE BAKIR DAĞILIMININ İNCELENMESİ

Davut BAKIR

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayşe Dilek DOĞU

II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Nural YILGÖR

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 24.06.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr. Ayşe Dilek DOĞU
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Saip Nami KARTAL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU
Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Coşkun KÖSE
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Eylem DİZMAN TOMAK
Bursa Teknik Üniversitesi
Orman Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 24880 numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, 115O934 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

"Biyolojik Yöntemle Permeabilitesi İyileştirilen Odunun Bazı Özelliklerinin ve Bakır Dağılımının İncelenmesi" isimli bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa (İÜC) Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programı'nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada odunun kullanım ömrünün artırılmasında biyoteknolojik yöntemlerin potansiyelini tartışmak amacıyla ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren ve permeabilitesi düşük ağaç türlerinden biri olan Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) odununun emprenye edilebilirliğini biyoteknolojik yöntemlerle artırarak Orman Ürünleri Endüstrisinde en fazla tercih edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) diri odununa yaklaştırmak hedeflenmiştir.

Bana bu konuda çalışma fırsatı veren, bilgi ve tecrübeleri ile çalışmama yön veren tez danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. Ayşe Dilek DOĞU'ya ve II. Danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. Nural YILGÖR'e teşekkür ederim. Her zaman öneri ve tecrübelerinden yararlandığım desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. S. Nami KARTAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım ve çalışma materyallerinin temini sırasında yardımlarını esirgemeyen Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nün değerli çalışanları ile Panelsan Ahşap Mobilya Dekorasyon ve İnş. San. Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkür ederim. Örneklerimin kesim aşamasında yardımları ve emekleri için İÜC Orman Fakültesi Atelyesi çalışanlarına, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı laboratuvarlarını kullanma imkânı sunan değerli hocam Prof. Dr. Hüseyin PEKER ve sevgili arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Hüsnü YEL'e, SEM-EDX bakır mikrodağılımı ve ICP-OES elementel analizlerin gerçekleştirilmesinde Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Enstrümental Laboratuvarı Müdürü Doç.Dr. Emrah PEŞMAN, Müdür yardımcısı Dr. Öğr. Üyesi M. Umut KONANÇ, Öğr. Gör. M. Sabri SADIKLAR, Bilgisayar işletmeni Hüseyin AHİOĞLU'na ve Görüntüleme Laboratuvarı-I sorumlusu Dr. Öğr. Üyesi Funda ERŞEN BAK'a teşekkür ederim. Biyolojik delme işlemleri, emprenye ve yıkanma testleri için her türlü yardımda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Coşkun KÖSE, Prof. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU ve Doç. Dr. Evren TERZİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

İstatistik analizlerle ilgili yardımlarından dolayı sayın hocam Doç. Dr. Bülent TURGUT'a, bakır ayracı uygulanan örneklerde bakırın nüfuz ettiği kısımların tespitinin bilgisayar ortamında (ArcGIS coğrafi bilgi sistemi yazılımı) gerçekleştirilmesi çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YURTSEVEN'e, çalışmalarım esnasında manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi M. Osman ENGÜR, Dr. Öğr. Üyesi Kâmile TIRAK HIZAL ve mesai arkadaşım Arş. Gör. F. Diğdem KANGALOĞLU TUNCER'e teşekkür ederim.

Bu yoğun süreçte çeşitli yardımları olan adını ekleyemediğim tüm arkadaşlarıma ve hayatım boyunca maddi manevi her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2019 Davut BAKIR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ iv
İÇİNDEKİLER v
ŞEKİL LİSTESİ xxi
TABLO LİSTESİ xxxii
SİMGE ve KISALTMA LİSTESİ xl
ÖZET xli
SUMMARY xliv
1. GİRİŞ 1
2. GENEL KISIMLAR 6
2.1. ODUNDA PERMEABİLİTE (GEÇİRGENLİK) VE AKIŞ YOLLARI 6
2.1.1. İğne Yapraklı Ağaç Odunlarında Permeabilite ve Akış Yolları 6
2.1.2. Geniş Yapraklı Ağaç Odunlarında Permeabilite ve Akış Yolları 10
2.1.3. Akış Karakteristikleri 12
2.1.4. Geçit Aspirasyonu 13
2.2. PERMEABİLİTESİ DÜŞÜK AĞAÇ TÜRLERİ 17
2.2.1. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) 19
2.2.1.1. Doğal Yayılışı 19
2.2.1.2. Anatomik Özellikleri 20
2.2.1.3. Mekanik ve Teknolojik Özellikleri 21
2.2.1.4. Kullanım Alanları 22
2.3. FARKLI ODUN KISIMLARININ PERMEABİLİTESİ VE EMPRENYE EDİLEBİLİRLİĞİ 22
2.4. BAKIR ESASLI EMPRENYE MADDELERİ VE ODUNDAKİ MİKRODAĞILIMLARI 24
2.5. EMPRENYE EDİLEN AHŞAP MALZEMEDEN EMPRENYE MADDELERİNİN YIKANMASI 30
2.5.1. Geleneksel Bakır Esaslı Koruyucuların Yıkanması 30
2.5.2. Yeni Nesil (Nano ve Mikronize Boyutlardaki) Koruyucuların Yıkanması 31
2.6. ODUNDA PERMEABİLİTENİN ARTIRILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER 33
2.6.1. Odun Yapısının Mekanik Olarak Delinmesi (Incising) 35

2.6.2. Biyolojik İşlemler 36
2.6.2.1. Bakteriler 37
2.6.2.2. Enzimler 39
2.6.2.3. Mantarlar 40
2.6.3. Biyolojik İşlemlerin Odunun Anatomik ve Kimyasal Yapısında Meydana Getirdiği Değişiklikler 45
2.6.4. Biyolojik İşlemlerin Odunun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi 53
3. MALZEME VE YÖNTEM 58
3.1. ÇALIŞMA MATERYALİNİN TEMİN EDİLMESİ 58
3.2. GENÇ ODUN, OLGUN ODUN VE DİRİ ODUN AYIRIMININ YAPILMASI 58
3.2.1. Genç Odun Kısmının Belirlenmesi 58
3.2.2. Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarının Belirlenmesi 59
3.3. ÇALIŞMA MATERYALİNİN BİÇİLMESİ VE BOYUTLANDIRILMASI 60
3.4. BAKIR ESASLI KORUYUCULAR KULLANILARAK EMPRENYE İŞLEMLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ 62
3.4.1. Emprenye Öncesi Yapılan Ön Deneme Testleri 62
3.4.1.1 Enine Kesitlerin Paraloid B72 Çözeltisi Kullanılarak Kapatılması 62
3.4.1.2 Enine Kesitlerin Poliüretan Esaslı Boya Kullanılarak Kapatılması 63
3.5. BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ YAPILAN İŞLEMLER 64
3.5.1. Enine Kesitlerin Poliüretan Esaslı Boya Kullanılarak Kapatılmasına Karar verilmesi 64
3.5.1.1. Enine Kesitlerin Poliüretan Esaslı Boya ile Kapatılmasının Ladin ve Sarıçam Odun Örneklerindeki Emprenye Madde Alınımları Üzerine Etkisi 65
3.5.2. Çalışmada Kullanılan Emprenye Madde ve Yöntemleri 66
3.5.2.1. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Vakum-Basınç Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi 68
3.5.2.2. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Daldırma Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi 69
3.5.2.3. Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Diri Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Vakum-Basınç Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi 69
3.5.2.4. Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Diri Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Daldırma Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi 70
3.5.2.5. Emprenye İşleminden Sonra Odun Örneklerindeki Emprenye Madde Alınımının Hesaplanması 70
3.5.3. BDS Ön Eleme Testlerinin Yapılması 71
3.5.3.1. Odun Örnekleri P. vitreus Mantarına Maruz Bırakılmadan Önce Yapılan İşlemler 72

3.5.3.2. Mantar Uygulama Ön Deneme Testi-1.....74
3.5.3.3. Mantar Uygulama Ön Deneme Testi-2.....77
3.5.3.4. Mantar Uygulama Ön Deneme Testi-3.....79
3.5.4. Ön Deneme Testleri Sonrası Biyolojik Delme İşleminin Uygulanması 81
3.6. BDS UYGULANAN EMPRENYE YÖNTEMLERİ.....83
3.6.1. Poliüretanlı Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Vakum-Basınç Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi 86
3.6.2. Poliüretanlı Ladin Diri ve Olgun Odunlarının 3 Farklı Çözeltiyle Daldırma Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi 86
3.6.3. BDS Emprenye İşleminin Ardından Odun Örneklerindeki Emprenye Madde Alınımının Hesaplanması 87
3.7. BDÖ VE BDS EMPRENYE EDİLEN ODUN ÖRNEKLERİNDE BAKIR DAĞILIMI, RETENSİYON VE PENETRASYON TESPİTİ.....89
3.7.1. Cu Penetrasyon Alanı Değerinin (cm^2) Tespiti.....89
3.7.2. Cu Retensiyon Miktarının (ppm) Tespiti 97
3.7.3. Odunun Dış Yüzey ve İç Kısımlarındaki Bakır Mikrodağılımının ve Buna Bağlı Bakır Retensiyon Yüzde Dağılım Oranlarının (%) SEM-EDX İle Tespiti.....98
3.8. BDÖ VE BDS YIKANMA TESTLERİNİN YAPILMASI VE YIKANAN BAKIR MİKTARININ (PPM) TESPİTİ 99
3.9. BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN TESPİTİ.....101
3.9.1. Yoğunlukta Değişmeler.....101
3.9.2. Liflere Paralel Basınç Direncinde Değişmeler.....101
3.10. BİYOLOJİK DELME İŞLEMİ UYGULANAN ODUN ÖRNEKLERİNDE %1'LİK NAOH (ALKALİ) ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ 102
3.11. MAKROSKOPİK, MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK İNCELEMELER 103
3.11.1. Makroskopik ve Mikroskopik İncelemeler 103
3.11.1.1. İlkbahar Odunu Tabakası ve Geçiş Zonu Boyuna Traheidlerinin Radyal Çeperlerinde Bulunan Kenarlı Geçitlerin Durumu.....106
3.11.1.2. İlkbahar Odunu Tabakası Piceoid Tip Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitlerinin Durumu.....107
3.11.2. Ultramikroskopik İncelemeler.....107
3.12. FTIR ANALİZLERİ 108
3.13. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER 109
4. BULGULAR.....111
4.1. ÇALIŞMA MATERYALİ ELDE EDİLEN LADİN AĞACI HAKKINDA YAPILAN TESPİTLER.....111
4.2. GENÇ ODUN, OLGUN ODUN VE DİRİ ODUN AYIRIMI.....113

4.3. BDÖ TESPİT EDİLEN EMPRENYE MADDESİ ALINIM MİKTARLARI 114
4.3.1. BDÖ Poliüretansız Ladin Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 115
4.3.1.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 115
4.3.1.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 116
4.3.2. BDÖ Poliüretanlı Ladin Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 117
4.3.2.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 117
4.3.2.2 Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 117
4.3.3. BDÖ Poliüretansız Ladin Olgun Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 118
4.3.3.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 118
4.3.3.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 119
4.3.4. BDÖ Poliüretanlı Ladin Olgun Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 119
4.3.4.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 119
4.3.4.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 120
4.3.5. Poliüretansız Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması 120
4.3.6. Poliüretanlı Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması 121
4.3.7. BDÖ Poliüretansız Ladin Odunu (Diri Odun + Olgun Odun) Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 121
4.3.7.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 121
4.3.7.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 122
4.3.8. BDÖ Poliüretanlı Ladin Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 122
4.3.8.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 122
4.3.8.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 123

4.3.9. BDÖ Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 124
4.3.9.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 124
4.3.9.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 124
4.3.10. BDÖ Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 125
4.3.10.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 125
4.3.10.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 125
4.3.11. BDÖ Polüretanlı ve Poliüretansız Farklı Ağaç Türü (Ladin ve Sarıçam) ve Farklı Odun Kısımlarının (Diri ve Olgun Odun) Karşılaştırılması 126
4.3.11.1. Poliüretansız ve Poliüretanlı Ladin Odunlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 126
4.3.11.2. Poliüretansız ve Poliüretanlı Sarıçam Odunlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 127
4.3.11.3. Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odununun Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 127
4.3.11.4. Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odununun Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 128
4.4. BDS TESPİT EDİLEN EMPRENYE MADDESİ ALINIM MİKTARLARI 128
4.4.1. Ladin Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 131
4.4.1.1. Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 131
4.4.1.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 131
4.4.1.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 131
4.4.1.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 132
4.4.2. Ladin Olgun Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 133
4.4.2.1. Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 133
4.4.2.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 133
4.4.2.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 134

4.4.2.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 134
4.4.3. BDS Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 135
4.4.4. BDS Ladin Odunu (Diri Odun + Olgun Odun) Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular 135
4.4.4.1. Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 135
4.4.4.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 136
4.4.4.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 136
4.4.4.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 137
4.4.5. BDS Poliüretanlı Farklı Odun Kısımları Esas Alınarak Elde Edilen Bulgular 137
4.4.5.1. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Boyuna Yüzeylerindeki Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması 137
4.4.5.2. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarında Farklı Ağırlık Kayıplarına Bağlı Olarak Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması 138
4.4.5.3. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarında Farklı Emprenye Yöntemine Bağlı Olarak Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması 139
4.4.5.4. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarında Farklı Emprenye Madde Tipine Bağlı Olarak Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması 139
4.4.6. BDS Sarıçam Diri Odunu ile Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 140
4.4.7. Ladin Odununda BDÖ ve BDS Esas Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 141
4.4.7.1. BDÖ ve BDS Poliüretanlı Farklı Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 141
4.4.7.2. BDÖ ve BDS Poliüretanlı Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 141
4.4.7.3. BDÖ ve BDS Poliüretanlı Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması 142
4.5. BDÖ FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDA TESPİT EDİLEN BAKIR PENETRASYON ALANI DEĞERLERİ (CM^2) 143
4.5.1. BDÖ Poliüretansız Ladin Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri (cm^2) 145
4.5.1.1. Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Cu Penetrasyon Alanı Değerlerinin Karşılaştırılması 145
4.5.1.2. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 145

4.5.1.3. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 146
4.5.2. BDÖ Poliüretanlı Ladin Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri 146
4.5.2.1. Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Cu Penetrasyon Alanı Değerlerinin Karşılaştırılması 146
4.5.2.2. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 147
4.5.2.3. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 147
4.5.3. BDÖ Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri 148
4.5.3.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 148
4.5.3.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 148
4.5.4. BDÖ Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri 149
4.5.4.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 149
4.5.4.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması 150
4.5.5. Farklı Odun Kısımları Göz Önüne Alınmaksızın Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odunu Cu Penetrasyon Alanı Değerlerinin Karşılaştırılması 150
4.5.6. BDÖ Poliüretansız ve Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 151
4.5.7. BDÖ Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odunlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 151
4.5.8. BDÖ Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 151
4.6. BDS LADİN ODUNUNDA ELDE EDİLEN BAKIR PENETRASYON ALANI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 152
4.6.1. Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 153
4.6.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 153
4.6.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 154
4.6.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması 155

4.6.5. Ladin Odununda Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından BDÖ ve BDS Safhaların Karşılaştırılması 155
4.6.5.1. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Kullanılan Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 155
4.6.5.2. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Kullanılan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 156
4.6.5.3. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 156
4.7. BDÖ FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAN ELDE EDİLEN ODUN UNLARINDA TESPİT EDİLEN BAKIR RETENSİYON MİKTARLARI (PPM) 157
4.7.1. BDÖ Ladin (Diri odun + Olgun odun) Odun Unlarında Tespit Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar 160
4.7.1.1. Farklı Odun Kısımları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 160
4.7.1.2. Farklı Emprenye Yöntemleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 160
4.7.1.3. Farklı Emprenye Madde Tipleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 161
4.7.1.4. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 162
4.7.2. BDÖ Sarıçam Diri Odunu Unlarında Tespit Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar 162
4.7.2.1. Farklı Emprenye Yöntemleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 162
4.7.2.2. Farklı Emprenye Madde Tipleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 163
4.7.2.3. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanması ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 163
4.7.3. BDÖ Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarından Elde Edilen Odun Unlarında Tespit Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar 164
4.7.3.1. Poliüretansız Ladin Diri- Olgun Odunları (Kontrol) ve Sarıçam Diri Odununa (Kontrol) Ait Örnek Grupları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 164
4.7.3.2. Poliüretanlı Ladin Diri- Olgun Odunları (Kontrol) ve Sarıçam Diri Odununa (Kontrol) Ait Örnek Grupları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 165
4.8. BDS FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAN ELDE EDİLEN ODUN UNLARINDA TESPİT EDİLEN BAKIR RETENSİYON MİKTARLARI 165
4.8.1. BDS Ladin (Diri odun + Olgun odun) Odun Unlarında Tespit Edilen Cu Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar 167

4.8.1.1. Farklı Odun Kısımları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 167
4.8.1.2. Farklı Emprenye Yöntemleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 167
4.8.1.3. Farklı Emprenye Madde Tipleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 168
4.8.1.4. Farklı Ağırlık Kayıpları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması 168
4.8.2. Ladin Odun Ununda Elde Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından BDÖ ve BDS Safhaların Karşılaştırılması 169
4.8.2.1. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Kullanılan Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 169
4.8.2.2. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Retensiyon miktarı Bakımından Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 170
4.8.2.3. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 171
4.9. BDÖ FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAKİ BAKIR MİKRODAĞILIMI VE BUNA BAĞLI BAKIR RETENSİYON YÜZDE DAĞILIM ORANLARININ TESPİTİ 172
4.9.1. Ladin Odunu (Diri odun + Olgun odun) 172
4.9.2. Sarıçam Diri Odunu 174
4.10. BDS FARKLI LADİN ODUN KISIMLARINDAKİ BAKIR MİKRODAĞILIMI 175
4.10.1. Ladin Odunu (Diri odun + Olgun odun) 175
4.11. BDÖ ICP- OES YIKANMA TESTİ SONUÇLARI (%) 176
4.11.1. Ladin Odununda Farklı Yıkanma Süreleri Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 176
4.11.1.1. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Sürelerin Karşılaştırılması 177
4.11.1.2. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 178
4.11.1.3. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 179
4.11.1.4. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 179
4.11.1.5. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Enine Kesitlere Poliüretan Uygulamasının Karşılaştırılması 180
4.11.2. BDÖ Toplam Yıkanma Süresi Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 181

4.11.2.1. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 182
4.11.2.2. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 183
4.11.2.3. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 184
4.11.3. BDÖ Sarıçam Odununda Farklı Yıkanma Süreleri Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 185
4.11.3.1. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Sürelerin Karşılaştırılması 185
4.11.3.2. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 186
4.11.3.3. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 187
4.11.3.4. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Enine Kesitlere Poliüretan Uygulamasının Karşılaştırılması 187
4.11.4. BDÖ Sarıçam Odununda Toplam Yıkanma Süresi Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 188
4.11.4.1. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Enine Kesitlere Poliüretan Uygulamasının Karşılaştırılması 189
4.11.4.2. Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 189
4.11.4.3. BDÖ Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 190
4.11.5. BDÖ Sarıçam Diri odunu, Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Karşılaştırılması 191
4.12. ICP-OES YIKANMA TESTİ SONUÇLARI (BDS) 191
4.12.1. BDS Ladin Odununda Farklı Yıkanma Süreleri Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 191
4.12.1.1. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Sürelerin Karşılaştırılması 193
4.12.1.2. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 193
4.12.1.3. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 194
4.12.1.4. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 194
4.12.1.5. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Ağırlık Kayıplarının Karşılaştırılması 195
4.12.2. BDS Toplam Yıkanma Süresi Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması 196

4.12.2.1. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 197
4.12.2.2. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 197
4.12.2.3. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 198
4.12.2.4. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Ağırlık Kayıplarının Karşılaştırılması 199
4.12.2.5. BDS Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarında Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Bakır Miktarlarının Karşılaştırılması 199
4.13. BDÖ VE BDS LADİN ODUNUNDA FARKLI SÜRELERDE YIKANAN BAKIR MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI 200
4.13.1. BDÖ ve BDS Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Sürelerin Karşılaştırılması 200
4.13.2. BDÖ ve BDS Farklı Sürelerde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Odun Kısımlarının Karşılaştırılması 201
4.13.3. BDÖ ve BDS Farklı sürelerde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 203
4.13.4. BDÖ ve BDS Farklı Sürelerde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 204
4.14. BDÖ VE BDS LADİN ODUNUNDA TOPLAM SÜRE İÇERİSİNDE YIKANAN BAKIR MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI 206
4.14.1. BDÖ ve BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Karşılaştırılması 206
4.14.2. BDÖ ve BDS Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması 207
4.14.3. BDÖ ve BDS Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması 207
4.15. FİZİKSEL VE MEKANİK TESTLERLE İLGİLİ ELDE EDİLEN BULGULAR 208
4.15.1. Yoğunluk Değişimine Ait Bulgular 208
4.15.2. Liflere Paralel Basınç Direnç Değişimine Ait Bulgular 210
4.16. BDÖ VE BDS ODUN ÖRNEKLERİNDE % 1'LİK NAOH ÇÖZÜNÜRLÜĞÜYLE İLGİLİ ELDE EDİLEN BULGULAR 212
4.16.1. BDÖ ve BDS Ladin Diri Odun Örneklerinde % 1'lik NaOH (Alkali) Çözünürlüğüyle İlgili Elde Edilen Bulgular 212
4.16.2. Kontrol ve BDS Ladin Olgun Odun Örneklerinde Alkali Çözünürlüğüyle İlgili Elde Edilen Bulgular 213
4.16.3. Ladin Odunu Farklı Kısımlarına Ait Kontrol ve BDS Esas Alınarak Elde Edilen Alkali Çözünürlük Derecelerinin Karşılaştırılması 214

4.17. MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK İNCELEME VE DEĞERLENDİRMELER 216
4.17.1. Boyuna Traheidler ve Yapısında Bulunan Kenarlı Geçitler 216
4.17.1.1. Mikroskopik Görsel Değerlendirmeler 228
4.17.1.2. Kenarlı Geçitlerle İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri 233
4.17.2. Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitleri 248
4.17.2.1. Karşılaşma Yeri Geçitleri ile İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri 254
4.17.2.2. Enine Traheid Kenarlı Geçitleri ile İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri 260
4.17.3. İlkbahar Odunu Tabakası Farklı Geçit Tiplerinin Karşılaştırılması 266
4.17.3.1. BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi 266
4.17.3.2. BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi 268
4.18. FTIR- ATR ANALİZLERİNE DAYANILARAK ELDE EDİLEN BULGULAR 274
4.18.1. BDÖ ve BDS Ladin Olgun Odun Yapısında Meydana Gelen Değişikliklerin FTIR ile Tespiti 276
4.18.2. BDÖ ve BDS Ladin Diri Odun Yapısında Meydana Gelen Değişikliklerin FTIR ile Tespiti 279
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 283
5.1. YILLIK HALKA GENİŞLİĞİ VE DİRİ- OLGUN ODUN AYIRIMI 283
5.2. ODUN ÖRNEKLERİNDE ENİNE KESİTLERİN FARKLI KİMYASALLAR İLE KAPATILMASI 284
5.3. BDÖ EMPRENYE ÇALIŞMA SONUÇLARI 284
5.3.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımları 284
5.3.1.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 284
5.3.1.2. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 286
5.3.1.3. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 287
5.3.2. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanması 287
5.3.2.1. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 287
5.3.2.2. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 288
5.3.2.3. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 289
5.3.3. Uygulanan Emprenye Yöntemleri 290

5.3.3.1. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 290
5.3.3.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 290
5.3.3.3. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 291
5.3.4. Kullanılan Emprenye Madde Tipleri 291
5.3.4.1. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 291
5.3.4.2. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 292
5.3.4.3. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 293
5.4. BDS EMPRENYE ÇALIŞMA SONUÇLARI 294
5.4.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımları 294
5.4.1.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 294
5.4.1.2. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 295
5.4.1.3. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 296
5.4.2. Uygulanan Emprenye Yöntemleri 296
5.4.2.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarında Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 296
5.4.2.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 297
5.4.2.3. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 297
5.4.3. Kullanılan Emprenye Madde Tipleri 297
5.4.3.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarında Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 297
5.4.3.2. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 298
5.4.3.3. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri 298
5.4.4. Meydana Gelen Ağırlık Kayıpları 298
5.4.4.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarında Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri 298
5.4.4.2. Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri 299

5.4.4.3. Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri.....300
5.4.5. Odun Boyuna Yüzeyleri.....301
5.4.5.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri.....301
5.5. BDÖ VE BDS EMPRENYE ÇALIŞMA SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....302
5.5.1. Farklı Odun Kısımları.....302
5.5.1.1. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarının Emprenye Madde Alınımı Bakımından Karşılaştırılması.....302
5.5.1.2. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Bakımından Karşılaştırılması.....304
5.5.1.3. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarının Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Karşılaştırılması.....305
5.5.2. Uygulanan Emprenye Yöntemleri.....306
5.5.2.1. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Madde Alınımı Bakımından Karşılaştırılması.....306
5.5.2.2. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Bakımından Karşılaştırılması.....306
5.5.2.3. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Karşılaştırılması.....307
5.5.3. Kullanılan Emprenye Madde Tipleri.....307
5.5.3.1. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Madde Alınımı Bakımından Karşılaştırılması.....307
5.5.3.2. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Bakımından Karşılaştırılması.....307
5.5.3.3. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Karşılaştırılması.....308
5.6. FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAKİ BAKIR MİKRODAĞILIMINA YÖNELİK SONUÇLAR.....308
5.7. YIKANMA TESTLERİYLE İLGİLİ SONUÇLAR.....309
5.7.1. BDÖ Farklı ve Toplam Yıkanma Süreleri Esas Alınarak Ladin ve Sarıçam Odunlarından Yıkanan Cu Miktarları (%) İle İlgili Elde Edilen Sonuçlar.....309
5.7.1.1. Farklı Odun Kısımlarının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri.....309
5.7.1.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri.....310
5.7.1.3. Kullanılan Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri.....310
5.7.1.4. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri.....311

5.7.2. BDS Farklı ve Toplam Yıkanma Süreleri Esas Alınarak Ladin Odunundan Yıkanan Cu Miktarları (%) İle İlgili Elde Edilen Sonuçlar 312
5.7.2.1. Farklı Odun Kısımlarının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri 312
5.7.2.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri 313
5.7.2.3. Kullanılan Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri 313
5.7.2.4. Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri 313
5.7.3. BDÖ ve BDS Farklı ve Toplam Sürelerde Ladin Odunundan Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılmasıyla İlgili Sonuçlar 314
5.7.3.1. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarında Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılması 315
5.7.3.2. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinde Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılması 315
5.7.3.3. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinde Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılması 315
5.8. FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL TESTLERLE İLGİLİ ELDE EDİLEN SONUÇLAR 316
5.8.1. Yoğunluk Değişimine Ait Sonuçlar 316
5.8.2. Liflere Paralel Basınç Direncine (LPBD) Ait Sonuçlar 317
5.8.3. BDÖ ve BDS Odun Örneklerinde % 1'lik NaOH Çözünürlüğüyle İlgili Elde Edilen Sonuçlar 318
5.9. MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK İNCELEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI 319
5.9.1. Kenarlı Geçitler, Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitleri 319
5.9.1.1. Kontrol ve % 5-10 Ağırlık Kaybı Görülen Örneklerde Elde Edilen Sonuçlar 319
5.9.1.2. Kontrol ve % 10-15 Ağırlık Kaybı Görülen Örneklerde Elde Edilen Sonuçlar 319
5.9.2. Mikroskopik Görsel Değerlendirmeler 322
5.9.2.1. Diri Odun İlkbahar Odunu Tabakası ve Geçiş Zonu Boyuna Traheid Radyal Çeperlerinde Bulunan Kenarlı Geçitlerin Bozunma Dereceleri 322
5.9.2.2. Olgun Odun İlkbahar Odunu Tabakası ve Geçiş Zonu Boyuna Traheid Radyal Çeperlerinde Bulunan Kenarlı Geçitlerin Bozunma Dereceleri 323
5.9.3. BDÖ ve BDS Geçitlerle İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri 324
5.9.3.1. İlkbahar Odunu Tabakası 325
5.9.3.2. Geçiş Zonu 327

5.9.3.3. Boyuna Traheid Kenarlı Geçit ve Porus Alanlarının (µm^2) Farklı Yıllık Halka Tabakalarına Bağlı Olarak Karşılaştırılması 328
5.9.4. İlkbahar Odunu Tabakası Farklı Geçit Tiplerinin Karşılaştırılması 328
5.9.4.1. BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi 328
5.9.4.2. BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi 329
5.10. FTIR- ATR ANALİZLERİNDEN ÇIKAN SONUÇLAR 330
5.11. SONUÇ VE ÖNERİLER 331
KAYNAKLAR 338
EKLER 350
EK-1. BDÖ ve BDS ladin odununda tespit edilen emprenye madde alınımı (g), Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2), Cu retensiyon miktarı (ppm) ve bakır yıkanma testlerine (%) yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi. 350
EK-2. BDÖ sarıçam odununda tespit edilen emprenye madde alınımı (g), Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2), Cu retensiyon miktarı (ppm) ve bakır yıkanma testlerine (%) yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi. 350
EK-3. BDÖ ve BDS mikroskopik incelemeler sonucu farklı geçit tiplerinde geçit ve porus alanlarının (mµ^2) hesaplanması ile ilgili elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi. 350
EK-4. BDÖ ve BDS mikroskopik incelemeler sonucu ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit, piceoid karşılaşma yeri geçit ve enine traheid kenarlı geçitlerine ait geçit ve porus alanlarının (mµ^2) karşılaştırılmasına yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi. 350
ÖZGEÇMİŞ 351

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Pektin (kırmızı) ve kristalin selüloz (yeşil) kısmı belirgin hale getirilen kenarlı geçitlerin 3 boyutlu CLSM görüntüsü. (Gr: Büyük halka, Lr: Daha küçük halka). 16

Şekil 3.1: a) Çalışma materyali olarak kullanılan Doğu ladini tomruğu b) Eclund Brinell mikroskopunda yıllık halka sayısı ve genişliği ölçümlerinin yapılması. 58

Şekil 3.2: Odun yüzeyinden ölçüm yapabilen bir rutubet ölçer cihazı (GANN Hydromette HT 85 T) ile ladin diri ve olgun odun ayırımının yapılmaya çalışılması. 59

Şekil 3.3: a) Yeni kesilmiş olan ladin gövde enine kesitlerinden elde edilen ince disklerin ışığa doğru tutularak saydamlık farkı ile olgun odun ve diri odun ayırımının yapılması ve b) Örneklerin alınacağı odun kısımlarının tespiti. 60

Şekil 3.4:a) Çalışma materyalinin eşit parçalara kesilmesi ve sonrasında b) İç ve dış kısımlarının doğal kurutma yolu ile kurumasının sağlanması. 60

Şekil 3.5: Çalışmada kullanılmak üzere 10 x 2,5 x 2,5 cm (uzunluk x yükseklik x genişlik) boyutlarında hazırlanan örneklerin gövde boyunca aynı yıllık halkalardan elde edilmesi. ... 61

Şekil 3.6: a) Radyal ve b) Teğet yönler esas alınarak biçilen odun örneklerinin klima odasında 2 hafta bekletilmesi. 61

Şekil 3.7: a) % 20'lik paraloid B72 çözeltisinin hazırlanması b) Odun örneklerinin tüm yüzeylerine paraloidB72 çözeltisinin fırça ile 2 kat sürülmesi ve c) Odun örneklerinin kurumaya bırakılması. 63

Şekil 3.8: Enine ve boyuna yönlerde kesilen paraloidB72 uygulanmış odun örneklerinin tüm yüzeylerine krom azurol S çözeltisinin püskürtülmesi. 63

Şekil 3.9: a) Ticari olarak satılan poliüretan esaslı boya, b) Odun örneklerinin tüm yüzeylerine poliüretan esaslı boyanın fırça ile 2 kat sürülmesi ve ardından c) Odun örneklerinin kurumaya bırakılması. 64

Şekil 3.10: Enine ve boyuna yönlerde kesilen poliüretan uygulanmış odun örneklerinin tüm yüzeylerine krom-azurol S çözeltisinin püskürtülmesi. 64

Şekil 3.11: a) % 20'lik paraloidB72 ve b) poliüretan esaslı boya ile enine kesitleri ve tüm yüzeyleri kapatılan odun örneklerindeki emprenye madde alınımının karşılaştırılması. 65

Şekil 3.12: Poliüretan esaslı boyanın zararlı etkilerinden korunmak amacıyla bir tam yüz koruyucu gaz maskesi kullanılarak örnek enine kesitlerinin kapatılması işlemi..... 66

Şekil 3.13: a) BDÖ MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi kullanılarak vakum-basınç emprenye yönteminin uygulanması. 69

Şekil 3.14: a) BDÖ MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi ile daldırma yönteminin uygulanması. 69

Şekil 3.15: BDÖ MCQ ve ACQ emprenye maddeleri ve vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam odun örnekleri. 70

Şekil 3.16: a) BDÖ MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi kullanılarak daldırma yönteminin uygulanması. 70
Şekil 3.17: BDÖ terazilerle yapılan tartımlar. 71
Şekil 3.18: BDÖ emprenye işleminden sonra klima odasına alınan ladin odun örnekleri. 71
Şekil 3.19: a) Odun örneklerinin etüv içerisinde 60 °C sıcaklıkta 3 gün bekletilmesi ardından b) içerisinde silika jel bulunan bir desikatör içerisinde 10 dakika beklemeye alınması c) ve tartılması. 73
Şekil 3.20: Biyolojik delme testlerinde kullanılmak üzere bekletilen ladin odun örnekleri. 74
Şekil 3.21: Malt-agar besiyerinin hazırlanması ve kullanılacak cam kavanozlar ile birlikte otoklav içerisinde sterilize edilmesi. 74
Şekil 3.22: Hazırlanan besin ortamının çalkalamalı inkübatör içerisinde 1 hafta bekletilmesi. 75
Şekil 3.23: Odun örneklerinin tam olarak besin ortamına gömülmesini engellemek ve mantar hüflerinin alt kısımdan da odun örneklerini sarmasını sağlamak amacıyla kullanılan paslanmaz çelik altlıklar. 76
Şekil 3.24: İklimlendirme kabinine bırakılan mantar örnekleri. 76
Şekil 3.25: İnkübasyon sonrasında odun örneklerinin yüzeylerinden yeterli gelişim gösteren misellerin uzaklaştırılması. 77
Şekil 3.26: Mantar ön deneme testi 1'de *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstermemesi (odun yüzeyini tamamen sarmaması) ve kontaminasyon görülmesi. 77
Şekil 3.27: Otoklavdan çıkarılan sıvı haldeki besiyerinin soğuması için aşılama kabini içerisine bırakılması. 78
Şekil 3.28: Mantar uygulama ön deneme testi-2'de kontaminasyon görülmesi ve *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstermemesi. 79
Şekil 3.29: Mantar uygulama ön deneme testi-3'de *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstererek tüm odun yüzeylerini kaplaması. 80
Şekil 3.30: Amerika Birleşik Devletleri Orman Ürünleri Laboratuvarı (Forest Products Laboratory)'ndan temin edilen saf kültür halindeki *P. vitreus* beyaz çürüklük mantarına ait 5 farklı suş (strain). 81
Şekil 3.31: Biyolojik delme işleminde kullanılacak radyal ve teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan odun örnekleri. 82
Şekil 3.32: İnkübasyon sonrası odun örnekleri. 82
Şekil 3.33: Biyolojik delme işlemine maruz bırakılan ladin odun örneklerinin enine kesitlerinin emprenye işleminden önce poliüretan esaslı boya ile kapatılması. 85
Şekil 3.34: BDS MCQ emprenye çözeltisi ile vakum-basınç işlemi (solda) ve ACQ emprenye çözeltisi ile vakum-basınç işlemi (sağda). 86
Şekil 3.35: a) BDS MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi kullanılarak daldırma yönteminin uygulanması. 86
Şekil 3.36: BDS hassas teraziyle yapılan tartımlar. 87

Şekil 3.37: BDÖ ve BDS gerçekleştirilen emprenye işlem aşamalarının şematize edilmesi.....88
Şekil 3.38: Kesilen odun yüzeylerine krom azurol S solüsyonu püskürtülmesi. 89
Şekil 3.39: Kesilen odun yüzeylerindeki bakırın nüfuz ettiği mavi renkli alanların hesaplanması.....90
Şekil 3.40: Noktalı grid şablon. 90
Şekil 3.41: Noktalı grid şablon üzerinde tarama işlemi gerçekleştirilmiş kesitler (1-14). 91
Şekil 3.42: Noktalı grid şablon üzerinde tarama işlemi gerçekleştirilmiş kesitler (15-28). ...92
Şekil 3.43: Noktalı grid şablon üzerinde tarama işlemi gerçekleştirilmiş kesitler (29-40). ...93
Şekil 3.44: Sayısallaştırması gerçekleştirilmiş kesitlerden görünüm (1-14). 94
Şekil 3.45: Sayısallaştırması gerçekleştirilmiş kesitlerden görünüm (15-28). 95
Şekil 3.46: Sayısallaştırması gerçekleştirilmiş kesitlerden görünüm (15-28). 96
Şekil 3.47: a) Odun örneklerinin hem en dış yüzeylerinden hem de orta-merkez kısımlarından alınan 1 cm kalınlığındaki çıtalar ve b) Odun unu haline getirilmeleri.....97
Şekil 3.48: Odun unu örneklerinin nitrik asitle yakılması.....97
Şekil 3.49: ICP-OES cihazında yapılan odun unlarındaki Cu analizleri (ppm). 98
Şekil 3.50: a) Odun mikroyapısında bakır dağılımı tespiti öncesinde örneklerin Au (altın) ile kaplanması ve b) Cu mikrodağılım görüntü ve grafiğinin bilgisayardaki görüntüsü. 98
Şekil 3.51: Odunda ultramikroskopik yapının SEM ile görüntülenmesi.....99
Şekil 3.52: BDS koruyucu işleme tabi tutulmuş olan tüm örneklerin yıkanma işlemine tabi tutulması. 99
Şekil 3.53: BDS laboratuvar tipi buzdolabında bekletilen yıkanma sularına ait örnekler. ..100
Şekil 3.54: ICP-OES cihazında yapılan yıkanma sularındaki Cu analizleri (ppm).....100
Şekil 3.55: a) Liflere paralel basınç dirençlerinin tespiti amacıyla hazırlanan 2 x 2 x 3 cm boyutlarındaki örnekler ve b) liflere paralel basınç direncinin tespiti.....102
Şekil 3.56: a) Etüvde fırın kurusu hale getirilen cam krozelerdeki odun unları, b) Su banyosunda beher içerisindeki örnekler c) Süzme işlemi. 102
Şekil 3.57: Anatomik incelemelerin yapıldığı 2 x 2 x 2 cm boyutlarındaki örnekler. 103
Şekil 3.58: a) Safranin ve picroanilin blue çift boyama tekniği kullanılarak kesitlerin boyanması ve b) daimi preparatların hazırlanması.....104
Şekil 3.59: Mikroskop görüntüleri (x100) üzerinde yapılan görsel incelemelere göre sınıflandırılan kenarlı geçitler.....106
Şekil 3.60: Kenarlı geçit porus ve geçit alanlarının hesaplanması.....107
Şekil 3.61: Odunda ultramikroskopik yapının SEM ile görüntülenmesi.....108
Şekil 4.1: Ladin ağacının yıllık halka kronolojisi.....112
Şekil 4.2: a) Taze haldeki ladin gövde enine kesitinden rutubet farkı ile diri ve olgun odun kısımlarının tespit edilmesi ve b) kesilen ince disklerin ışığa doğru tutulmasıyla şeffaflık farkından dolayı diri ve olgun odun kısımlarının tespit edilmesi.....113

Şekil 4.3: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretansız ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 116

Şekil 4.4: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin ve moleküler yapıdaki saf suyun poliüretansız ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 116

Şekil 4.5: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretanlı ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 117

Şekil 4.6: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin poliüretanlı ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 118

Şekil 4.7: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretansız ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 118

Şekil 4.8: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin ve saf suyun poliüretansız ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 119

Şekil 4.9: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretanlı ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 119

Şekil 4.10: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin poliüretanlı ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 120

Şekil 4.11: Poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 120

Şekil 4.12: Poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 121

Şekil 4.13: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretansız ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 122

Şekil 4.14: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin ve saf suyun poliüretansız ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 122

Şekil 4.15: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretanlı ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 123

Şekil 4.16: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin poliüretanlı ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 123

Şekil 4.17: Poliüretansız sarıçamda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 124

Şekil 4.18: Poliüretansız sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 124

Şekil 4.19: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 125

Şekil 4.20: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 126

Şekil 4.21: BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı ladin odunlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 126

Şekil 4.22: Poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam odunlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 127

Şekil 4.23: BDÖ poliüretansız farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları. 127

Şekil 4.24: BDÖ poliüretanlı farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları. 128

Şekil 4.25: İçerisinde odun örneklerinin yer aldığı kavanozlarda a) yeterli gelişim gösteren ve b) göstermeyen mantar miselleri. 129

Şekil 4.26: BDS ladin diri odun boyuna yüzeylerinde emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 131

Şekil 4.27: BDS ladin diri odunda farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 131

Şekil 4.28: BDS ladin diri odununda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 132

Şekil 4.29: BDS ladin diri odununda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 132

Şekil 4.30: BDS ladin olgun odun boyuna yüzeylerinde emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 133

Şekil 4.31: BDS ladin olgun odununda farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 133

Şekil 4.32: BDS ladin olgun odununda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 134

Şekil 4.33: BDS ladin olgun odununda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 134

Şekil 4.34: BDS ladin diri ve olgun odunlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 135

Şekil 4.35: BDS ladin odunu boyuna yüzeylerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 135

Şekil 4.36: BDS ladin odununda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 136

Şekil 4.37: BDS ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 136

Şekil 4.38: BDS ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 137

Şekil 4.39: BDS farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları. 140

Şekil 4.40: BDÖ poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 145

Şekil 4.41: BDÖ poliüretansız ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 145

Şekil 4.42: BDÖ poliüretansız ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin ve saf suyun Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 146

Şekil 4.43: BDÖ ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 146

Şekil 4.44: BDÖ poliüretanlı ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 147

Şekil 4.45: BDÖ poliüretanlı ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 147

Şekil 4.46: Poliüretansız sarıçamda uygulanan farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 148

Şekil 4.47: Poliüretansız sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.....149

Şekil 4.48: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 149

Şekil 4.49: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 150

Şekil 4.50: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin odunu Cu penetrasyon alanı değerlerinin karşılaştırılması. 150

Şekil 4.51: Poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam odunlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 151

Şekil 4.52: BDÖ poliüretansız sarıçam diri odunu, ladin diri odunu ve ladin olgun odunlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları. ..151

Şekil 4.53: BDÖ poliüretanlı sarıçam diri odunu, ladin diri odunu ve ladin olgun odunlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları. ..152

Şekil 4.54: BDS ladin diri ve olgun odunlarının ortalama Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 153

Şekil 4.55: BDS ladin odununda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.....154

Şekil 4.56: BDS ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 154

Şekil 4.57: BDS ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları. 155

Şekil 4.58: BDÖ farklı emprenye madde ve yöntemleriyle emprenye edilen ladin diri ve olgun odun (poliüretanlı) mikroyapısındaki Cu mikrodağılım (kırmızı oklar) grafikleri. ...173

Şekil 4.59: BDÖ enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanmış olan ve MCQ emprenye maddesi kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait dış yüzeylerden elde edilen Cu mikrodağılım (sarı partiküller) görüntüleri. 173

Şekil 4.60: BDÖ farklı emprenye madde ve yöntemleriyle emprenye edilen sarıçam diri odun (poliüretanlı) mikroyapısındaki Cu mikrodağılım (kırmızı oklar) grafikleri. 174

Şekil 4.61: BDS enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanmış olan farklı emprenye madde ve yöntemleriyle emprenye edilen ve farklı ağırlık kayıplarına sahip ladin odununa ait dış yüzeylerden ve merkezden elde edilen Cu mikrodağılım grafikleri. 175

Şekil 4.62: BDS aynı emprenye madde ve yöntemiyle emprenye edilen farklı ağırlık kaybı meydana gelen poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait dış yüzeylerden elde edilen Cu mikrodağılım (sarı partiküller) görüntüleri (Radyal kesit).....176

Şekil 4.63: Ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından sürelerin karşılaştırması.....178

Şekil 4.64: Sarıçam odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından sürelerin karşılaştırması.....186

Şekil 4.65: BDÖ sarıçam odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından enine kesitlere poliüretan uygulamasının karşılaştırılması. 189

Şekil 4.66: BDÖ sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odunlarında yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} esas alınarak farklı ağaç türü ve odun kısımlarının karşılaştırılması....191

Şekil 4.67: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından sürelerin karşılaştırılması.....193

Şekil 4.68: BDS yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından ladin farklı odun kısımlarının karşılaştırması.....197

Şekil 4.69: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan emprenye yöntemlerinin karşılaştırması.....198

Şekil 4.70: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan emprenye madde tiplerinin karşılaştırması.....198

Şekil 4.71: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının karşılaştırması.....199

Şekil 4.72: BDS sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odunlarında yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} esas alınarak farklı ağaç türü ve odun kısımlarının karşılaştırılması. 200

Şekil 4.73: BDÖ ve BDS ladin farklı odun kısımlarında meydana gelen ağırlık kayıpları arasındaki yoğunluk değişimi.....209

Şekil 4.74: BDÖ ve BDS ladin farklı odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki liflere paralel basınç direnç değişimi. 211

Şekil 4.75: Kontrol ve BDS ladin diri odun kısmında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki % 1'lik NaOH çözünürlük değişimi. 213

Şekil 4.76: Kontrol ve BDS ladin olgun odun kısmında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki % 1'lik NaOH çözünürlük değişimi. 214

Şekil 4.77: Kontrol ve BDS ladin farklı odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki % 1'lik NaOH çözünürlük değişimi. 215

Şekil 4.78: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre çeperlerinde ve orta lamelde gözlenen ayrılmalar (oklar) (Enine kesit).....217

Şekil 4.79: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (1 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde (2 nolu oklar) ve orta lamelde gözlenen ayrılmalar (3 nolu oklar) (Enine kesit).....217

Şekil 4.80: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde gözlenen hücre çeperlerinde kopmalar (1 nolu oklar), hücre köşeleri ve orta lamelde ayrılmalar (2 nolu oklar) (Enine kesit). 218

Şekil 4.81: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (1 nolu oklar), orta lamelde ayrılmalar (2 nolu oklar), hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar (3 nolu oklar) ve hücre köşelerinde ayrılmalar (4 nolu oklar) (Enine kesit).....218

Şekil 4.82: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin orta lamelinde meydana gelen ayrılmalar (1 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar (2 nolu oklar) (Enine kesit). 219

Şekil 4.83: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen yoğun mantar hüfleri (1 nolu oklar) ve orta lamelde meydana gelen ayrılmalar (2 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar (3 nolu oklar) (Enine kesit).....219

Şekil 4.84: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde hücre köşelerindeki kopmalar (1 nolu oklar), orta lamelde meydana gelen ayrılmalar (2 nolu oklar) ve boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (3 nolu oklar) (Enine kesit). 220

Şekil 4.85: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (1 nolu oklar) ve hücre köşelerindeki ayrılmalar (2 nolu oklar) ve orta lamelde meydana gelen ayrılmalar (3 nolu oklar) (Enine kesit). 220

Şekil 4.86: BDS yaz odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde meydana gelen yumuşak çürüklük tip I (Enine kesit). 221

Şekil 4.87: BDS % 5-10 ve % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde *P. vitreus* mantarının boyuna traheid radyal çeperinde bulunan kenarlı geçitlerde meydana getirdiği bozunma tipleri (Radyal kesit). 221

Şekil 4.88: İlkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal hücre çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin torusunda gözlenen çatlaklar ve geçitlerden *P. vitreus* mantar hüflerinin (septumlu) ilerleyişi. 221

Şekil 4.89: Biyolojik delme işlemi neticesinde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid kenarlı geçitlerinde porusta ayrılma veya kopma (1 nolu ok), torusta meydana gelen çatlaklar (2 nolu ok) ve aspirasyon halindeki geçitlerin toruslarında yırtılmalar (3 nolu oklar) şeklinde kendini gösteren bazı bozunmalar. 222

Şekil 4.90: Biyolojik delme işlemi neticesinde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid kenarlı geçitlerinde torusta ayrılma veya kopma (1 nolu ok), torusta meydana gelen çatlaklar (2 nolu ok), torusta yırtılmalar (3 nolu ok) ve margoda parçalanmalar (4 nolu oklar) şeklinde kendini gösteren bazı bozunmalar. 223

Şekil 4.91: Ladin diri odun kontrol (1 nolu oklar) ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerde (1 ve 2 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde (3 nolu oklar) görülen bozunmalar (Radyal kesit). 224

Şekil 4.92: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler (1 ve 2 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde (3 nolu oklar) görülen bozunmalar (Radyal kesit). 224

Şekil 4.93: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam (1nolu oklar), aşırı bozunmuş (2 nolu oklar) kenarlı geçitler ile boyuna traheid hücre çeperlerinde görülen bozunmalar (3 nolu oklar) ve hüfler (4 nolu oklar) (Radyal kesit). 225

Şekil 4.94: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerindeki şiddetli bozunmalar (1 nolu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan ve şiddetli bozunma görülen kenarlı geçitler (2 nolu oklar) ve yapıyı tamamen saran yoğun mantar hüfleri (3 nolu oklar) (Radyal kesit). 225

Şekil 4.95: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçitler (1 ve 2 nolu oklar), hüfler (3 nolu oklar) ve enine traheid çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler (4 nolu oklar) (Radyal kesit). 226

Şekil 4.96: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) kenarlı geçitler, aşırı bozunmuş boyuna traheid hücre çeperleri (4 nolu oklar) ve yoğun mantar hüfleri (5 nolu oklar) (Radyal kesit). 226

Şekil 4.97: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan sağlam (1 nolu oklar) ve bozunmuş (2 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (3 nolu oklar) (Radyal kesit). 227

Şekil 4.98: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerindeki şiddetli bozunmalar (1 nolu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan bozunmuş (2 nolu oklar), aşırı bozunmuş kenarlı geçitler (3 nolu oklar) ve yoğun mantar hüfleri (4 nolu oklar) (Radyal kesit). 227

Şekil 4.99: BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun boyuna traheidlerinin radyal çeperleri üzerinde geçit çapını aşabilen oyukların oluşması. 228

Şekil 4.100: Diri odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%). 230

Şekil 4.101: Diri odun geçiş zonunda bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%). 231

Şekil 4.102: Olgun odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%). 232

Şekil 4.103: Olgun odun geçiş zonunda bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%). 233

Şekil 4.104: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar) ve bozunmuş (2 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile sağlam (3 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (4 nolu oklar) enine traheid kenarlı geçitleri ve hüfler (5 nolu oklar) (Radyal kesit). 249

Şekil 4.105: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve sağlam (3 nolu oklar), aşırı bozunmuş (4 nolu oklar) boyuna traheid kenarlı geçitleri, hüfler (5 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde görülen bozunmalar (6 nolu oklar) (Radyal kesit). 249

Şekil 4.106: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile enine traheid hücre çeperlerinde yer alan sağlam (4 nolu oklar), bozunmuş (5 nolu oklar) aşırı bozunmuş (6 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (7 nolu oklar) (Radyal kesit). 250

Şekil 4.107: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar), aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan bozunmuş (4 nolu ok) ve aşırı bozunmuş (5 nolu oklar) kenarlı geçitler (Radyal kesit). 250

Şekil 4.108: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), aşırı bozunmuş (2 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam (3 nolu oklar), bozunmuş (4 nolu oklar) kenarlı geçitler, boyuna traheid teğet çeperlerindeki bozunmalar (5 nolu ok) (Radyal kesit). 251

Şekil 4.109: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid (1 nolu oklar) ve öz ışını paranşim hücre çeperlerinde görülen şiddetli bozunmalar (2 nolu oklar), sağlam (3 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (4 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri, yoğun mantar hüfleri (5 nolu oklar) (Radyal kesit). 251

Şekil 4.110: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam- bozunmuş (1 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam-aşırı bozunmuş (2 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (3 nolu oklar) (Radyal kesit). 252

Şekil 4.111: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar), aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan bozunmuş (4 nolu ok), aşırı bozunmuş (5 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (6 nolu oklar) (Radyal kesit). 252

Şekil 4.112: Biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinde hüfler (1 nolu oklar), sağlam (2 nolu ok) ve bozunmuş piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri (3 nolu oklar), birbirine komşu hücre çeperleri üzerinde meydana gelen yumuşak çürüklük Tip I ve Tip II'den kaynaklı delinmeler (4 nolu oklar). 253

Şekil 4.113: Sağlam haldeki enine traheid– öz ışını paranşim hücre çeperleri (1 nolu oklar), sağlam haldeki boyuna traheid radyal ve teğet hücre çeperleri (2 nolu oklar), biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen boyuna traheid radyal ve teğet hücre çeper bozunmaları (3 nolu oklar) ve öz ışını paranşim (4 nolu oklar) ve enine traheid hücre çeper bozunmaları (5 nolu ok). 254

Şekil 4.114: Ladin diri odununa ait farklı ağırlık kayıplarının meydana geldiği örneklerin enine kesitlerinin durumu. 275

Şekil 4.115: Ladin diri odununda ağırlık kayıpları arttıkça gözlenen çökmeler ve çarpılmalar ile boyuna kesitlerde gözlenen renk değişimleri. 275

Şekil 4.116: Ağırlık kaybı % 20'nin üzerine çıktıktan sonra odun örneklerinde görülen deformasyonlar ve renk değişiklikleri. 276

Şekil 4.117: Olgun odun spektrumları: 1) Kontrol örneği 2) % 5-10 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler 3) % 10-15 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler 4) % 20 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler. 278

Şekil 4.118: Diri odun spektrumlari: 1) Kontrol örneği 2) % 5-10 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler 3) % 10-15 ağırlık kaybının oluştuğu örnekler 4) % 20 ağırlık kaybının oluştuğu örnekler 5) % 30 ağırlık kaybının oluştuğu örnekler. 281

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: OGM emprenyesi güç bazı ağaç türlerine göre 2016 yılı tomruk üretim miktarları. 2

Tablo 2.1: Çürümüş güney sarıçamı odun blok ve odun çubuk örneklerine ait ortalama ağırlık kayıpları ve mekanik test sonuçları. 56

Tablo 2.2: Doğu kayını çürümüş diri ve öz odun örneklerinde meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları ve mekanik test sonuçları. 56

Tablo 2.3: Doğu kayını çürümüş diri ve öz odun örneklerinde meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları ve kimyasal analiz sonuçları. 57

Tablo 3.1: *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarına maruz bırakılan ladin diri odun ve olgun odun kısımlarında meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları. 80

Tablo 3.2: Anatomik incelemelerin yapıldığı örnek grupları. 105

Tablo 4.1: Ladin diri odun kısmına ait yıllık halka genişliği (mm), yaz odunu tabakası genişliği (mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı (%). 111

Tablo 4.2: Ladin olgun odun kısmına ait yıllık halka genişliği (mm), yaz odunu tabakası genişliği (mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı (%). 112

Tablo 4.3: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait emprenye maddesi alınım miktarları (g). 114

Tablo 4.4: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununda kullanılan emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait emprenye maddesi alınım miktarları (g). 115

Tablo 4.5: BDS diri ve olgun odun kısmına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri, farklı ağırlık kayıpları, farklı odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait emprenye maddesi alınım miktarları (g). 130

Tablo 4.6: BDS ladin diri ve olgun odun boyuna yüzeylerindeki emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 138

Tablo 4.7: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen ağırlık kaybına bağlı olarak emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 138

Tablo 4.8: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 139

Tablo 4.9: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında kullanılan emprenye madde tipine bağlı olarak emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 140

Tablo 4.10: BDÖ ve BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 141

Tablo 4.11: BDÖ ve BDS farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 142

Tablo 4.12: BDÖ ve BDS farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 143

Tablo 4.13: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2). 143

Tablo 4.14: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununa ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2). 144

Tablo 4.15: BDS ladin diri ve olgun odun kısmına ait farklı ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri, emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2). 152

Tablo 4.16: BDÖ ve BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 155

Tablo 4.17: BDÖ ve BDS kullanılan farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 156

Tablo 4.18: BDÖ ve BDS kullanılan farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 157

Tablo 4.19: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları (ppm). 158

Tablo 4.20: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununa ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları (ppm). 159

Tablo 4.21: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. ..160

Tablo 4.22: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 161

Tablo 4.23: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 161

Tablo 4.24: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve poliüretan uygulanma işlemine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 162

Tablo 4.25: BDÖ sarıçam odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 163

Tablo 4.26: BDÖ sarıçam odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 163

Tablo 4.27: BDÖ sarıçam odun unlarında yüzey derinliği ve poliüretan uygulanmasına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 164

Tablo 4.28: BDÖ odun unlarında yüzey derinliği ile poliüretansız ladin diri- olgun odun (Kontrol) ve poliüretansız sarıçam diri odununa bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 164

Tablo 4.29: BDÖ odun unlarında yüzey derinliği ile poliüretanlı ladin diri- olgun odun (Kontrol) ve poliüretanlı sarıçam diri odununa bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 165

Tablo 4.30: BDS diri ve olgun odun kısmına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları (ppm). 166

Tablo 4.31: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. .. 167

Tablo 4.32: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve uygulanan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 168

Tablo 4.33: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve kullanılan farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 168

Tablo 4.34: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 169

Tablo 4.35: Ladinde biyolojik delme, odun kısmı ve odun yüzey derinliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları. 169

Tablo 4.36: Ladinde biyolojik delme, odun kısmı ve odun yüzey derinliğinin Cu retensiyon miktarı üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 170

Tablo 4.37: Ladinde biyolojik delme, emprenye yöntemi ve odun yüzey derinliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları. 170

Tablo 4.38: Ladinde biyolojik delme, emprenye yöntemi ve odun yüzey derinliğinin Cu retensiyon miktarı üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 171

Tablo 4.39: Ladinde biyolojik delme, emprenye madde tipi ve odun yüzey derinliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları. 171

Tablo 4.40: Ladinde biyolojik delme, emprenye madde tipi ve odun yüzey derinliğinin Cu retensiyon miktarı üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 172

Tablo 4.41: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı yıkanma süreleri, emprenye madde tip ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yüzde bakır yıkanma verileri. 177

Tablo 4.42: BDÖ farklı sürelerde ladin diri ve olgun odun kısımlarından yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 178

Tablo 4.43: BDÖ ladin odununda uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 179

Tablo 4.44: BDÖ ladin odununda kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.....180

Tablo 4.45: BDÖ ladin odununda enine kesitlere poliüretan uygulanmasına bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 181

Tablo 4.46: BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait toplam süredeki yüzde bakır yıkanma verileri.....182

Tablo 4.47: BDÖ enine kesitlere poliüretan uygulanmasına bağlı olarak ladin diri ve olgun odun kısımlarından yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 183

Tablo 4.48: BDÖ ladin odununda enine kesitlere poliüretan uygulanması ve uygulanan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 183

Tablo 4.49: BDÖ ladin odununda enine kesitlere poliüretan uygulanması ve kullanılan farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 184

Tablo 4.50: BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam diri odununa ait farklı yıkanma süreleri, farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yüzde bakır yıkanma verileri. 185

Tablo 4.51: BDÖ sarıçam odununda uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 186

Tablo 4.52: BDÖ sarıçam odununda kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 187

Tablo 4.53: BDÖ sarıçam odununda uygulanan poliüretan işlemine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.....188

Tablo 4.54: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununa ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait toplam süredeki yüzde bakır yıkanma verileri. 188

Tablo 4.55: BDÖ sarıçam odunu enine kesitlerine poliüretan uygulanması ve kullanılan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 189

Tablo 4.56: BDÖ sarıçam odunu enine kesitlerine poliüretan uygulanması ve kullanılan farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10-4 ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.....190

Tablo 4.57: BDS diri ve olgun odun kısmına ait ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri, emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yüzde bakır yıkanma verileri. 192

Tablo 4.58: BDS farklı sürelerde ladin odun kısımlarından yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 193

Tablo 4.59: BDS ladin odununda farklı sürelerde uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 194

Tablo 4.60: BDS ladin odununda farklı sürelerde kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. ..195

Tablo 4.61: BDS ladin odununda farklı süre ve ağırlık kayıplarına bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 195

Tablo 4.62: BDS diri ve olgun odun kısmına ait farklı emprenye madde ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait toplam süredeki yüzde bakır yıkanma verileri. 196

Tablo 4.63: Ladin odununda farklı süreler ve biyolojik delme işlemine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 201

Tablo 4.64: Ladinde biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve yıkanma sürelerine ilişkin varyans analizi sonuçları. 201

Tablo 4.65: Ladinde biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve yıkanma sürelerinin Cu yıkanma değerleri (%)x10^{-4} üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. ...202

Tablo 4.66: Ladinde biyolojik delme, emprenye yöntemi ve yıkanma sürelerine ilişkin varyans analizi sonuçları. 203

Tablo 4.67: Ladinde biyolojik delme işlemi, emprenye yöntemi ve yıkanma sürelerinin Cu yıkanma değerleri (%)x10^{-4} üzerine etkisi. 204

Tablo 4.68: Ladinde biyolojik delme işlemi, emprenye madde tipi ve yıkanma sürelerine ilişkin varyans analizi sonuçları. 205

Tablo 4.69: Ladinde biyolojik delme işlemi, emprenye madde tipi ve yıkanma sürelerinin Cu yıkanma değerleri (%)x10^{-4} üzerine etkisi. 205

Tablo 4.70: Biyolojik delme işlemi ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 206

Tablo 4.71: BDÖ ve BDS ladin odununda toplam sürede yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan farklı emprenye yöntemlerinin karşılaştırılması. 207

Tablo 4.72: BDÖ ve BDS ladin odununda toplam sürede yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan farklı emprenye madde tiplerinin karşılaştırılması. 208

Tablo 4.73: Deneme örneklerinde hesaplanan ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri...209

Tablo 4.74: Ladin diri ve olgun odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak yoğunluk değişimindeki yüzde azalmalar. 210

Tablo 4.75: Deneme örneklerinde hesaplanan ortalama liflere paralel basınç direnç değerleri. 210

Tablo 4.76: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak liflere paralel basınç direnç değişimindeki yüzde azalmalar. 211

Tablo 4.77: Deneme örneklerinde tespit edilen ortalama % 1'lik NaOH çözünürlük değerleri. 212

Tablo 4.78: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak alkali çözünürlük derecelerindeki yüzde artmalar. 216

Tablo 4.79: BDS mikroskopik görüntülerde boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumlarıyla ilgili yapılan görsel değerlendirmeler. 229

Tablo 4.80: BDÖ ve BDS boyuna traheid kenarlı geçit boyutlarına ait veriler. 234

Tablo 4.81: BDÖ ve BDS boyuna traheid kenarlı geçitlerinde alan hesaplamalarına ait veriler. 235

Tablo 4.82: BDÖ ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 236

Tablo 4.83: BDÖ geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 236

Tablo 4.84: BDÖ kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı yıllık halka tabakalarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 237

Tablo 4.85: BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 238

Tablo 4.86: BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 238

Tablo 4.87: BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 239

Tablo 4.88: BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 240

Tablo 4.89: BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 240

Tablo 4.90: BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 241

Tablo 4.91: BDS kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı yıllık halka tabakalarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 242

Tablo 4.92: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 243

Tablo 4.93: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 243

Tablo 4.94: Geçiş zonunda biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 244

Tablo 4.95: Geçiş zonunda biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. ...245

Tablo 4.96: Biyolojik delme işlemi, yıllık halka tabakası ve kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 246

Tablo 4.97: Biyolojik delme işlemi, yıllık halka tabakası ve geçit kısımlarının kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 247

Tablo 4.98: BDÖ ve BDS karşılaşma yeri geçit boyutlarına ait veriler. 255

Tablo 4.99: BDÖ ve BDS karşılaşma yeri geçitlerinde alan hesaplamalarına ait veriler. ...255

Tablo 4.100: BDÖ karşılaşma yeri geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 256

Tablo 4.101: BDS karşılaşma yeri geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 257

Tablo 4.102: BDS karşılaşma yeri geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 257

Tablo 4.103: BDS karşılaşma yeri geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 258

Tablo 4.104: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve karşılaşma yeri geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 259

Tablo 4.105: Ladinde biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının karşılaşma yeri geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 259

Tablo 4.106: BDÖ ve BDS enine traheid kenarlı geçit boyutlarına ait veriler. 260

Tablo 4.107: BDÖ ve BDS enine traheid kenarlı geçitlerinde alan hesaplamalarına ait veriler. 261

Tablo 4.108: BDÖ ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 262

Tablo 4.109: BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 262

Tablo 4.110: BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 263

Tablo 4.111: BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları. 264

Tablo 4.112: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve enine traheid kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 265

Tablo 4.113: Biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının enine traheid kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. ...265

Tablo 4.114: BDÖ odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 266

Tablo 4.115: BDÖ odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 267

Tablo 4.116: BDS odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 268

Tablo 4.117: BDS odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri (μm^2) üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 269
Tablo 4.118: BDS odun yüzeyleri, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 270
Tablo 4.119: BDS odun yüzeyleri, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 271
Tablo 4.120: BDS meydana gelen ağırlık kayıpları, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları. 272
Tablo 4.121: BDS meydana gelen ağırlık kayıpları, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları. 273
Tablo 4.122: Olgun odun spektrumları ve referansları. 277
Tablo 4.123: Diri odun spektrumları ve referansları. 280

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
°C	: Santigrat Derece
>	: Büyüktür işareti
<	: Küçüktür işareti
*****	: Etkileşim (İnteraksiyon) işareti
Cu	: Bakır
≤ ve ≥	: Değerler arasında fark olduğu fakat istatistiksel anlamda farkın önemsiz olduğu anlamına gelmektedir.
< ve >	**:** Değerler arasında fark olduğu aynı zamanda istatistiksel anlamda da farkın önemli olduğu anlamına gelmektedir.

Kısaltmalar	Açıklama
LPBD	: Liflere Paralel Basınç Direnci
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BDÖ	: Biyolojik Delme Öncesi
BDS	: Biyolojik Delme Sonrası
P. vitreus	: *Physisporinus vitreus*
Std	: Standart sapma
Ort	: Ortalama
(Cu)	: Odun dış yüzeyinde tespit edilen bakır miktarı (ppm), bakır oranı (%)
(Merkez Cu)	: Odun iç- merkez kısmında tespit edilen bakır miktarı (ppm), bakır oranı (%)
Celcure AC-500	: ACQ (Amonyum Bakır Quat)
KG	: Kenarlı geçit
KYG	: Karşılaşma yeri geçiti
ETKG	: Enine traheid kenarlı geçiti
KGa	: Kenarlı geçit alanı (μm^2)
KGp	: Kenarlı geçit porus alanı (μm^2)
KYGa	: Karşılaşma yeri geçit alanı (μm^2)
KYGp	: Karşılaşma yeri geçit porus alanı (μm^2)
ETKGa	: Enine traheid kenarlı geçit alanı (μm^2)
ETKGp	: Enine traheid kenarlı geçit porus alanı (μm^2)
D.O	: Diri odun
O.O	: Olgun odun
İ.O	: İlkbahar odunu tabakası
G.Z	: Geçiş zonu.

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BİYOLOJİK YÖNTEMLE PERMEABİLİTESİ İYİLEŞTİRİLEN ODUNUN BAZI ÖZELLİKLERİNİN VE BAKIR DAĞILIMININ İNCELENMESİ

Davut BAKIR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Ayşe Dilek DOĞU

II. Danışman : Prof. Dr. Nural YILGÖR

Bu çalışmada ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren ve permeabilitesi düşük ağaç türlerinden biri olan Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) odununun emprenye edilebilirliğini biyolojik delme işlemiyle artırarak orman ürünleri endüstrisinde en fazla tercih edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) diri odununa yaklaştırmak hedeflenmiştir.

Bu kapsamda Doğu ladini diri ve olgun odun kısımlarından elde edilen odun örneklerine (10 x 2,5 x 2,5 cm) biyolojik delme işlemi uygulanmıştır. Biyolojik delme işlemi uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) örnekler daha sonra farklı boyutlardaki emprenye maddeleri (mikronize bakır quat, Celcure AC-500) ile daldırma (10 dak.) ve vakum (20 dak., 40 mbar) yöntemleri kullanılarak emprenye işlemlerine tabi tutulmuşlardır.

Emprenye işlemlerinin ardından odundaki bakır penetrasyonunu ve retensiyonunu belirlemek amacıyla; emprenye madde alınımı (g), bakır penetrasyon alanı değeri (cm^2), bakır retensiyon

miktarı (ppm) ve bakır retensiyon yüzde dağılım oranı (%) tespiti gibi dört değerlendirme ölçütü seçilmiştir. Odunun mikroyapısındaki bakır dağılımına yönelik belirlenen bakır retensiyon yüzde dağılım oranı (%), SEM-EDX cihazı kullanılarak, odunda tutulan bakırın tespitine yönelik elde edilen bakır retensiyon miktarı (ppm) ise ICP-OES cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bakır penetrasyon alanı değeri (cm^2) çalışmaları ise dijital ortamda ArcGIS coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Emprenye işlemine tabi tutulan kontrol ve biyolojik delme işlemi uygulanmış örneklerden bazıları AWPA E 11-97 standart yıkanma testlerine tabi tutulmuşlardır.

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistik yönden analizi amacı ile değerler üzerinde varyans analizi (Anova) yapılmıştır. Birbiri ile farklılık gösteren grupların tespiti amacı ile ise Tukey testi kullanılmıştır. Elde edilen bilgiler literatür bilgileri ile karşılaştırılmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Böylece biyolojik delme amacıyla kullanılan ve bir beyaz çürüklük mantarı olan *Physisporinus vitreus* mantarının emprenye madde alınımı, bakır penetrasyon ve retensiyonu ile bakır emprenye madde yıkanması üzerine etkileri tartışılmıştır.

Emprenye işlemleri sonrasında biyolojik delme işlemine bağlı olarak kullanılan emprenye maddelerinin alınımında önemli artışlar gözlenmiştir. Biyolojik delme işleminden sonra elde edilen verilerde, ladin olgun odunundaki emprenye maddesi alınımı (8,46 ± 0,51 g) sarıçam diri odununa (7,1 ± 0,72 g) nazaran kısmen daha yüksek çıkmış olsa da ladin diri odun kısmındaki emprenye madde alınımı (3,73 ± 0,50 g) biyolojik delme öncesine nazaran yüksek olmasına rağmen yine de sarıçam diri odunundan düşük bulunmuştur.

Aynı şekilde biyolojik delme işlemi neticesinde ladin diri ve olgun odununda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak bakır penetrasyon alanı değerlerinde önemli bir artış olmasına rağmen bakır retensiyon miktarı ve bakır retensiyon yüzde dağılım oranında ciddi bir artış tespit edilememiştir. Elde edilen bu sonuçlarda biyolojik delme işlemi neticesinde özellikle % 10 ağırlık kaybından sonra odunda çözücü alınımı artmasına rağmen koruyucu bakır tuzlarının alınımında herhangi bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Yıkanma testi sonuçlarına göre; biyolojik delme öncesi ve sonrasında Cu (bakır) elementi yıkanma miktarlarının (ppm) süreye, kullanılan emprenye madde tipine, uygulanan emprenye yöntemine ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

Physisporinus vitreus mantarının ladin diri ve olgun odun kısımlarının kimyasal ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini daha iyi anlayabilmek için FTIR-ATR (Fourier transform

infrared spectroscopy) analizleri, % 1'lik NaOH çözünürlük testleri, yoğunluk ve liflere paralel basınç direnç testleri yapılmıştır. Elde edilen basınç direnç testi sonuçları, biyolojik delme işlemi amacıyla kullanılan *P. vitreus* mantarının ladin odunundaki ağırlık kaybı artışına bağlı olarak olgun odunda göz ardı edilebilir bir direnç kaybına neden olduğunu, fakat diri odundaki direnç kayıplarının ise önemli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, yapılan tüm test çalışmaları mantarın % 10 ağırlık kaybına kadar tükettiği kimyasal bileşen ve maddelerin ladin diri ve olgun odununda farklı olma ihtimalinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Biyolojik delme işlemi neticesinde ladin diri ve olgun odununda *P. vitreus* mantarının etkileri mikroskopik olarak incelenmiştir. Ladin diri ve olgun odun kısımlarının mikroskopik yapısının incelenmesinde ışık mikrokopu ve SEM kullanılmıştır. Biyolojik delme sonrası ladin odun örneklerinde yer alan ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerdeki, ilkbahar odunu tabakası karşılaşma yeri geçitlerindeki ve enine traheid kenarlı geçitlerindeki bozunma oranının meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

Bu tez kapsamında elde edilen tüm veriler, biyolojik delme işlemi uygulamalarında optimum süre olarak 6 haftayı esas almanın daha doğrusu % 10 ağırlık kaybına kadar kontrollü çürütme yapılmasının biyolojik delme işleminin başarı ölçütlerinden olan permeabilitenin yeterince artırılması, fakat mekanik direncin azalmaması hedeflerini gerçekleştirmede en önemli etken olduğunu göstermiştir. Çünkü optimum inkübasyon süresinin verimliliği ve *P. vitreus* mantarının iyi gelişebilmesi; tüm koşulların elverişli olmasına, homojen bir biyolojik delmenin gerçekleşmesi ise misellerin tüm odun yüzeyini tamamen sarmasına bağlıdır. Bu yüzden biyolojik delme uygulamalarında (≤ % 10) ağırlık kaybını hedeflemenin daha doğru olacağı belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisi açısından umut vericidir.

Mayıs 2019, 397 sayfa.

Anahtar kelimeler: Doğu ladini, Permeabilite, Biyolojik delme, Mikroskopik yapı, Yıkanma, Bakır esaslı koruyucular

SUMMARY

Ph.D. THESIS

EVALUATION OF SOME PROPERTIES AND COPPER DISTRIBUTION IN WOOD AFTER PERMEABILITY IMPROVEMENT BY A BIOLOGICAL METHOD

Davut BAKIR

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Industry Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Ayse Dilek DOGU

Co-Supervisor : Prof. Dr. Nural YILGOR

This study was aimed to enhance the permeability of spruce wood (*Picea orientalis* L.) distributed in the Eastern Black Sea Region of Turkey. Since it possesses low permeability, this study was intended to bring its permeability class by a bio-incising process to the level of the sapwood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the preferred wood in the forestry industry.

In this context, the bio-incising process was applied to the wood specimens (10 x 2,5 x 2,5 cm) obtained from the sapwood and heartwood portions of spruce wood. Afterwards, the bio-incised and non-bio-incised specimens (control) were treated with micronized copper quat and Celcure AC-500 wood preservatives by either dipping (10 min) or vacuum (20 min, 40 mbar) methods.

Following the impregnation with the preservative solutions, four criteria were chosen to determine the copper penetration and retention; (i) the uptake of wood preservatives (g), (ii) the

area of the wood structure that contains copper penetration (cm^2), (iii) the amount of copper retained in wood (ppm), and (iv) the percentage of copper distribution in wood (%). Copper distribution in the micro-structure of wood and the amount of copper retained (ppm) in the wood were evaluated by using SEM-EDX and ICP-OES, respectively. The area of copper penetration in wood (cm^2) was also carried out using the ArcGIS software packages in the digital environment. Leaching tests of bio-incised and control wood specimens treated with the wood preservatives were performed according to the AWPA E 11-97 standart test method.

For statistical analyses, variance analysis (ANOVA) was used to compare several groups of observations, and all data were then statistically compared by Tukey's test. The results were also compared with the results of previous studies. The effects of *Physisporinus vitreus*, a white rot fungus, on the uptake of wood preservatives, copper penetration and retention, and leaching of copper element were thus discussed.

After the bio-incising process, a significant increase was observed in the uptake of wood preservatives. Results showed that after the bio-incising process, although the uptake of wood preservatives in spruce heartwood (8.46 ± 0,51 g) was relatively higher than the uptake of wood preservatives in Scots pine sapwood (7,1 ± 0,72 g), the uptake of wood preservatives in spruce sapwood (3,73 ± 0,50 g) was relatively higher than the control specimens but lower than Scots pine sapwood.

Similarly, due to the difference in mass losses (5-10 % to 10-15 %) from the bio-incising process in the sapwood and heartwood of spruce, no effect could be recorded on the amount of copper retained in the wood and the percentage of copper retention distribution above a certain mass loss (> 10 %) in the bio-incised wood, even though the uptake of the wood preservatives and the copper penetration area values in the bio-incised wood increased. The methods resulted in a higher uptake of solvent above a certain mass loss (over 10 % of mass losses) in the bio-incised wood, but the uptake of the copper preservatives remained unaffected. Before and after the bio-incising process, the amount of leached Cu showed variations based on time, wood preservative type, impregnation method and wood portions (sapwood /heartwood).

FTIR-ATR analysis, 1% NaOH solubility test, wood density test and compression strength parallel to grain test were carried out to understand the effects of *Physisporinus vitreus* on the chemical and mechanical properties on the bio-incised and control wood specimens.

The results of compression strength test showed that *P. vitreus* fungus used for the bio-incising process increased the mass losses in both sapwood and heartwood. In heartwood, the compression strength reduced negligibly; however, the decreases in compression strength in sapwood were significant.

The results of all tests showed that there was a high probability that the chemical substances and components consumed by the fungus up to 10 % of mass loss were different in the sapwood and heartwood.

The effects of *P. vitreus*' activity were evaluated in the micro-structure of spruce sapwood and heartwood after bio-incising. The micro-structure of the spruce sapwood and heartwood was examined using light microscope and scanning electron microscope (SEM). In spruce specimens, degradation rates of bordered pits on longitudinal tracheid radial walls in earlywood and transition zone and the cross-field pits and the ray tracheid pits in earlywood increased in proportion to the increases in mass loss.

All data obtained within the scope of this thesis have showed that controlled fungal activity up to 10 % mass loss in 6 weeks, (the optimum time in the bio-incising process) is the most important factor in achieving desirable permeability without decrease in mechanical strength. Thus, the efficiency of the optimum incubation period and proper growth of *P. vitreus* depend on all conditions being favorable, while homogeneous bio-incising depends on the complete coverage of the wood surface. Therefore, it is more appropriate to aim a mass loss less than 10% in the application of bio-incising process. Consequently, this study has promising results that could be used by the Turkish forest products industry.

May 2019, 397 pages.

Keywords: *Picea orientalis* L., Permeability, Bio-incising, Micro-structure, Leaching, Copper-based preservative

1. GİRİŞ

Son yıllarda ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızla yok edilmesi ağaç malzemenin emprenye edilerek kullanım süresinin artırılmasını zorunlu kılmıştır. Emprenye işlemi sırasında odun koruma maddeleri etkili bir koruma sağlayabilmek için ağaç malzemeye iyi fikse olmalıdır. Bununla birlikte emprenye maddelerinin başarı derecesi kullanılan koruyucu madde tipine, emprenye maddelerinin odundaki nüfuz derinliğine ve retensiyonuna bağlıdır. Günümüzde dahi ağaç malzeme ve odun koruyucu bileşenler arasındaki fiksasyon ve etkileşim henüz tam anlamı ile anlaşılmış değildir. Ağaç malzeme içerisindeki koruyucu maddelerin dağılımını ve fiksasyonunu anlayabilmek için bu maddelerin odun içerisindeki kitlesel akış yollarını anlamak önemlidir. Koruyucu maddelerin odun yapısındaki dağılımı ve nüfuz derinliği koruma performansının etkinliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin; emprenye çözeltisi ağaç malzeme içerisine yeterince nüfuz etse bile, odunun anatomik özelliklerinin koruyucu dağılımını etkilemesinden dolayı yeterli koruma sağlanamaya bilinmektedir (Matsunaga ve diğ., 2004). Odunun yeterince emprenye edilebilmesi ağaç türüne bağlı olarak değişiklik gösterir (Costanza ve Miyara, 2000). Avrupa ladini (*Picea abies* Karst.) gibi iğne yapraklı ağaç türü odunlarında sıvı iletimi birbirine komşu traheidler üzerinde bulunan kenarlı geçitler vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bir tür vana görevi gören bu elemanların tıkanması (kapanması) geçit aspirasyonu olarak adlandırılır (Matsumura ve diğ.,1999; Lehringer ve diğ., 2010). Geçit aspirasyonu genellikle odunun kurutulması esnasında meydana gelir. Bu durumda koruyucular ve modifikasyon maddeleri gibi sıvıların odundaki permeabiliteleri düşmektedir. Genellikle permeabilitenin yüksek olması spesifik odun özelliklerini artırmak ve odunu mantarlara, böceklere ve diğer zararlılara karşı korumak için istenen bir özelliktir. Bununla beraber koruyucuların ve modifikasyon maddelerinin derin ve homojen bir şekilde nüfuz etmesi de arzu edilen bir durumdur (Lehringer ve diğ., 2010). Bu yüzden emprenyesi güç ağaç türlerinde odunun permeabilitesini artırmak Orman Ürünleri Endüstrisi açısından çok önemlidir. Çalışmanın öneminin daha iyi anlaşılabilmesi için ülkemizdeki emprenyesi güç ağaç türlerine ait yıllık tomruk üretim miktar ve fiyatları Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1: OGM emprenyesi güç bazı ağaç türlerine göre 2016 yılı tomruk üretim miktarları (URL-1).

Ürün çeşidi	TL- $ /m³-ster	Ladin	Göknar
Dikili kabuklu gövde hacmi (m^3)	----------	310.775	1.952.331
Tomruk (m^3)	322 TL = 118 $ / m^3	134.195	928.249

Tablo 1.1'deki veriler dikkate alındığında ülkemizde sadece yıllık ladin tomruk üretiminin yaklaşık 134.195 m^3 olduğu ve orman emvali satış ihalesinde de 3. Sınıf normal boy ladin tomruklarının 322 TL / m^3 ihale bedeli ile alıcı bulduğu (URL-2) gerçeği göz önüne alındığında yaklaşık olarak yıllık 14,425.000 $ (ABD)' lık bir ekonomik gelirden söz edilebilmektedir. Bu fiyatlar dikkate alındığında ladin ve göknar gibi emprenyesi güç ağaç türlerinin emprenye edilebilirliğinin artırılmasına bağlı olarak kullanım ömürlerinin az da olsa artırılmasıyla (3 - 5 yıl) önüne geçilmesi planlanan ham madde, işçilik ve nakliyeden kaynaklanan ekonomik kayıpların boyutları daha iyi anlaşılmış olacaktır.

Geçmişte permeabilitenin artırılması işlemlerinde enzimler, bakteriler ve mavi renk mantarlarından faydalanılmıştır. Orman Ürünleri Endüstrisinde permeabiliteyi artırmak gibi çeşitli amaçlarla uygulanan biyoteknolojik yöntemlerde odun çürüklük mantarlarının kullanılması üzerinde de yıllardır çalışılmaktadır. Çünkü odun çürüklük mantarlarının salgıladığı enzimlerin özgünlüğü ve ılıman iklim şartlarında bozunmanın ilerlemesi bu mantarları odun modifikasyonu açısından uygun temsilciler olarak ortaya çıkarır. Örneğin; mantarlar kağıt hamurunun biyolojik olarak ağartılması veya biyolojik olarak hamurlaştırılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte bu mantarlar koruyucu işleme tabi tutulmuş odunun biyolojik olarak iyileştirilmesinde (biyo - remediyasyon) ve toksinlerden arındırılmasında da (detoksifikasyon) görev alarak kreozot, toksik poli-aromatik hidrokarbon bileşenleri ve pentaklorfenol gibi kimyasal koruyucuları ayrıştırma yetenekleri ve toleranslarından dolayı da başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar (Schwarze ve Schubert, 2011).

Genellikle hiçbir işlem uygulanmamış öz odun diri odundan çok daha yüksek bir doğal dayanıklılığa sahiptir (Bozkurt ve diğ., 1993). Fakat emprenye edilmiş diri odunun dayanıklılığı emprenye edilmemiş öz odundan çok daha yüksektir. Ladin gibi bazı istisna türler hariç birçok ağaç türünde diri odun başarılı bir şekilde emprenye edilebilmekteyken öz odunun geleneksel metotlarla emprenye edilmesi çok zordur (Wang ve DeGroot, 1996). Kısacası; kullanılabilirliği

ve hizmet ömrü en uzun ağaç malzeme, hem diri odunu hem de öz odunu emprenye edilmiş olan ağaç malzemedir.

Bakır esaslı koruyucular, odun koruma alanında geniş çapta ve başarılı bir şekilde 100 yıldan daha uzun bir süredir kullanılmaktadır. Günümüzde bakır bileşenleri, foto- degredasyona karşı stabiliteleri, analizlerinin kolaylığı, birçok odun tahrip edici unsurlara karşı geniş spektrumlu aktivitesinden dolayı çeşitli odun koruyucu formülasyonlarında kullanılan temel biyosit bileşenlerinden biridir (Dhyani ve Kamdem, 2012). Son zamanlarda mikronize edilmiş bakır formülasyonları da kullanılmaya başlanmıştır. Mikronize partiküller, su veya yağda çözünmeyen bakır bileşenlerinin mekanik olarak öğütülmesiyle elde edilmektedir (McIntyre ve Freeman, 2009). Mikronize partikül elde etme işlemi; kimyasal yollarla veya ticari öğütücü bir mil kullanılarak taşıyıcı içerisinde dispersleştirme / ıslatma ajanlarının yardımıyla 1000 nm (= 1 µm) boyutundan daha küçük boyutlardaki (% 90 veya daha fazlası) partiküllerin hazırlanmasıyla sonuçlanır. Dispersleştirme / ıslatma ajanlarının varlığı öğütme esnasında partikül boyutunun azalmasını sağlar ve işleme tabi tutma esnasında partikülleri stabilize eder. Bu partiküllerin boyutu 0,001 ila 2,5 µm aralığındadır. İri parçacıklı karakter yapısı, odun hücre çeperlerindeki nüfuz derinliğini ve odunun moleküler bileşenleriyle reaksiyonunu etkileyebilmektedir. Odunun hücresel yapısı içerisine partiküllerin dağılımının homojenliği ve nüfuz edebilme derecesi büyük partikül boyutuyla ters ilişkilidir. Daha büyük partiküller hazırlamak daha kolaydır. Fakat 2,5 µm'den daha büyük olan partiküller traheidleri doldurabilir ve eklenen koruyucu madde alınımını engelleyebilir. Eğer mikronize edilmiş koruyucuların partikül boyutu boyuna traheid - öz ışını paranşim hücreleri arasındaki pencere tip karşılaşma yeri geçit çapı (tipik olarak 10 µm) ve kenarlı geçit zarlarının yapısında bulunan açıklık çapından (0,4 ila 0,6 µm) daha küçük olursa mikronize edilmiş koruyucunun tamamen nüfuz etmesi ve uniform bir dağılım göstermesi beklenir (Freeman ve McIntyre, 2008; Kartal ve diğ., 2009). Kayganlaştırıcılar (Sürfaktanlar) ise genellikle daha yüksek konsantrasyonlara sahip nano-metallerin sıvı yayılımını (dispersiyonunu) sağlayarak yayılım stabilitesini artırmak için ilâve edilir (Clausen ve diğ., 2010).

Emprenye edilen odun örneklerinden koruyucu maddelerin yıkanarak uzaklaşması ve çevreye karışması hem ağaç malzemenin kullanım ömrünü azaltması hem de sağlık problemlerine neden olması açısından istenmeyen bir durumdur. Ağaç malzemeden emprenye maddelerinin yıkanma oranlarını; yerel iklim özellikleri, yıkanma ortamı, odun özellikleri ve emprenye

uygulama teknikleri gibi birçok faktör etkilemektedir. Son zamanlarda yapılan toksisite testleri sulu (aquatik) ortamlarda kullanılan odundan Cu gibi emprenye madde bileşenlerinin yıkanmasının çevreye karşı zararlı olabileceğini göstermiştir (Hingston ve diğ.,2001; Bakır, 2012). Cu temel bir mikrobesinken, Cu^{+2} eser miktarların üzerinde toksik etkiye sahiptir (Arisi, 2006).

Bu tez çalışmasının asıl amacı; odunun kullanım ömrünün artırılmasında biyoteknolojik yöntemlerin potansiyelini tartışmak amacıyla ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren ve permeabilitesi düşük ağaç türlerinden biri olan Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) odununun emprenye edilebilirliğini biyoteknolojik yöntemlerle artırarak Orman Ürünleri Endüstrisinde en fazla tercih edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) diri odununa yaklaştırmaktır. Bu amaçla odun örnekleri, ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Artvin yöresinde yetişen ve emprenyesi güç olan Doğu ladininden elde edilmiş olup tek bir deneme ağacı ile çalışılmıştır. Kullanılabilirliği ve hizmet ömrü en uzun ağaç malzeme hem diri odunu hem de öz odunu emprenye edilmiş olan ağaç malzemedir. Bu yüzden yapılan çalışmada diri ve olgun odun kısımlarından ayrı ayrı elde edilen örneklere koruyucu madde alınımını artırıcı metotlardan biri olan biyolojik delme işlemi uygulanmıştır. Daha sonrada biyolojik delme işleminin başarı ölçütlerini belirlemek amacıyla aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir;

1) Biyolojik delme işleminden önce ve sonra farklı emprenye metotları (daldırma ve vakum- basınç) ve farklı boyutlardaki emprenye maddeleri (mikronize bakır esaslı koruyucu maddeler ve geleneksel bakır esaslı koruyucu maddeler) uygulanarak koruyucu işleme tabi tutulan ladin odunu örneklerindeki bakır esaslı koruyucuların odun içerisindeki nüfuz derinliği ve retensiyonu tespit edilmiştir. Böylece biyolojik delme işleminin koruyucu madde alınımı üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır.
2) Odun örneklerinden bazıları saf su ile yıkanma testlerine tabi tutularak biyolojik delme uygulamasından önce ve sonra hangi emprenye madde ve yöntemlerinin bir arada kullanılmasının yıkanma işlemine karşı daha dirençli olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Böylece odun yapısındaki koruyucu ağır metallerin yıkanarak uzaklaşmasının dolayısıyla da sağlığa ve çevreye karşı zararlı olmasının kısmen de olsa önüne geçilmesi hedeflenmiştir.
3) Biyolojik delme öncesinde ve sonrasında odun örneklerinde FTIR - ATR (Fourier Dönüşüm Kızıl ötesi Spektroskopisi - Zayıflatılmış Toplam Yansıma) analizleri ve

alkali çözünürlük testleri yapılarak *Physisporinus vitreus* mantarının odun örneğinin kimyasal yapısında herhangi bir değişikliğe neden olup olmadığı şayet olmuş ise de bu bozulmaların hangi odun bileşenlerinde ve ne ölçüde gerçekleştiği belirlenmeye çalışılmıştır.

4) Biyolojik delme amacıyla kullanılan *P. vitreus* mantarının odun örneklerinin mekanik dirençlerinde herhangi bir düşüşe neden olup olmadığının tespitine çalışılmıştır.
5) Elde edilen sonuçların doğru ve güvenilir bir şekilde yorumlanabilmesi için *P. vitreus* mantarının odunun mikroskopik ve ultramikroskopik yapısında meydana getirdiği değişiklikler (özellikle kenarlı geçitlerde ve pektin içeren diğer hücre elemanlarında) bir ışık mikroskopu ve SEM (Taramalı Elektron Mikroskopu) kullanılarak görsel hale getirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca farklı boyutlardaki emprenye maddelerinin anatomik yapıdaki mikrodağılımları da bir SEM - EDX (Taramalı Elektron Mikroskopu - Enerji Yayılımlı X - Işını Analizi) yardımıyla görüntülenmeye çalışılmıştır.

‘’Biyolojik Yöntemle Permeabilitesi İyileştirilen Odunun Bazı Özelliklerinin ve Bakır Dağılımının İncelenmesi” adı ile gerçekleştirilen bu tez çalışmasının, yukarıda sözü edilen amaçlara bağlı olarak farklı bilim dallarına önemli katkılarda bulunacağı düşünülmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ODUNDA PERMEABİLİTE (GEÇİRGENLİK) VE AKIŞ YOLLARI

Odun her ne kadar katı, sert ve kompakt bir materyal olarak gözükse de aslında oldukça poröz bir yapıya sahiptir (Eckelman, 1997). Bu poröz yapı, sıvı maddelerin alınımı açısından bir potansiyel oluşturmaktadır (Halverson ve Lebow, 2011) ve emprenye işleminde çok önemlidir. Çünkü odunda gereken korumayı sağlayabilmek için emprenye maddelerinin bu boşluklardan içeriye doğru homojen ve derinlemesine nüfuz etmesi (Watanabe ve diğ., 1998; Panigrahi ve diğ., 2018) bununla birlikte odunun yapı bileşenleri ile reaksiyona girmesi gerekir. Diri odun ve öz odunun sahip olduğu bazı özellikler (yoğunluk, kenarlı geçitler, traheidler ve reçine kanalları) odunun permeabilitesini etkiler. Geçit zarları odunun permeabilitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Messner ve diğ., 2003; Durmaz ve diğ., 2015). Özellikle geçit zarındaki açıklıkların sayısı ve boyutu önemlidir (Durmaz ve diğ., 2015). Permeabilite; ağaç türünün porozitesine bağlı bir fonksiyon olmakla beraber bir basınç gradiyentinden dolayı akışkan haldeki maddenin akışının kolaylaşması şeklinde tanımlanır. Odunun permeabilitesi genellikle rutubet kaybına bağlı olarak artar. Bununla beraber odunun yoğunluğu yüksek olduğu zaman da permeabilitesi düşük olur. Ayrıca permeabilite ağaç türlerinin iğne yapraklı veya geniş yapraklı olmasına ve odun içerisindeki anatomik yönlerin farklılığına bağlı olarak da değişiklik göstermektedir (Panigrahi ve diğ., 2018).

2.1.1. İğne Yapraklı Ağaç Odunlarında Permeabilite ve Akış Yolları

Tipik bir iğne yapraklı ağaç türü odunu yaklaşık olarak % 90 - 94 boyuna traheid, % 5 - 10 öz ışını ve % 0,1 - 1 boyuna reçine kanalı içermektedir. Boyuna paranşim oranı ise önemsizdir. Boyuna traheidler uçları kapalı hücrelerdir. Boyuna traheidler arasındaki iletim esasen kenarlı geçitler, öz ışınları arasındaki iletim ise basit geçit çiftleri vasıtasıyla gerçekleşir. Bu geçitlerin çoğu boyuna traheidlerin veya öz ışınlarının radyal yüzeyleri üzerinde yer almaktadır (Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve diğ., 2002; Panigrahi ve diğ., 2018). Boyuna traheid hücrelerinin görevi ağaca hem mekanik destek hem de su iletimi sağlamaktır (Schwarze, 2007). Matsumura ve diğ. (1999) Radiata çamı (*Pinus radiata* D. Don) diri odunundaki sıvı akışıyla ilgili olarak; sıvının birçoğunun öncelikle reçine kanallarına ve sonra bitişiğindeki öz ışını paranşim ağı içerisine ve en sonunda da geçitler vasıtasıyla boyuna traheidler içerisine iletildiğini ifade etmişlerdir.

Öz odundaki sıvı akışıyla ilgili olarak ise oldukça az teori vardır; Matsumura ve diğ. (1996) Japon melezi (*Larix leptolepis* Gord.) öz odununun permeabilitesini ortamdan reçineyi uzaklaştırarak artırmayı başarmışlar ve odunun permeabilitesi ile metanolde çözünebilir ekstraktif madde içeriği arasında önemli bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, reçine kanallarının sayısı ve permeabilite arasında da bir ilişki bulmuşlardır. Bu nedenle reçine içeriği öz odun tarafından alınan sıvı miktarının belirlenmesinde önemli bir faktör olabilir. Çünkü reçine kanalları içerisinde bulunan yüksek reçine içeriği özellikle bu kanallar öz odunda birincil akış yolları olarak görev yaptığı zaman sıvı akışına karşı belirgin bir şekilde engel olmaktadır.

Reçineler paranşim hücreleri içerisinde de bulunmakla beraber esasen daha yüksek polisiklik alkoller (vakslar), yağ asiti esterleri ve yağ asiti gliseritlerinden (yağlar) müteşekkil bir oluşumdur. Asıl reçine içerisindeki diğer gruplar terpenler ve terpenoidlerden oluşmuştur. Kurutma işlemi esnasında orta dereceli sıcaklıkta yağlar ve vakslar hareketlenerek yüzeye doğru ilerlerler. Örneğin; 60 °C'nin üzerinde sarıçam odununda bulunan reçine akmaya başlar ve bu reçinelerin odun içerisinde yeniden dağılmasına ve yayılmasına sebep olan önemli bir olaydır. Bu durum öz ışını paranşim hücreleri içerisindeki ve hücre çeperleri üzerindeki depo maddelerinden dolayı permeabilitenin azalmasına sebep olabilir. Reçinelerin odun yapısındaki yayılımı, emprenye çözeltilerinin nüfuz derinliğini ve homojen bir şekilde dağılımını etkiler (Ahmed ve diğ., 2012).

Ahmed ve diğ. (2012), sarıçam diri odun kerestesini fırında kuruttuktan sonra Celcure AC 800 emprenye maddesiyle koruyucu işleme tabi tutarak mikroskopik yapıdaki emprenye madde dağılımını görsel hale getirmeye çalışmışlardır. Sarıçam kerestelerinin bir kısmında liflere paralel yönde hiçbir emprenye madde dağılımının ve yayılımının makroskopik olarak gözlenmediği spesifik lokal alanlar tespit edilmiştir. Bu gibi emprenyeli ve emprenyesiz alanların bulunduğu odun kısımları alınarak mikroskopik incelemeler yapılmıştır. Bununla beraber 3 farklı boyama metodu kullanılarak lipofilik ekstraktiflerin yapısı, yeniden dağılımı ve yayılımı üzerine de araştırmalar yapılmıştır. Özellikle boyuna reçine kanallarının sıklığı ve tıkalı kanalların yüzdesi gibi yapısal odun özelliklerinin emprenye maddelerinin düzensiz dağılımından sorumlu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ince çeperli öz ışını paranşim hücrelerinin kereste boyunca kollapsa uğramasından dolayı sıkça rastlanan çatlaklar koruyucuların düzensiz bir şekilde dağılmasına neden olmaktadır. Boyama teknikleri emprenyeli ve emprenyesiz odun

kısımları içerisindeki ekstraktif maddelerin (örneğin; yağlar) miktarca çok veya az olduğu alanları belirlemek açısından faydalı olmuştur. Çünkü odun içerisindeki ekstraktif madde miktarı oldukça değişkendir. Ayrıca öz ışını paranşim hücreleri ve reçine kanallarında bulunan reçinenin modifikasyonu (fırında kurutma neticesinde) ve yeniden dağılımının emprenye anomalilerinin diğer bir sebebi olabileceği düşünülmüştür (Ahmed ve diğ., 2012).

Odun içerisindeki sıvı akışı öncelikle lif yönü boyunca meydana gelir. Boyuna ve enine akış arasında büyük bir fark vardır. Sıvının enine yöndeki hareketi, boyuna yöndekine nazaran daha düşük olmasına rağmen büyük bir öneme sahiptir. Enine yöndeki sıvı akışı olmazsa kerestelerin yeterince emprenye edilemez (Wang ve DeGroot, 1996; Ahmed ve diğ., 2012; Panigrahi ve diğ., 2018). Jinman ve diğ. (1991) Çin'in kuzeydoğusunda yetişen Kore çamı (*Pinus koraiensis* Sieb.et Zucc) ve Dahurian melezi (*Larix dahurica* Turcz) ağaç türlerinde permeabilitenin ölçülmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada; liflere paralel yöndeki permeabilitenin liflere dik yöndekine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca odunun mikroskopik yapısını oluşturan herhangi bir hücrenin radyal hücre çeper permeabilitesinin teğet hücre çeper permeabilitesinden daha yüksek olması aynı zamanda radyal yönde gerçekleşen permeabilitenin de teğet yöne nazaran daha yüksek olduğunu göstermektedir (Jinman ve diğ., 1991; Hansmann ve diğ., 2002).

Öz ışını paranşim hücreleri odun içerisinde sıvıların üniform (düzenli) dağılımı ve enine yönde nüfuz etmesi açısından önemlidir (Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve diğ., 2002; Ahmed ve diğ., 2012). Radiata çamında liflere dik yönde iletim büyük ölçüde öz ışını paranşim hücrelerinde gerçekleşir (Hansmann ve diğ., 2002). Direklerin iç kısmının veya düz biçilmiş kerestelerin emprenyesinde özellikle enine traheidlerin fonksiyonu çok önemlidir. İğne yapraklı ağaçlarda enine traheidler radyal yönde öz ışını paranşimlerine nazaran daha permeabildirler. Yani liflere dik yöndeki iletimde daha fazla önem arz ederler (Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve diğ., 2002). Enine traheidler çam, ladin, melez, Douglas göknarı ve tsuga ağaç türlerine ait odunlarda her zaman bulunur. Bu cinsler içerisinde yer alan sarıçam gibi bazı ağaç türlerine ait odunlarda enine traheidlerin fonksiyonundan dolayı radyal yöndeki permeabilite teğet yöndekine nazaran daha yüksektir. Enine traheidlerin etkinliği odunda hacimsel (yüzde) olarak ne kadar bulunduklarına ve içerdikleri geçitlerin durumuna bağlıdır. Ladin odununun düşük enine traheid içeriğine sahip olması bu odunun kolay emprenye edilememesinin önemli sebeplerinden biri olarak ifade edilmektedir (Wang ve DeGroot, 1996).

İğne yapraklı ağaç traheidlerinde bulunan kenarlı geçitlerdeki geçit zarları hem geçirgen bir margo yapısına sahip olmaları hem de merkezi bir kalınlaşma (torus) göstermeleriyle karakterize edilirler. Geçit zarı hava girişine engel olan bir emniyet vanası gibi görev yapar (Jansen ve diğ., 2012). Bununla beraber margo zarı birbirine komşu iletim elemanları arasındaki su transportunun kolaylaşmasında önemli bir fizyolojik rol oynar ve aynı zamanda hava kabarcıkları ve patojenlerin geçişini engeller (Jansen ve diğ., 2008).

Usta ve Hale (2006) yaptıkları çalışmada iki farklı ladin türü olan Doğu ladini ve Sitka ladininden (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) elde ettikleri taze haldeki ve fırın kurusu haldeki örneklerden yararlanarak geçit aspirasyonu, geçit boyutları ve permeabilite arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Gövde odununun hem enine hem de boyuna yöndeki sıvı alınımını tespit etmek amacıyla % 2,5 konsantrasyona sahip Bakır – Krom - Arsenik (CCA) çözeltisi kullanılmıştır. Kenarlı geçitlerin durumunu tespit etmek amacıyla bir ışık mikroskopu ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanılmıştır. Kurutma işlemi sonrasında odunda permeabilitenin düştüğü ve bu düşüşünde Sitka ladininde daha az olduğu ifade edilmiştir. Odun özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan ölçüm ve analizlerden yoğunluk, yaz odunu tabakası yüzdesi ve geçit aspirasyon derecesinin elde edilen sonuçların açıklanmasında çok önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan incelemelerde Sitka ladini ve Doğu ladini arasında kenarlı geçitlerin yapısı değişkenlik göstermiştir. Sitka ladininde ilkbahar odunu ve yaz odunu tabakalarındaki boyuna traheid kenarlı geçit çapları Doğu ladinine nazaran daha geniş olmasına rağmen ilkbahar odunu tabakasındaki boyuna traheid kenarlı geçit porusu Doğu ladininde daha geniş olarak tespit edilmiştir. Yaz odunu tabakasında ise hem kenarlı geçit çapı hem de geçit porusu Sitka ladininde daha geniş tespit edilmiştir.

İğne yapraklı ağaçlarda ilkbahar odunu tabakasında yaz odunu tabakasına nazaran hücre lümeni daha geniştir. Ayrıca, kenarlı geçitler de hem sayıca daha fazla hem de daha geniştir. Tahminen sayıları 50 – 300 olarak rapor edilmiştir ve sarıçam üzerinde yapılan gözlemlerde porus çapının 6 µm olduğunu göstermiştir. Yaz odunu tabakasında ise kenarlı geçitler sayıca daha az (10 - 50 arasında) ve daha küçüktürler (porus çapı: 2 µm). Kurutma işlemine tabi tutulan odunda yaz odunu tabakası ilkbahar odunu tabakasına nazaran daha geçirgendir (Usta, 2005). Bu çalışmada hem Doğu ladini hem de Sitka ladini odununun yaz odunu tabakasında ilkbahar odunu tabakasına nazaran boyuna traheid hücrelerinin radyal yüzeyleri üzerinde daha az sayıda ve daha küçük boyutlarda kenarlı geçitler gözlenmiştir. Kenarlı geçitler boyuna traheidler boyunca

radyal çeperler üzerinde dağılım gösterir fakat genellikle hücrelerin uç kısımlarında yoğunlaşmışlardır. Bu yoğunluğun olduğu yerde de iki traheidin boyuna akış yolları çakışır. Çakışmanın olduğu bu bölgede ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçitlerinin tahmini sayısı her iki türde de 4 ila 21 arasında olmakla beraber bu sayı Doğu ladininde daha düşüktür (Usta ve Hale, 2006).

Watanabe ve diğ. (1998)'e göre ise odun içerisinde 2 tip sıvı hareketi vardır: Bunlardan birincisi; hücre çeperleri vasıtasıyla difüzyon şeklinde, ikincisi ise; hücre lümenlerinden akış şeklindedir. Emprenye işlemlerinde ikincisi daha önemlidir. Hücre lümenleri arasındaki sıvı akışının kolay veya zor olması odun türleri ve odun kısımları arasında değişir. Odunun yapısı içinde yer alan karşılıklı geçit çiftleri hücreler arasındaki sıvı akışını sağlayan başlıca akış yollarından biridir ve geçitlerin yapısı ve dağılımı odundaki sıvı penetrasyonunu etkiler (Chun ve Ahmed, 2009).

2.1.2. Geniş Yapraklı Ağaç Odunlarında Permeabilite ve Akış Yolları

Geniş yapraklı ağaç türlerinin birçoğu traheler, lifler, öz ışını paranşimleri ve boyuna paranşimler olmak üzere 4 farklı hücre tipine sahip olup bu hücrelerin odun içerisindeki oranı türe bağlı olarak değişmektedir. Literatürdeki deneysel sonuçlar emprenye edilen odunda sıvıların iletiminde trahelerin diğer hücrelere nazaran çok daha önemli olduğunu göstermiştir (Wang ve DeGroot, 1996; Costanza ve Miyara, 2000; Hansmann ve diğ., 2002; Schwarze, 2007). Polar ve apolar sıvılar trahelerden bitişik paranşim hücrelerine, vasisentrik traheidlere veya liflere geçitler vasıtasıyla iletilir. Burada yine hücreden hücreye iletimde asıl görevi geçitler yapmaktadır. Dar lümenli ve içi havayla dolu olan libriform lifleri sıvı ve gazların iletiminde küçük bir rol oynar. Daha geniş lümenli lif traheidleri ve vasisentrik traheid hücre çeperleri ise çok fazla açıklığa sahip olduklarından dolayı bitişik hücreler ile daha iyi bir iletim halindedirler. Boyuna paranşim hücrelerinin ise libriform liflerine nazaran daha permeabil oldukları bilinir (Hansmann ve diğ., 2002).

Dağınık traheli düzene sahip türlerin trahe çapları genellikle 20 ila 100 µm arasındadır. Halkalı trahe düzenine sahip türlerin ise ortalama trahe çapı ilkbahar odunu ve yaz odunu tabakaları arasında değişkenlik gösterir. İlkbahar odunu tabakasındaki ortalama trahe çapları 50 ila 400 µm arasındayken yaz odunu tabakasındaki ortalama trahe çapı oranları ise 20 ila 50 µm arasındadır. Traheler, trahe hücrelerinin perforasyon tablaları vasıtasıyla uç uca eklenmesiyle

oluşur. Bu şekilde trahelerin 3 m uzunluğa kadar ulaşabileceği rapor edilmiştir. Geçiş bölgesi ve öz odun içerisindeki trahe lümenlerinde sık sık tüller, çeşitli sakızsı maddeler, reçineler ve kireçli maddeler oluşur. Bu maddelerin oluşumu geçiş bölgesi ve öz odunun emprenye edilebilirliğini büyük oranda azaltmaktadır. Sıvı akışının engellenmesinde tüllerin rolünü anlamanın en iyi yolu viski ve şarap fıçılarının yapımında kullanılan ak meşedir (*Quercus alba* L.). Bilindiği gibi ak meşelerin öz odunundaki traheler tamamen tüller tarafından tıkanmıştır. Literatür trahelerin tüller ve ekstraktif maddelerle tıkalı olduğu zamanlarda sıvı iletiminin öz ışınları, lifler ve boyuna paranşimler vasıtasıyla gerçekleştiğini ifade etmektedir (Wang ve DeGroot, 1996; Costanza ve Miyara, 2000). Bu yargıya varılmasının sebebi; farklı geniş yapraklı ağaç odunları, CCA ve kreozot ile emprenye edildiği zaman öz ışını dokuları içerisindeki koruyucu madde konsantrasyonunun oldukça yüksek olmasıdır. Bu durum da öz ışını paranşim hücrelerinin bazı odun türlerinde radyal akış için önemli olduğu şeklinde rapor edilmiştir. Bazı araştırmacılar, kreozot gibi yağlı emprenye maddelerinin enine yöndeki yayılımında geniş yapraklı ağaç öz ışınlarının önemsiz olduğunu ifade etmişlerdir (Teesdale ve Mackean, 1918; Wang ve DeGroot, 1996). Ayrıca okaliptus (*Eucalyptus regnans* F. Muell, *Eucalyptus obliqua* L'Herit, *Eucalyptus maculata* Hook.) diri odununda sıvıların nüfuz derinliğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen sıcak NaOH ve sıcak su işlemlerinde iletimin öz ışınları boyunca meydana geldiği tespit edilmiştir. Geniş yapraklı ağaçlarda liflere dik yönde gerçekleşen iletimde öz ışınlarının etkisi iğne yapraklı ağaçlara nazaran daha değişkendir (Hansmann ve diğ., 2002).

Geniş yapraklı ağaçların mikroskopik yapısında bulunan geçit zarları iğne yapraklı ağaçların yapısında bulunan geçit zarlarının sahip olduğu geçirgen margo yapısından yoksundurlar. Bu farkın yanı sıra geniş yapraklı ağaç geçitleri daha küçüktür ve yaklaşık 6 µm çapında bir odacığa sahiptirler. Çalışmalar göstermiştir ki geniş yapraklı ağaç odunlarında her ne kadar margo bulunmasa da geçit zarları aslında geçirgendir. Geniş yapraklı ağaç odununa ait geçit zarlarında sıvı akışının dolambaçlı olması zarın bir filtre gibi davrandığını gösterir. Bu tip geçit zarları traheler arası ve trahe - lif traheidleri arasındaki geçit ve boyuna paranşimler ile öz ışını paranşimleri arasındaki basit geçit çiftlerinde mevcuttur. Tıpkı iğne yapraklı ağaçlarda olduğu gibi geniş yapraklı ağaçların öz odununda da geçit zarları aspirasyona uğrayabilir veya geçit zarlarında lignanlar gibi bileşenler içeren inkrustasyonlardan dolayı kabuklaşma ve kalınlaşma meydana gelebilir (Wang ve DeGroot, 1996).

Trăistaru ve diğ. (2013) bozulan ve çürüyen kavak odununun sağlamlaştırılmasını (konsolidasyonunu) gerçekleştirmek amacıyla ParaloidB72 kimyasalının odun içerisindeki nüfuz derinliğini SEM - EDX mikroskopu kullanarak gözlemlemişlerdir. Yapılan gözlem neticesinde de sağlamlaştırma amacıyla kullanılan maddelerin (konsolidantların) nüfuz derinliğinde traheler, lifler ve geçitlerin temel akış yolları olarak görev yaptıklarını ifade etmişlerdir.

Ahmed ve Chun (2011) yaptıkları çalışmada teak (*Tectona grandis* L.) odununun bazı mikroskopik özellikleri ile radyal ve boyuna yöndeki sıvı permeabilite değişimleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bunu da teak ve bir başka geniş yapraklı ağaç olan gamhar odunu (*Gmelina arborea* Roxb.) içerisinde sıvı hareketine katkıda bulunan mikroyapıya ait özellikleri belirleyerek ve bu iki türün odununu birbirleriyle karşılaştırarak yapmışlardır. Burada traheler arası geçitler, trahe ve boyuna paranşim geçitleri ve öz ışını paranşim hücrelerine ait geçitler bir FE - SEM (Alan Emisyon - Taramalı Elektron Mikroskopu) mikroskopu ile incelenmiştir. Permeabilitenin ölçümünde ise renk ve boyayabilme özellikleri nedeniyle sulu safranin çözeltisi kullanılmıştır. Teak odununun yapısında fazla miktarda öz ışını paranşim hücreleri bulunmasına rağmen radyal yöndeki sıvı penetrasyonu boyuna akış ile karşılaştırıldığında oldukça düşük tespit edilmiştir. Buradaki radyal permeabilite, öz ışınlarının boyu ve enine kesit alanlarının çevresel uzunluğu, paranşimler arası geçit sayısı ve çapından etkilenmiştir. Sıvıların boyuna yöndeki akışını ise trahe boyları ve çapları, traheler arası geçit boyutları ve lif uzunlukları etkilemiştir (Ahmed ve Chun, 2011).

Emprenye madde nüfuz derinliği, performans yönünden emprenye madde retensiyonuna nazaran daha kritik bir öneme sahiptir (Ahmed ve diğ., 2012). Ayrıca yüksek retensiyon seviyeleri de oduna daha fazla su iticilik özelliği kazandırmakta ve böylece yıkanan element miktarı da sınırlandırılmaktadır (Kartal, 1998).

2.1.3. Akış Karakteristikleri

Emprenye işlemi esnasında birbirine komşu odun hücre elemanları içerisindeki emprenye çözeltisinin nüfuz derinliği aynı zamanda çözeltinin akış karakteristiklerine de bağlıdır. İletim görevi yapan odun hücre elemanı içerisinde emprenye çözeltisinin akışı Reynolds sayısına bağlı olarak 3 formda görülebilir;

I. Laminer akış
II. Liner olmayan (Düzensiz) akış
III. Türbülanslı (Karışık) akış

Dairesel bir boru içerisindeki akış Reynolds sayısıyla ifade edilebilir (Wang ve DeGroot, 1996).

$$Re = 2ru\rho/n \quad (2.1)$$

Re: Reynolds sayısı (Liner olmayan akış için)
r: Akış yolunun karakteristik mesafesi (Bu mesafe akış yolunun bulunduğu enine kesitin şekline bağlıdır. Dairesel kesitte yarıçap demektir ve birimi cm'dir.)
u: Ortalama lineer akış hızı (cm/s)
ρ: Sıvının yoğunluğu (g/cm^3)
n: Sıvının viskozitesi, mutlak viskozite birimi (poiz).

Laminer akışta, emprenye çözeltileri sınırları belli olan bir akış hattı boyunca akar. Laminer akış genellikle sıvı uzun bir tüp içerisinde orta dereceli bir hızda akış gösterdiği zaman meydana gelir. Laminer akışta, akış oranı basınç gradiyentiyle (Δ_p) orantılıdır. Aşırı hızlı akışlarda laminer akışın bozulmasından dolayı türbülans akış meydana gelir. Türbülans akışta sürtünmeden dolayı bir ısı enerjisi kaybı olacaktır. Bahsedilen ifadeler kapiler borunun iç tarafının düzgün ve pürüzsüz olduğu varsayımına dayanır. Ancak boyuna ve enine yönde iletim gerçekleştiren odun hücre elemanlarının çeperlerinin iç taraflarının genellikle düzgün olmadığı bilinir. Örneğin; Douglas göknarı boyuna traheid çeperlerinin iç kısmında spiral kalınlaşmaların bulunması gibi. Bu pürüzlülükten dolayı boyuna traheidlerin iç kısmındaki akış karakteristikleri etkilenebilecektir. Örneğin; türbülans akış düzgün çeperli iletim görevi gören hücre elemanlarına nazaran daha düşük bir hızda ilerleyebilir. Pürüzlülüğün akış hareketi üzerindeki etkisine yönelik bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır (Wang ve DeGroot, 1996).

2.1.4. Geçit Aspirasyonu

İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlarda basit ve yarı kenarlı geçit zarları arasında fark yokken kenarlı geçit zarları arasında fark vardır. İğne yapraklı ağaçlara ait kenarlı geçitler ligninleşmiş hücre çeper mikroyapısının en etkileyici ve eşsiz örneklerindendir. İğne yapraklı ağaçlarda geçit zarı, margo ve torus bölgesinden meydana gelir (Hansmann ve diğ., 2002; Maschek ve diğ., 2013). Kenarlı geçitler içerdikleri pektinin daralması ve şişmesi sayesinde bir nevi açılıp

kapanarak ani ve hızlı sıvı akışının kontrolünü sağlamaktadırlar (Maschek ve diğ., 2013). Emprenye işleminden önce yapılan kurutma işlemi esnasında geçit zarları vasıtasıyla hücreden suyun uzaklaştırılması hava - su menisküs geçişleri gibi nedenlerden dolayı geçit zarları aspire olur. Öz odunda aspire olmuş geçit zarı ekstraktif maddelerin adezyonu, kapiler kuvvetler ve hidrojen bağlarından dolayı geçit porusu ve zar arasında sızdırmaz ve kapalı bir yapı ortaya çıkarır (Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve diğ., 2002). Diri odunda geçit aspirasyonları basınç uygulayarak emprenye etme veya suya daldırma gibi durumlarda kısmen geri dönebilirlik özelliği göstermektedir. Ancak geçit porusu ve aspire olmuş geçit zarı arasında ekstraktif maddelerin adezyonundan dolayı öz odundaki geriye dönebilirlik kısıtlıdır (Wang ve DeGroot, 1996).

Usta ve Hale (2006) yaptıkları çalışmada taze haldeki Sitka ladininde aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını (% 6,6) kurutma işlemi sonrasında ise aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını (% 50,7) olarak tespit etmişlerdir. Bununla beraber taze haldeki Doğu ladininde aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını (% 6,1) kurutma işlemi sonrasında ise aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını (% 59,2) olarak tespit etmişlerdir.

Zhang ve diğ. (2006) yaptıkları çalışmada taze haldeki Subalpine fir (*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.) ilkbahar odunu tabakasındaki aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını (% 6,8) yaz odunu tabakasındaki aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını ise (% 13,4) olarak ifade etmişlerdir. Ayrıca Avrupa ladini ilkbahar odunu tabakasında kurutma işleminden sonra aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranı (yaklaşık % 97) olarak belirtilmiştir (Usta ve Hale, 2006).

İğne yapraklı ağaçlarda kenarlı geçit zarlarının özellikleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda kenarlı geçit zarlarının kimyasal bileşimlerindeki değişkenlikle beraber kayda değer yapısal farklar olduğu da ifade edilmiştir. Değişkenlik diri odunun yaşlanmasına bağlı olarak ortaya çıkar. Burada torusun lignifikasyonunun hücre çeper lignifikasyonuyla eş zamanlı olarak mı meydana geldiği? sorusunu da dikkate almak gerekir. Bauch ve Berndt (1973) atfen Bamber (1961) gibi bazı araştırmacıların dokunun ontogenezi esnasında bu lignifikasyonu doğrulamadığını Jayme ve Hunger (1956), Jayme ve Fengel (1961), Sachs (1963), Eicke ve Ehling (1965), Fengel (1966) gibi birçok araştırmacının da örneklerin boyanması ve SEM kullanmak yoluyla hücre çeper kontrastına dayanan eş zamanlı bir lignifikasyon prosesinin önemine işaret ettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca Bauch ve Berndt (1973) atfen Bauch ve diğ.

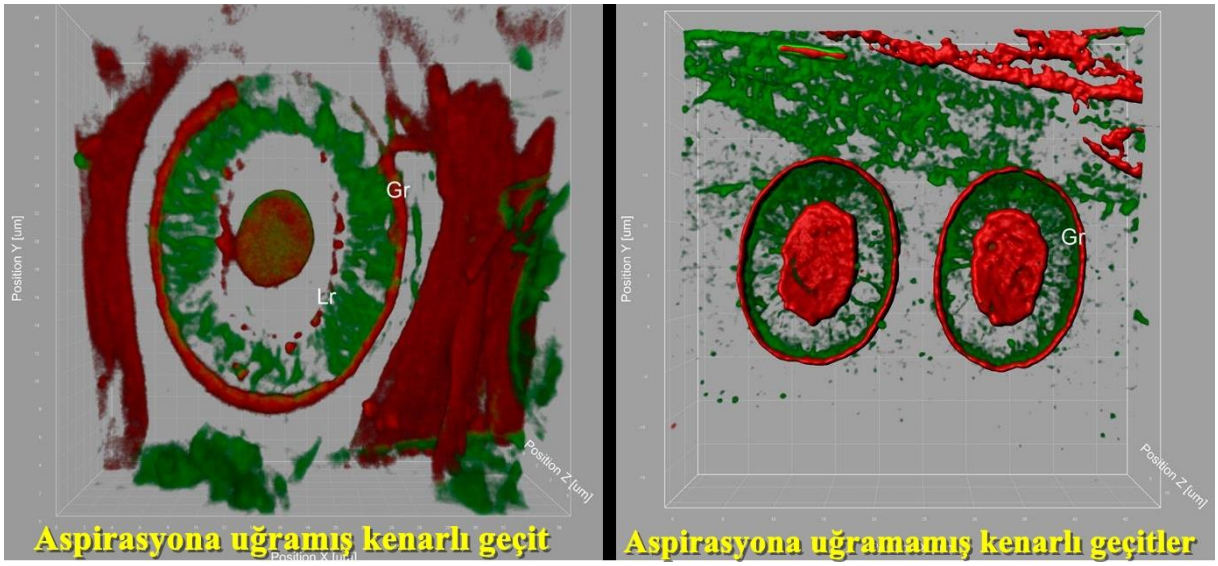
(1968)'in yaptıkları çalışmada genellikle sarıçam odununda histokimyasal yöntemler ve spektrofotometre kullanarak geçit zarlarının ontogenetik gelişimini ve kimyasal bileşenlerini incelediklerini ifade etmiştir. Bu inceleme neticesinde de geçit zarlarının lignifikasyonunun öz odun oluşumu esnasında meydana geldiğini ve incelenen iğne yapraklı ağaç türleri arasında spesifik olarak polifenolik bileşenlerin de önemli derecede farklılaşabildiğini belirtmişlerdir.

Bauch ve Berndt (1973) bazı spektrofotometre ve histokimyasal metotlarla farklı ve aynı yaklaşık yüz farklı iğne yapraklı ağaç türüne ait örnek üzerinde kenarlı geçit zarlarının kimyasal bileşenlerine ve özellikle de aromatik bileşenlere yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Birçok türün diri odun kısmında bulunan geçit zarlarının bile fenolik maddeler içerdiğini tespit etmişlerdir. Öz odunda ligninleşme olayıyla beraber diğer fenollerin de meydana geldiği ifade edilmiştir. Bu fenolik ve polifenolik bileşenlerdeki değişkenliğin sadece farklı türler arasında değil aynı türler içinde hatta komşu traheidler ve geçitler arasında bile değişebildiğini belirtmişlerdir.

Jutte ve Levy (1971) yaptıkları çalışmada birbirinden farklı üç iğne yapraklı ağaç (*Pinus sylvestris* L., *Pinus radiata* D. Don. ve *Picea* türleri) boyuna traheidlerinde bulunan kenarlı geçitlerin yapısını SEM yardımıyla incelemeye çalışmışlardır. Geçit morfolojisi üzerinde daha detaylı bilgi sahibi olmak amacıylada selülaz işlemi uygulamışlardır. Burada kenarlı geçitin her iki kenarındaki geçit zarının ince bir zarımsı tabaka ile kaplı olduğunu ve ladin (*Picea*) türlerinde geçit porusunun muhtemelen S_3 tabakasını temsil eden kalın bir iplikçiğe sahip olmasından dolayı daha sağlam göründüğünü ifade etmişlerdir. Uygulanan selülaz preparasyonunda örneklerin çoğunda margodaki mikrofibrillerin parçalandığını, torusun merkezi kısmının da zayıfladığını, seyreldiğini ve aşırı esnekleştiğini belirtmişlerdir. Birçok geçitte ise torusun merkezi kısmının tamamen kaybolduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca aspirasyon halindeki geçitlerin torusunun çok sıkı bir şekilde porusa yapışık olduğunu ve selülaz işlemi esnasında da torusun ortamdan uzaklaştırılamadığını belirtmişlerdir.

Geçit zarlarının kimyasal yapısını oluşturan bileşenlerin çalışılması günümüzde yaygın olarak kullanılan görüntüleme teknikleri ve kimyasal tekniklerle çok zor olmaktadır. Bunun nedeni de örneklerin kurutulması ve kaplanması aşamalarını gerektirmesidir (Maschek ve diğ., 2013). Maschek ve diğ. (2013) veymut çamından (*Pinus strobus* L.) elde ettikleri örneklerde geçit zarlarının kimyasal yapısını oluşturan bileşenleri tespit etmek amacıyla pektine özel antikorlardan faydalanılarak pektin belirgin hale getirilmeye çalışılmışdır. Selülozun belirgin

hale gelmesini sağlamak amacıyla da kristalin selüloz ile reaksiyona giren bir selüloz bağlayıcı modül kullanılmışdır. Daha sonra ise geçitlerin doğal yapısını bozmamak ve değiştirmemek için kesitler herhangi bir işleme tabi tutulmadan geçit zarlarının 3 boyutlu görüntüsü çekilmeye çalışılmışdır. Bu amaçla da 4Pi mikroskop ve CLSM (Konfokal Lazer Tarama Mikroskopu) ile kombinasyon halinde bir görüntüleme gerçekleştirilmişdir. Böylece margo iplikçikleri ve torustaki selüloz belirgin hale getirilebilmiştir. Bununla beraber torusun pektin tarafından çepeçevre sarıldığı ve torus sınırında bir pektin halkası yer aldığı anlaşılmışdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Pektin (kırmızı) ve kristalin selüloz (yeşil) kısmı belirgin hale getirilen kenarlı geçitlerin 3 boyutlu CLSM görüntüsü. (Gr: Büyük halka, Lr: Daha küçük halka), (Maschek ve diğ., 2013).

Farklı bazı ladin türlerinin diri odun kısmında bile kenarlı geçit aspirasyonunun geriye dönüşünün olmamasında; bitişik selüloz zincirleri arasındaki hidrojen bağı oluşumunun ve reçineli bileşenler içeren diğer yapışma reaksiyonlarının etkili olduğu düşünülür. Benzer aspirasyon olayı, öz odun oluşumu esnasında da meydana gelir (Messner ve diğ., 2003; Durmaz ve diğ., 2015; Panigrahi ve diğ., 2018). Ancak öz odunda bulunan kapalı geçit zarları lignanlar gibi bileşenler içeren inkrustasyonlardan dolayı kalınlaşır. Geçit zarı kalınlığı akış direncini etkileyen önemli bir etkendir. Primer hücre çeperlerinden meydana gelen iğne yapraklı ağaç odununa ait öz ışını paranşim hücrelerinde bulunan basit ve yarı kenarlı geçitlerin zarları, kenarlı geçitlerin torusundan çok daha kalındır. Yine de özellikle öz ışınlarının basit ve yarı kenarlı geçitlerindeki geçit zarlarının emprenye işlemi esnasında kimyasal çözeltilerin radyal yöndeki akışında en önemli faktör olduğu düşünülmektedir (Messner ve diğ., 2003). Fuji ve diğ. (1997) ve Matsumura (1999) yaptıkları çalışmada sıcak su ekstraksiyonu veya buharlı

işlemin aspirasyona uğramış geçitlerde hangi H_2 bağında zayıflamaya sebep olduğunu ve bunun sonucu olarak da permeabilite üzerinde pozitif bir etki meydana gelmiş olabileceğini tartışmışlardır (Lehringer ve diğ., 2009a). Kurutma (çözücü değiştirerek kurutma) işleminden önce daha az polar veya polar olmayan bir çözücü ile taze- yaş odun içerisindeki rutubet değeri değiştirilerek geçit aspirasyonunun derecesi düşürülebilir. Bao ve diğ. (2001) etanol-değişiminden yararlanarak kurutma yolu ile odunun taze halden kuru hale geçtiği zaman diri odun içerisinde aspirasyona uğramış geçitlerin miktarında bir azalma olduğunu belirtmişlerdir (Lehringer ve diğ., 2009a). Genelde çözücü, suya nazaran daha düşük şişme karakteristiklerine sahip olduğu zaman ve/ veya H_2 bağları oluşturma yeteneğini kaybettiği zaman deaspirasyon olayının meydana gelmesi kolaylaşmış olur (Lehringer ve diğ., 2009a).

2.2. PERMEABİLİTESİ DÜŞÜK AĞAÇ TÜRLERİ

Günümüzde emprenyesi güç olan odunlar (Douglas göknarı, Japon melezi, Japon sediri, Doğu ladini, Avrupa ladini, Avrupa göknarı, Sitka ladini) için farklı emprenye metotları kullanılır. Bunlar; Bethell (Dolu hücre) yöntemi, Lowery yöntemi ve Rueping (Boş hücre) yöntemidir. Bu metotların kullanılmasıyla yeterli emprenye madde penetrasyon ve retensiyon seviyelerine ulaşılabilinmektedir. Fakat bu metotlar başlangıçtaki yatırım bedelinin yüksek olmasından dolayı az miktardaki ağaç malzemenin emprenyesi için uygun değildir (Islam ve diğ., 2007). Bununla beraber kullanılan metotlarda basınç uygulanıyor olması odunun mikroyapısında değişikliklere sebep olabilmektedir (Matsumura ve diğ.,1999; Drescher ve diğ., 2006). Ayrıca bu metotların uygulanabilirliği odunun kurutulması ile yakından ilişkilidir. Kurutma esnasında da ladin odununda mevcut kenarlı geçitlerin aspirasyonundan dolayı permeabilite de çok aşırı bir azalma meydana gelmektedir (Ulvcrona, 2006; Lehringer, 2009a; Yıldız ve diğ., 2012). Ladin odunu emprenyesi en güç ağaç türlerinden biridir. Geçitleri lif doygunluk noktası altındaki rutubet değerlerinde tıkanmaya yani aspirasyona uğramaya meyillidir (Durmaz ve diğ., 2015). Bu anlamda düşük maliyetli ve uygun metotlara ihtiyaç vardır. Örneğin; Douglas göknarı odunu, mikroskopik yapısında bulunan geçit miktarının az olmasından dolayı geçirgen değildir. Ayrıca Douglas göknarı odunu işlenebilir olmayan geniş bir öz odun yüzdesine de sahiptir. Douglas göknarı odununda, Japon melezinde olduğu gibi geçit aspirasyonunun ve ekstraktif maddelerinin mevcut olması bu ağaç türlerinin emprenyesi çok güç ağaç türleri olarak sınıflandırılmasına neden olmaktadır (Islam ve diğ., 2007). Toprakla temas halinde kullanılan biçilmiş ahşap malzemenin sadece diri odununun emprenye edilmiş olması yeterli olmayıp aynı

zamanda öz odununda da enine yönde 6 mm'lik bir penetrasyon daha gereklidir (Messner ve diğ., 2003).

Geçit çapı büyüklüğü dikkate alındığında, Doğu ladini odununda sıvı hareketinin diri odunda olgun odundan daha fazla olacağı söylenebilir. Ancak ladinin kesimden sonra hiçbir işlem uygulanmadan kuruyarak lif doygunluk noktasına ulaşması durumunda geçit aspirasyonunun oluşması nedeniyle diri odunda geçirgenliğin önemli oranda azaldığı dikkate alınmalıdır. Öz ışınlarının birim alandaki sayıları olgun odunda diri odundan daha fazla çıkmıştır. Bundan dolayı ladinde öz ışınları ile yapılan enine yönde iletimin genç yaşlarda nisbeten fazla olduğu sonucuna varılabilir. Olgun odun ve diri odun arasında öz ışını yüksekliği bakımından önemli bir fark görülememiştir. Ayrıca diri odunun olgun oduna nazaran daha büyük reçine kanal çapına sahip olduğu da belirlenmiştir (Ay ve Şahin, 1998).

Wang ve DeGroot (1996) atfen Liese ve Bauch (1976)'nın Avrupa ladini (*Picea abies* Karsten) türünün güç emprenye edilebilirliğinin birincil sebebinin düşük enine traheid içeriğine sahip olmasından kaynaklandığını ifade ettiklerinden bahsetmişlerdir. Duglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) türünün kolay emprenye edilememesi geçit zarlarının inkrustasyonuna ve düşük enine traheid içeriğine bağlıdır. Radyal yöndeki akış üzerinde enine traheidler öz ışını paranşim hücrelerine nazaran daha etkilidir (Wang ve DeGroot, 1996).

Odunun anatomik yapısı ve kimyasal kompozisyonu türe göre değişir ve emprenye maddelerinin permeabilitesi ve doğal dayanıklılık üzerinde önemli farklılıklara sebep olurlar. Bu farklılıklar esas alınarak ağaç türleri farklı dayanıklılık sınıflarına ayrılırlar. EN – 350 - 2'ye göre emprenye edilebilirlik; emprenye çözeltileri gibi sıvılar vasıtasıyla odunun kolayca emprenye edilebilmesi şeklinde tanımlanır. Bu durum daha çok basit ve kenarlı geçitler, traheler, lifler, traheidlerin yapısı- boyutu ve odundaki açıklıklara yani poröz yapıya bağlıdır. Kuzey Amerika pazarında en çok kullanılan (*Pinus caribaea* Morelet) , (*Pinus echinata* Mill.), (*Pinus palustris* Mill.) ve (*Pinus taeda* L.) gibi türlerin özellikle diri odunları kolay emprenye edilebilir türler olarak tanımlanır. Oysa Orta Avrupa'da en çok kullanılan Avrupa ladini ise diri odun ve özellikle öz odununun kenarlı geçitlerinin kapalı olmasından dolayı emprenyesi güç odun türlerindendir (Civardi ve diğ., 2016).

Kolay emprenye edilemeyen bu türlerin odununu emprenye edebilmek için minimum retensiyon ve penetrasyon seviyesine ulaştırmaya ihtiyaç vardır. Bunun için de emprenye

işleminden önce bu tür odunlarda delme (incising) işleminin yapılması önerilmektedir (Islam ve diğ., 2007; Civardi ve diğ., 2016). Etkili bir odun koruma işlemi için ya tam bir nüfuz derinliği ya da en azından odun içinde yeterli miktarda emprenye maddesinin tutunmasını sağlamak gereklidir. Ayrıca pratikte emprenyesi güç olan odun türlerinde (örneğin; Avrupa ladini öz odunu) tam bir penetrasyona ulaşılamayabilinmektedir. Bunun sebebi de azalan permeabilitedir. Bu problemin üstesinden gelmek için genellikle mekanik delme veya farklı bir delme tekniği kullanılır (Schubert ve diğ., 2011). İsviçre'de ormanların % 65'i Avrupa ladini ve Avrupa göknarından (*Abies alba* Mill.) oluşur. Bu türlerden herhangi birinin odunu dış ortamda kullanıldığında bu odun çürüklük mantarlarının kolonizasyonunu engellemek için modifikasyon maddeleri veya kimyasal koruyucu maddeler ile koruyucu işleme tabi tutulmalıdır. Genellikle bu maddeler odun hücreleri içerisine vakum-basınç emprenye yöntemi kullanılarak nüfuz ettirilir. Fakat Avrupa ladini ve Avrupa göknarı gibi emprenyesi güç türlerde odun içerisindeki kimyasal madde alınımı ve dağılımını artırmak için delme işlemi uygulanmalıdır. Delme işlemi; odun yüzeyinde emprenye işleminin etkisini artırmak için küçük çizikler- çentikler veya yarıklar açmak şeklinde uygulanır (Schubert ve diğ., 2011).

2.2.1. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.)

Âlem : Plantae (Bitkiler)
Şube : Spermatophyta (Tohumlu Bitkiler)
Altşube : Gymnospermae (Açık Tohumlular)
Sınıf : Coniferae (İğne Yapraklılar)
Familya: : Pinaceae (Çamgiller)
Cins : *Picea*
Tür : (*Picea orientalis* L.)

2.2.1.1. Doğal Yayılışı

Doğu ladini Pinaceae familyasına ait olup bu ağaç cinsinin ülkemizde yetişen tek türüdür. Türkiye sınırları içinde Artvin'den başlayarak batıya doğru Ordu ili yakınlarında Melet ırmağına kadar yaklaşık 420 km'lik doğu-batı yönünde yayılış göstermektedir (Eyüboğlu ve diğ., 1998; Ercanlı ve Yavuz, 2006; Günlü ve diğ., 2006). Düşey yayılışı sahil kesiminde 0-2000 m arasında, Karadeniz iklim etkisinin ulaşabildiği Karadeniz ardında ise 800 m, 1000 m ve 1500 m yüksekliklerden başlayarak 2200 ve 2400 m yüksekliğe kadar çıkabilmektedir. Kuzey güney yönde Harşit vadisinde 60 km, Çoruh vadisinde 70 km, Posof havzasında 105 km

ve Ordu-Giresun yöresinde 40 km yatay yayılış göstermektedir (Atalay, 1984; Eyüboğlu ve diğ., 1998). Gövdesi dolgun ve düzgün olup, ağaç boyu 60 m'yi geçebilir. Ağaç çapı ise 1,5– 2 m'ye kadar çıkabilir (Atalay, 1984). Ülkemizde mevcut 21,7 milyon hektar orman alanının yaklaşık % 2' lik (OGM, 2012) kısmını oluşturması bakımından Doğu ladininin önemi büyüktür (Buğahan, 2013). Ülkemizde Doğu ladini ekonomiye yüksek değerli odun hammaddesi sağlayan 5 önemli iğne yapraklı ağaç türünden biridir. Doğu ladini odununun teknik özelliklerinin üstünlüğü, bu ağaç türünü Orman Ürünleri Endüstrisinin hemen her tüketim alanında aranan bir hammadde durumuna getirmiştir (Akgül, 1975; Buğahan, 2013). Ayrıca Doğu ladini ormanları bölge halkı için sosyal ve ekonomik yönden de büyük önem taşımaktadır (Akgül, 1975; Merev, 2003; Ercanlı ve Yavuz, 2006; Günlü ve diğ., 2006).

2.2.1.2. Anatomik Özellikleri

Doğu ladininde diri ve öz odun renk bakımından farklı değildir. Olgun odun özelliğindedir. Odunu genellikle beyaz, sarımsı beyaz, krem beyaz rengindedir. Boyuna kesitler ipek gibi parlak olup yıllık halka sınırları çok belirgindir (Merev, 2003). Yaz odunu tabakası kırmızımsı sarı renkte olup radyal kesitte birbirine paralel şeritler teşkil etmektedir. İlkbahar odunundan yaz odunu tabakasına geçiş yavaştır. Reçine kanalları vardır ve enine kesitte genellikle yaz odunu tabakası içerisinde açık renkli noktacıklar halinde görülür. Radyal kesitte reçine kanalları ince, fazla belirgin olmayan boyuna çizikler halinde görülürler. Reçinesi sarı ile kahverengindedir. Öz ışınları çok incedir ve çıplak gözle görülmez. Tam radyal kesilmiş yüzeylerde mat bantlar halinde görülürler. Boyuna paranşim hücreleri mevcut değildir. Odunu yumuşak ve orta ağırlıktadır. Makroskopik yapı bakımından göknara benzerlik gösterir (Bozkurt ve diğ., 1991).

Mikroskopik yapıda yıllık halka sınırları belirgin, yaz odunu tabakası traheidlerinin çeperleri kalın ve radyal çapları küçüktür. İlkbahar odunu tabakası traheidleri ise ince çeperli ve geniş lümenlidir. Teğet çapları 20 – 40 µm, uzunlukları 1300 – 4300 µm'dir. Genellikle boyuna reçine kanalları yaz odunu tabakası içerisinde bulunur ve epitel hücreleri kalın çeperlidir. İlkbahar odunu tabakası traheidlerinin radyal çeperlerindeki geçitler tek sıralıdır. Sadece çok geniş traheidlerde 2 sıralı geçitlere yer yer rastlanmaktadır. Öz ışınları tek sıralı olup reçine kanalı bulunduran iğimsi öz ışınları orta kısımda çok sıralıdır. Öz ışınlarındaki hücre sayısı yükseklik bakımından nadiren 20 adetten fazladır. Çoğunlukla 3 – 11 hücre yüksekliğinde ve heterojen yapıdadır. Öz ışınlarının kenarlarında alt ve üst kısımlarda bir veya iki sıra halinde, bazen arada

olmak üzere enine traheidler bulunmaktadır. Enine traheidlerin çeperleri ince, çoğunlukla dalgalı veya düzgündür. Öz ışını paranşim hücreleri kalın çeperli olup çok sayıda geçitlere sahiptir. Uç çeperleri düğümlüdür. Karşılaşma yeri geçitleri 1- 7 adet, çoğunlukla ilkbahar odununda 4 adet ve piceoid tiptedir. Boyuna paranşim hücreleri bulunmamaktadır. Ladinde mikroskopik yapı, meleze çok benzemekte, ancak melezde ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş hızlı olup, ilkbahar odunu tabakası traheidlerinin radyal çeperlerinde 2 sıralı kenarlı geçitlere çok rastlanmaktadır (Bozkurt ve diğ., 1991).

Ay ve Şahin (1998) yaptıkları çalışmada Doğu ladini olgun odun ve diri odun; iç morfolojik özellikleri bakımından karşılaştırıldığında, ilkbahar ve yaz odunu tabakaları traheid çapları, uzunlukları, genişlikleri ve lümen genişlikleri, reçine kanalı çapları, kenarlı geçit ve porus çapları diri odun kısmında daha büyük, birim alandaki traheid ve öz ışını sayısı daha düşük, çeper kalınlığı, öz ışını genişliği, maksimum öz ışını yüksekliği ve birim uzunluktaki öz ışını sayısı arasında ise önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Bununla beraber ilkbahar ve yaz odunu tabakaları boyuna traheidlerinin lümen genişliği diri odunda olgun oduna nazaran daha yüksek bulunmuştur. İlkbahar ve yaz odunu tabakalarında birim alandaki boyuna traheid sayısı olgun odunda diri oduna nazaran daha yüksek tespit edilmiştir. Diri ve olgun odunda bulunan kenarlı geçitlerin çapları arasındaki fark önemli olup, kenarlı geçit çapı diri odunda (19,67 µm) olgun odundan (16,74 µm) daha büyüktür. Aynı şekilde porus çapları diri odunda (5,70 µm) olgun odundan (5,07 µm) daha büyük bulunmuştur.

2.2.1.3. Mekanik ve Teknolojik Özellikleri

Doğu ladini odununun, tam kuru yoğunluk değeri ortalama olarak 0,43 g/cm^3'tür. Hava kurusu yoğunluk değeri ise ortalama 0,50 g/cm^3' tür. Odun hücre çeperi, tam kuru hal (% 0) ile ortalama lif doygunluk noktası (% 28) arasında bünyesine su alarak hacmini genişletmekte ve aynı şekilde de su kaybederek hacmini daraltmaktadır. Bu daralma ve genişleme miktarları odunun her yönünde aynı değildir. En büyük değişim yıllık halkalara teğet yönde, en küçük değişim ise boyuna yönde meydana gelmektedir. Ladin odununun radyal daralma miktarı %4,69 ve teğet daralma miktarı ise % 7,43 olarak belirlenmiştir. Bununla beraber ladin odununun radyal genişleme miktarı % 5,41 ve teğet genişleme miktarı ise % 8,64 olarak belirlenmiştir. Basınç direnci 45,2 N/mm^2, eğilme direnci 85,5 N/mm^2 , şok direnci 0,48 Kgm/cm^2 (Aydın ve Çolak, 2003) çekme direnci 88 N/mm^2, elastikiyet modülü 11,000 N/mm^2 ve dinamik eğilme direnci 0,45 kN/cm'dir (Bozkurt ve diğ., 1993; Keskin, 2009).

Ladin odunu oldukça ince ve yeknesak bir tekstüre sahip olup lifleri düzgündür. Odunu yumuşak ve orta ağırlıkta olup kolayca yarılır. Direnç değerleri ve elastikiyet modülü düşüktür. Fakat ağırlığına oranla yüksek direnç özelliklerine sahiptir. Çalışmaya karşı direnci yüksektir. Az dayanıklı ağaç türlerindendir ve güç emprenye edilir. Yüksek dağlarda yetişen ladinlerde direnç değerleri daha yüksek olup, dayanıklılık da artmaktadır (Bozkurt ve diğ., 1993).

2.2.1.4. Kullanım Alanları

Ladin odunu endüstriyel alanda oldukça farklı kullanım yerlerinde değerlendirilmektedir. Bunların başlıcaları; odun hamuru eldesi, selüloz üretimi, direk ve kalıp tahtası imalatı, gemi yapımı, binalarda yapı malzemesi ve merdiven olarak, mobilya, yonga levha ve kaplama sanayi, müzik aletleri yapımı, kalem ve kibrit imalatıdır (Ay ve Şahin, 1998; Danihelová ve diğ., 2018). Ayrıca kabuklarından sepi maddesi elde edilebilmektedir (Gönültaş ve Uçar, 2017). Selüloz sanayisinde birinci derecede tercih edilen hammadde ladin odunudur. Doğu ladini selüloz verimi bakımından Avrupa'da selüloz istihsalinde kullanılan Avrupa ladini ayarındadır. Ülkemizde Doğu ladini emprenye edildikten sonra enerji ve telekomünikasyon nakil hatlarında elektrik ve telefon direkleri olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca iskele yapımında kullanıldığı gibi büyük beton binalar için kalıp tahtaları yapımında da tercih edilmektedir. Kolay işlenebilirliği ve mukavementinden dolayı inşaat sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Odun hamuru üretiminde tercih edilen ladin, uzun lifleri, direnç karakteristikleri, yumuşaklığı, üniform yapısı ve verimi gibi üstün özelliklerinden ötürü de rakipsizdir (Anon. 1989, syf. 257).

2.3. FARKLI ODUN KISIMLARININ PERMEABİLİTESİ VE EMPRENYE EDİLEBİLİRLİĞİ

Doğu ladini odununa, çıplak gözle bakıldığında diri ve olgun odun kısmını ayırt etmek oldukça zordur. Beyaz bir görünüşte olan diri ve olgun odun ancak yaş halde iken ihtiva ettikleri su oranının farklılığından ötürü aralarındaki sınır belirgin hale gelebilmektedir (İlhan, 1973). Birçok ağaç türü odununda öz odun meydana geldiği zaman diri odundan daha koyu bir renge sahip olur. Fakat ladinde renk değişimi oluşmaz. Çünkü açık renkli ekstraktif maddelere sahip olduğundan öz odunu açık renkli olup diri odun kısmından daha az rutubet içermektedir. Bu özelliği nedeni ile ladin ’olgun odun’ özelliği gösteren ağaç türleri sınıfına girmektedir. Bu yüzden kuru haldeki ladin odununda diri odun ve olgun odunu çıplak gözle ayırt etmek zordur. Ladinde diri odun ve olgun odunu birbirinden ayırt etmenin en güvenilir yolu odun içerisinde

canlı hücrelerin ve/veya nişastanın mevcut olup olmadığını tespit etmektir (Sandberg, 2009). Çünkü nişastanın varlığı diri odunu işaret eder (Bamber, 1987; Sandberg, 2009). Bununla birlikte ladinde diri odun ve olgun odunu birbirinden ayırt etmenin diğer bir yolu da aralarındaki rutubet farkını ölçmektir. Çünkü olgun odun, oluşumunun bir sonucu olarak diri oduna nazaran daha düşük bir rutubet içeriğine sahiptir (Ulvcrona, 2006; Sandberg, 2009). Yeni kesilmiş ladin olgun odunu taze halde iken ortalama rutubet içeriği % 34 ve % 40 arasındadır. Ladin diri odun rutubet içeriği ise % 113 ve % 153 arasındadır (Sandberg, 2009). Olgun odunun rutubet içeriğinin daha düşük olması buradaki kenarlı geçitlerin çoğunun aspirasyon halinde olduğu ve diri odundan daha az permeabil olduğu anlamına gelir (Ulvcrona, 2006; Moore, 2011).

Öz odun anatomik açıdan bakılırsa; yüksek miktarda ekstraktif madde içermesi, aspirasyona uğramış geçit sayısının fazla ve geri dönüşümsüz olması, gözeneklerinin küçük olması ve tül oluşumu gibi olaylar öz odunun emprenye edilebilirliğini daha da düşürmektedir (Côté, 1963; Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve diğ., 2002; Panigrahi ve diğ., 2018). Genellikle ahşap malzemeler emprenye edilmiş diri odun ve emprenye edilmemiş öz odundan oluşur. Emprenye edilmiş diri odunun dayanıklılığı ise çok daha yüksektir. Öz odunun doğal dayanıklılığı yüksek olan sedir veya sekoya gibi türlerde öz odunun emprenye edilmesine gerek yoktur. Ancak doğal dayanıklılığı düşük öz odununa sahip türlerde öz odunun emprenye edilmesi gerekir. Odunun emprenye edilebilirliği çalışmalarında öz odunun yanı sıra diri odun ve öz odun arasındaki geçişin de daha iyi anlaşılması gerekir. Bazı türlerde özellikle iğne yapraklı ağaçlar ve dağınık trahe düzenine sahip geniş yapraklı ağaçlarda diri odun ve öz odun arasında bir geçiş zonu mevcuttur. Bu geçiş zonunun özellikleri arasında; düşük permeabiliteye sahip olması, soluk veya beyaz renkli oluşu, nişasta eksikliği, yumuşaklık ve düşük rutubet içeriği yer almaktadır. Geçiş zonunun genişliği genellikle 1 - 3 yıllık halka genişliğindedir. Hem diri odun hem de öz odun içeren ağaç malzemelerin emprenye edilebilirliği üzerinde geçiş bölgesinin olası sonuçları iyi anlaşılamamıştır (Wang ve DeGroot, 1996).

İğne yapraklı ağaç diri odunlarında tahminen kabuktan uzaklaştıkça permeabilite azalmaktadır. Sarıçam diri odununda her üç anatomik yönde de kabuktan öze doğru permeabilitenin azaldığı belirlenmiştir. Geniş yapraklı ağaç türlerinden Doğu Kanada kavağı (*Populus deltoides* Subsp. Monilifera) ile ilgili yapılan bir çalışmada ise öz odununda özden uzaklaştıkça liflere paralel yönde gerçekleşen permeabilitede azalmalar görülmüştür. Ayrıca öz odun kendi içerisinde değerlendirildiğinde öze yakın olan orta kısmı çevreye nazaran daha az permeabil olmasına

rağmen kabuğa yakın olan öz odun kısmından ise daha permeabildir (Hansmann ve diğ., 2002; Panigrahi ve diğ., 2018). Bu permeabilite değişkenliğinin öz odununun farklı kısımlarındaki ekstraktif madde yoğunluğunun değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Panigrahi ve diğ., 2018).

İğne yapraklı ağaçlarda geçit poruslarının ortalama çapı traheid lümenlerinin çapından çok daha küçüktür. Odunun emprenye edilebilirliği büyük ölçüde geçit yapısının durumuna ve boyutuna bağlıdır. Bu yüzden aşağıdaki faktörler önemlidir;

- Birim alandaki geçit sayısı ve iletimde rol alan açıklıkların boyutu,
- Geçit zarlarının aspirasyon, deaspirasyon ve inkrustasyona olan eğilimi,
- Traheidlerin uzunluğu gibi parametreler direkt olarak iğne yapraklı ağaç türlerinin emprenye edilebilirliğiyle ilişkilidir (Wang ve DeGroot, 1996).

Bununla beraber özellikle polar çözücüler koruyucu işlemlerde kullanıldığı zaman hücre çeperlerindeki çok küçük boşluklar ve geçit porusları emprenye işlemlerinde önemli rol oynar. Ancak hücre çeperlerindeki çok küçük boşluklar geçit poruslarından daha küçük oldukları için emprenye işlemlerinde bunların rolü belki de sekonder düzeydedir (Wang ve DeGroot, 1996).

2.4. BAKIR ESASLI EMPRENYE MADDELERİ VE ODUNDAKİ MİKRODAĞILIMLARI

Ağaç malzeme elde edildiği ağaç türüne bağlı olarak ucuz olması, kolay işlenebilir olması, yenilenebilir olması, ağırlığına oranla yüksek dirence sahip olması gibi üstün özelliklerinden dolayı çok çeşitli alanlarda kullanılabilmektedir (Hingston ve diğ., 2001). Fakat odun organik bir materyal olmasından ötürü bazı biyotik (mantarlar, böcekler, termitler ve deniz zararlıları gibi) ve abiyotik (sıcaklık, nem, UV ışınları gibi) faktörlerden etkilenerek bozunabilmekte bu yüzden de kullanım ömrü azalabilmektedir. Bunun neticesinde de ham madde kaybı, işçilik ve nakliyeden kaynaklanan ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu durum da odunun çeşitli emprenye maddeleriyle işleme tabi tutulmasını zorunlu hale getirmektedir. Son yıllarda CCA emprenye maddesinin kullanımın sınırlandırılması ile krom (Cr) ve arsenik (As) içermeyen bakır (Cu) esaslı koruyucu sistemler konutlardaki ahşap sistemlerin emprenyesinde kullanılmaya başlanmıştır (Lebow ve diğ., 2004). ACQ (Amonyum Bakır Quat), Cu- azol ve Cu- etanolamin 2004 yılından sonra kullanılan en yaygın koruyucu maddeler olarak karşımıza

çıkmaktadır. Suda çözünen bu bakır formülasyonlarının yanında mikronize- bakır esaslı sistemlerde Kuzey Amerika ve Avrupa'da ticari olarak kullanıma girmiş ve nano- Cu potansiyel bir koruyucu madde olarak değerlendirilmiştir. Fakat günümüzde mikronize- bakır esaslı koruyucuların ticari olarak kullanımı kolay emprenye edilen iğne yapraklı ağaç türlerinin haricindeki türlerde yeterli penetrasyon elde etmenin güçlüğünden dolayı sınırlıdır (Kartal ve diğ., 2009). Emprenye edilmiş odunun performansı ve çevre üzerine etkisi koruyucu bileşenlerin yıkanma ve bağlanma özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Matsunaga ve diğ. (2009) mikronize Cu parçacıkları içeren emprenye maddelerinde Cu parçacıklarının mikrodağılımının geleneksel su bazlı emprenye maddelerinden farklı olduğunu ortaya koymuştur.

Kuzey Amerika ahşap havuz kenar döşemesi pazarında en fazla kullanılan ağaç türleri kolay işlenebilir olan ve Southern yellow pine (SYP) adı altında değerlendirilen farklı ağaç türlerine ait (*Pinus palustris, Pinus caribaea, Pinus echinata* ve *Pinus taeda*) odunlardır. Bu ahşap döşemeler 2006 yılından beri mikronize bakır (MC) koruyucularla emprenye edilmektedir. Bu formülasyonlar üreticisine göre 0,001 ila 0,25 µm boyutlara kadar bakır karbonat ($CuCO_3.Cu(OH)_2$) partiküllerinden oluşur. MC ile emprenye edilen SYP odun türleri birbiri ardına çözünebilen Cu^{+2} iyonlarının açığa çıkması (rezervuar etkisi) ve reaksiyona girmeyen $CuCO_3.Cu(OH)_2$ partiküllerinin yardımıyla korunmaktadır. Avrupa ahşap havuz kenar döşemesi pazarında kullanılan ağaç türleri Kuzey Amerika'da kullanılan SYP ağaç türlerinden farklıdır. En yaygın kullanılan ağaç türü Avrupa ladinidir. Avrupa ladini ekstraktif maddelerin varlığı ve geçit zarı bileşenleri, odununun kimyasal bileşimi, odununda yer alan açıklıkların boyutu ve yapısı gibi anatomik özelliklerden dolayı güç emprenye edilen türlerdendir. MC formülasyonları SYP ağaç türlerine ait odunlarda başarılı bir performans gösterirken aynı başarıyı Avrupa pazarında kullanılan emprenyesi güç ağaç türleri için gösterememektedir (Civardi ve diğ., 2016). Civardi ve diğ. (2016) kolay emprenye edilebilir sarıçam ve güç emprenye edilebilir Avrupa ladini odunlarındaki MCA'nın penetrasyon etkinliğini değerlendirmeye çalışmışlardır. Elde edilen bulgular rezervuar etkisinin varlığından dolayı MCA'nın emprenyesi güç odun türlerine kolayca nüfuz edemeyeceğini göstermiştir.

Bakır esaslı koruyucuların etkinliği birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan birisi de bakırın hücre çeperi içerisindeki mikrodağılımıdır. Emprenye maddelerinin odun içerisindeki mikrodağılımı yarım yüzyıldan daha uzun bir zamandır çalışılmaktadır. CCA bileşenleri odun türlerine bağlı olarak hücre çeperleri içerisinde farklı oran ve miktarlarda dağılım gösterir ve bu dağılım da

büyük ölçüde lignin dağılımı ile ilişkilidir (Stirling ve diğ., 2008). Örneğin; sarıçam odununda hücre çeper bileşenlerinin hücre boyunca dağılımı şu şekildedir; orta lamel ve primer çeper esasen (% 84) lignin, daha az miktarda (% 13,3) hemiselüloz ve çok az miktarda da (% 0,7) selülozdan ibarettir. S_1 tabakası (% 51,7) lignin, (% 30) selüloz ve (% 18,3) hemiselülozdan meydana gelir. S_2 tabakası (% 15,1) lignin, (% 54,3) selüloz ve (% 30,6) hemiselülozdan meydana gelir. S_3 tabakasında ise lignin ya çok az ya da hiç bulunmaz. Bunun haricinde (% 13) selüloz ve (% 87) hemiselülozdan meydana gelir. Ksilan içeriği S_2 tabakasında en düşük seviyede olmasına rağmen S_1 ve S_3 tabakalarında daha yüksek seviyelerde bulunur. Galaktoglukomannan konsantrasyonu S_2 tabakasında S_1 ve S_3 tabakalarına nazaran daha yüksektir. Orta lamel ve primer çeper yüzde olarak en yüksek lignin konsantrasyonuna sahip olmasına rağmen S_2 tabakasındaki lignin oranı daha fazladır. Çünkü S_2 tabakası orta lamel ve primer çeper ile karşılaştırıldığında çok daha kalındır. S_2 tabakasında lignin tüm tabaka boyunca aynı oranda dağılım gösterir (Rowell, 2005). Tanen içeriği, depo maddelerinin varlığı ve emprenye maddelerinin S_2 tabakasının dış kısımlarındaki dağılımı yumuşak çürüklük mantarlarının etkisini yok etmek için ihtiyaç duyulan bakır miktarını yani minimum eşik değerini etkileyebilmektedir (Stirling ve diğ., 2008).

Stirling ve diğ. (2008) çözünebilir haldeki (ACQ - D) ve partikülat- çözünemez haldeki bakır (MCQ) içeren odun koruyucular ile emprenye edilen ve edilmeyen güney sarıçamı diri odun örneklerini bir ESEM (Çevresel Taramalı Elektron Mikroskopu) ve EDS (Enerji Dağınımlı X Işınları Görünge Gösterimleyici) yardımıyla analiz etmişlerdir. Analiz neticesinde kontrol örneklerinin hücre lümenlerinde Cu tespit edilemezken her iki emprenye maddesiyle emprenye edilen odun örneklerinin hücre lümenlerinde Cu tespit edilmiştir. Ayrıca, söz konusu çalışmada MCQ ile emprenye edilen odunda yapılan AWPA E11 - 97 yıkanma testi sonuçları bakırın çok az da olsa yıkandığını göstermiştir.

Bakır içeren emprenye maddelerinin odun hücre çeperlerindeki mikrodağılımına yönelik elde edilen sonuçlar genellikle ağaç türlerine ve hücre tipine bağlı olarak değişmektedir. Peters ve Parames - waran (1980) kimyasalların sekonder reaksiyonlarından faydalanarak odun hücre çeperleri içerisinde Cu, Cr ve As gibi elementleri TEM (Geçirimli Elektron Mikroskopu) kullanarak görsel hale getirmeye çalışmışlardır. Emprenye edilmiş sarıçam ve okaliptus (*Eucalyptus globulus* L.) odunu üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde orta lamel ve primer çeper bölgesinde daha yüksek bir bakır konsantrasyonu tespit etmişlerdir. Daniel ve Nilson

(1987) yaptıkları çalışmada CCA ile işleme tabi tutulmuş huş (*Betula verrucosa* Ehrh.) odununun anatomik yapısında metallerin mikrodağılımının lignin miktarının en yüksek olduğu hücre çeper bölgelerinde yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada en düşük CCA ve lignin miktarları lif hücrelerinin sekonder çeperlerinde (S_2) en yüksek CCA ve lignin miktarları ise orta lamel ve hücre köşelerinde belirlenmiştir. Amonyaklı bakır çözeltilerindeki fiksasyonun odun bileşikleriyle (özellikle lignin) katyon değişim reaksiyonları sayesinde meydana geldiği düşünülmektedir (Petrič ve diğ., 2000).

Matsunaga ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada bir bakır esaslı koruyucu ile emprenye edilen odun içerisindeki bakır mikrodağılımını; bakır fiksasyonu ve anatomik yapıyı göz önüne alarak anlamaya çalışmışlardır. Çalışmada bakır azol (CuAz) ile emprenye edilmiş olan Japon sedirinden (*Cryptomeria Japonica* D. Don) elde edilen çok ince kesitler (0,5 µm) kullanmışlardır. Odun bileşenleri ve koruyucu emprenye çözeltisi arasındaki fiksasyondan sonra mikroskopik yapıda bakırın mikrodağılımını incelemek için SEM - EDX kullanmışlardır. Yapılan bu çalışma da Cu diri odunda hem ilkbahar odunu tabakası hem de yaz odunu tabakası orta lamelinde sekonder çepere nazaran daha fazla olmakla birlikte genellikle torus içerisinde yoğunlaşmış bir şekilde tespit edilmiştir. Cu daha çok boyuna paranşim hücreleri içerisinde kristal yapıda oluşumlar halinde kümelenmiştir. Semi - kantitatif analiz sonuçları bakır miktarının şu sıraya bağlı olarak arttığını göstermiştir; traheidlerdeki sekonder çeperler < orta lamel < yarı kenarlı geçit zarı < traheid kenarlı geçitlerindeki torus < boyuna paranşim hücreleri içerisindeki depo maddeleri. Ayrıca bakır dağılım bölgeleri olarak kenarlı geçitlerin önemine de vurgu yapmışlardır. Elde edilen sonuçlarda da torusun koruyucu fiksasyonunda önemli bir rol oynadığını ifade etmişlerdir.

Petrič ve diğ. (2000) yaptıkları çalışmada bir organik çözücü içerisinde çözünen bakır karboksilat, su bazlı bakır klorit, amonyaklı bakır oktanat ve amonyaklı çinko oktanat ile emprenye edilen Avrupa ladini odununun hücre çeperlerinde Cu ve Zn'nun mikrodağılımını TEM ile kombinasyon halindeki X ışını mikroanaliz cihazlarını kullanarak tespit etmeye çalışmışlardır. En yüksek Cu ve Zn içeriği, hücre bileşenlerinin çoğu ligninden meydana gelen hücre köşeleri ve orta lamelde ölçülmüştür. Aynı durum beyaz alkol içerisinde çözünen bakır karboksilat çözeltisi içinde geçerlidir. Bu sonuçlara dayanarak taşıyıcı çözeltiye bakılmaksızın odun içerisinde geçiş metal iyonları için öncelikli adsorpsiyon yerlerinin fonksiyonel lignin grupları olduğu söylenebilir (Petrič ve diğ., 2000).

Güney çamı (*Pinus palustris* Mill., *Pinus elliottii* Engelm., *Pinus echinata* Mill., *Pinus taeda* L.) kerestesini emprenye etmek için Amerika Birleşik Devletleri'nde günümüzde suyla hazırlanan bakır esaslı koruyucu sistemlerde kullanılan bakırın iki belirgin formu vardır. Bu koruyucu sistemler ya çözünebilir bakır (tipik olarak amin esaslı) ya da yakın geçmişte kullanılmaya başlanan partikülat – çözünmez veya primer biyosit olarak mikronize edilmiş bakır içerir. Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki bakırın bahsedilen bu iki formunun kullanılmasıyla emprenye edilen odunun düşük yoğunluklu ilkbahar odunu tabakaları ve yüksek yoğunluğa sahip yaz odunu tabakalarındaki toplam bakır dağılımında bakırın formuna bağlı olarak belirgin farklar vardır (Zahora, 2011). Zahora (2011) yaptığı çalışmada bakırın bu iki formunun güney çamı odununda kalitatif ve kantitatif dağılımı üzerine gelecek çalışmalara yönelik veri sağlamak ve dağılımda odun yapısının etkisini incelemek amacıyla bir XRF (X Işını Flüoresans) mikroskopu kullanmıştır. ACQ tip D, MCQ ve MCA ile emprenye edilen keresteler üzerinde XRF mikroskop analizi yapılmıştır. Bakırın her iki formunun dağılım şekli arasında bir fark gözlenmiştir. Çözünebilir bakır içeren sistemlerde, çözünebilir bakır içermeyen (partikülat) sistemlere nazaran çok daha üniform bir dağılım gözlenmiştir. Her iki sistemde de reçine kanalları ve öz ışınları içerisinde yüksek konsantrasyonlarda biriken Cu gözlenmiştir. Çözünebilir sistemlerde dağılım ilkbahar odunu ve yaz odunu tabakalarının iç kısımlarında ve yüzeylerinde aşırı üniform olma eğilimi göstermiştir. Çözünebilir olmayan sistem ise yaz odunu tabakasında kısmen az, yüzeye yakın yerlerde yüksek ve emprenye edilen alan boyuncada değişken bir dağılım göstermiştir.

Araştırmalar Odun Koruma Teknolojisinde yeni kimyasal koruyucuların geliştirilmesiyle birlikte genellikle emprenyeli odunun mikroyapısında koruyucuların nasıl bir dağılım gösterdiğini tespit etmeye yönelmiştir. Örneğin; lazer kütle spektrometresi bitki dokuları içerisindeki inorganik elementlerin dağılımlarını incelemek için kullanılmıştır. Fakat EDX ile kombinasyon halindeki SEM emprenye edilmiş olan odundaki biyositlerin ve özellikle metallerin hücre çeperindeki nüfuzunu incelemek için tercih edilen bir metottur. SEM veya TEM ile kombinasyon halindeki EDX farklı odun koruyucu sistemlerdeki klorin, bakır, krom, titanyum, silikon ve çinkonun hücre çeperlerine nüfuz edip etmediğini incelemek için kullanılmıştır (Matsunaga ve diğ., 2008).

Cao ve Kamdem (2005) yaptıkları çalışmada odun hücre çeperlerinin yoğunluk dağılımı ile bakır absorpsiyonu arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu ilişki incelenirken iki yaklaşım esas

alınmıştır; 1) hücre çeper tabakalarının yoğunluğuna yönelik literatürden elde edilen verilerin kullanılarak ilişkilendirmenin yapılması, 2) odun hücre çeperi içerisindeki C ve O atomlarının mikrodağılımı. Herhangi bir işleme tabi tutulmamış güney çamı diri odunundaki C ve O mikrodağılımı, bununla birlikte bakır etanolamin (Cu - EA) ile işleme tabi tutulan odunun hücre çeperlerindeki Cu miktarı SEM - EDX kullanılarak tespit edilmiştir. Yoğunluk dağılımı ile ilgili uygulanan her iki yaklaşımda aynı sonucu vermiştir. Bu sonuca göre; orta lamel ve hücre köşelerindeki yoğunluk sekonder çeperden daha yüksek belirlenmiştir. Hücre çeperindeki Cu, C ve O konsantrasyonu da hücre çeper tabakalarının yoğunluğuyla benzer bir eğilim göstermiştir. Bu durum odun hücre çeperi içerisinde metal içeren odun koruyucuların dağılımına yönelik yapılan SEM-EDX çalışmalarında yoğunluğun önemli bir rol oynayabileceği sonucunu akla getirmektedir.

Matsunaga ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada demir oksit ve mikronize bakır- karbonatın sulu dispersiyonu ile emprenye edilen güney çamı odunu içerisindeki inorganik nano ve mikro-partikülleri haritalaştırmak ve görselleştirmek için FE - SEM (Alan Salım Taramalı Elektron Mikroskopu) ve EDX'in geleneksel-atomik olmayan (konvansiyonel) yönlerini karşılaştırmışlardır. Geleneksel SEM - EDX cihazı odunda yüksek miktarlarda Cu ve Fe içeren alanları tespit edebilmektedir. Fakat EDX vasıtasıyla elde edilen dağılım haritaları numunelerin ışın hasarına uğramasından ve sapmalardan etkilenebilmektedir. FE-SEM'de düşük hızlandırma gerilimlerinin aşırı elektron ışın parlaklığını düşürdüğü ve Cu, Fe partiküllerinin dağılım haritalarının oluşturulmasına yardımcı olduğu görülmüştür. EDX haritalarının netliği sapma- düzeltme yazılımının kullanılması ve düşük enerjili X ışınları kullanılarak haritalaştırma yapılması ile daha da iyileştirilebilmiştir. Ayrıca FE- SEM-EDX cihazı Cu ve Fe partiküllerini ayırt edebilmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki FE-SEM-EDX odun içerisindeki inorganik metal partiküllerinin dağılımını haritalaştırmak ve ayırt etmek açısından umut vericidir. Bu durumda odunun nano ve mikropartiküller ile emprenye edilebilmesiyle ilgili teknolojilerin daha fazla uygulanmasına olanak sağlayabilir.

2.5. EMPRENYE EDİLEN AHŞAP MALZEMEDEN EMPRENYE MADDELERİNİN YIKANMASI

2.5.1. Geleneksel Bakır Esaslı Koruyucuların Yıkanması

Son zamanlarda yapılan zehirlilik etkisi testleri su basma seviyesinin altında kullanılan odundan Cu gibi koruyucu bileşenlerin yıkanmasının çevreye karşı zararlı olabileceğini göstermiştir (Hingston ve diğ., 2001; Bakır, 2012). CCA, CA- B ve ACQ gibi çözünebilir bakır esaslı odun koruma sistemlerinde vakum/basınç emprenye metodunun uygulanmasından sonra Cu^{+2} iyonlarının odun içerisinde kimyasal olarak fikse olduğuna inanılmasına karşın mikronize bakır koruyucu partiküllerin, partikül yüzeyine bağlı polimerik dispersant (dağıtıcı- yayıcı) moleküllerle birlikte odun içerisine taşınıldığına ve fiziksel olarak odun yapısı içerisinde depo edildiğine dair bir görüş de söz konusudur. Bununla birlikte emprenye işleminden sonra mikronize partiküllerin odun kaplama uygulamalarında olduğu gibi benzer mekanizmalar vasıtasıyla odun lifi ve polimerik dispersantlar arasındaki güçlü adezyon sayesinde oduna fikse olduğu kabul edilir. Geleneksel bakır sistemlerinde fiksasyon; chelat oluşumu, iyon değişimi gibi bir dizi kimyasal reaksiyonun sonucunda odunda oluşan ve suda çözünmeyen komplekslerin birikmesi sonucunda olmaktadır. Mikronize bakır sistemlerinde ise fiksasyonun kimyasal reaksiyon yoluyla değil geçitlerde ve S_3 tabakası üzerine çökelme şeklinde olduğu düşünülmektedir (Cooper, 1991; Freeman ve McIntyre, 2008). Matsunaga ve diğ. (2011) nano bakır parçacıklarının nano - dağılımının kenarlı geçitlerin kenarında ve zarında olduğunu rapor etmiştir. Kartal ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada nano - Cu'ın suda çözünen Cu oksitlere göre yıkanmaya karşı daha dirençli olduğu ortaya konulmuştur.

Bakır / amin esaslı koruyucular CCA ile kıyaslandığında yıkanmadan kaynaklanan bakır kayıpları daha yüksektir. Michigan Devlet Üniversitesi ve Mississippi Devlet Üniversite'sinde yürütülen AWPA E11 yıkanma testleri sonuçlarına göre mikronize sistemlerdeki bakır kaybı, amin içerisinde çözünebilir sistemlerdeki bakır kayıplarına nazaran daha düşük çıkmıştır (Freeman ve McIntyre, 2008).

CCA ile emprenye edilmiş odundaki, CCA emprenye maddeleri çeşitli seviyelerde yıkanarak toprağa geçer. Bu seviyelerin bazıları ulusal çevre standartlarının oldukça altındadır (Inglis, 2001; Bakır, 2012). Cooper (1994) araştırmasında CCA'nın yıkanma miktarıyla, CCA ile emprenye sırasındaki fiksasyon (bağlanma) kalitesi arasında direk bir ilişki olduğunu çok açık

bir şekilde vurgulamıştır. CCA ile emprenyeli tel direklerinden CCA' nın yıkanmasındaki krom (+6) oksidasyon hali bir kanserojen, As (+5) ve As (+3) oksidasyon hali başka bir kanserojendir. Ayrıca, bakırın belirli seviyelerde zehirli olması sebebiyle toprak suyuna karışırsa ciddi tehlikeler ortaya çıkarabileceği de bildirilmektedir (Massara ve diğ., 2004; Bakır, 2012). CCA içerisindeki Cu bir fungusit (mantarlara karşı etkili), As bir insektisit (böceklere karşı etkili), Cr ise odun ile CCA'nın fiksasyonundan sorumludur (Arisi, 2006; Bakır, 2012). CCA bugünlerde Kore'de çok yaygın olarak kullanılan bir odun koruyucudur. Buna bağlı olarak da CCA ile emprenye edilmiş odundan toprağa metal yıkanmasının çevresel etkisine ilişkin sorularda artmaya başlamıştır (Kim ve diğ., 2007; Bakır, 2012). CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yıkanmasında emprenye yöntemi, fiksasyon, ortam koşulları, ağaç malzeme boyutları, ağaç türü, ağaç malzemenin hizmette bulunma süresi, çözelti pH'sı, çözeltinin tuzluluk derecesi ve sıcaklık etkilidir (Gezer ve diğ., 2004).

Archer ve Prestonun (1994) yaptıkları çalışma alanı deneylerinde CCA ile emprenye edilmiş olan bir çam direğin, hizmetteki ilk 6 ayında % 25 yıkandığını, 85 ayın sonunda ise % 52 kadar bir yıkanma olduğunu ve bundan sonra da yıkanmada herhangi bir artma gözlenmediğini ifade etmişlerdir.

Ağır metaller çevresel kirlenmelerde, özellikle insan kaynaklı kirlenmenin yüksek olduğu yerlerde önemlidir. Ağır metallerin atmosfer, toprak ve sudaki eser miktarları bile tüm organizmalarda ciddi problemlere sebep olabilmektedir. Ayrıca ağır metal biyobirikimi (biyoakümülasyonu) besin zincirinde değişiklik meydana getirebilmenin yanı sıra normal biyokimyasal döngüyü de değiştirmektedir (Saraswathy ve diğ., 2010; Bakır, 2012).

2.5.2. Yeni Nesil (Nano ve Mikronize Boyutlardaki) Koruyucuların Yıkanması

Bakır esaslı koruyucular odunu fiziksel ve biyolojiksel zararlara karşı korumak amacıyla uzun zamandır kullanılmaktadır. Fakat hizmette kullanılan emprenyeli odundan yıkanarak uzaklaşan bakır oranı ve miktarı, bununla beraber metallerle temas halindeki emprenyeli odunun korozyonu malzemenin uzun süreli biyolojik performansını etkileyebilmektedir. Bu problemleri minimize etmek için yıkanabilirliği düşük mikronize bakır esaslı karbonatların kullanımı önerilmektedir. Daha önceki laboratuvar ve alan testlerinde mikronize bakır esaslı karbonatlar ile emprenye edilen odundan uzaklaşan bakır miktarının çok önemli olmadığı ve zararlılara karşı yeterli korumanın sağlandığı rapor edilmiştir (Freeman ve McIntyre, 2008).

Wang ve Kamdem (2011) atfen Jin ve diğ. (2010)'un emprenye edilen odundan bakır karbonatı çözündürerek uzaklaştırmak için düşük pH'a ihtiyaç olacağını ifade ettiklerinden bahsetmişlerdir. Burada sadece bakır esaslı karbonatın çözünmesinin uzaklaşmada önemli olmadığını aynı zamanda partikül boyutununda önemli bir parametre olduğundan bahsetmişlerdir. Horvath (2006) aynı çözücü içerisinde bulunan aynı materyalin daha küçük boyutlu olanlarının çözünebilirliğinin daha büyük boyutlu olanlara nazaran daha yüksek olduğunu ifade etmiştir (Wang ve Kamdem, 2011). Katı maddenin çözünebilirliği üzerinde yüzey gerilimi ve çözücünün uçuculuk özelliği gibi parametrelerinde önemli olduğu vurgulanmaktadır. Mikronize bakır formülasyonlarında ortamda dağıtıcı madde ve yüzey gerilim azaltıcı maddelerin varlığı çözünebilirliği önemli oranda artırmaktadır (Wang ve Kamdem, 2011).

Wang ve Kamdem (2011) yaptıkları çalışmada Cu retensiyon miktarı 3,3 kg/ m^3 olan MCQ ve Cu retensiyon miktarı 6,7 kg/ m^3 olan MCA ile emprenye edilen güney sarıçamı odunundaki çözünebilir ve mobil Cu miktarını tahmin edebilmek için toprak yıkanma testi AWPA (E20-08) standardını kullanmışlardır. Toprak pH'sının emprenye edilen odundan toprağa yıkanan Cu miktarı üzerine etkisini belirlemek için pH aralığı 4,7 ila 8 arasında değişen toprak örnekleri kullanılmıştır. MCQ ile emprenye edilen odundan toprağa yıkanan Cu miktarı pH: 8 iken % 2, pH: 4,7 iken ise % 10 olarak belirlenmiştir. MCA ile emprenye edilen odundan ise toprağa yıkanan Cu miktarı pH: 8 iken % 0,6, pH: 4,7 iken ise % 9,6 olarak belirlenmiştir. Açıkça görülmektedir ki MCQ ve MCA ile emprenye edilen çam odunundan pH değeri düştükçe yıkanan Cu miktarı da artmaktadır. MCQ ile emprenye edilen odundan MCA ile emprenye edilen oduna nazaran az da olsa daha fazla Cu yıkanmıştır.

Bugünkü ticari bakır esaslı koruyucular olarak kullanılan ACQ ve MCQ çürüklük ve böcek riskinin yüksek olduğu oturmaya elverişli alanlarda ve ticari uygulamalarda arsenik ve krom içeren formülasyonların yerine tercih edilmektedirler. Bu yeni geliştirilen emprenye maddeleri çürüklük ve böcek tahribatına karşı etkisi yüzyıllardır bilinen iki önemli bileşen olan bakır ve amonyum quat tuzlarını içermektedir. Odun koruma işlemlerinde bakır esaslı formülasyonların kullanılmasına yönelik engellerden biri bakırın yıkanması veya yer değiştirmesinden (migrasyonundan) dolayı uzun süreli etkinliğinin tahmin edilmesine yönelik sorunlardır. Bu problemi azaltmak için düşük suda çözünebilirlik ve daha az yer değiştirebilme özelliklerine sahip mikronize bakır esaslı karbonat önerilmiştir. Bakır esaslı koruyucularla emprenye edilen

odundaki bakırın yer değiştirmesini ve hareketliliğini sınırlandırmak için odun yapısında mevcut olan lignin / hemiselüloz / selüloz / ekstraktif maddelerin negatif (-) yüklü fenolat / karboksilat grupları ile pozitif (+) yüklü Cu^{+} iyonları veya Cu komplekslerinin fiziksel veya kimyasal olarak etkileşime girdiği ileri sürülmektedir (Wang ve Kamdem, 2012).

Wang ve Kamdem (2012) yaptıkları çalışmada hedef retensiyon miktarı 3,6 kg/ m^3 olan MCQ ile emprenye edilen kızılçam ve güney çamı odunlarından yıkanan Cu miktarı üzerinde Cu alınım miktarının etkisini değerlendirmeye çalışmışlardır. Yıkanma protokolü AWPA E11'e göre yapılmıştır. ACQ ve MCQ ile emprenye edilen odundan yıkanan Cu miktarı ile emprenye esnasındaki Cu alınımının birbiriyle orantılı olduğu belirlenmiştir. Odun içerisinde bakır ve quatın etkileşime girdiği alanlarda quat formülasyonunun artmasıyla beraber yıkanan Cu yüzdeside artmaktadır. Cu ve quat arasındaki bu rekabet MCQ ile emprenye edilen odunda koruyucunun uzun süreli etkinliği üzerinde koruyucu formülasyonundaki bakırın quata oranının önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Farklı ağaç türleri (kızılçam ve güney çamı) arasında ise dikkate değer bir fark gözlenmemiştir.

Clausen ve diğ. (2010) nano- çinko oksit (nano- ZnO) dispersiyonları ile vakum uygulayarak güney sarıçamı odun örneklerinin UV ışınlarına karşı direncini ve yıkanabilirliğini değerlendirmeye çalışmışlardır. Bununla beraber farklı boyutlardaki aynı emprenye maddelerinin yıkanabilirliklerini karşılaştırmak amacıyla da % 1'lik nano - Zn ile eşit miktarda Zn içeren çinko sülfat ($ZnSO_4$) çözeltilerini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre normal boyutlardaki çinko nano boyutlardaki çinkoya nazaran daha fazla yıkanmıştır.

2.6. ODUNDA PERMEABİLİTENİN ARTIRILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Ladin odunundaki traheid hücre çeperlerinde bulunan geçitlerin, aspirasyona uğraması nedeniyle emprenye işlemi güçleşmektedir (Messner ve diğ., 2003; Yıldız ve diğ., 2012; Durmaz ve Yıldız, 2016; Panigrahi ve diğ., 2018). Geçirgenliği arttırmak için; buhar uygulanması ve vakum- basınç yöntemi gibi farklı metotlar uygulanmaktadır. Bunların dışında basınç salınım metotları, delme işlemi (Messner ve diğ., 2003), asitle muamele, çamaşır suyu (Sodyum hipoklorit (NaCIO)) ile muamele, bakteri ve mantar ile muamele (biyolojik delme) gibi çalışmalar da yapılmıştır (Yıldız ve diğ., 2008; Yıldız ve diğ., 2012; Durmaz ve Yıldız, 2016). Odun örneklerine biyolojik delme uygulanmadan önce odun yüzeyinin kısa süreli bir

buharlama işlemiyle dekontaminasyonu önerilmektedir. Sonrasında da ısıl işlem uygulanarak küf mantar ve sporlarının yok edilmesi gereklidir (Messner ve diğ., 2003). Kurutma öncesinde uygulanan ön buharlama gibi bazı ön işlemler odun permeabilitesini iyileştirme konusunda etkilidir. Ön buharlama işlemi odunun anatomik ve kimyasal yapısında meydana getirdiği modifikasyonlardan dolayı odun kalitesinde olumlu değişikliklere sebep olabilmektedir (Dashti ve diğ., 2012). Buharlama uzun zamandır bazı okaliptüs türlerinde kurutma süresini azaltarak odun kalitesini artırmasından dolayı Avustralya'da kullanılan pratik bir uygulamadır (Comstock, 1965; Hansmann ve diğ., 2002). Hansmann ve diğ. (2002) atfen Nicholas ve Thomas (1968)'in *Pinus taeda* L. ağaç türü odununda kenarlı geçitlerin ultra- mikroskopik yapısında buharlamanın etkisini tespit etmeye çalıştıklarını belirtmişlerdir. Buharlama işlemine tabi tutulan ve tutulmayan örnekler arasında karşılaştırma yaparak geçit zarı yapısında hidroliz etkilerinin sebep olduğu önemli değişiklikler olduğunu ifade etmişlerdir. Buradaki hidroliz olayı; geçit zarlarında görülen belirgin bir zayıflama ve aspire olmuş geçitlerin torusu ve geçit kenarı arasındaki bağlanma direncinde bir azalma şeklinde gerçekleşmektedir (Hansmann ve diğ., 2002; Dashti ve diğ., 2012).

Yıldız ve diğ. (2008) emprenyesi güç Doğu ladini odununu suda çözünen emprenye maddeleri olan bakır azol (CBA- A) ve CCA ile emprenye ederek bakır retensiyonu ve basınç direnç değerleri üzerinde nitrik asit ve asetik asitin etkilerini incelemeye çalışmışlardır. Emprenye işleminden önce odun örnekleri iki farklı süre (3 ve 6 saat) boyunca 500 ml nitrik asit ve asetik asit çözeltilerine batırılarak bekletilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin ortalama bakır içerikleri, 3 saat boyunca nitrik asitte bekletildikten sonra CBA- A ve CCA ile emprenye edilen örneklere ait kontrol gruplarının haricindeki tüm kontrol gruplarına nazaran daha yüksek belirlenmiştir. Asetik asit daha düşük konsantrasyon da kullanılmasına rağmen nitrik asite nazaran daha iyi bir performans göstermiştir. En yüksek bakır içerik değerleri 6 saat asetik asit ile ön işleme tabi tutulduktan sonra CBA- A ve CCA ile emprenye edilen örnek gruplarından elde edilmiştir. Basınç direnç değerleri kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında ise genellikle çok az bir artış olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca basınçlı asit ön işleminin bazı suda çözünen emprenye madde çözeltilerinin (CBA- A ve CCA) retensiyonunu artırmada basınçsız asit ön işlemine nazaran daha etkili olduğu da vurgulanmıştır (Yıldız ve diğ., 2012).

Ladin veya göknar odunundan elde edilen direklerin CCB ile basınç salınım metodu uygulanarak yapılan 15- 20 saatlik emprenye sonunda Cu nüfuz derinliğinin radyal yönde 22

mm'ye ulaşabildiği görülmüştür (Messner ve diğ., 2003). Basınç uygulanması odunun nüfuz derinliğini artırır. Fakat aşırı basınç uygulamaları odun hücre çeperlerinde çökmeler meydana getirerek odun matriksinin hasarına sebep olur. Klasik odun koruma metotlarını 16 bardan daha büyük basınçlar uygulayarak gerçekleştirmek genellikle emprenye edilen odunun tamamen hasarına veya bozunmasına sebep olur (Drescher ve diğ., 2006).

Watanabe ve diğ. (1998) emprenyesi güç iğne yapraklı ağaç öz odunlarında geçit çatlaklarına ve kırılmalarına sebep olan radyal yöndeki ön basınç uygulamalarını incelemeye ve bununla birlikte sıvı nüfuzunun artırılmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Burada SEM ile yapılan incelemeler sonucunda Japon sediri, Duglas göknarı odunlarında göze çarpan çatlakların genellikle torusun geçit kenarından kendine özgü bir şekilde ayrılması neticesinde oluştuğu gözlenmiştir. Japon melezi ağaç türüne ait odunda ise sadece torusta küçük çatlaklar gözlenmiştir.

Öz odundaki sıvı akışını hızlandırmak ve artırmak amacıyla kapalı geçitlerin açılması gerekir. Bunun için uygulanması düşünülen metotlar arasında en kolayının ön basınç uygulamak olduğu düşünülür. Çünkü özel bir ekipman gerektirmez. Önceki çalışmalar göstermiştir ki uygun rutubet ve sıcaklıklarda gerçekleştirilen ön basınç uygulamaları önemli direnç kayıplarına neden olmaksızın istenen boyutlardaki odun örneklerinin kolay bir şekilde emprenye edilmesine ve nüfuz derinliğinin artırılmasına olanak sağlayabilir (Watanabe ve diğ., 1998). Japon melezi ve Duglas göknarı emprenyesi güç ağaç türleri olarak bilinir ve bu türleri Bethell metodu ile emprenye etmek oldukça zordur. Fakat bu ağaç türlerini ön basınç ve ekstraksiyon metotlarını kullanarak Japon sediri (sugi) odunuyla aynı derecede emprenye edebilmek mümkündür (Iida ve diğ., 2002).

2.6.1. Odun Yapısının Mekanik Olarak Delinmesi (Incising)

Delme işlemi biçilmiş odunlarda çok daha fazla uygulanır (Messner ve diğ., 2003). Avrupa ladini gibi emprenyesi güç türlerin odun yapısını mekanik olarak delmek ve sonrasında kurutma ve emprenye işlemi uygulamak iyi bir tekniktir. İğneler, matkaplar, yarık açma diskleri, lazerler ve su jetlerinin (ince, yüksek basınç ve hızla püskürtülen basınçlı su) farklı perforasyon (delgileme) sistemleri olarak kullanıldığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte odun yüzeyinde ve direnç kayıplarında fark edilebilir haldeki izler - belirtiler bazı odun ürünleri açısından dezavantaj olarak değerlendirilir. Bu amaçla mikrodalga işlemleri de denenmiştir. Bu teknik

de, sıvıların nüfuzunu kolaylaştıran kenarlı geçitlerin tahribatı ile muhtemelen mekanik özelliklerin olumsuz yönde değiştiği söylenebilir. Kuzey Amerika'da mekanik delme teknolojisi biçilmiş odunun ön işleminde geniş çapta kullanılmaktadır. Oysa Avrupa'da mekanik delme çoğunlukla ahşap direklerde hava- toprak temasının olduğu bölgelerle sınırlıdır (Lehringer ve diğ., 2009a). Ahşap direklerde oyma ve radyal yönde delme işlemleri uygulanır. Oyma işlemi boyuna yönde dik duran bir örnekte 5 / 8 ila 3 / 4 inç'lik (yaklaşık 1,5 cm ile 1,8 cm) derinliklerde direk yüzeyinin içerisine eşit aralıklı yarıklar oluşturmayı gerektirmektedir. Oyma işleminin amacı; başından sonuna kadar işlenmiş olan bölgenin koruyucu nüfuzunu sağlamaktır. Radyal delme ise basitçe oymaya benzer. Fakat oyukların daha derin olması ve daha büyük olması yönüyle ayrılmaktadır. Bu delme işlemi kurutmadan önce gerçekleştirilir. Bunun sebebi; direğin iç tarafında oyulan/ delinen boşlukların eşit oranda kurumasını sağlamak içindir. Çünkü direkler homojen bir şekilde kurumakta, kuruma stresleri de odunda homojen kurumalar olduğu zaman meydana gelmektedir. Bu işlem direğe uygulanan koruyucu maddenin etkisini artırmak için tasarlanmıştır (Gargiulo, 2000; Bakır, 2012). Bu işlem sadece ladin gibi emprenyesi güç olan (Benoit ve Sandoz, 2005) ağaç türlerinde uygulanır. Bunun haricinde yine ahşap direklerde koruyucu maddelerin nüfuz derinliğini artırmak için çentik açma (kerfing) işlemi de uygulanmaktadır. Çentik açma, kurutma işleminden sonraki işlemdir ve bu işlem kurutma stresini azaltmak için tasarlanmıştır. Bu azaltma yüzey çatlaklarının oluşmasının engellenmesiyle sonuçlanmakta ve koruyucu işlenmiş dış kısımdan ötesi de emprenye olabilmektedir. Bu durumda özellikle dar diri oduna sahip ağaç türlerinde toprak hattı civarında iç taraftaki çürüme vakasının azalmasıyla sonuçlanmaktadır (Gargiulo, 2000; Bakır, 2012) . Tel direklerinde çürümenin en fazla görüldüğü yer toprak hattı civarlarıdır (Wang ve Zabel, 1990; Bakır, 2012).

2.6.2. Biyolojik İşlemler

Biyoteknoloji genellikle yaşayan organizmalar veya yaşayan organizmalardan elde edilen parça ve kısımların teknik kullanımı olarak tanımlanır. Bununla beraber mikroorganizmalar, genetik olarak modifiye edilmiş organizmalar veya enzimlerin teknik kullanımı şeklinde de ifade edilir (Ek ve diğ., 2009). Mikrobiyal bozunmanın kontrollü olarak yapılması ve uygulanması da biyoteknolojik bir metottur. Bu teknikler odun modifikasyonunda kullanılabilmektedir. Enzimler, bakteriler ve mantarların iğne yapraklı ağaçların permeabilitesinin artırılması amacıyla kullanımına yönelik biyolojik düşünceler geliştirilmiştir (Lehringer ve diğ., 2009a). Biyolojik ön işlemlerin ekonomik ve ekolojik olduğu özel bir ekipman gerektirmediği ve

çevresel kirlenmelere sebep olmadığı belirtilmiştir (Kobayashi ve diğ., 1998b; Yıldız ve diğ., 2012).

2.6.2.1. Bakteriler

Ağaç malzemenin kullanım ömrünü artırmak için koruyucu madde nüfuzunun artırılması dolayısıyla odun permeabilitesinin iyileştirilmesi gerekir. Bu anlamda bakterilerin salgıladığı pektinazın rolü büyüktür (Clausen, 1995). Bakterilerin aktivitesi havuzlama (tomrukların su içerisinde uzun süreli olarak depolanması) esnasında iğne yapraklı ağaçların permeabilitesindeki iyileşmenin asıl sebebi olarak düşünülür (Lehringer ve diğ., 2009a). Bakteri bozunmasına maruz kalan odunda görülen normalden daha düşük pektin içeriği, hasara uğramış geçit zarlarını ve bununla beraber hücre lümeni ve geçit poruslarında yer alan inkrustasyon halindeki maddelerin kısmen de olsa uzaklaştırılmış olduğunu göstermektedir. Ayrıca permeabilitenin homojen olmayan değişimleri (Messner ve diğ., 2003), uzun süre işleme tabi tutmanın gerekliliği gibi durumlar da bu uygulamanın gelecekteki ticari kullanımına olanak tanımamaktadır (Lehringer ve diğ., 2009a).

Tomrukların su içinde bekletilmesi Kanada ladini (*Picea glauca* Moench) ağaç türüne ait odunlarda permeabiliteyi etkilemiştir. Yaklaşık 5 hafta suda bekletilen örneklerin basınç uygulanarak kreozot ile emprenye edilmesi neticesinde diri odunun tamamen emprenye edilebildiği görülmüştür. Su içerisinde 9 haftanın üzerinde bir bekletme söz konusu olduğunda ise permeabilitede bir artış olmadığı belirtilmiştir. Burada diri odunda kreozotun radyal yöndeki nüfuzunun artmasının öz ışını paranşim hücrelerindeki bakteri ve mantar saldırılarından kaynaklandığı ifade edilmiştir (Hansmann ve diğ., 2002).

Su içerisinde depolama, odun içerisinde sıvı hareketini hızlandırmak için uygulanan geleneksel bir ön işlemdir ve emprenyesi güç ağaç türlerine ait büyük tomruklarda uygulanmaktadır (Kobayashi ve diğ., 1998a; Messner ve diğ., 2003). Bu işlemde bakteriyel saldırılarla odun hücrelerinin bozunmaya uğratılarak delinmesi neticesinde sıvı hareketinin artırılması düşünülmüştür. Bakteriler kendi başlarına uzun bir mesafeyi kat edemezler. Yani bakterinin bir hücreden diğerine ilerlemesi veya diri odundan öz oduna ulaşması genellikle uzun zaman alır. Bu yüzden odun içerisinde bakterilerin nüfuz etmesi ve dağılımı için taşıyıcı bir sıvıya ihtiyaç vardır. Bakteriler tarafından uygulanan uzun süreli bir işlem odun direncinde azalmaya ve odun yapısının bozunmasına sebep olabilmektedir. İşlem süresinin kısaltılması için ise bakterilerin hızlı bir şekilde taşınımı önemlidir (Kobayashi ve diğ., 1998a).

Hansmann ve diğ. (2002) atfen Bolton ve Petty (1975) tarafından yapılan bir çalışmada su içerisinde bekletilen Sitka ladini odununda liflere paralel yönde gerçekleşen gaz permeabilitesinin tespit edilmeye çalışıldığını ifade etmişlerdir. Burada Sitka ladin odunu durgun su içerisinde batmayacak şekilde 5 ay boyunca bekletilmiştir. Daha sonra bir SEM mikroskopu kullanılarak kenarlı geçit zarlarının bozunması incelenmiştir. Bakteri bozundurması neticesinde geçit zarlarının tahribatından dolayı diri odun kısmında permeabilitenin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Fakat su içinde bekletme esnasında reçinelerin yıkanarak ortamdan uzaklaşmış olabilme ihtimalininde permeabilitenin daha yüksek belirlenmesinde etkisinin olabileceği vurgulanmıştır.

Naryanappa ve Sharma (1990) taze haldeki Avustralya çamı ve demir ağacı olarak bilinen ağacın (*Casuarina equisetifolia* L.) diri odun örneklerinin permeabilitesini atmosferik basınçta hem 2 saat buharlama işlemi uygulayarak (kabuğu soyulmamış halde) hem de 45 gün su içerisinde bekleterek (kabuğu soyulmuş halde) artırmayı başarmışlardır. Ayrıca ön buharlama işlemi Avustralya çamının emprenyesi güç öz odun kısmında permeabiliteyi artırırken su içerisinde bekletme işleminin öz odundaki permeabiliteyi artırma konusunda etkisiz olduğu belirtilmiştir. Bu durumda permeabilitedeki iyileştirmede ön buharlama işleminin su içerisinde bekletmeye nazaran daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Panigrahi ve diğ., 2018).

Yıldız ve diğ. (2012) atfen Ünlügil (1972) tarafından yapılan çalışmada emprenyesi güç Kanada ladini (*Picea glauca* (Moench) Voss) ağaç türüne ait diri odun kısmının kreozot ile tamamen emprenyesini sağlayabilmek için 5 - 9 hafta su içerisinde bekletmenin yeterli olduğunu ve bunun neticesinde de kreozot retensiyonunda % 155'e varan bir artma olduğunun tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Burada bakteri aktivitesi neticesinde emprenye edilebilirliğin artmasında temel faktör olarak da traheidler ve paranşim hücrelerine dikkat çekilmiştir.

Yıldız ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada Doğu ladini odununu bir bakteriyel (*Bacillus licheniformis* A1) ön işleme tabi tutarak iki farklı koruyucu olan CCA - C ve bakır azol Tip A (CBA - A) emprenye maddelerinin alınımını dolayısıyla ladin odununun emprenye edilebilirliğini artırmayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda da uygulanan bakteri türünün örneklerdeki bakır alınımı, ağırlık kaybı ve basınç direnci üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Tüm test gruplarında bakteri aktivitesi neticesinde meydana gelen ağırlık kayıplarının kısmen değişiklik gösterdiği görülmüştür. En yüksek Cu alınımları CCA - C (1466 ppm) ve CBA - A (2730 ppm) olarak belirlenmiştir. Bakteri aktivitesi neticesinde Cu alınımındaki artışın % 18

ila % 113 olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber basınç direncinde bakteri aktivitesi neticesinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Ancak görülen bu direnç kayıplarının bazı ahşap yapısal uygulamalarında kabul edilebilir düzeylerde olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada *Bacillus licheniformis* A1 bakterisinin emprenyesi güç odunların permeabilitesini artırmada iyi bir potansiyel teşkil ettiği ifade edilmiştir.

Kobayashi ve diğ. (1998a) bitki özsuyu akış (sap – flow) metoduyla daha kısa bir sürede yeni kesilen dikili ağaç odunları içerisinde bakterilerin taşınımını sağlamaya çalışmışlardır. Bu çalışmada altı adet dikili haldeki Japon sediri köke yakın dip kısmından kesilerek dalları ve yaprakları ayırılmadan içerisinde birçok bakterinin bulunduğu bir su göleti içerisine dip kısmı altta kalacak şekilde dik vaziyette yerleştirilmiştir. Göletteki suyun akışını onaylamak için aynı metotla diğer üç ağaç içerisine patent mavisi solüsyonu uygulanmıştır. Bitki özsuyu akış metoduyla boya solüsyonu 3 ila 7 gün içinde ağacın taç kısmına ulaşmıştır. Bakteri inoküle edilen ağaçlar daha sonra yatay vaziyette 6 ay süreyle su içerisinde bekletilmiştir. Bitki özsuyu akış metodu uygulanması sonunda ağacın dip kısmından yaklaşık 3 m yukarıdaki diri odun kısmına ait traheidlerde bile SEM incelemeleri neticesinde bakteri saldırılarından kaynaklı bozunmuş kenarlı geçit zarları gözlenmiştir. Bununla beraber diri odun öz ışını paranşim hücrelerinde de bakteri varlığı gözlenmiştir. Bakteriyel işleme tabi tutulan tomruklarda 8 saat sonra diri odun vasıtasıyla sulu boya solüsyonu alınımı bakteriyel işleme tabi tutulmayan (kontrol) tomruklara nazaran yaklaşık 8 kat fazla bulunmuştur. Bakteriyel işlemin bitki özsuyu akış metoduyla uygulanması işlem süresinin daha kısa olması nedeniyle havuzlama metoduna göre daha avantajlıdır.

2.6.2.2. Enzimler

Biyoteknolojik yöntemleri kullanan Nicholas ve Thomas (1968) ve Militz (1993a, 1993b) gibi bazı araştırmacılar enzimlerin kullanılarak iğne yapraklı ağaçların permeabilitesinin artırılmasına yönelik incelemeler yapmışlardır (Lehringer ve diğ., 2009a). Pektinazlar, selülazlar ve hemiselülazların aktivitesi geçit zarlarının kısmi bozunmasıyla sonuçlanmıştır. Avrupa ladini diri odunu ve öz odununun permeabilitesi farklı enzimlerin kullanıldığı bir karışım ile artırılmıştır. Ayrıca, bakteriyel işlemdeki gibi artmış bir permeabilite elde etmek için birkaç haftalık inkübasyon süresi gereklidir. Bununla birlikte enzim aktivitesindeki lokalize farklar tutarsız sonuçlara sebep olmaktadır. Bakterilerin ve enzimlerin kuru haldeki odun içerisine girişi farklıdır. Çünkü aspirasyona uğramış geçitler mikrobiyal süspansiyonların hızlı

ve yeknesak- düzenli bir şekilde girişini engeller. Dahası, prosesin endüstriyel uygulamaya uygun bir şekilde ölçülendirilmesi ve kontrolü zor olduğundan başarısız olmuştur (Lehringer ve diğ., 2009a).

Durmaz ve Yıldız (2016) yaptıkları çalışmada permeabilitesi düşük ağaç türlerinden biri olan Doğu ladini diri odun örneklerini enzimatik muameleye tabi tutarak, permeabilitesini artırmaya çalışmışlardır. Geçit zarları, komşu hücreler arasındaki su iletiminin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Doğu ladini geçitleri, lif doygunluk noktası altındaki rutubetlerde kapanmaya meyillidirler. Bu durum odundaki sıvı iletimini engelleyerek, emprenye işlemini zorlaştırmaktadır. Geçitlerin kimyasal yapısı selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve fenolik bileşiklerden oluşmaktadır. Torusun yüzeyini pektin maddesi kaplamaktadır. Bioprep 3000 L, Viscozyme L, Texazym BFE, Texazym DLG enzimleri tekstil endüstrisinde, lignoselülozik materyalin uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılan enzimlerdir. Enzimatik muamele ile kapalı geçitlerin yapısı tahrip edilerek açılması hedeflenmiştir. Çalışmanın sonucunda, enzimatik muamele ile ladin odununun retensiyon ve nüfuz derinliği değerlerinde artışlar elde edilmiştir. Farklı karışımlardan oluşan enzimler ile muamele edilen örneklerin retensiyon ve nüfuz derinliği değerlerinde daha fazla artış meydana gelmiştir (Durmaz ve Yıldız, 2016).

2.6.2.3. Mantarlar

Odun permeabilitesini artırmak için biyolojik canlıların kullanımı ’biyolojik delme’ olarak ifade edilmektedir. Biyolojik canlılardan olan mantarlar türlerine göre odunun temel bileşenleri ve ekstraktif maddeler üzerinde farklı etki mekanizmalarına sahiptirler. Biyolojik delme işlemi ağaç türüne, mantar türüne ve mantar kolonizasyon periyoduna bağlıdır. Genellikle belirli bir süre biyolojik delme işlemine tabi tutulan odunda geçirgenlik artmakla beraber direnç ya da sertlikte azalmalar gözlenebilmektedir. Bazı bakteriler veya mantarlar tarafından gerçekleştirilen biyolojik delme işlemi neticesinde önemli olan geçit zarlarının bozunmuş yani aspire olmayan hallerinin kalıcılığını koruyabilmektir (Yıldız ve diğ., 2012).

İzole edilmiş enzimlerin aksine, kolonizasyon esnasında odun substratı içerisine beyaz çürüklük mantarlarının hüfleri vasıtasıyla spesifik enzimler taşınabilir. Hüfler genelde besince zengin paranşim hücrelerini ve öz ışınlarını takip ederler ve buradan da bitişik traheidlere öncelikle basit veya kenarlı geçitler vasıtasıyla ya da hücre çeperlerinde oyuklar açarak ilerlerler. Substrat kolonizasyonunun ilk periyodu esnasında salgılanan enzimler geçit zarlarının kimyasal yapısını değiştirir ve odun matriksinin direnç özellikleri üzerinde negatif bir etki oluşturmaksızın seçici

bir bozunma sağlarlar. *Trichoderma, Dichomites* ve *Phanerochaete* suşları ile enfekte olmuş Avrupa ladini üzerinde yapılan incelemeler diri odunun permeabilitesinde bir artış olduğunu göstermiştir. Oysa öz odun üzerindeki etkisi bu anlamda önemsiz bulunmuştur. Aslında bir beyaz çürüklük mantarı (*P. vitreus*) ile Avrupa ladini ve Avrupa göknarının 6 haftalık inkübasyonu sonucunda hem diri hem de öz odunda önemli bir permeabilite artışı olduğu ortaya konulmuştur. Aynı zamanda darbe bükülme direnci önemsiz sayılacak derecede azalmıştır. Bu işlem daha sonra patentlenerek (Schwarze ve diğ., 2006) biyolojik delme (biyoincising) olarak isimlendirilmiştir (Lehringer ve diğ., 2009a).

Basidiomycete sınıfına ait mantarların suya doygun haldeki odunda çürüklük yapabildiğine dair raporlar sınırlıdır. Bazı mantar türlerinin çürüklük mekanizması optimum rutubet seviyelerinin üzerindeki odunlarıda çürütebilmelerine olanak sağlar. Saprofit beyaz çürüklük mantarları arasında yer alan *P. vitreus* ve *Donkiporia expansa* (Desm.) Kotl & Pouz. mantarları bu anlamda eşsizdirler. Çünkü bu mantarlar çok yüksek rutubet içeriğine sahip odunları bile çürütebilirler (Schwarze ve Landmesser, 2000). Su soğutma kulelerindeki keresteler en fazla Ascomycete sınıfına ait yumuşak çürüklük mantarları tarafından çürütülür. Fakat Basidiomycete sınıfına ait olan ve beyaz çürüklüğün özel bir şekli olan lifli beyaz delikçikli çürüklük meydana getiren *P. vitreus* mantarınında su soğutma kulelerinde kullanılan suya doygun haldeki keresteleri çürütebildiği görülmüştür (Schmidt ve diğ., 1997; Schwarze ve Landmesser, 2000; Schwarze, 2007). Bununla beraber *P. vitreus* mantarının çapraz halde istiflenmiş olan çam kerestelerinin sadece iç kısmında havasız kalan odun kısımlarını çürüttüğü gözlenmiştir. Bu mantarın bazı izolatları (toprak, su, bitki ve hayvan gibi çeşitli doğal ortamlardan ya da karışık bir kültürden elde edilen saf mikroorganizma) Orta Avrupa göknarı (*Abies alba* Mill.) ve Avrupa ladini öz odununda önemli direnç kayıplarına neden olmadan kenarlı geçit zarlarını hidrolize ederek önemli permeabilite değişikliklerine sebep olurlar. Permeabilitede dikkat çeken niteleyici değişiklikler mavimsi bir boya olan Neolan Glaucin E-A'nın delikçikli odun yapısı içerisine alınımından sonra anlaşılmıştır. *P. vitreus* ile inkübe edilen Orta Avrupa göknarı test blokları içerisindeki boya alınımının homojen bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Fakat bu alınım ve homojenlik Avrupa ladininde daha azdır. FE-SEM ile yapılan çalışmalarda geçit zarlarının öncelikli olarak bozundurulduğunu Neolan Glaucin E - A boyasının alınımı ortaya çıkarmıştır. Neolan Glaucin E - A boyası ile boyanan odun kısımlarındaki kenarlı geçitlerin ve karşılaşma yeri geçitlerinin tamamen veya kısmen hidrolize olduğu oysa boyanmayan odun kısımlarındaki kenarlı geçitlerin ise sağlam olduğu

görülmüştür. Hüfler geçit zarları ve geçit poruslarından geçtikten sonra geçit odasını bozundurmaktadırlar. Bozunma geçit zarının kalınlaşan kısmından yani torustan başlamaktadır. Hüfler üzerinde belirli aralıklarla kalsiyum oksalat kristalleri gözlenmiştir. Orta Avrupa göknarında kalsiyum oksalat kristallerinin sık sık hüflere yakın kısımlardaki kenarlı geçitlerde biriktiği gözlenmiştir. *P. vitreus* mantarı vasıtasıyla öz odun içerisindeki ligninleşmiş geçit zarlarının öncelikli olarak bozunması ilginç bir işlemdir ve bu işlemin Odun Koruma Endüstrisi açısından yararlı olabileceği de aşikârdır (Schwarze ve diğ., 2006). Biyolojik delme amacıyla kullanılan *P. vitreus* mantarının bu istisnai odunu bozundurma şekli aynı zamanda önemsiz direnç kayıplarıyla sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte emprenyesi güç odun türlerinde (örneğin; Avrupa ladini) odun modifikasyon maddelerinin ve emprenye maddelerinin alınımını da artırmaktadır (Schwarze ve Schubert, 2011; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2014).

Biyolojik delme yöntemi olarak adlandırılan işlem, Basidiomycete sınıfından olan *P. vitreus* mantarının kullanılmasıyla odunun bir mantar aktivitesine maruz bırakılarak permeabilitesinin artırılmasına yönelik yeni biyoteknolojik bir uygulamadır. *P. vitreus* mantarı ilk olarak çok nemli büyüme şartlarının olduğu soğutma kulelerinin yapısında bulunan odundan izole edilmiştir ve oldukça değişik bir Basidiomycete sınıfı mantardır. Fakat tipik bir beyaz çürüklük mantarı olarak tanımlanmıştır. *P. vitreus* ile yapılan başka çalışmalar kolonizasyonun ilk aşamalarında pektince zengin geçit zarlarının tercihen bozunmasına ve selektif delignifikasyona karşı olan eğilimlerini ortaya çıkarmıştır (Lehringer ve diğ., 2009b; Lehringer ve diğ., 2010; Schubert ve Schwarze, 2011), biyoteknolojik yöntemler arasında yer alan biyolojik delme işleminin odunda sıvı modifikasyon maddelerinin alınımı üzerindeki etkilerini tespit etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada 3 x 4 x 1,5 cm (boy x genişlik x yükseklik) hacmindeki Avrupa ladini odun örneklerini *P. vitreus* mantarıyla 6 hafta süreyle inkübe etmişlerdir. Daha sonra hem biyolojik delme uygulanmış hem de uygulanmamış olan örneklerin hidrofobisitesini ve yanma direncini artırmak için bir dizi odun modifikasyon maddesiyle işleme tabi tutmuşlardır. Sulu çözeltiler ahşap materyale fırçayla sürme, daldırma (30 dak.) ve vakum emprenyesi (20 dak. 7 mbar) şeklinde uygulanmıştır. Burada 5 adet hidrofobizasyon ajanı ve 3 adet yangın geciktirici emprenye maddesi kullanılmıştır. Örneklerde liflere paralel yönde aşırı emprenye madde alınımını engellemek için enine kesit yüzeyleri işlemden önce bir poliüretan kaplayıcı ile kapatılmıştır. Mikroskopik analiz için tüm numuneler flouresans özellik taşıyan Rodamin boyar maddesi ile boyanmıştır. Örneklerin aldığı kimyasal madde miktarı

işlem sonrası gravimetrik (Karışımlardaki maddeleri çeşitli reaktiflerle çöktürüp, ayırdıktan sonra tartarak miktarlarını belirleme yöntemi) olarak ölçülmüştür. Daha sonra örnekler nüfuz derinliğinin tespiti için enine yönde kesilmiş ve sonrasında ise bir mikrotom bıçağı ile tıraşlanmıştır. Yanma direnci, işleme tabi tutulan örneklerin 3 dakika süreyle propan alevine yatay bir şekilde maruz bırakılması yoluyla belirlenmiştir. Yanma sonucu oluşmuş olan kömürleşmiş tabaka kaldırıldıktan sonra kütle kaybı gravimetrik olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak; biyolojik delme işlemine 6 hafta süreyle tabi tutulan Avrupa ladini odununda vakum uygulamasından sonra sıvı maddelerin alınımı artmıştır. Bu etkinin sebebi; *P. vitreus* aktivitesi neticesinde kenarlı geçitlerin seçici bozunmaya uğraması olarak kabul edilir. Fakat biyolojik delme işlemi yanma direnci üzerinde negatif bir etki göstermiştir. Bu durum büyük ihtimalle mantar aktivitesinin sadece kenarlı geçitleri bozundurmaması aynı zamanda daha içteki sekonder çeperin de delignifikasyonuna sebep olmasından kaynaklanmaktadır. Biyolojik delme işlemindeki *P. vitreus* mantar aktivitesinin hücre çeperi üzerinde de bozunmaya sebep olabileceği ihtimali gelecek çalışmaların konusu olabilir (Lehringer ve diğ., 2009b).

Schubert ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada biyolojik delme işlemine tabi tutulmuş ve tutulmamış Avrupa ladini öz odunu örneklerini odun çürüklük mantarları (beyaz ve esmer çürüklük) ve mavi renk mantarlarına maruz bırakarak direnç değerlerini tespit etmeye çalışmışlardır. Daha sonra biyolojik delme işlemine tabi tutulmuş ve tutulmamış olan numuneler 6 farklı emprenye maddesi ile vakum altında veya daldırma yöntemiyle emprenye edilmiştir. Böylece gravimetrik olarak emprenye madde alınımı belirlenmiştir. Bununla beraber odun içerisine nüfuz edebilen 3- iyot- 2- propinil bütil karbamat (IPBC) nüfuz derinliği yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) yardımıyla analiz edilmiştir ve odun direnci EN 152 ve EN 113 Avrupa standartlarına göre belirlenmiştir. Sonuçlar biyolojik delme işlemine tabi tutulmuş emprenyesiz odun ve biyolojik delme işlemine tabi tutulmamış kontrol odunlarının mavi renklenmeye karşı farklı bir tutum sergilemediğini ortaya koymuştur. Ancak odun çürüklüğüne karşı hassasiyetinde önemli ($P<0,05$) bir artış kaydedilmiştir. Biyolojik delme işlemine tabi tutulmuş odun örneklerinde birbirinden farklı tüm odun koruyucu maddelerin alınımında önemli bir artış tespit edilmiştir. Ayrıca HPLC metoduyla IPBC'nin biyolojik delme işlemine tabi tutulmuş odunda kontrol örneklerine nazaran daha derine nüfuz ettiği belirlenmiştir. Biyolojik delme işlemine tabi tutulmuş odun içerisine emprenye maddesi alınımının artması beyaz ve esmer çürüklük mantarlarına karşı daha yüksek bir direnç sağlamıştır. Ayrıca mavi renk mantarları tarafından meydana getirilen renk değişimine karşı az da olsa bir koruma

sağlandığı kaydedilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ilk kez *P. vitreus* mantarının biyoteknolojik bir uygulamayla emprenye maddelerinin nüfuz derinliğinin artırılmasında kullanılabileceğini göstermiştir (Schubert ve diğ., 2011).

Danihelová ve diğ. (2018) bir odun renk mantarı olan *Sydowia polyspora* ile Avrupa ladini diri odun örneklerini 24 hafta boyunca biyolojik ön işleme tabi tutma sonucu odunun permeabilitesi, yoğunluğu ve dinamik elastisite modülü üzerinde meydana gelen etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada *S. polyspora* mantarının seçilmesinin nedeni; bu mantarın odun kimyasal polimerlerini bozundurmayıp sadece öz ışını paranşim hücre lümenlerindeki depo maddelerini bozundurması ve kenarlı geçit çiftlerini tahrip edebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Biyolojik ön işleme tabi tutulduktan sonra kurutulan ladin diri odun örneklerinin boyuna permeabilite katsayısının (*K*) yaklaşık olarak 5 kat arttığı ($0{,}362x10^{-12}$ değerinden $1{,}861x10^{-12}$ değerine yükseldiği) tespit edilmiştir. Ayrıca ladin diri odununda liflere paralel yön boyunca yoğunluk ve dinamik elastisite modülündeki değişimler de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yoğunluk ve elastisite modülündeki değişimlerin önemsiz bulunması uygulanan biyolojik ön işlemin pratikte kullanılabilmesi açısından önem arz etmektedir (Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Gilani ve Schwarze, 2014).

Odun hücre çeper karbonhidratları pektin, hemiselüloz ve selüloz olmak üzere 3 ana gruba ayrılır. Hücre çeperindeki bu makro - moleküller su depolama ve bağlama konusunda farklı özelliklere sahiptirler. Bu makro - moleküller su tutma veya bağlama kapasitelerine göre şöyle sıralanırlar; pektin > hemiselüloz > selüloz > lignin. Odun içerisinde bulunan pektin miktarı düşük seviyelerde olmakla beraber bazı ağaç türlerinde; Ak meşe (*Quercus alba* L.): % 2,7; Amerikan kayını (*Fagus grandifolia* Ehrh): % 1,8; Kırmızı Amerikan meşesi (*Quercus rubra* L.): % 1,6; Amerikan karaağacı (*Ulmus americana* L.): % 1,6 seviyelerindedir (Rowell, 2005). Pektin hücreye mekanik destek sağlamakla beraber hücre adezyonunu da etkiler. Farklı miktarlarda metilesterlere sahip olan pektinler hücre çeperinde farklı dağılımlar gösterir. Örneğin; primer hücre çeperi ve orta lamel yüksek seviyelerde pektin içerirken sekonder hücre çeperinde pektin çok düşük seviyelerdedir. Bununla beraber birleşik orta lamel de odun hücre tabakaları içerisinde lignince en zengin olanı olup selüloz ve pektinde ihtiva eder (Ek ve diğ., 2009). Ayrıca pektin, geçit yapısında, hücre köşelerinde, öz ışını paranşim hücrelerinde ve reçine kanalını çevreleyen epitel hücrelerinde de bulunur. Kalsiyum odunda her zaman pektik yapılar içerisinde dolayısıyla geçit zarlarında da mevcuttur (Green III ve diğ., 1997). Selektif

delignifikasyonda lignin ve hemiselülozlar öncelikli olarak sindirilir. Hücre çeper bileşenlerinden selüloz ya bir sonraki safhada bozundurulur ya da lignin ve hemiselüloz tükenene kadar bozunma devam eder (Lehringer ve diğ., 2010).

Volkmer ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada Avrupa ladini ve sarıçam diri odununda su bazlı kaplama sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir biyosit olan IPBC maddesinin nüfuz derinliğini incelemişlerdir. Her iki ağaç türüne ait işleme tabi tutulmayan ve *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutulan odun örneklerindeki IPBC nüfuz derinliği, *Aureobasidium pullulans* ve *Sclerophoma pithyophila* ile inkübasyon sonrasında mavi renklenmenin mevcut olup olmadığına göre analiz edilmiştir. *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutmanın substrat yüzeyini daha porlu bir hale getirmesinden dolayı sıvı nüfuz derinliğini artırmış olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada 6 ay boyunca dış hava koşullarına maruz bırakılan örneklerin tüm analitiksel incelemeleri yapılmıştır. Sarıçamda ölçülen IPBC alınımı tüm örneklerin yüzeylerinde benzer bulunmasına rağmen *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutulan örneklerde nüfuz derinliği daha yüksek tespit edilmiştir. Mavi renklenme mantarlarının odundaki kolonizasyon yapısı ön işleme bağlı olmasına rağmen IPBC içeriği ve renklenme arasında belirgin bir korelasyon gözlenmemiştir. *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutulan örneklerin enine kesitlerinde tamamen bir renklenme gözlenirken, ön işleme tabi tutulmayan örneklerin enine kesitlerinde mavi renklenme gözlenmemiştir. Avrupa ladininde ölçülen IPBC alınımı tüm örneklerin yüzeylerinde benzer bulunmasına rağmen *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutulan örneklerde nüfuz derinliği daha yüksek tespit edilmiştir. Sarıçamda olduğu gibi *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutulan ve tutulmayan örnekler arasında IPBC içeriği ve renklenme arasında belirgin bir korelasyon gözlenmemiştir. Sonuçlar göstermiştir ki sadece IPBC'nin varlığı değil aynı zamanda *P. vitreus* mantarı ile ön işleme tabi tutulan örneklerdeki bir dizi faktörde *Aureobasidium pullulans* ve *Sclerophoma pithyophila* kolonizasyonunu etkilemektedir.

2.6.3. Biyolojik İşlemlerin Odunun Anatomik ve Kimyasal Yapısında Meydana Getirdiği Değişiklikler

Biyolojik işlemlerin ladinin farklı odun kısımlarında (diri ve olgun odun) meydana getireceği çürüklük ve bozunmaların daha iyi yorumlanabilmesi için bu odun kısımlarının kimyasal yapısı hakkında bilgi sahibi olmanın faydalı olacağı düşünülmüştür. Bertaud ve Holmbom (2004) yaptıkları çalışmada Avrupa ladinine ait bir gövdenin enine kesiti boyunca odun bileşenlerinin

nasıl dağıldığına değinmişlerdir. İlkbahar ve yaz odunu tabakalarına ait ince örnekler özel mikro ölçekli analitik teknikler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler neticesinde de olgun odunun diri oduna nazaran daha fazla lignin ve daha az selüloz içerdiğini belirlemişlerdir. Toplam hemiselüloz içeriğinin radyal yön boyunca aynı olduğunu fakat şeker birimlerinin farklı dağılış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Arabinoglukoronoksilan ve pektinlerin miktarının olgun odunda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Diri odun ve olgun odun arasında geçiş zonu olarak adlandırılan kısmın spesifik bir bileşime sahip olduğunu lipofilik ekstraktifler ve lignin miktarının diri odun ve olgun oduna nazaran daha az olduğunu ifade etmişlerdir. İlkbahar ve yaz odunu tabakaları arasında hemiselülozlardaki şeker birimlerinin dağılımında önemli farklar tespit etmişlerdir. Yaz odunu tabakası belirgin bir şekilde daha fazla galaktoglukomannan daha az da pektin içerir. Lipofilik ekstraktiflerin ise yaz odunu tabakasında daha az olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Raiskila (2008) Avrupa ladini olgun odunundaki lignin ve fenolik bileşenlerin içeriğinin diri oduna nazaran daha yüksek olduğunu ifade etmiştir.

Odunda birkaç biyolojik bozunma tipi olduğu kabul edilmektedir. Bunlar; mantar çürüklüğü, bakteri bozundurması ve böcek hasarıdır. Bunlardan en yaygın görüleni ve en önemlisi mantar çürüklüğüdür. Özellikle beyaz ve esmer çürüklük mantarları tarafından meydana getirilen çürüklükler daha önemlidir. Odunda görülen beyaz, esmer ve yumuşak çürüklük tamamen mantarların enzimatik sistemleriyle ilişkilidir. Bu enzimler odun hücre çeperine nüfuz ederler ve hücre çeper polimerlerini bileşenlerine ayırarak odunun kimyasal yapısını değiştirirler. Odunda mantar çürüklüğünü görsel hale getirmek için farklı metot ve teknikler (NMR ve FTIR spektroskopi, GC-MS spektroskopi, ışık, polarize ve elektron mikroskopları vb.) uygulanmıştır. Bu uygulamalar yorucu ve zaman alıcı metotlardır (Mohebby, 2005).

Işık mikroskopu ve elektron mikroskopu odun çürüklük mantarlarının incelenmesinde kullanılan en yaygın metotlardandır. Fakat bu geleneksel teknikler vasıtasıyla odun içerisinde mantarların ipliksi (filamentöz) yapısını 3 boyutlu olarak görselleştirmek ve sayısallaştırmaya çalışmak zordur. Schubert ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada katma değerli odun ürünleri elde etmek amacıyla kullanılan çok amaçlı *P. vitreus* mantarının 3 boyutlu mikroskopik hüf gelişiminin kantitatif olarak görüntülenebilmesi yönünde konfokal lazer tarama mikroskopunun daha da geliştirildiğini ifade etmişlerdir. Bu amaçla *P. vitreus* mantarı floresan özellikteki bir boya olan Alexa flüor ile boyanmıştır. Konfokal lazer tarama mikroskopu ile elde edilen 3 boyutlu bilgilerin, odun çürüklük mantarlarının büyüme ve gelişme davranışlarının daha hassas

bir şekilde gözlenmesi amacıyla matematiksel modeller geliştirilmesine temel teşkil edebileceğinden bahsetmişlerdir.

Lehringer ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada hücre çeperlerinin ve geçitlerin yapısı üzerindeki mantar aktivitesini analiz etmek için Avrupa ladini diri odun ve olgun odununu 3, 5, 7 ve 9 hafta süreyle *P. vitreus* mantarına maruz bırakmışlardır. İnkübasyon aşamasından sonra odun örneklerinin mikroskopik yapısını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada *P.vitreus* mantarının odundaki kolonizasyonu esnasında yüksek bir heterojeniteye sahip olan traheid hücre çeperlerinde hem selektif bir delignifikasyonun (I. Tip beyaz çürüklük) hem de yumuşak çürüklük Tip-I ve Tip-II'nin meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Traheid hücre çeperlerindeki boşluklar, oyuklar ve çentiklerin oluşumu ile eş zamanlı oluşan geçit zarı bozunmaları görülmüştür. *P. vitreus* mantar aktivitesinin diri odunda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fakat olgun odunda dikkate değer bir etki kaydedilememiştir. Sonuçlar odunda daha homojen bir kolonizasyonun sağlanması ve traheid hücre çeperleri üzerinde mantar aktivitesinin olumsuz etkilerinin azaltılması için inkübasyon şartlarının optimize edilmesi gerektiğini göstermiştir.

P. vitreus mantarının odundaki kolonizasyonu esnasında yüksek bir heterojeniteye sahip olan traheid hücre çeperlerinde hem selektif bir delignifikasyonun (I. Tip Beyaz çürüklük) hem de yumuşak çürüklük Tip-I ve Tip-II'nin meydana gelmesine (Lehringer ve diğ., 2010) benzer bazı durumlar söz konusudur. *Fistulina hepatica* (Ciğer mantarı) mantarının bozundurma şekli meşede farklı hücre tiplerinin evrimsel durumunu yansıtabilmektedir. Yani primitif lif taheidlerinde esmer çürüklüğe sebep olabilirken daha gelişmiş libriform liflerinde yumuşak çürüklüğe sebep olabilmektedir. Bazı araştırmacılar odun çürüklük şeklinin zamanla yavaş yavaş evrimleştiğini yani yumuşak çürüklükle başlayarak beyaz çürüklüğe ve sonrasında da esmer çürüklüğe evrimleştiğini varsaymaktadırlar. Meşedeki *F. hepatica* mantarının bozundurma şekilleri daha primitif ve daha gelişmiş hücre tipleri içerisinde bulunan lignin bileşenlerinin farklılaşmasıyla beraber gerçekleşen bir adaptasyonu yansıtabilmektedir. *F.hepatica* mantarının meşede odun direnci üzerindeki etkileri uzun kolonizasyon periyotlarının ardından hücre çeper bozunmalarının başlamasıyla önemli hale gelmektedir. Bu periyotta mantar muhtemelen besinlerinin çoğunu öz odunda bulunan hücrelerin fenolik bileşenlerinden elde etmektedir. *F. hepatica* mantarına benzer bir yumuşak çürüklük modelide bir esmer çürüklük mantarı olan *Coniophora puteana* mantarının yüksek rutubet içeriğine sahip

sapelli (*Entandrophragma cylindricum* Sprague) odunundaki kolonizasyonunda tespit edilmiştir (Schwarze, 2007).

Lehringer ve diğ. (2011a) yaptıkları çalışmada *P. vitreus* mantarıyla uygulanan 3 ila 9 hafta arasındaki inkübasyon sürelerinde yaz odunu tabakası traheidlerindeki hücre çeper tabakalarının delignifikasyonunu çalışmak için hücresel UV-Mikrospektrofotometrisi kullanmışlardır. Bu teknik sayesinde, yaz odunu tabakası traheidi sekonder çeperinde delignifikasyonun devam ettiği kanıtlanmıştır. Dahası, hüfler vasıtasıyla açılan galeriler, oyuklar ve yarıklara yakın olan lokal delignifikasyon yerleri belirgin bir şekilde görülmüştür. Bununla birlikte mekanik değişiklikler makroskopik seviyede Brinell sertlik testi vasıtasıyla, hücresel seviyede ise nano – iz (nano – indentasyon) testi vasıtasıyla ölçülmüştür. Brinell sertlik durumu inkübasyon süresinin artmasıyla önemli derecede azalmıştır. Bu durum kısmen delignifikasyona bağlanmıştır. Brinell test sonuçlarından farklı olarak nano- indentasyon test sonuçları, bu tekniğin yüksek uzamsal çözünürlüğü ve odun materyalinin heterojenitesinden dolayı mantar aktivitesinden açık bir şekilde etkilenmediğini göstermiştir.

P. vitreus (Pers.) P.Karst ve *Xylaria longipes* Nitschke beyaz çürüklük mantarları bir müzik aleti olan keman yapımında kullanılan Avrupa ladini ve dağ akçaağacı (*Acer pseudoplatanus* L.) gibi emprenyesi güç odun türlerinin yoğunluğunda bir düşüşe neden oldukları halde odunun mekanik özellikleri ve ses iletim hızı üzerinde önemli değişikliklere sebep olmazlar. Böylece hücre çeperlerinin seçici delignifikasyonu sayesinde odun rezonansının (sesi yansıtma-çınlama) akustik özelliklerini de iyileştirebilmektedirler (Gilani ve diğ., 2014; Gilani ve Schwarze, 2014).

Gilani ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada kemanın üst ve alt tabakalarının yapımında kullanılan Avrupa ladini ve dağ akçaağacı türlerine ait odunların akustik özelliklerini iyileştirmek amacıyla *P. vitreus* ve *X. longipes* beyaz çürüklük mantarlarına maruz bırakıldıklarında bahsedilen ağaç türlerinin odun yoğunluğunda azalmalar görüldüğünü ifade etmişlerdir. Aynı zaman da yoğunluktaki bu azalmanında akustik özellikleri iyileştirebildiğinden bahsetmişlerdir. Sözü edilen araştırmacılar her iki beyaz çürüklük mantarı ile inkübasyon sonrasında Avrupa ladini ve dağ akçaağacı odunlarının yoğunluk dağılımındaki değişimleri ve odunun 3 boyutlu yapısını mikro seviyede incelemek amacıyla senkrotron X-ışını mikrotomografiyi kullanmışlardır. Farklı inkübasyon sürelerine maruz bırakılan odunlardan elde edilen mikrotomografi verileri analiz edildikten sonra bu veriler hücre çeperi seviyesindeki

değişiklikleri ve odun yoğunluk haritasını ortaya koymak amacıyla kontrol örnekleriyle karşılaştırılmışlardır. Avrupa ladini ve dağ akçaağacı odunlarının her ikisinde de ilkbahar ve yaz odunu tabakalarının yoğunluğu arasındaki farklarla beraber öz ışınları ve çevrelerindeki kenarlı geçitler incelenmiştir. Bahsi edilen çalışmada *P. vitreus* ve *X. longipes* mantarlarına ait 3 boyutlu hüfsel ağlar hücre lümeninin iç kısmında gözlendikten sonra farklı inkübasyon periyotlarından sonra ilkbahar ve yaz odunu tabakası hücreleri üzerinde bu hüfsel ağların önemi tartışılmıştır. Mevcut çalışma, biyolojik sistemlerin geniş bir çeşitliliğe sahip olan hem kalitatif hem de kantitatif çalışmalarında X-ışını mikrotomografi cihazının kullanılabilirliğini resimlerle anlatmakla beraber cihazın yüksek hassasiyetinden dolayı da küçük yapısal değişikliklerin ölçülebileceğini göstermektedir.

Gilani ve Schwarze (2014) yaptıkları çalışmada keman yapımında kullanılan Avrupa ladini ve dağ akçaağacı türlerini *P. vitreus* ve *X. longipes* mantarlarına maruz bıraktıktan sonra bu ağaç türlerinin higroskopik özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. Odunun şişme ve rutubet sorpsiyon kapasitesi yıllık halka ölçeğinde termal nötron radyografi analiz kullanılarak görsel ve kalitatif olarak hesaplanmıştır. Uygulanan biyolojik işlem Avrupa ladini ve dağ akçaağacı türlerinde sadece boyutsal stabiliteyi iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda bu ağaç türlerinin rutubet adsorpsiyon kapasitesini de artırmıştır. Laboratuvar koşullarında odun numunelerinin boyutsal değişimlerinin ölçülmesiyle elde edilen sonuçlar ve dinamik buhar sorpsiyon test sonuçları ile nötron radyografi analiz sonuçları birbiriyle oldukça uyumludur. Biyolojik delme işlemine tabi tutulan ve tutulmayan (kontrol) örneklerin rutubet sorpsiyonları arasındaki temel fark bağıl nemin yüksek olduğu (örneğin; % 75 ve üzeri) zamanlarda gözlenmiştir. Artan higroskopisite ve azalan şişme arasındaki çelişki, mantarların hücre çeperlerinde meydana getirdiği çürüme esnasında oluşan kapiler boşluklardaki rutubetin yoğunlaşması ve odun kimyasal bileşenlerinin seçici bozunması ile açıklanmıştır.

Fuhr ve diğ. (2012a) yüksek çözünürlüklü X ışını hesaplanmış tomografik mikroskop (X-ray computed tomographic microscopy) kullanarak *P. vitreus* mantarına maruz bırakma neticesinde Avrupa ladini odununun mikroskopik yapısında bozunan kenarlı geçitler, yapısal kusurlar, hüfler ve meydana gelen değişiklikleri hücre çeper bileşenlerinin sayısallaştırılması ve otomotik lokalizasyon yoluyla tespitine yönelik bir metot geliştirmişlerdir. Işık veya lazer tarama mikroskopu gibi odun anatomisiyle ilgili klasik ve hasara sebep olan metotlara nazaran bu metot; odun numuneleri içerisindeki traheidlerin hücre çeper bileşenlerinin özelliklerinin

(örneğin; alan, oryantasyon ve boyut dağılımı) ilk kez hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Bu hesaplama, odun direnci ve permeabilite gibi özellikler üzerinde mikroskopik hücre çeper bileşenlerinin etkilerini tespit etmek açısından önem teşkil etmektedir. Gelecekte Avrupa ladini odun örneklerinde *P. vitreus* mantar aktivitesinin farklı inkübasyon periyotlarında düzenli olarak ölçülebileceği ve *P. vitreus* mantarının hücre çeper yapısında meydana getirdiği değişiklikler ve bozunmalarında modellenebileceği görülmektedir.

Fuhr ve diğ. (2013) bir matematiksel model kullanarak biyolojik delme olayının nasıl meydana geldiğini ve hangi faktörlerden etkilenebileceğini göz önüne alarak açıklamaya çalışmışlardır. Çünkü *P. vitreus* mantarıyla biyolojik delme işlemi uygulanan Avrupa ladini gibi emprenyesi güç ağaç türlerinde birçok faktör (odunun kimyasal bileşimi, çevresel faktörler, mantarın gelişim hızı, nüfuz edebilme hızı, nüfuz edebilme kapasitesi, nüfuz edebilme işlevi, biyokütle, bozunan geçitlerin dağılımı vb.) *P. vitreus* mantarının aktivitesini ve gelişimini etkiler. Burada biyolojik delme uygulanan odundaki başarı ölçütleri permeabilitenin yeterince artması ve direncin azalmaması şeklinde yorumlanabilir. *P. vitreus* mantarının nüfuz edebilme hızı, nüfuz edebilme performansı ve nüfuz edebilme kapasitesi hakkında bilgi sahibi olmak odun çürüklük mantarlarının hem biyoteknolojik kullanımı hem de kolonizasyon stratejisinin çalışılması açısından önemlidir. Bu tespitlerinde sadece laboratuvar testleriyle yapılması mümkün değildir. Bu anlamda modelleme çalışmalarına da ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada bir hüf gelişim modeli kullanılarak ilk kez odunun makroskopik sistem özellikleriyle *P. vitreus* mantarının mikroskopik gelişim davranışları birarada değerlendirilerek biyolojik delme işleminin nasıl optimize edilebileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen simülasyonlar inkübasyon şartlarının değişmesiyle hüfsel gelişme oranında bir artma olduğunu ve buna bağlı olarak da miselyumun gelişme hızında bir artış meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca bir geçitteki bozunma oranından yararlanılarak mantarın nüfuz edebilme kapasitesinde de bir artışın söz konusu olduğu belirlenebilmiştir.

Fuhr ve diğ. (2012b) benzer diğer bir çalışmalarında da mantarsal büyüme- gelişme modeli denilen bir latissiz ayrık (diskrit) modelleme kullanarak *P. vitreus* mantarının gelişimi üzerinde çevresel faktörlerin etkilerini tespit etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada hem hüflerin hem de besinlerin ayrık yapılar olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan 2 boyutlu bir hüfsel gelişim modeli kullanılarak homojen bir çevrede *P. vitreus* mantarının radyal gelişim - büyüme oranı

üzerinde sıcaklık, pH ve su aktivitesinin kombine etkisini incelemişlerdir. Simulasyonlar deneysel sonuçlar ile iyi bir kalitatif ve kantitatif uyum göstermiştir.

Schubert ve diğ. (2009), güncel bilimsel literatürde *P. vitreus* mantarıyla ilgili henüz matematiksel bir model olmadığını ifade ederek kontrollü şartlar altında *P. vitreus* mantarının geç gelişme evresi ve büyüme- gelişme oranı üzerinde sıcaklık, su aktivitesi ve pH'ın bir aradaki etkilerini açığa çıkarmak amacıyla bir tepki yüzey modeli geliştirdiklerinden bahsetmişlerdir. Bu çalışmada *P. vitreus* mantarının radyal büyüme ve gelişimi malt agar besin ortamı üzerinde 20 gün boyunca izlenmiştir. Toplam beş farklı su aktivite seviyesi (0.998, 0.982, 0.955, 0.928, 0.892) üç farklı inkübasyon sıcaklığı (10, 15 ve 20 °C) ve üç farklı pH değeri (4, 5 ve 6) ile bir arada değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veri analiz sonuçları *P. vitreus* mantarının üzerinde pH'ın önemli ($p< 0,05$), su aktivitesi ve sıcaklığın ise çok daha önemli ($P < 0,001$) bir etkisi olduğunu ortaya çıkarmıştır. *P. vitreus* mantarının geç gelişme evresi ve radyal büyüme-gelişme oranının su aktivitesindeki azalmaya karşı çok hassas olduğu görülmüştür. *P. vitreus* mantarı her ne kadar seçilen tüm sıcaklık ve pH aralıklarında gelişim gösterdiyse de su aktivitesinin azalması ile geç gelişme evresinde bir artış olmakla beraber su aktivitesi= 0.955'te gelişim durmuştur. *P. vitreus* mantarı için optimum yetişme koşulları su aktivitesi= 0.998, sıcaklık 20 °C ve pH:5 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; düşük su aktivite seviyeleri *P. vitreus* mantarının gelişimini engelleyebilmektedir. Bu yüzden rutubet içeriği uygun bir şekilde ayarlanmalıdır.

Mohebby (2005) yaptığı çalışmada, çürümüş odundaki kimyasal değişiklikleri incelemek amacıyla 5 x 5 x 20 mm boyutlarındaki kayın odun bloklarını bir beyaz çürüklük mantarı olan *Trametes versicolor* mantarına 84 gün süreyle maruz bırakmıştır. Çürümüş örnekler hızlı bir metot olan FTIR-ATR kullanılarak 2 hafta arayla analiz edilmiştir. Yapılan analizler odundaki kimyasal değişimin mantara maruz bırakıldıktan 2 hafta sonra başladığını göstermiştir. Mantara maruz bırakılmanın 28. ve 70. günleri arasında yeni piklerin ortaya çıkması hücre çeperindeki kimyasal modifikasyonu ifade etmektedir. Bununla beraber 84 günde piklerin kaybolması ise hücre çeper bileşenlerinin ortamdan uzaklaştırıldığının bir kanıtı niteliğindedir. Bu inceleme odun biyobozunması çalışmalarında ATR spektroskopinin çok uygun ve hızlı bir metot olduğunu göstermiştir. FTIR-ATR tekniği odundaki beyaz çürüklüğü kimyasal açıdan görsel hale getirebilmesi ve FTIR tekniğinden daha kolay ve çok hızlı bir teknik olmasından dolayı

mevcut çalışmada tercih edilmiştir. Bu teknik herhangi bir ön hazırlık gerektirmeksizin katı örnekler veya birkaç miligram odun unu kullanılarak uygulanabilmektedir.

Yılgör ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada bir beyaz çürüklük mantarı olan *Trametes versicolor* ve esmer çürüklük mantarları *Tyromyces palustris* ve *Gloeophyllum trabeum* mantarlarına maruz bırakılan Anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) öz odunu içerisinde meydana gelen kimyasal ve morfolojik değişimleri FTIR, GC-MS analizi, fotomikroskop ve ıslak kimya çalışmaları ile ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan mikroskop incelemeleri *T.versicolor* mantarının öncelikle lignin ve karbonhidratları eş zamanlı olarak bozundurduğunu, fakat bazı kesitlerde ise ligninin tercihen bozundurulduğunu göstermiştir. Beklendiği gibi, odun numunelerinin FTIR bant yoğunlukları *T. versicolor* mantarı tarafından çürütülen odun numunelerinde esmer çürüklük mantarları (*T. palustris* ve *G. trabeum*) tarafından çürütülen numunelere nazaran daha az değişiklikler göstermiştir ve bu durum bir dereceye kadar düşük kütle kayıplarıyla uyumluluk göstermektedir. Çalışmada *T. versicolor* mantarına 12 hafta maruz bırakılma neticesinde selülozda bir bozunma gözlenmezken ligninin bozunma derecesi hemiselülozdan daha yüksek olarak belirlenmiştir. ATR spektroskopi incelemeleri de bu sonucu desteklemektedir. Odun yapısında tüm hücre çeperlerinde esmer çürüklük esnasında geniş çaplı bozunmalar ve aşırı miktarda tahribatlar gözlenmiştir. Esmer çürüklük esnasında polisakkaritler büyük ölçüde depolimerize edilerek ayrıştırılmıştır. Geriye kalan büyük miktarda lignin ise modifiye edilmiştir. Bu durumda hem klason lignin tespitini hem de FTIR spektroskopi sonuçlarını doğrulamaktadır. Ayrıca *T. palustris* mantarına maruz bırakılan numunenin sıcak alkali çözünürlük değerinde de polisakkaritlerin dekompozisyonu ve ayrıştırılmasına yönelik dikkate değer bir artış gözlenmiştir. Bu artış da FTIR-ATR spektroskopi sonuçlarındaki 1734 cm-1, 1372 cm-1, 1157 cm-1 ve 896 cm-1'deki bantların yoğunluklarında görülen önemli artışlarla uyumluluk göstermektedir. Sonuç olarak *T. palustris* ve *G. trabeum* mantarları odun polisakkaritlerinin yapısında dikkate değer bir bozunmaya ve lignin yapısında ise bazı modifikasyonlara sebep olmuştur.

Gülsoy (2009) yaptığı çalışmada *Ceriporiopsis subvermispora* beyaz çürüklük mantarı ile farklı inkübasyon sürelerinde (20 – 40 – 60 – 80 - 100 gün) muamele edilen *Pinus nigra* Arnold. yongalarına ait alkali çözünürlük sonuçlarını ve mantar muamelesi ile yongalarda meydana gelen ağırlık kayıplarını ve alkali çözünürlük derecelerini sırasıyla şu şekilde tespit etmiştir; Kontrol (% 1 NaOH: 12,35) (20 gün Ağırlık kaybı: % 3,67- % 1 NaOH: % 17,57), (40 gün

Ağırlık kaybı: % 5,62- % 1 NaOH: % 18,04), (60 gün Ağırlık kaybı: % 7,92- % 1 NaOH: % 19,01), (80 gün Ağırlık kaybı: % 9,38- % 1 NaOH: % 19,66) ve (100 gün Ağırlık kaybı: % 10,57- % 1 NaOH: % 20,73).

2.6.4. Biyolojik İşlemlerin Odunun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Biyolojik delme işlemi aynı zamanda bir kontrollü çürütme yöntemidir. Odunun eğilme, basınç, sertlik ve bükülme gibi mekanik özellikleri çürüklüğün ilerlemesine ve artmasına bağlı olarak azalmaktadır. Sertlik veya şok direnci gibi ani baskı ve yüklemelere bağlı direnç özellikleri çürüklüğe karşı çok hassastır. Çürüklüğün erken aşamalarında renk veya tekstürde hafif değişiklikler meydana gelebilir. Fakat bu aşamada çürüklük henüz anlaşılır düzeyde değildir (Clausen ve Kartal, 2003). Laboratuvar testlerinde mantara maruz bırakılma neticesinde meydana gelen % 1'lik ağırlık kaybına bağlı olarak sertlik kayıpları % 6'dan % 50'lerin üzerine kadar çıkabilmektedir. Ağırlık kayıpları % 10'a gelinceye kadar direnç kayıpları % 50'yi aşabilmektedir. Mantara maruz bırakılma neticesinde meydana gelen % 10 veya daha düşük ağırlık kayıplarında çürüklük sadece mikroskopik olarak tespit edilebilir. Çürüklüğün belirgin bir şekilde anlaşıldığı bir odunda tüm direnç değerlerinin büyük ölçüde azalmış olduğu düşünülür (Highley, 1999). Ayrıca mantara maruz bırakılma neticesinde odunda meydana gelen % 5-10 aralığındaki ağırlık kayıpları mekanik özelliklerde % 20 ila % 80 arasında bir düşüşe neden olur (Ibach ve Lebow, 2014).

Esmer çürüklüğe uğrayan bir sığla ağacı (*Liquidambar spp.*) odununun mekanik özellikleri, mantar enzimlerinin arabinoz ve galaktoz gibi hemiselüloz yan zincirlerini hidroliz, dehidrasyon ve oksidasyon gibi kimyasal reaksiyonlar neticesinde bozundurmasına bağlı olarak düşüş göstermektedir. Çürüklüğe bağlı olarak meydana gelen ilk % 5-20'lik direnç kayıpları odunun kimyasal yapısında öncelikle hemiselüloz yan zincirlerinin bozunduğunu ardından da hemiselüloz ana zincir yapısında bozunmanın devam ettiğini göstermektedir. Dirençde meydana gelen % 40-60'lık bir düşüşten sonra ise glukoz ve ligninin bozunmaya başladığı söylenilebilir (Ibach ve Lebow, 2014).

Matsumoto ve diğ. (2010) büyük yapraklı Japon manolyası ağaç gövdesinden elde edilen artım burgusu örneklerini esmer çürüklük yapan *Fomitopsis palustris* FFPRI 0507, beyaz çürüklük yapan *Trametes versicolor* FFPRI 1030 ve yumuşak çürüklük yapan *Chaetomium globosum* NBRC 6347 mantarlarına 15 günden 60 güne kadar farklı sürelerde maruz bırakarak farklı

çürüklük seviyelerine sahip artım burgusu örneklerinin kimyasal bileşenlerindeki değişikliği analiz etmişlerdir. Bununla beraber yarı tahribatsız (semi-destructive) testlerde kullanılan bir cihaz olan fraktometre yardımıyla elde edilen artım burgusu örneklerinden yararlanılarak liflere paralel basınç direncini ölçmüşlerdir. Daha sonra fraktometre ile elde edilen basınç direnç değerlerinden yola çıkılarak çürüklük dereceleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca kimyasal analizler sonucu elde edilen odun kimyasal bileşenlerindeki bozunma dereceleri ve basınç direnci arasındaki ilişkiler de ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki; esmer ve beyaz çürüklüğe maruz kalan örneklerde basınç direnciyle ağırlık kaybı birbiriyle ters orantılıdır. Dahası, yumuşak çürüklüğe maruz kalan örnekler hariç diğer örneklere ait holoselüloz veya α-selüloz içeriği ile basınç direnci arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar göstermiştir ki fraktometre çürüklüğün erken aşamalarında bile basınç direncindeki değişiklikleri tespit edebilmektedir.

Malakani ve diğ. (2014) atfen İstek (2006)'nın titrek kavak (*Populus tremula* L.) ağaç türüne ait odun örneklerini 8 hafta boyunca beyaz çürüklük yapan *Phanerochaete chrysosporium* mantarına maruz bırakma neticesinde lignin miktarında % 18,24'lük bir azalma tespit ettiğini belirtmişlerdir. Yine Malakani ve diğ. (2014) atfen Hakala ve diğ. (2004)'ün benzer şekilde Avrupa ladini ağaç türüne ait odun örneklerini 10 hafta boyunca beyaz çürüklük yapan *Physisporinus rivulosus* mantarına maruz bırakma neticesinde lignin miktarında % 39'luk bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Burada ise İstek (2006) ile Hakala ve diğ. (2004)'ün elde etmiş oldukları sonuçların birbirinden farklı olmasının sebebinin de çalışmalarda kullandıkları mantar türlerinin ve odun örnek boyutlarının farklı olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Curling ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada güney çamından elde edilen odun örneklerini (250x 25x 10 mm) 10 hafta süreyle esmer çürüklük yapan *Gloeophyllum trabeum* mantarına maruz bırakarak çürüklüğün hemiselüloz bileşeni üzerindeki etkisini ve mekanik özelliklerle ilişkisini incelemeye çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlar ağırlık kaybı/ direnç kaybı arasındaki ilişkinin yaklaşık ¼ olduğunu göstermiştir. Yapılan kimyasal analizler göstermiştir ki % 40'a varan ilk direnç kayıpları arabinan ve galaktan bileşenlerinin bozunmasıyla ilişkilidir. Sonrasında meydana gelen % 40'ın üzerindeki ağırlık kayıpları mannan ve ksilan bileşenlerinin bozunmasıyla ilişkilidir. Önemli glukan (selülozu temsil eder) kayıplarının ise sadece kopma direncinde % 75'lik bir azalma meydana geldiğinde görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Ahşap malzemenin kullanım ömrünün artırılmasında ve korunmasında çürüklüğün erken aşamalarda tespit edilebilmesi kritik bir öneme sahiptir. Çünkü mantarlar hızlı bir yapısal bozunmaya sebep olabilirler (Clausen ve Kartal, 2003). Clausen ve Kartal (2003) çürüklüğün erken aşamalarında çürümeyi fark edebilmek için esmer çürüklüğü algılamada kullanılan ve farklı gibi görünen bazı metotların hassasiyetini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla güney çamı ağaç türünden elde edilen farklı boyutlardaki odun bloklar (10x 10x 10 mm) ve odun çubuklar (250x 25x 10 mm) 5 hafta süreyle esmer çürüklük yapan *Postia placenta* mantarına maruz bırakılmıştır. Daha sonra mantara maruz bırakılan örnekler üzerinde uygulanan imünodiyagnostik odun çürüklük testi (IWD), soil blok testi/ cake pan testi, mekanik testler ve kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Odun bloklarda 5 günlük bir inkübasyon, odun çubuklarda ise 3 günlük bir inkübasyondan sonra IWD testinin çürüklüğün erken aşamalarını tespit edebilme konusunda % 100 pozitif sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Cake pan metodu uygulanan odun çubuklardaki çürüklüğün tespitinde ağırlık kaybının belirleyici olmadığı fakat soil blok testlerinde 4 haftalık inkübasyon neticesinde odun bloklarda önemli ağırlık kayıpları (% 18) meydana geldiği ifade edilmiştir.

Odun blokların 2 hafta mantara maruz bırakılması neticesinde maksimum basınç direncinde (MCS) % 21, elastisite modülünde (MOE) ise % 13'lük bir azalma görülmüştür. Odun çubukların mantara 4 hafta maruz bırakılması neticesinde elastisite modülünde % 9, kopma direncinde ise % 19'luk bir azalma tespit edilmiştir. Odun bloklarda 4 hafta mantara maruz bırakılma neticesinde arabinan, ksilan ve ramnan miktarlarında hızlı bir düşüş görülmekle beraber % 30'u aşkın bir azalma meydana gelmiştir. Bu çalışma göstermiştir ki laboratuvar testlerinde esmer çürüklüğün erken aşamalarının başarılı bir şekilde tespit edilmesinde odun örneklerinin şekli ve boyutu önemli bir faktördür. Soil blok testlerinde odun blokların kullanıldığı çalışmalarda odun çubuklarının kullanıldığı çalışmalara nazaran mantar daha hızlı bir gelişim göstermiştir. Bununla beraber uygulanan metotların çoğunda çürüklük aşamaları odun bloklarda odun çubuklara nazaran daha erken tespit edilebilmiştir. Ayrıca IWD testi *Postia placenta* mantarına 3 ila 5 gün kadar maruz bırakılan odun bloklardaki erken çürüme aşamalarını algılamada ve tespit etmede çok hızlı bir metot olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada *Postia placenta* mantarına farklı sürelerde maruz bırakılan güney sarıçamı odun blok ve odun çubuk örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıplarına bağlı olarak görülen mekanik dirençlerdeki değişiklikler Tablo 2.1'de verilmiştir (Clausen ve Kartal, 2003).

Tablo 2.1: Çürümüş güney sarıçamı odun blok ve odun çubuk örneklerine ait ortalama ağırlık kayıpları ve mekanik test sonuçları (Clausen ve Kartal, 2003).

	Odun bloklar			**Odun çubuklar**		
İnkübasyon süresi (Hafta)	Ağırlık kaybı* (%)	MOE azalma* (%)	MCS azalma* (%)	Ağırlık kaybı* (%)	MOE azalma* (%)	MOR azalma* (%)
1	0	3	6	0	5	2
2	3	13	21	0	8	2
3	9	22	37	1	7	8
4	18	34	53	3	9	19
5	26	53	71	7	12	22

* Her bir değer 6 adet numunenin ortalamasıdır.

Malakani ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ağaç türüne ait diri ve öz odun kısımlarından elde edilen örneklere kolle kültür şişesi testi uygulayarak 14 hafta boyunca II. Tip beyaz çürüklük yapan *Coriolus versicolor* mantarına maruz bırakmışlardır. Daha sonra da çürümüş diri ve öz odun örneklerine ait kimyasal ve mekanik özellikleri incelemişlerdir. Bu çalışmada *Coriolus versicolor* mantarına 14 hafta boyunca maruz bırakılan Doğu kayını diri ve öz odun örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıplarına bağlı olarak görülen mekanik dirençler ve kimyasal bileşenlerdeki değişiklikler Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.2: Doğu kayını çürümüş diri ve öz odun örneklerinde meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları ve mekanik test sonuçları (Malakani ve diğ., 2014).

Test örnekleri	**Ağırlık kaybı (%)**	**Brinell sertlik (N)**		**Basınç direnci (Mpa)**	**Yüzde azalışlar (%)**		
		Teğet	Radyal		Brinell sertlik (N)		Basınç direnci (Mpa)
					Teğet	Radyal	
Öz odun (Kontrol)	0,0	5746,1	5597,9	55,3			
Öz odun (Çürümüş)	33,0	868,4	774,6	17,8	-84,9	-86,1	-67,8
Diri odun (Kontrol)	0,0	5571,8	5419,5	50,9			
Diri odun (Çürümüş)	36,1	703,9	620,1	15,6	-87,3	-88,5	-69,2

Tablo 2.2 incelendiğinde en yüksek ağırlık kaybı diri odun örneklerinde (% 36,08) en düşük ağırlık kaybı ise öz odun örneklerinde (% 32,98) gözlenmiştir. En yüksek liflere paralel basınç direnci çürümüş öz odunda (17,8 Mpa) en düşük liflere paralel basınç direnci ise çürümüş diri odunda (15,6 Mpa) tespit edilmiştir. Teğet ve radyal yüzeylere dik bir şekilde tespit edilen Brinell sertlik değerleri de en yüksek çürümüş öz odununda (teğet: 868,4 N; radyal: 774,6 N) en düşük ise çürümüş diri odununda (teğet: 703,9 N; radyal: 620,1 N) tespit edilmiştir.

Tablo 2.3: Doğu kayını çürümüş diri ve öz odun örneklerinde meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları ve kimyasal analiz sonuçları (Malakani ve diğ., 2014).

Test örnekleri	Ağırlık kaybı (%)	Alkol-benzen çözünürlüğü (%)		Sıcak su çözünürlüğü (%)		%1 NaOH çözünürlüğü (%)		Selüloz değişimi (%)		Lignin değişimi (%)	
Öz odun (Kontrol)	0,0	2,85		5,34		22,85		39,12		24,01	
Öz odun (Çürümüş)	33,0	2,70	-5,3*	6,18	+15,7*	31,50	+37,9*	36,46	-6,8*	12,71	-47,1*
Diri odun (Kontrol)	0,0	2,29		4,70		20,46		40,30		21,11	
Diri odun (Çürümüş)	36,1	2,05	-10,5*	6,33	+34,7*	34,71	+69,7*	35,79	-11,2*	10,47	-50,4*

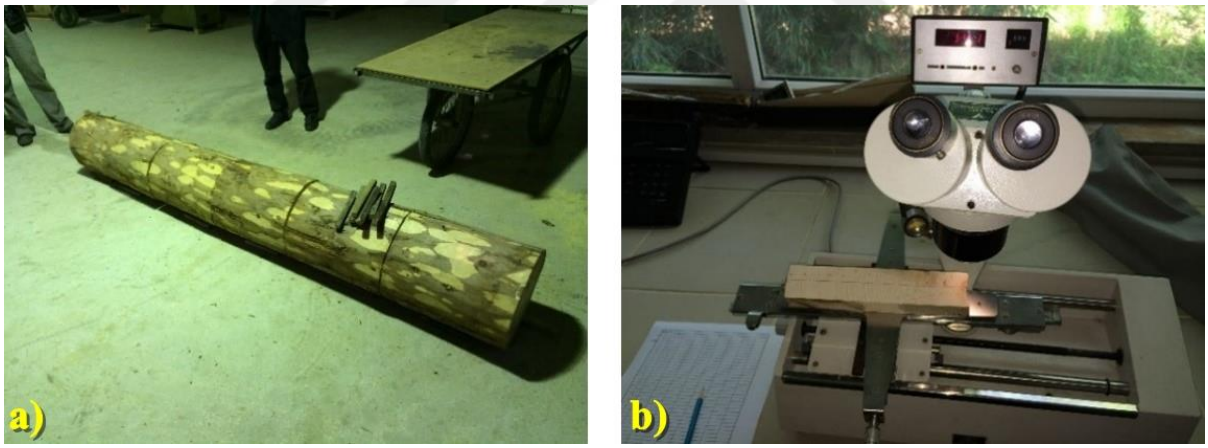
*Yüzde azalış ve artış değerleri.

Tablo 2.3 incelendiğinde kimyasal analiz sonuçları çürüme neticesinde odunun lignin içeriğinde önemli değişiklikler meydana geldiğini göstermiştir. Buna göre çürümüş diri odunda lignin miktarındaki azalma (% 50,4) çürümüş öz odunda lignin miktarındaki azalma ise (% 47) olarak belirlenmiştir. Ayrıca çürümüş odun örneklerinde %1'lik NaOH çözünürlüğü ve sıcak su çözünürlüğü artarken alkol - benzen çözünürlüğü azalmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ÇALIŞMA MATERYALİNİN TEMİN EDİLMESİ

Önerilen tez konusu kapsamında çalışma materyali olarak bir adet Doğu ladini tomruğundan elde edilmiş olan odun örnekleri ile çalışılmıştır. Söz konusu ladin tomruğu Artvin ili Ardanuç ilçesinin Karanlık meşe yöresine ait ağacın 0,30 – 5,30 m yükseklikleri arasından elde edilmiş olup 4,5 m uzunluğunda ve 40 cm çapındadır (Şekil 3.1a). Araştırma materyali üzerinde önce tomruğun yaş tespiti yapılarak yıllık halka genişlikleri ölçülmüştür. Ölçme işlemi ve yıllık halka sayısının tespiti işlemleri tomruk gövdesinin göğüs yüksekliğinden (1,30 m) 0,01 mm hassasiyetinde ölçme yapabilen Eclund Brinell mikroskopu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1b). Bu çalışmada kontrol amacıyla kullanılan sarıçam diri odun örnekleri de Panelsan Ahşap Mobilya Dekorasyon ve İnş. San. Tic. Ltd. Şti. tarafından sağlanan kerestelerden elde edilmiştir.



Şekil 3.1: a) Çalışma materyali olarak kullanılan Doğu ladini tomruğu b) Eclund Brinell mikroskopunda yıllık halka sayısı ve genişliği ölçümlerinin yapılması.

3.2. GENÇ ODUN, OLGUN ODUN VE DİRİ ODUN AYIRIMININ YAPILMASI

3.2.1. Genç Odun Kısmının Belirlenmesi

Genç odun oluşumunun bittiği, ergin odun oluşumunun başladığı yaş 5 ila 20 arasındadır (Wolcott ve diğ., 1987; Wang ve Stewart, 2012). Yapılan çalışmada bu bilgilerden yararlanılarak Eclund Brinell Mikroskopu kullanılarak yapılan yıllık halka sayımı neticesinde özden kabuğa doğru sayılan 20. yıllık halkaya kadar olan genç odun kısmını kapsayan çıtalar ait olduğu ağaç türünün karakteristik özelliklerini taşımaması ve düşük kalite özelliklerine sahip

olması nedeni ile kullanılmamıştır. Bu çalışmada sadece diri odun ve olgun odundan elde edilen odun örnekleri kullanılmıştır.

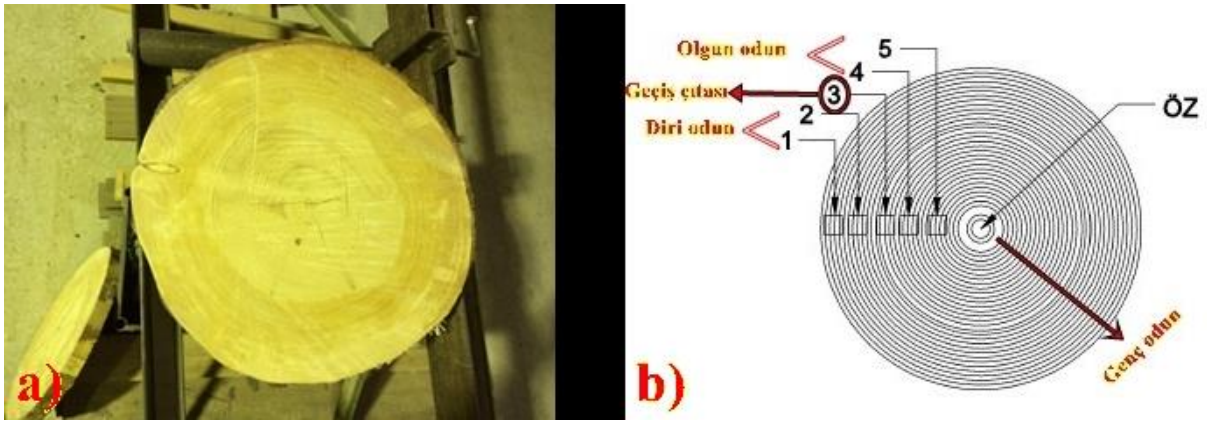
3.2.2. Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarının Belirlenmesi

Bu çalışmanın güvenilirliği açısından enine kesit üzerinde kabuktan öze doğru belirli aralıklarla odun yüzeyinden ölçüm yapabilen bir rutubet ölçer cihazı (GANN Hydromette HT 85 T) ile ladin diri odun ve olgun odunu ayırımı yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Odun yüzeyinden ölçüm yapabilen bir rutubet ölçer cihazı (GANN Hydromette HT 85 T) ile ladin diri ve olgun odun ayırımının yapılmaya çalışılması.

Ayrıca yine bu çalışmada yeni kesilmiş olan ladin gövde enine kesitlerinden elde edilen ince diskler ışığa doğru tutularak saydamlık farkı ile de (Sandberg, 2009) olgun odun ve diri odun ayırımı yapılmıştır (Şekil 3.3a). Tüm bu tespitler neticesinde de aynı yıllık halkalara denk gelecek şekilde ayarlanan 2,5 cm yükseklik ve genişliğe sahip çıtaların kesilmesi esnasında kayıp olacak 0,3 mm'lik testere payları göz önüne alındığında gövde boyunca olgun odun ve diri odun kısmından sadece 2'şer adet çıtadan örnek elde edilebileceği görülmüştür. 3 nolu çıta ise yapılan diri odun – olgun odun ayırımı çalışmalarında rutubet değerine bağlı olarak geçiş çıtası olarak kabul edilmiş ve çalışmalarda kullanılmamıştır (Şekil 3.3b).



Şekil 3.3: a) Yeni kesilmiş olan ladin gövde enine kesitlerinden elde edilen ince disklerin ışığa doğru tutularak saydamlık farkı ile olgun odun ve diri odun ayırımının yapılması ve b) Örneklerin alınacağı odun kısımlarının tespiti.

3.3. ÇALIŞMA MATERYALİNİN BİÇİLMESİ VE BOYUTLANDIRILMASI

Ladin ağacından elde edilen çalışma materyalinin İ.Ü- Cerrahpaşa Orman Fakültesi Atölyesinde bulunan biçme ekipmanlarıyla kolayca kesilebilmesi (Şekil. 3.4a), iç ve dış kısımlarının doğal kurutma yolu ile iyice kurumasının sağlanması ve çalışmada kullanılacak odun örneklerinin gövde boyunca aynı yıllık halkalardan elde edilmesini sağlamak amacıyla önce tomruk 6 eşit parçaya kesilmiştir (Şekil 3.4b).



Şekil 3.4:a) Çalışma materyalinin eşit parçalara kesilmesi ve sonrasında b) İç ve dış kısımlarının doğal kurutma yolu ile kurumasının sağlanması.

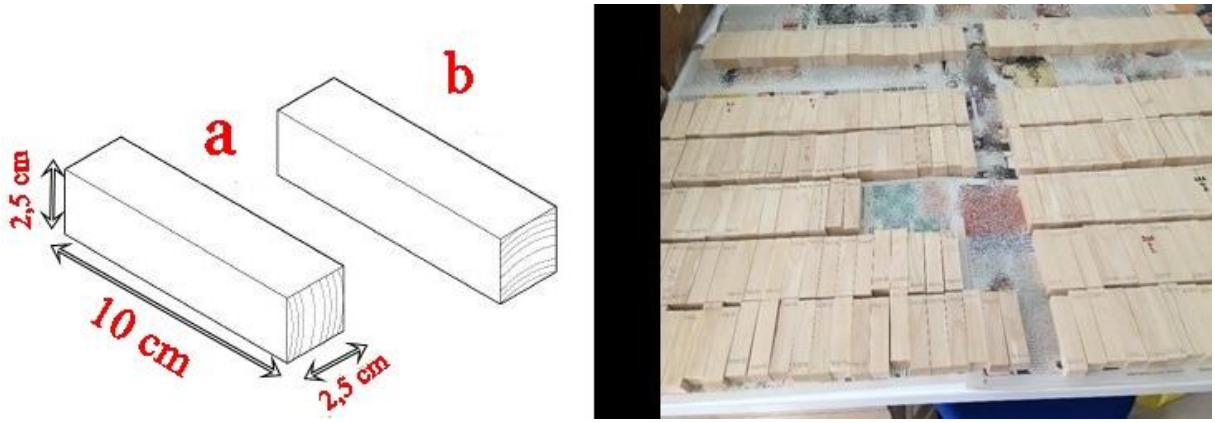
Araştırmada odunun kendi içerisindeki doğal değişkenliğini minimize edebilmek amacı ile 10 x 2,5 x 2,5 cm (uzunluk x yükseklik x genişlik) boyutlarında hazırlanan çalışma örnekleri gövde

boyunca aynı yıllık halkalardan elde edilerek ayrı ayrı poşetlenmiştir (Şekil 3.5). Yine çalışmada elimizde bulunan sarıçam diri odun keresteleri de aynı boyutlarda (10 x 2,5 x 2,5 cm) hazırlanmıştır. Bu çalışmada hem ladin (diri odun ve olgun odun) hem de sarıçam (diri odun) numuneleri kullanılmıştır.



Şekil 3.5: Çalışmada kullanılmak üzere 10 x 2,5 x 2,5 cm (uzunluk x yükseklik x genişlik) boyutlarında hazırlanan örneklerin gövde boyunca aynı yıllık halkalardan elde edilmesi.

Radyal ve teğet yönler esas alınarak biçilen tüm örnekler daha sonra 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra tüm odun örneklerinin ilk ağırlıkları **(M_1)** 0,001 hassasiyetle ölçüm yapan bir terazi ile tartılarak belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: a) Radyal ve b) Teğet yönler esas alınarak biçilen odun örneklerinin klima odasında 2 hafta bekletilmesi.

3.4. BAKIR ESASLI KORUYUCULAR KULLANILARAK EMPRENYE İŞLEMLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

3.4.1. Emprenye Öncesi Yapılan Ön Deneme Testleri

Bu çalışmada odun örneklerinin biyolojik delme öncesi (BDÖ) ve biyolojik delme sonrası (BDS) aşırı ve kontrolsüz emprenye madde alınımını engellemek ve sonuçların güvenilirliğini sağlamak amacı ile emprenye işleminden önce numunelerin enine kesit yüzeylerinin kapatılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla hangi kimyasalın kullanılması halinde enine kesitlerden sıvı alınımının tamamen engellenebileceğine dair bazı ön deneme testleri yapılmıştır. Yapılan ön deneme testlerinde hem ladin hem de sarıçam odun örnekleri kullanılmıştır.

3.4.1.1 Enine Kesitlerin Paraloid B72 Çözeltisi Kullanılarak Kapatılması

Çok şiddetli bozunmuş ve parçalanmış, kırılmış ahşap objelerin onarımında aseton veya etanol içerisinde çözündürülmüş % 15-20 ParaloidB72 çözeltisi kullanılmaktadır. "Cheesecloth Metodu"na göre ParaloidB72 çözeltisini hazırlamak amacıyla 100 g tartılarak beyaz renkte bir tülbent ile sarılmak suretiyle kese haline getirilmiş ve bir ip yardımıyla 1 litre aseton içerisine sarkıtılmıştır. Bu işlemin amacı ParaloidB72 konsolidant maddesinin yavaş bir süzülmeyle çözünmesini sağlamaktır. Çözünme işlemi normal şartlarda yaklaşık 15-20 dk sürmektedir. Çözeltinin bir manyetik karıştırıcı ve manyetik bar ile sürekli olarak karıştırılması daha hızlı bir çözünme sağlanması açısından önemlidir. İşlem sırasında asetonun buharlaşmaması için beherin ağız kısmı parafilm ile sarılmıştır (Davidson ve Brown, 2012; Muhcu, 2015). Bu yöntemle hazırlanan % 20'lik paraloidB72 çözeltisi (Şekil 3.7a) odun örneklerinin enine ve boyuna yüzeylerini kapatacak şekilde fırça ile 2 kat olarak sürülmüştür (Şekil 3.7b). Ardından 1 gün boyunca kurumaya bırakılan odun örnekleri (Şekil 3.7c) daha sonra ACQ ve MCQ emprenye maddeleri ile vakum-basınç yöntemi kullanılarak emprenye edilmiştir.



Şekil 3.7: a) % 20'lik paraloid B72 çözeltisinin hazırlanması b) Odun örneklerinin tüm yüzeylerine paraloidB72 çözeltisinin fırça ile 2 kat sürülmesi ve c) Odun örneklerinin kurumaya bırakılması.

Tüm bu işlemlerin ardından odun örnekleri İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Orman Fakültesi kesme-biçme atölyesinde enine ve boyuna yönlerde kesildikten sonra odun içerisindeki bakırın gözlenebilmesi amacıyla bakır ayracı olarak kullanılan krom-azurol S çözeltisi hazırlanarak tüm odun yüzeylerine püskürtülmüştür (AWPA 69-12, 2012). Böylece paraloidB72'nin tüm odun yüzeylerinde emprenye madde alınımını ne ölçüde engellediği tespit edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Enine ve boyuna yönlerde kesilen paraloidB72 uygulanmış odun örneklerinin tüm yüzeylerine krom azurol S çözeltisinin püskürtülmesi.

3.4.1.2 Enine Kesitlerin Poliüretan Esaslı Boya Kullanılarak Kapatılması

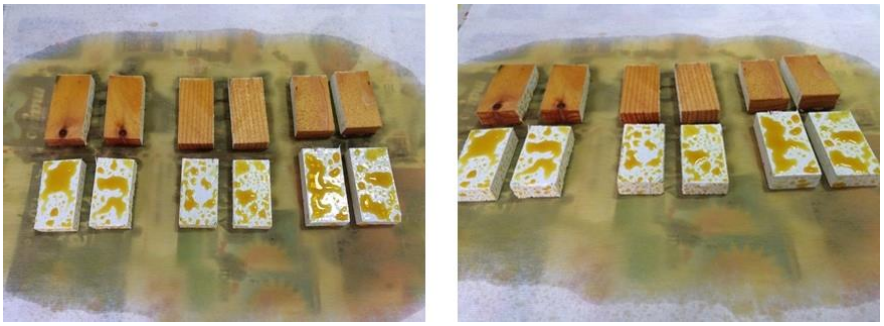
Piyasada hazır olarak satılan ve yelkenli gemilerin dış yüzeyinin boyanmasında kullanılan ve sıvı alınımını engelleyen Moragel marka poliüretan esaslı boya (Şekil 3.9a) odun örneklerinin tüm yüzeylerini kapatacak şekilde fırça ile 2 kat sürülmüştür (Şekil 3.9b). Kullanım talimatına göre ilk kat boya sürüldükten sonra yaklaşık 8 saat beklenmiş ardından ikinci kat boya sürülmüştür. Kurumaları için 2 gün 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilen odun örneklerinin (Şekil 3.9c) poliüretan esaslı boya ile boyandıktan sonraki ağırlıkları **(M_2)** bir hassas terazi yardımıyla ölçülerek

kaydedilmiştir. Daha sonra ise MCQ ve ACQ emprenye maddeleri ve vakum-basınç yöntemi kullanılarak emprenye edilmişlerdir.



Şekil 3.9: a) Ticari olarak satılan poliüretan esaslı boya, b) Odun örneklerinin tüm yüzeylerine poliüretan esaslı boyanın fırça ile 2 kat sürülmesi ve ardından c) Odun örneklerinin kurumaya bırakılması.

Tüm bu işlemlerin ardından odun örnekleri İ.Ü - Cerrahpaşa Orman Fakültesi kesme-biçme atölyesinde enine ve boyuna yönlerde kesildikten sonra odun içerisindeki bakırın gözlenebilmesi amacıyla bakır ayracı olarak kullanılan krom-azurol S çözeltisi hazırlanarak tüm odun yüzeylerine püskürtülmüştür (AWPA 69-12, 2012). Böylece poliüretan esaslı boyanın tüm odun yüzeylerinde emprenye madde alınımını ne ölçüde engellediği tespit edilmiştir (Şekil 3.10).



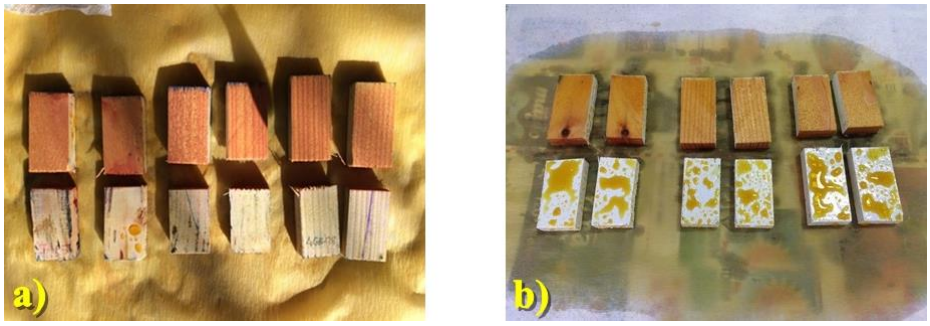
Şekil 3.10: Enine ve boyuna yönlerde kesilen poliüretan uygulanmış odun örneklerinin tüm yüzeylerine krom-azurol S çözeltisinin püskürtülmesi.

3.5. BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ YAPILAN İŞLEMLER

3.5.1. Enine Kesitlerin Poliüretan Esaslı Boya Kullanılarak Kapatılmasına Karar verilmesi

Yapılan çalışma sonucunda % 20'lik paraloidB72 ile enine kesitleri ve tüm yüzeyleri kapatılan odun örneklerinde kısmen de olsa emprenye madde alınımı gözlenmesine (Şekil 3.11a) rağmen

poliüretan esaslı boya ile enine kesitleri kapatılan örneklerde böyle bir durum gözlenmemiştir (AWPA 69-12, 2012) (Şekil 3.11b).



Şekil 3.11: a) % 20'lik paraloidB72 ve b) poliüretan esaslı boya ile enine kesitleri ve tüm yüzeyleri kapatılan odun örneklerindeki emprenye madde alınımının karşılaştırılması.

Burada odun yüzeylerine püskürtülen ve bakır ayracı olarak kullanılan krom azurol S çözeltisi numune içerisinde bakırın olduğu kısımları mavi, diğer kısımları ise kırmızı renkte göstermektedir. Görüldüğü gibi % 20'lik paraloidB72 çözeltisi ile enine kesitleri ve tüm yüzeyleri kapatılan odun örneklerinde kısmen de olsa emprenye madde alınımı gözlenmiştir. Bu yüzden enine kesitlerin poliüretan esaslı boya ile kapatılması daha uygun görülmüştür. Emprenye işleminden önce odun örnekleri, hava kurusu rutubete (% 12) getirilmek amacı ile % 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta klima odasında 2 hafta süreyle bekletilmiştir.

3.5.1.1. Enine Kesitlerin Poliüretan Esaslı Boya ile Kapatılmasının Ladin ve Sarıçam Odun Örneklerindeki Emprenye Madde Alınımları Üzerine Etkisi

Bu çalışmada kullanılan poliüretan esaslı boyanın zararlı etkilerinden korunmak amacıyla bir tam yüz koruyucu gaz maskesi ile çalışılmıştır (Şekil 3.12). Ladin (diri ve olgun odun) ve sarıçam (diri odun) örneklerinin bazılarının enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile kapatılırken bazı örneklerin enine kesitleri ise kapatılmamıştır. Bunun nedeni; farklı ağaç türleri (ladin ve sarıçam) ve farklı odun kısımlarının (diri odun ve olgun odun) liflere paralel ve liflere dik yönlerdeki sıvı madde alınımının birbirleriyle karşılaştırılmasına çalışılmasıdır. Bu kapsamda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır;

- Odun örnekleri en fazla hangi yüzeyden emprenye çözeltisi almıştır?
- Literatürde belirtildiği gibi boyuna yöndeki sıvı alınımı ile enine yöndeki sıvı alınımı arasında nasıl bir fark vardır?



Şekil 3.12: Poliüretan esaslı boyanın zararlı etkilerinden korunmak amacıyla bir tam yüz koruyucu gaz maskesi kullanılarak örnek enine kesitlerinin kapatılması işlemi.

3.5.2. Çalışmada Kullanılan Emprenye Madde ve Yöntemleri

Emprenye madde çözeltileri (mikronize bakır esaslı MCQ (ağırlıkça bakır karbonat hidroksit $CH_2Cu_2O_5$ % 17,39 - borik asit % 5,23 - benzalkoniyum klorür % 10) ve normal boyutlarda bakır içeren ACQ-D (% 66,7 CuO ve % 33,3 quat DDAC) ticari olarak temin edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada farklı emprenye madde tiplerinin nüfuz derinliği üzerindeki etkilerinin tespiti ve kontrolü amacıyla bazı örnekler aynı zamanda moleküler boyutlara sahip olan Saf su ile de emprenye edilmiştir.

Yapılan literatür çalışmalarında, biyolojik delme işleminin emprenye madde alınımına etkisine yönelik çalışmaların, sıvı alınımı esas alınarak yorumlandığı görülmüştür (Lehringer ve diğ., 2009b; Schubert ve diğ., 2011). Mevcut çalışmada mikronize boyuttaki emprenye maddesini temsilen kullanılan MCQ ve normal boyuttaki emprenye maddelerini temsilen kullanılan Celcure AC-500 yani ACQ çözeltileri kullanılarak yapılan emprenye işlemleri 0,64 kg/m^3 retensiyon değeri hedeflenerek gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında BDÖ yapılan emprenye işlemi esnasında kullanılan numune sayılarını, emprenye madde ve yöntemlerini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

Poliüretanlı ladin

Olgun odun örnekleri için

- Herhangi bir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (10 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Daldırma (20 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Vakum (20 adet)

- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Daldırma (20 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Vakum (20 adet)
- SAF SU + Daldırma (20 adet)
- SAF SU+ Vakum (20 adet)

Diri odun örnekleri için

- Herhangi bir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (10 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Daldırma (20 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Vakum (20 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Daldırma (20 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Vakum (20 adet)
- SAF SU + Daldırma (20 adet)
- SAF SU+ Vakum (20 adet).

Poliüretansız ladin

Olgun odun örnekleri için

- Herhangi bir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (5 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Daldırma (10 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Vakum (10 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Daldırma (10 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Vakum (10 adet)
- SAF SU + Daldırma (10 adet)
- SAF SU+ Vakum (10 adet).

Diri odun örnekleri için

- Herhangi bir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (5 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Daldırma (10 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Vakum (10 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Daldırma (10 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Vakum (10 adet)
- SAF SU + Daldırma (10 adet)
- SAF SU+ Vakum (10 adet).

Poliüretanlı sarıçam

Diri odun örnekleri için

- Herhangi bir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (10 adet)

- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Daldırma (20 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Vakum (20 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Daldırma (20 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Vakum (20 adet)
- SAF SU + Daldırma (20 adet)
- SAF SU+ Vakum (20 adet).

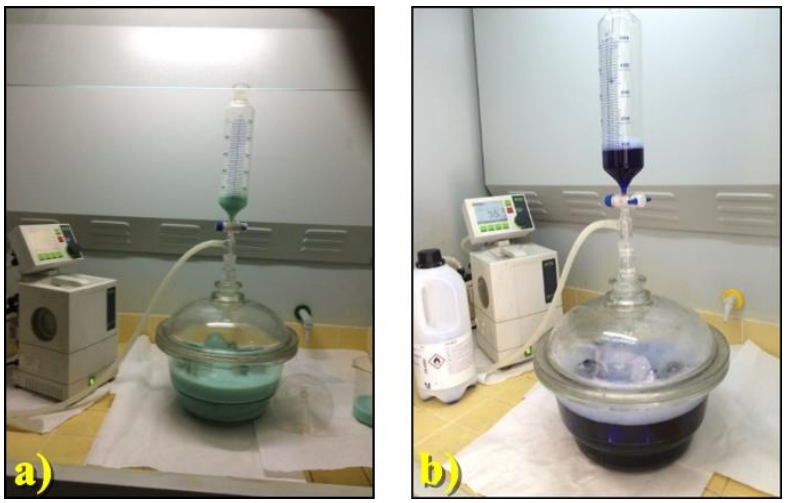
Poliüretansız sarıçam

Diri odun örnekleri için

- Herhangi bir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (5 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Daldırma (10 adet)
- Mikronize boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (MCQ) + Vakum (10 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Daldırma (10 adet)
- Normal boyutlardaki bakır esaslı koruyucu (ACQ) + Vakum (10 adet)
- SAF SU + Daldırma (10 adet)
- SAF SU+ Vakum (10 adet).

3.5.2.1. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Vakum-Basınç Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi

Bu başlık altında BDÖ sınıflandırma ve alt başlıklar esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun örnekleri vakum-basınç yöntemi uygulanarak emprenye edilmiştir. Cam desikatör içerisine odun örnekleri yerleştirildikten sonra çözelti eklenmesi (SAF SU, MCQ ve ACQ) sırasında odun örneklerinin tüm yüzeylerinden madde alınımını sağlamak amacıyla her odun örnek istifinin arasına örgülü ince plastik levhalar konulmuştur. Ayrıca çözelti eklenmesinden sonra odun örneklerinin yüzmesini engellemek, tamamen çözelti içerisinde kalmalarını sağlamak ve böylece tüm yüzeylerinden çözelti nüfuzunu sağlamak amacıyla da üzerlerine cam ağırlıklar bırakıldıktan sonra vakum-basınç düzeneği kurulmuştur (Şekil 3.13). Vakum-basınç emprenyesi (20 dak. 40 mbar) metodu kullanılarak uygulanmıştır. Çözelti içerisindeki numuneler atmosfer basıncında 10 dak. bekletilmiştir. Daha sonra da tartım işlemi için dışarı çıkarılmıştır (EN 113, 1997).



Şekil 3.13: a) BDÖ MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi kullanılarak vakum-basınç emprenye yönteminin uygulanması.

3.5.2.2. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Daldırma Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi

Bu başlık altında BDÖ sınıflandırma ve alt başlıklar esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun örnekleri daldırma yöntemi uygulanarak emprenye edilmiştir. Tüm işlem aşamaları yukarıda vakum-basınç metodunda bahsedildiği şekilde gerçekleştirildikten sonra daldırma yöntemi (10 dak.) uygulanmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: a) BDÖ MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi ile daldırma yönteminin uygulanması.

3.5.2.3. Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Diri Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Vakum-Basınç Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi

Bu başlık altında yukarıdaki sınıflandırma ve alt başlıklar esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun örnekleri vakum-basınç yöntemi uygulanarak emprenye edilmiştir. Tüm işlem aşamaları yukarıda ladin vakum-basınç metodunda bahsedildiği şekilde gerçekleştirildikten sonra örnekler dışarı çıkarılarak tartılmıştır (Şekil 3.15) (EN 113, 1997).



Şekil 3.15: BDÖ MCQ ve ACQ emprenye maddeleri ve vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam odun örnekleri.

3.5.2.4. Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Diri Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Daldırma Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi

Bu başlık altında yukarıdaki sınıflandırma ve alt başlıklar esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun örnekleri daldırma yöntemi uygulanarak emprenye edilmiştir. Tüm işlem aşamaları yukarıda vakum-basınç metodunda bahsedildiği şekilde gerçekleştirildikten sonra daldırma yöntemi (10 dak.) uygulanmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: a) BDÖ MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi kullanılarak daldırma yönteminin uygulanması.

3.5.2.5. Emprenye İşleminden Sonra Odun Örneklerindeki Emprenye Madde Alınımının Hesaplanması

Yapılan tüm emprenye işlemlerinden sonra çözelti içerisinden çıkarılan odun örnekleri oda koşullarında 10 dakika bekletildikten sonra emprenye madde alınımının belirlenmesi amacıyla 0,001 hassasiyetle ölçüm yapan bir terazi ile tartılmıştır **(M_3)** (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: BDÖ terazilerle yapılan tartımlar.

Tartım işleminden sonra odun örnekleri hava kurusu rutubete (% 12) getirilmek amacı ile 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında 2 hafta süreyle bekletilmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: BDÖ emprenye işleminden sonra klima odasına alınan ladin odun örnekleri.

3.5.3. BDS Ön Eleme Testlerinin Yapılması

Bu çalışma kapsamında iş-zaman çizelgesi belirlendikten sonra tez aşamasında karşılaşılabilecek olumsuzlukların tespiti ve nasıl bir çözüm üretileceğine yönelik bir fikir geliştirebilmek amacıyla ön eleme testlerinin yapılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Çünkü çalışmada biyolojik delme yönteminde kullanılacak olan *P. vitreus* mantarı yurt dışından (Amerika Birleşik Devletleri Orman Ürünleri Laboratuvarı, Madison, WI) temin edilmiştir. Bu mantar laboratuvarımızda ilk defa geliştirilecek ve yerli ağaç türlerimiz üzerindeki etkileri ilk defa tespit edilecektir. Bununla birlikte kullanılacak odun örneklerinin boyutlarının standart

mantarlara karşı performans testlerinde kullanılan odun örneklerine nazaran daha büyük (10 x 2,5 x 2,5 cm) olması nedeniyle (Schwarze ve diğ., 2006; Schubert ve diğ., 2011) standart petri kapları ve kolle kültür şişelerinin haricinde uygun bir malzeme olarak cam kavanoz tercih edilmiştir. Bu ön eleme testleri neticesinde aşağıdaki sorulara cevap aranmaya çalışılmıştır:

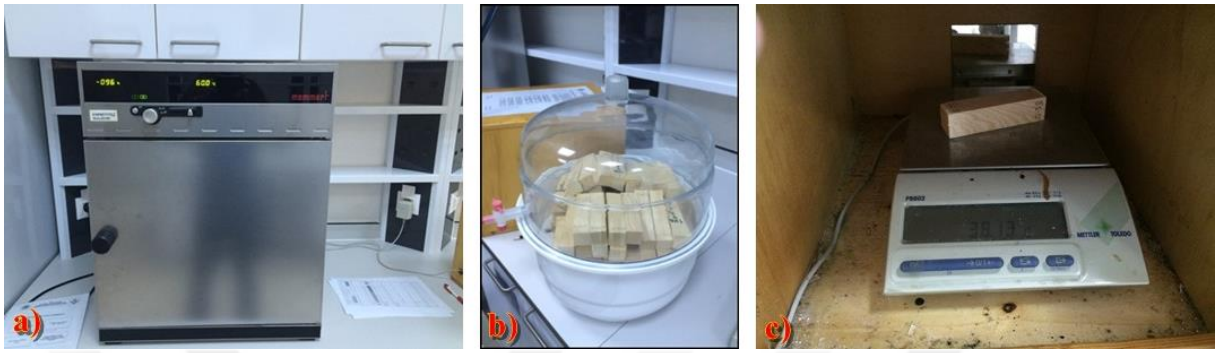
- Uygulanacak biyolojik delme çalışmalarında kullanılacak olan cam kavanozların sayısı ve kapağı kapatıldıktan sonraki aşamada kavanoz içerisindeki havanın mantarın gelişim süreci ve biyolojik delme süresince (yaklaşık 1,5-2 ay) yeterli olup olmayacağı,
- Biyolojik delme çalışmalarının yapılacağı kavanozların kapaklarının çok sıkı kapatılmasının mı? yoksa gevşek bir şekilde bırakılarak parafilm ile kapağın etrafının sarılmasının mı? mantar gelişimi açısından daha olumlu olacağının tespitinin yapılması ve bu durumun kontaminasyon riskini azaltıp azaltmayacağı?
- Biyolojik delme işleminde kullanılacak olan mantar türünün (*Physisporinus vitreus*) elimizde bulunan 10 farklı suşundan (RLG 5707 sp, FP 90121 sp, FP 71186, L 15851 sp, 60R, FP-103454 sp, L 3525 sp, P 151, FP-10369 T, FP-133180 sp) hangisinin en hızlı ve en iyi gelişim göstereceği,
- Mantar aşılaması (inokülasyon) ve iklimlendirme kabininde bekletilmesi (inkübasyon) işlemleri esnasındaki kontaminasyon riskinin tespit edilmesi ve bu kontaminasyonların kaynaklanabileceği faktörlerin giderilmesi veya minimuma indirilmesi,
- Biyolojik delme işlemleri esnasında hangi besin ortamının hazırlanmasının veya besin ortamına hangi ilâve mineral maddelerin eklenmesinin daha iyi ve daha hızlı mantar gelişimini sağlayacağı,

- Biyolojik delme işlemleri sonrasında odun örneklerinde ne kadarlık bir ağırlık kaybıyla (% ve gr) karşılaşılabileceği ve biyolojik delme işlemine maruz bırakma süresinin mekanik direnci etkilemeyecek şekilde literatürde belirtilen 6 haftalık süreyle (Schwarze ve diğ., 2006; Humar ve diğ., 2012) örtüşüp örtüşmeyeceği.

3.5.3.1. Odun Örnekleri P. vitreus Mantarına Maruz Bırakılmadan Önce Yapılan İşlemler

Doğu ladini ağaç türüne ait tek bir deneme ağacından elde edilen ve daha önceki işlemlerde kullanılmayan diri ve olgun odun örnekleri öncelikle bir etüv içerisinde 60 °C sıcaklıkta 3 gün

süreyle bekletilmiştir (Şekil 3.19a). Bu süre sonunda etüv içerisinden çıkarılan odun örnekleri içerisinde silika jel bulunan bir desikatör içerisinde 10 dakika bekletildikten sonra (Şekil 3.19b) bir hassas terazide tartılarak fırın kurusu ağırlıkları tespit edilmiştir (Şekil 3.19c).



Şekil 3.19: a) Odun örneklerinin etüv içerisinde 60 °C sıcaklıkta 3 gün bekletilmesi ardından b) içerisinde silika jel bulunan bir desikatör içerisinde 10 dakika beklemeye alınması c) ve tartılması.

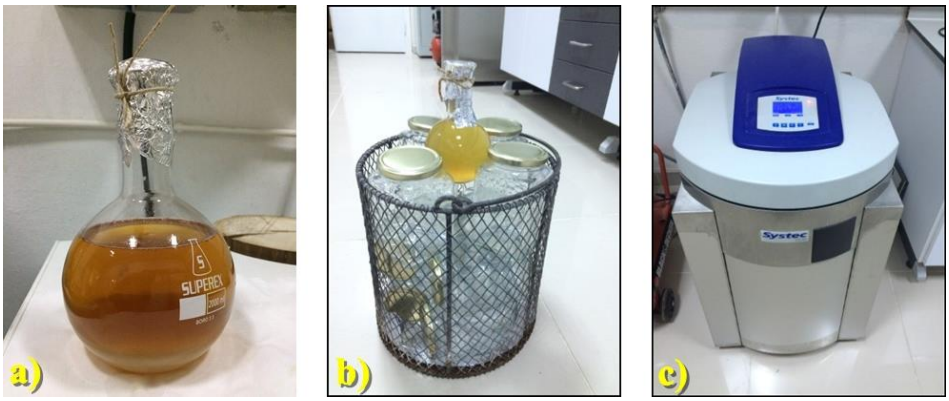
Daha sonra 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen odun örnekleri daha sonra mantar ile biyolojik delme testlerinde kullanılmak üzere uygun bir yerde beklemeye alınmıştır (Şekil 3.20). Burada poliüretan esaslı boyanın kullanılan mantar üzerindeki etkisi bilinmediğinden ve mantar hüflerinin enine kesitlerden de odun içerisine nüfuz ederek daha homojen bir yayılım göstermelerini sağlamak amacıyla mantara yatırılmadan önce enine kesitler kapatılmamıştır. Ama biyolojik delmeye maruz bırakıldıktan sonra yani emprenye işleminden önce enine kesitler poliüretan esaslı boya ile kapatılmıştır. Ayrıca tüm örneklerin kontaminasyona uğrayabilmesi veya yapılması gereken bazı çalışmaların dikkatten kaçabilme ihtimali de göz önüne alınarak yeterli sayıda diri odun ve olgun odun örneği de yedek olarak hazırda bulundurulmuştur.



Şekil 3.20: Biyolojik delme testlerinde kullanılmak üzere bekletilen ladin odun örnekleri.

3.5.3.2. Mantar Uygulama Ön Deneme Testi-1

Bu çalışmada 1 lt saf su içerisine 40 gr malt-agar ekstrakt besiyeri tartılarak eklenmiştir (Şekil 3.21a) ve çözünmesi için bir mantolu ısıtıcı içerisinde 60°C'de 10 dakika süreyle ısıtılmıştır. Daha sonra kullanılacak cam kavanozların içerisine 50 ml malt-agar çözeltisi eklenerek kavanozların kapağı kapatılarak otoklav içerisine konulmuştur (Şekil 3.21b). Otoklav içerisine konulan cam kavanozlar içerisindeki besiyeri 103 kPa basınç ve 121°C de sıcak su buharı ile 20 dakika sterilize edilmiştir (Şekil 3.21c). Daha sonra otoklavdan çıkarılan cam kavanozlar içerisinde bulunan sıvı haldeki malt-agar ekstrakt besiyerinin donmasını sağlamak amacıyla yatay halde aşılama kabini içerisine bırakılmıştır.



Şekil 3.21: Malt-agar besiyerinin hazırlanması ve kullanılacak cam kavanozlar ile birlikte otoklav içerisinde sterilize edilmesi.

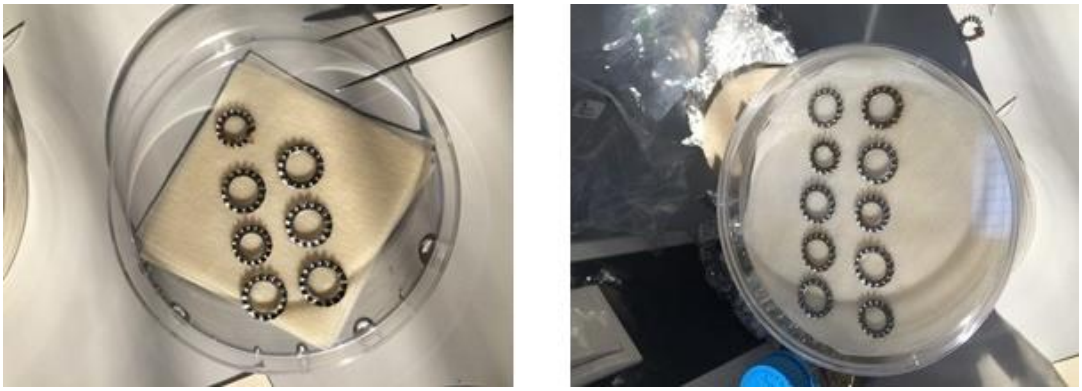
Malt-agar ekstrakt besiyerinin donmasının ardından da 2. aşamaya geçilmiştir. Bu aşamada 20 g malt ekstraktı tartılarak üzerine 1 litre saf su eklenerek % 2'lik bir besin solüsyonu elde edilmiştir. Otoklav içerisinde sterilize edildikten sonra aşılama kabini içerisine alınarak soğuması beklenilmiştir. Daha sonra soğuyan besin solüsyonu içerisine *P. vitreus* mantarına ait

olan ve ön eleme testlerinde en iyi gelişimi gösteren ortam sıcaklık ve nemindeki değişikliklere daha az hassas olduğu belirlenen FP 90121 sp. suşuna ait olan mantar kültürü tercih edilmiştir. Bu mantar suşundan 3-4 parça alınarak malt ekstrakt solüsyonu içerisine atılarak 27°C sıcaklık ve çalkalama hızı 120 rpm olarak ayarlanan çalkalamalı inkübatör içerisine konulmuştur (Şekil 3.22). Ardından mantar hüflerinin çözelti içerisinde karışmasını ve dağılmasını sağlamak amacıyla çalkalamalı inkübatör içerisinde 10-12 gün bekletilmiştir.



Şekil 3.22: Hazırlanan besin ortamının çalkalamalı inkübatör içerisinde 1 hafta bekletilmesi.

Kullanılacak besin ortamı hazırlandıktan sonra odun örnekleri alüminyum folyo içerisine sarılarak otoklav içerisinde 103 kPa basınç ve 121°C de sıcak su buharı ile 20 dakika sterilize edilmiştir. Daha sonra odun örnekleri aşılama kabini içerisinde önce emülsiyon halindeki malt ekstrakt solüsyonu içerisine batırılmış ve sonrasında ise katı fazdaki malt-agar ekstraktı ile kaplı olan cam kavanoz içerisine yerleştirilmiştir. Bu yerleştirme yapılırken odun örneklerinin tam olarak besin ortamına gömülmesini engellemek ve dolayısıyla mantar hüflerinin alt kısımdan da odun örneklerini sarmasını sağlamak amacıyla paslanmaz çelik altlıklar (her bir odun örneği için 2 adet) yerleştirilmiştir (Şekil 3.23).



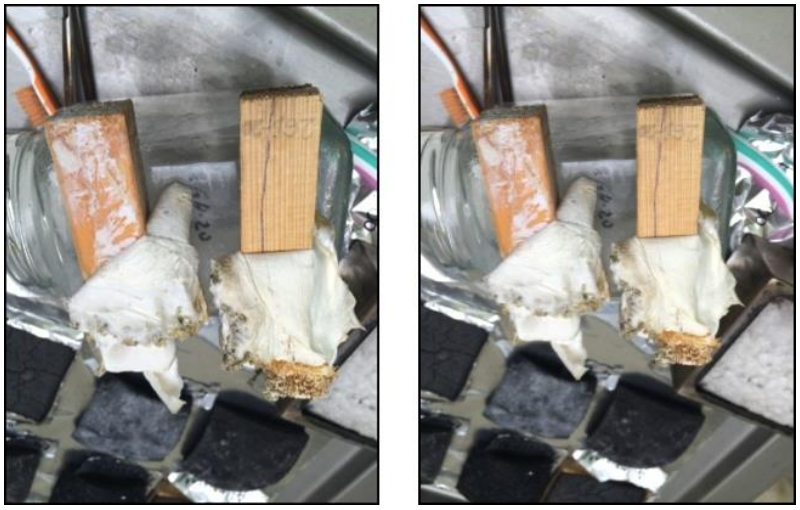
Şekil 3.23: Odun örneklerinin tam olarak besin ortamına gömülmesini engellemek ve mantar hüflerinin alt kısımdan da odun örneklerini sarmasını sağlamak amacıyla kullanılan paslanmaz çelik altlıklar.

Hemen ardından her bir kavanoz içerisine 2 adet olmak üzere ladin diri ve olgun odun örnekleri uygun bir şekilde ayrı ayrı yerleştirilmiştir. Daha sonrasında ise 6 haftalık biyolojik delme süresinin tamamlanması amacıyla 24 ± 2°C ve % 70 ± 5 bağıl neme ayarlı iklimlendirme kabini içerisine bırakılmıştır (Şekil 3.24).



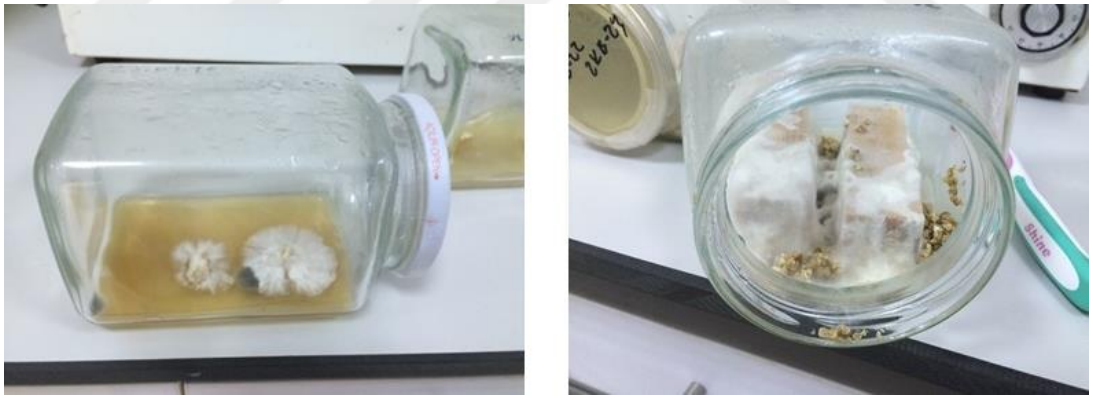
Şekil 3.24: İklimlendirme kabinine bırakılan mantar örnekleri.

İnkübasyon sonrasında odun örneklerinin yüzeylerinden miseller dikkatli bir şekilde kaldırılarak uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.25). Daha sonra örnekler fırında 60°C sıcaklıkta 3 gün süreyle kurutulduktan sonra ağırlık kayıpları tespit edilmiştir (Lehringer ve diğ., 2010). Ardından emprenye işlemleri için tekrar 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek hava kurusu hale getirilmiştir.



Şekil 3.25: İnkübasyon sonrasında odun örneklerinin yüzeylerinden yeterli gelişim gösteren misellerin uzaklaştırılması.

Bu mantar ön deneme testi-1 çalışmasında kullanılan toplam 8 adet kavanoz içerisindeki 16 adet odun örneğinde *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstermediği ve örneklerin neredeyse % 40'ında kontaminasyon meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 3.26). Bu yüzden mevcut tez kapsamında bu yöntemi kullanmanın uygun olmayacağı düşünülmüştür.



Şekil 3.26: Mantar ön deneme testi 1'de *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstermemesi (odun yüzeyini tamamen sarmaması) ve kontaminasyon görülmesi.

3.5.3.3. Mantar Uygulama Ön Deneme Testi-2

Bu işlem aşamasında ön deneme testi-1'den farklı olarak, mantarın daha iyi ve daha hızlı bir gelişim göstermesini sağlamak amacıyla 1 lt saf su içerisine 40 gr glukoz, 3 gr pepton ve 15 gr malt ekstraktı tartılarak eklenen ve çözünmesini sağlamak için bir mantolu ısıtıcı içerisinde 60°C'de 10 dakika süreyle ısıtılan farklı bir besiyeri hazırlanmıştır. Hazırlanan besiyeri otoklav içerisinde 103 kPa basınç ve 121 °C de sıcak su buharı ile 20- 25 dakika sterilize edildikten sonra otoklavdan çıkarılarak sıvı haldeki besiyerinin soğuması için aşılama kabini içerisine

bırakılmıştır (Şekil 3.27). Daha sonra da *P. vitreus* mantar suşundan alınan 3-4 parça % 2'lik malt ekstrakt çözeltisine değil de doğrudan bu besin çözeltisine atılarak 27°C sıcaklık ve çalkalama hızı 120 rpm olarak ayarlanan çalkalamalı inkübatör içerisine konulmuştur. Ardından mantar hüflerinin çözelti içerisinde karışmasını ve dağılmasını sağlamak amacıyla çalkalamalı inkübatörde 10 - 12 gün bekletilmiştir. Bu süre sonunda mantar yeterli gelişimini tamamladıktan sonra mantar hüflerinin çözelti içerisinde homojen dağılımını sağlamak amacıyla sterilize edilmiş olan bir blender yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra sterilize edilmiş odun örnekleri aşılama kabini içerisinde önce emülsiyon halindeki bu besin çözeltisi içerisine batırılmış ve sonrasında ise katı fazdaki malt-agar ekstraktı ile kaplı olan cam kavanoz içerisine yerleştirilmiştir. Bunların haricinde de ön deneme testi 1 çalışmasındaki tüm işlem aşamaları aynen takip edilmiştir.



Şekil 3.27: Otoklavdan çıkarılan sıvı haldeki besiyerinin soğuması için aşılama kabini içerisine bırakılması.

Bu ön deneme testi-2 çalışmasında kullanılan toplam 8 adet kavanoz içerisindeki 16 adet odun numunesinde *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının beklenen gelişimi göstermediği ve örneklerin neredeyse % 50'sinde kontaminasyon meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 3.28). Bu yüzden de tez kapsamında bu yöntemi kullanmanın uygun olmayacağı düşünülmüştür.



Şekil 3.28: Mantar uygulama ön deneme testi-2'de kontaminasyon görülmesi ve *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstermemesi.

3.5.3.4. Mantar Uygulama Ön Deneme Testi-3

Bu çalışmada 1 lt saf su içerisine 40 gr malt-agar ekstrakt besiyeri tartılarak eklenmiştir ve çözünmesini sağlamak için bir mantolu ısıtıcı içerisinde 60°C'de 10 dakika süreyle ısıtılmıştır. Daha sonra kullanılacak cam kavanozların içerisine 50 ml malt-agar çözeltisi eklenerek kavanozların kapağı sıcak buharın geçişine izin verecek kadar kapatılarak otoklav içerisine konulmuştur. Otoklav içerisinde cam kavanozlar içerisindeki besiyeri 103 kPa basınç ve 121°C de sıcak su buharı ile 20 dakika sterilize edilmiştir ve daha sonra otoklavdan çıkarılan cam kavanozlar içerisinde bulunan sıvı haldeki malt-agar ekstrakt besiyeri soğuması için yatay halde aşılama kabini içerisine bırakılmıştır. Malt-agar ekstrakt besiyerinin donmasının ardından FP 90121 sp. suşuna ait olan mantar kültüründen 2 parça alınarak biri yatay haldeki kavanozun dip kısmına diğeri ise ağız kısmına doğru bırakılarak hafifçe kapakları kapatılmış ve sonrasında ise parafilm ile çevrelenmiştir. Daha sonrasında ise mantar gelişiminin tamamlanması amacıyla 24 ± 2°C ve % 70 ± 5 bağıl neme ayarlı iklimlendirme kabini içerisine bırakılmıştır. Kavanoz içerisinde mantar hüflerinin tüm besiyerini kaplayacak şekilde gelişim göstermesinin ardından (yaklaşık 10-12 gün sonra) tüm kavanozlar iklimlendirme kabininden çıkarılarak odun örneklerinin mantara maruz bırakılmasını sağlamak amacıyla tekrar aşılama kabini içerisine taşınmıştır. Daha sonra 10 x 2,5 x 2,5 cm (boy x yükseklik x genişlik) boyutlarında hazırlanan her bir odun örneği alüminyum folyo içerisine sarılarak otoklav içerisinde 103 kPa basınç ve 121°C de sıcak su buharı ile 20 - 25 dakika sterilize edildikten sonra aşılama kabini içerisinde yatay yüzeyi tamamen mantar hüfleriyle kaplı olan cam kavanoz içerisine 2 adet olmak üzere (ladin diri ve olgun odun örnekleri) uygun bir şekilde ayrı ayrı yerleştirilmiştir. Bu yerleştirme yapılırken odun örneklerinin tam olarak besin ortamına gömülmesini engellemek ve dolayısıyla mantar hüflerinin alt kısımdan da odun örneklerini sarmasını sağlamak amacıyla paslanmaz çelik altlıklar (her bir odun örneği için 2 adet) yerleştirilmiştir. Daha sonrasında ise

kavanozların kapakları gevşek bir şekilde kapatılarak parafilm ile çevrelenmiş ve 6 haftalık biyolojik delme süresinin tamamlanması amacıyla 24 ± 2 °C sıcaklık ve % 70 ± 5 bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme kabinine bırakılmıştır.

İnkübasyon sonrasında odun örneklerinin yüzeylerinden miseller dikkatli bir şekilde kaldırılarak uzaklaştırılmıştır. Daha sonra örnekler fırında 60°C sıcaklıkta 3 gün süreyle kurutulduktan sonra ağırlık kayıpları tespit edilmiştir (Lehringer ve diğ., 2010). Ardından emprenye işlemleri için tekrar 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir.

Tablo 3.1: *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarına maruz bırakılan ladin diri odun ve olgun odun kısımlarında meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları.

Odun kısmı	Biyolojik Delme Öncesi Ortalama Ağırlık (gr)	Biyolojik Delme Sonrası Ortalama Ağırlık (gr)	Biyolojik Delme Sonrası Ortalama Ağırlık Kaybı (%)
Diri Odun	22,89 (0,14)*	20,32 (0,32)*	% 11,22
Olgun odun	24,04 (4,34)*	21,79 (4,06)*	% 9,31

*Standart sapma

Bu ön deneme testi-3 çalışmasında kullanılan toplam 8 adet kavanoz içerisindeki 16 adet odun numunesinde *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının beklenen gelişimi gösterdiği (Şekil 3.29) ve örneklerin sadece % 15'inde kontaminasyon meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca test sonrası kullanılan odun örneklerinde *P. vitreus* mantarının meydana getirdiği ortalama ağırlık kayıpları ise beklenildiği gibi çıkmış (Schwarze ve diğ., 2006; Humar ve diğ., 2012) ve Tablo 3.1'de verilmiştir. Bu yüzden tez kapsamında bu yöntemi kullanmanın daha uygun olacağı kabul edilmiştir.



Şekil 3.29: Mantar uygulama ön deneme testi-3'de *P. vitreus* (FP 90121 suşu) mantarının yeterli gelişim göstererek tüm odun yüzeylerini kaplaması.

3.5.4. Ön Deneme Testleri Sonrası Biyolojik Delme İşleminin Uygulanması

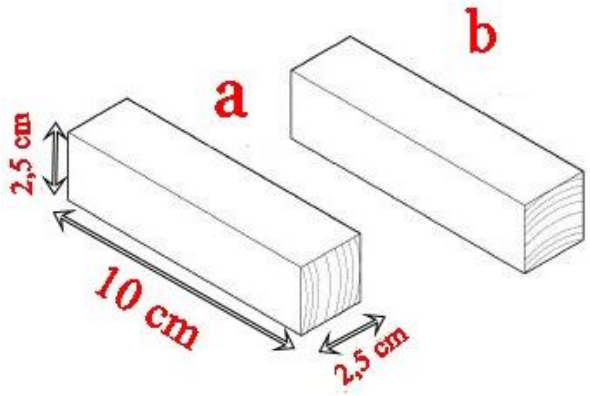
Bu çalışmada ön deneme testleriyle birlikte odun örneklerinin biyolojik delme işlemine maruz bırakılması çalışmaları kısmen modifiye edilmiş olsa da EN 113'e göre yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle Amerika Birleşik Devletleri Orman Ürünleri Laboratuvarından temin edilen saf kültür halindeki *P. vitreus* beyaz çürüklük mantarına ait 10 farklı suştan (Şekil 3.30) biri olan FP 90121 sp. suşu, % 2'lik malt ekstrakt esaslı bir sıvı besi ortamında 24 ± 2°C sıcaklık ve % 70 ± 5'lik bağıl nem koşullarında çoğaltılmıştır.



Şekil 3.30: Amerika Birleşik Devletleri Orman Ürünleri Laboratuvarı (Forest Products Laboratory)'ndan temin edilen saf kültür halindeki *P. vitreus* beyaz çürüklük mantarına ait 5 farklı suş (strain).

Daha sonra 10 x 2,5 x 2,5 cm (uzunluk x yükseklik x genişlik) boyutlarında hazırlanan her bir odun örneği alüminyum folyo içerisine sarılarak otoklav içerisinde 103 kPa basınç ve 121°C de sıcak su buharı ile 20 dakika sterilize edilmiştir. İnokülasyon işlemi, yapılan ön eleme testlerinde en iyi ve en hızlı gelişimi gösteren, ortam sıcaklık ve nemindeki değişikliklere daha az hassas olduğu düşünülen *P. vitreus* beyaz çürüklük mantarına ait FP 90121 suşu kullanılarak (Şekil 3.30) gerçekleştirilmiştir.

İnokülasyon ve inkübasyon çalışmaları toplam 200 adet kavanoz yani 400 adet odun numunesi üzerinde ön deneme testi 3'te belirtilen işlem aşamaları yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte her bir odun numunesi besin ortamı üzerinde radyal yöndeki mantar gelişimini belirlemek amacıyla teğet yüzeylerden birinin üzerine, teğet yöndeki mantar gelişimini belirlemek amacıyla da radyal yüzeylerden birinin üzerine inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 3.31) (Schwarze ve diğ., 2006; Lehringer ve diğ., 2010).



Şekil 3.31: Biyolojik delme işleminde kullanılacak radyal ve teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan odun örnekleri.

İnkübasyon sonrasında (Şekil 3.32) odun örneklerinin yüzeylerinden miseller dikkatli bir şekilde kaldırılarak uzaklaştırılmıştır. Daha sonra örnekler fırında 60 °C'de 3 gün süreyle kurutulduktan sonra ağırlık kayıpları **(G_1)** tespit edilmiştir. Daha sonra belirlenen bu ağırlık kaybı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Lehringer ve diğ., 2010). Burada tespit edilen yüzde ağırlık kayıplarının *P.vitreus* mantarının odun örneklerinde yeterli gelişim gösterip göstermemesine bağlı olarak tüm örneklerde aynı olmadığı ve % 5 ila % 15 arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu yüzden BDS yapılan emprenye işlemlerinde değişken olarak 2 farklı emprenye madde ve yöntemine bağlı olarak aynı zamanda farklı 2 ağırlık kaybı (% 5 - 10 ve % 10 - 15) ve farklı 2 odun yüzeyi de (radyal ve teğet) göz önüne alınarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.32: İnkübasyon sonrası odun örnekleri.

3.6. BDS UYGULANAN EMPRENYE YÖNTEMLERİ

Tez çalışmasında BDS uygulanan emprenye işlemleri esnasında kullanılan örnek sayıları, emprenye madde tip ve yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Olgun odun örnekleri için

• Sadece ortam koşullarının ağırlık kaybı üzerine olabilecek etkilerini belirlemek amacıyla hiçbir işlem (biyolojik delme veya emprenye) uygulanmamış kontrol örnekleri (6 adet)
• Sadece biyolojik delme uygulanan kontrol örnekleri (10 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Daldırma (12 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Daldırma (12 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Vakum-basınç (5 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Daldırma (7 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Vakum-basınç (8 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Daldırma (7 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Vakum-basınç (5 adet)

• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Daldırma (13 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Daldırma (5 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Vakum-basınç (5 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Daldırma (10 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Vakum-basınç (10 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Vakum-basınç (5 adet)

• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Vakum-basınç (6 adet)

• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Vakum-basınç (6adet)

Diri odun örnekleri için

• Hiçbir işlem uygulanmamış kontrol örnekleri (10 adet)
• Sadece biyolojik delme uygulanan kontrol örnekleri (10 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Daldırma (5 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Vakum-basınç (12 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Daldırma (7 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + MCQ + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Daldırma (11 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Daldırma (7 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + MCQ + Vakum-basınç (8 adet).

• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + ACQ + Vakum-basınç (5 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Daldırma (12 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + ACQ + Vakum-basınç (6 adet).
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Radyal + SAF SU + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 5-10 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Vakum-basınç (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Daldırma (6 adet)
• Biyolojik delme + % 10-15 ağırlık kaybı + Teğet + SAF SU + Vakum-basınç (7 adet).

Bu tez çalışmasındaki ağırlık kayıpları Lehringer ve diğ. (2010)'a göre hesaplanmıştır;

$$\Delta M = \frac{M0-M1}{M0}\ x100 \qquad (3.1)$$

ΔM= Ağırlık kaybı (%)

M0= İnkübasyon öncesi ağırlık (kg)

M1= İnkübasyon sonrası ağırlık (kg)

$$M_0 = \frac{100.M_{t0}}{100+u}\ ve\ M_1 = \frac{100.M_{t1}}{100+u} \qquad (3.2)$$

Mt = İnkübasyon öncesi ve sonrası 22°C sıcaklık ve % 65 bağıl nemde bekletilen numunelerin teoriksel olarak kuru ağırlığı

Mt_0 = İnkübasyon öncesi şartlar

Mt_1 = İnkübasyon sonrası şartlar

u = 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nemdeki rutubet içeriği (Lehringer ve diğ., 2010).

Biyolojik delme işlemine maruz bırakılan ladin odun örneklerinin enine kesitleri emprenye işleminden önce poliüretan esaslı boya ile kapatılmış (Şekil 3.33) ve daha sonra hassas terazi ile tartılarak poliüretanlı ağırlığı **(G_2)** tespit edilerek kaydedilmiştir.



Şekil 3.33: Biyolojik delme işlemine maruz bırakılan ladin odun örneklerinin enine kesitlerinin emprenye işleminden önce poliüretan esaslı boya ile kapatılması.

3.6.1. Poliüretanlı Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Üç Farklı Çözeltiyle Vakum-Basınç Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi

Bu başlık altında yukarıdaki BDS sınıflandırma ve alt başlıklar esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun örnekleri BDÖ gerçekleştirilen vakum-basınç uygulamalarındaki işlem aşamaları takip edilerek emprenye edilmiştir (EN 113,1997) (Şekil 3.34).



Şekil 3.34: BDS MCQ emprenye çözeltisi ile vakum-basınç işlemi (solda) ve ACQ emprenye çözeltisi ile vakum-basınç işlemi (sağda).

3.6.2. Poliüretanlı Ladin Diri ve Olgun Odunlarının 3 Farklı Çözeltiyle Daldırma Yöntemi Uygulanarak Emprenye Edilmesi

Bu başlık altında yukarıdaki BDS sınıflandırma ve başlıklar esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun örnekleri daldırma yöntemi uygulanarak emprenye edilmiştir. Tüm işlem aşamaları BDÖ vakum-basınç metodunda bahsedildiği şekilde gerçekleştirildikten sonra daldırma yöntemi (10 dak.) uygulanmıştır (Şekil 3.35).



Şekil 3.35: a) BDS MCQ emprenye çözeltisi ve b) ACQ emprenye çözeltisi kullanılarak daldırma yönteminin uygulanması.

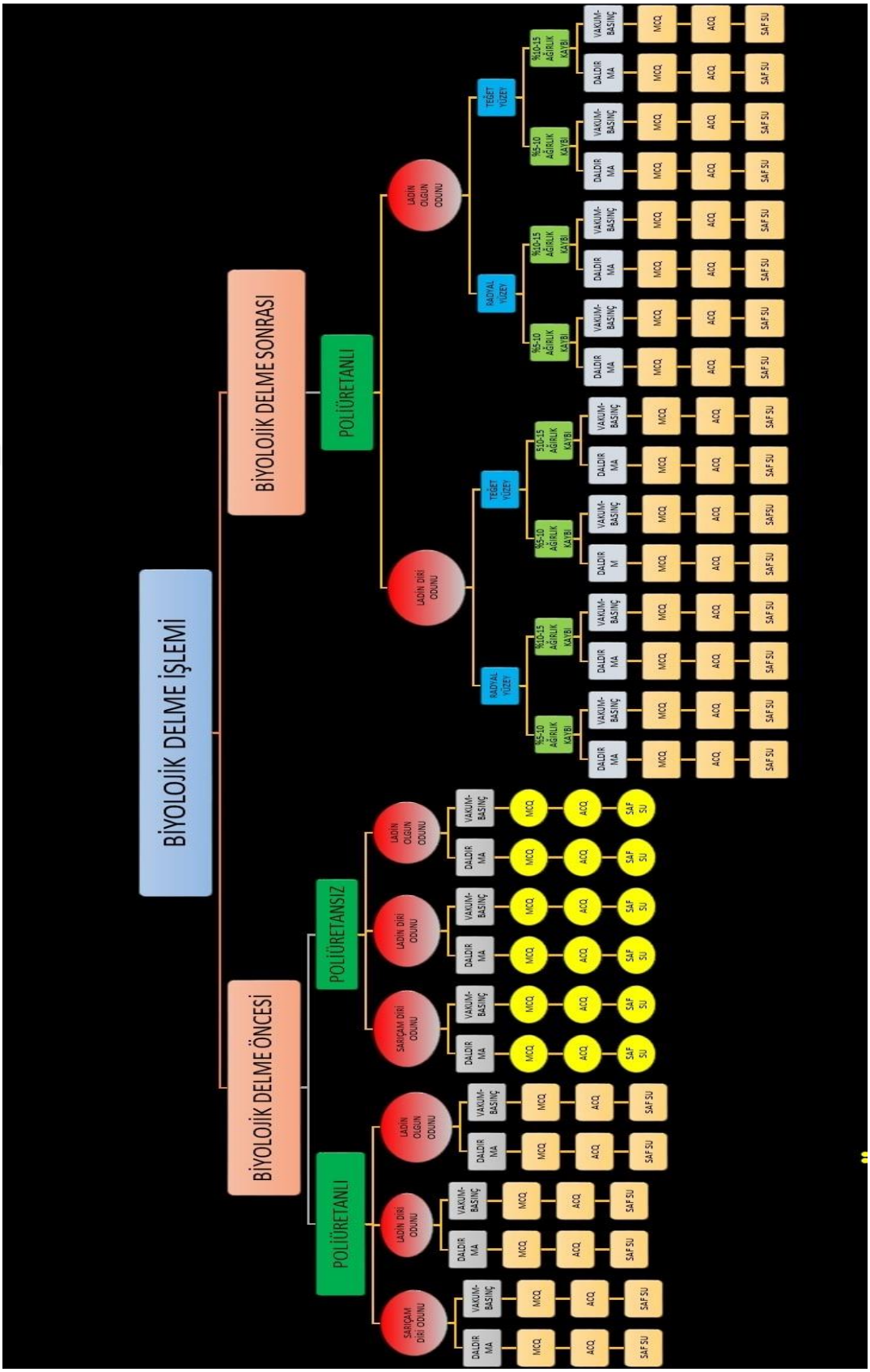
3.6.3. BDS Emprenye İşleminin Ardından Odun Örneklerindeki Emprenye Madde Alınımının Hesaplanması

Yapılan tüm emprenye işlemlerinden sonra çözelti içerisinden çıkarılan odun örnekleri oda koşullarında 10 dakika beklendikten sonra emprenye madde alınımının belirlenmesi amacıyla 0,001 hassasiyetle ölçüm yapan terazilerle tartılmıştır **(G_3)** (Şekil 3.36). Tartım işleminden sonra odun örnekleri hava kurusu rutubete (% 12) getirilmek amacı ile 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında 2 hafta süreyle bekletilmiştir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36: BDS hassas teraziyle yapılan tartımlar.

Ayrıca BDÖ ve BDS gerçekleştirilen emprenye işlem aşamaları tüm bu işlemlerin daha iyi anlaşılması açısından şematize edilerek aşağıda Şekil 3.37'de verilmiştir.



Şekil 3.37: BDÖ ve BDS gerçekleştirilen emprenye işlem aşamalarının şematize edilmesi.

3.7. BDÖ VE BDS EMPRENYE EDİLEN ODUN ÖRNEKLERİNDE BAKIR DAĞILIMI, RETENSİYON VE PENETRASYON TESPİTİ

Bu çalışmada emprenye edilen farklı gruplara ait odun örneklerinde Cu dağılımını ve özellikle penetrasyon seviyelerini tespit etmek amacıyla birbirinden farklı üç yöntem kullanılmıştır;

1) Odun içerisinde bakırın yayıldığı alanın hesaplanmasına bağlı olarak **penetrasyon alanı değerinin (cm^2)** tespiti,
2) Odunun dış yüzey ve iç kısımlarındaki bakır içeriğine bağlı **retensiyon miktarının (ppm)** tespiti,
3) Odunun dış yüzey ve iç kısımlarındaki bakır **retensiyon yüzde dağılım oranlarının (%)** SEM-EDX ile tespiti.

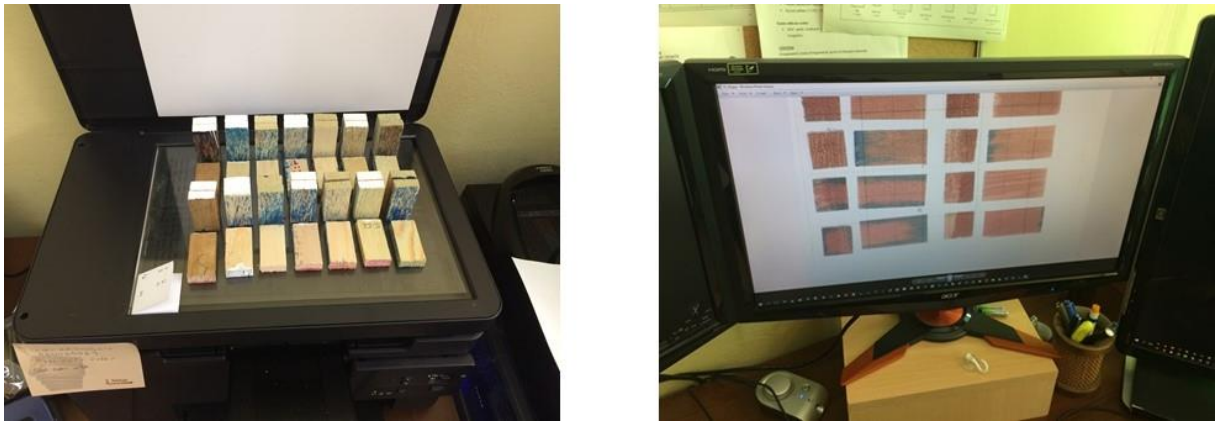
3.7.1. Cu Penetrasyon Alanı Değerinin (cm^2) Tespiti

Biyolojik delme öncesi ve sonrası koruyucu işleme tabi tutulan odun örneklerine ait penetrasyon derinliğinin tespiti, İ.Ü- Cerrahpaşa Orman Fakültesi atölyesinde çalışma örneklerinin hem enine hem de boyuna yönde kesilmeleri sonucunda elde edilen tüm yüzeylere krom azurol S solüsyonu püskürtülmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.38) (AWPA 69-12, 2012).



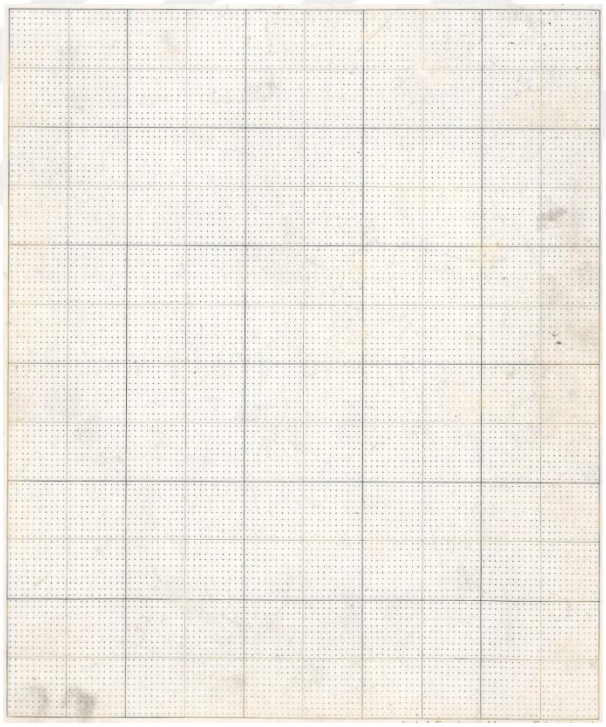
Şekil 3.38: Kesilen odun yüzeylerine krom azurol S solüsyonu püskürtülmesi.

Bakır ayracı uygulanan örneklerde bakırın nüfuz ettiği (mavi renkli) kısımların tespit edilmesi aşamasında değerlendirme işlemleri bilgisayar ortamında (ArcGIS coğrafi bilgi sistemi yazılımı) gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle enine ve boyuna kesitler bilgisayar ortamında değerlendirilmelerine olanak sağlamak üzere bir masaüstü tarayıcı sistem kullanılarak taranmıştır (Şekil 3.39).



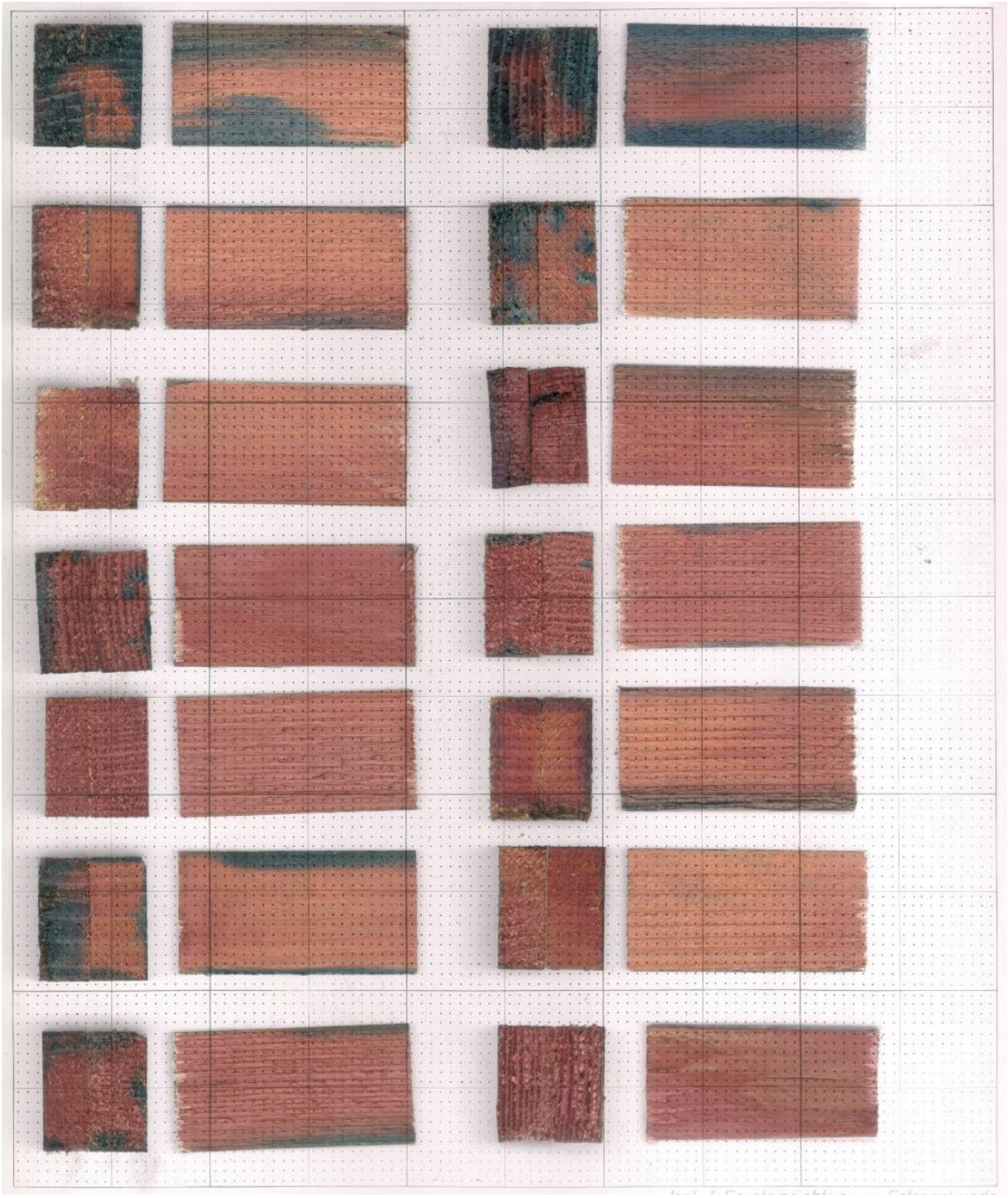
Şekil 3.39: Kesilen odun yüzeylerindeki bakırın nüfuz ettiği mavi renkli alanların hesaplanması.

Bilgisayar ortamında kesitlerin değerlendirilmeleri aşamasında gerçek dünyadaki ölçülerinin elde edilebilmesi için tarama aşamasında kesitler 20 x 24 cm boyutunda hazırlanan noktalı grid şablon üzerine yerleştirilmişlerdir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40: Noktalı grid şablon.

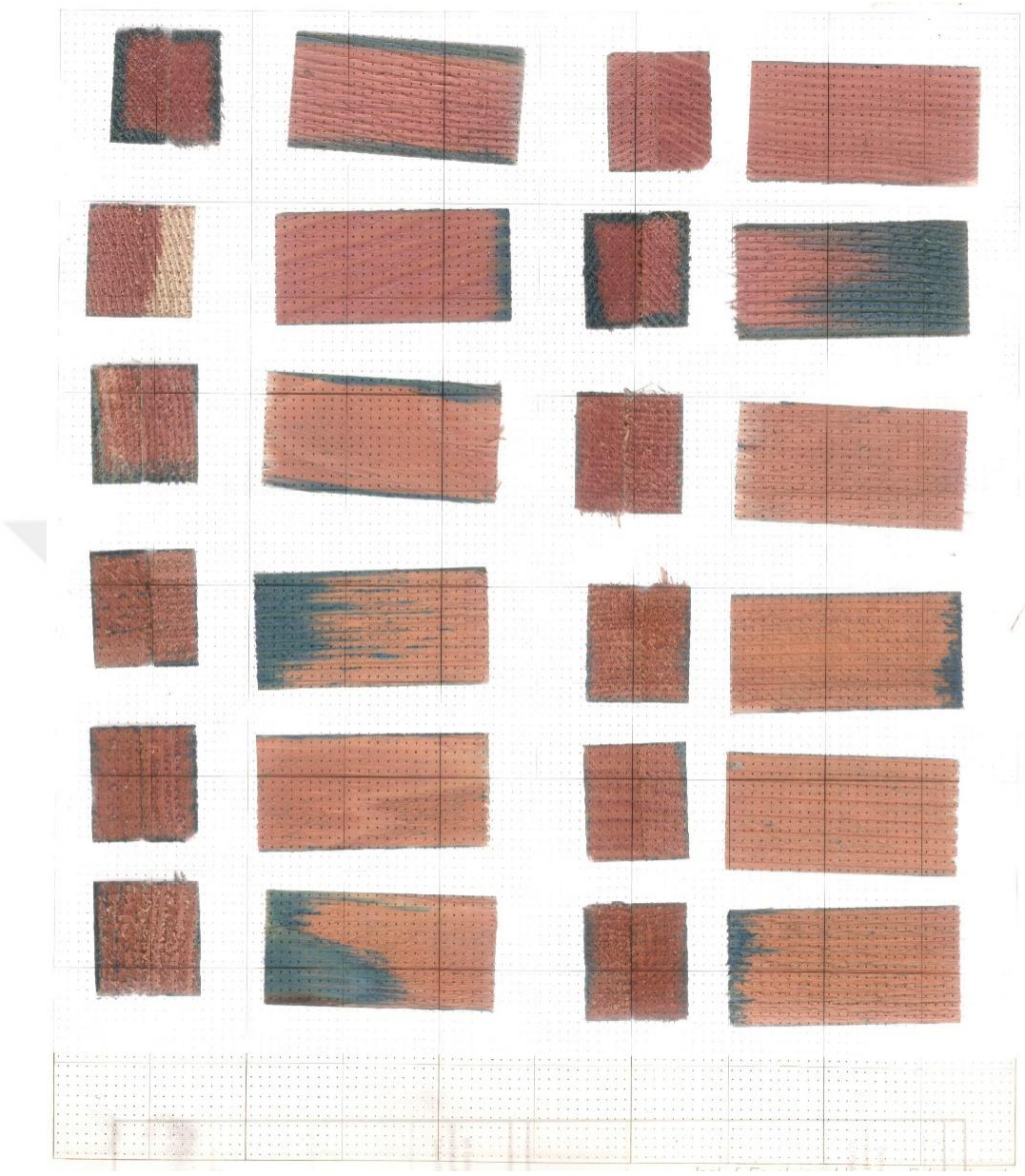
Toplam 40 takım olarak hazırlanan kesitler 300 dpi çözünürlükte taranarak bilgisayar ortamında geçirilmiştir. Bu kapsamda her şablon üzerine 14 takım kesit sağlıklı bir şekilde sığdırılabilmiştir (Şekil 3.41, Şekil 3.42, Şekil 3.43).



Şekil 3.41: Noktalı grid şablon üzerinde tarama işlemi gerçekleştirilmiş kesitler (1-14).

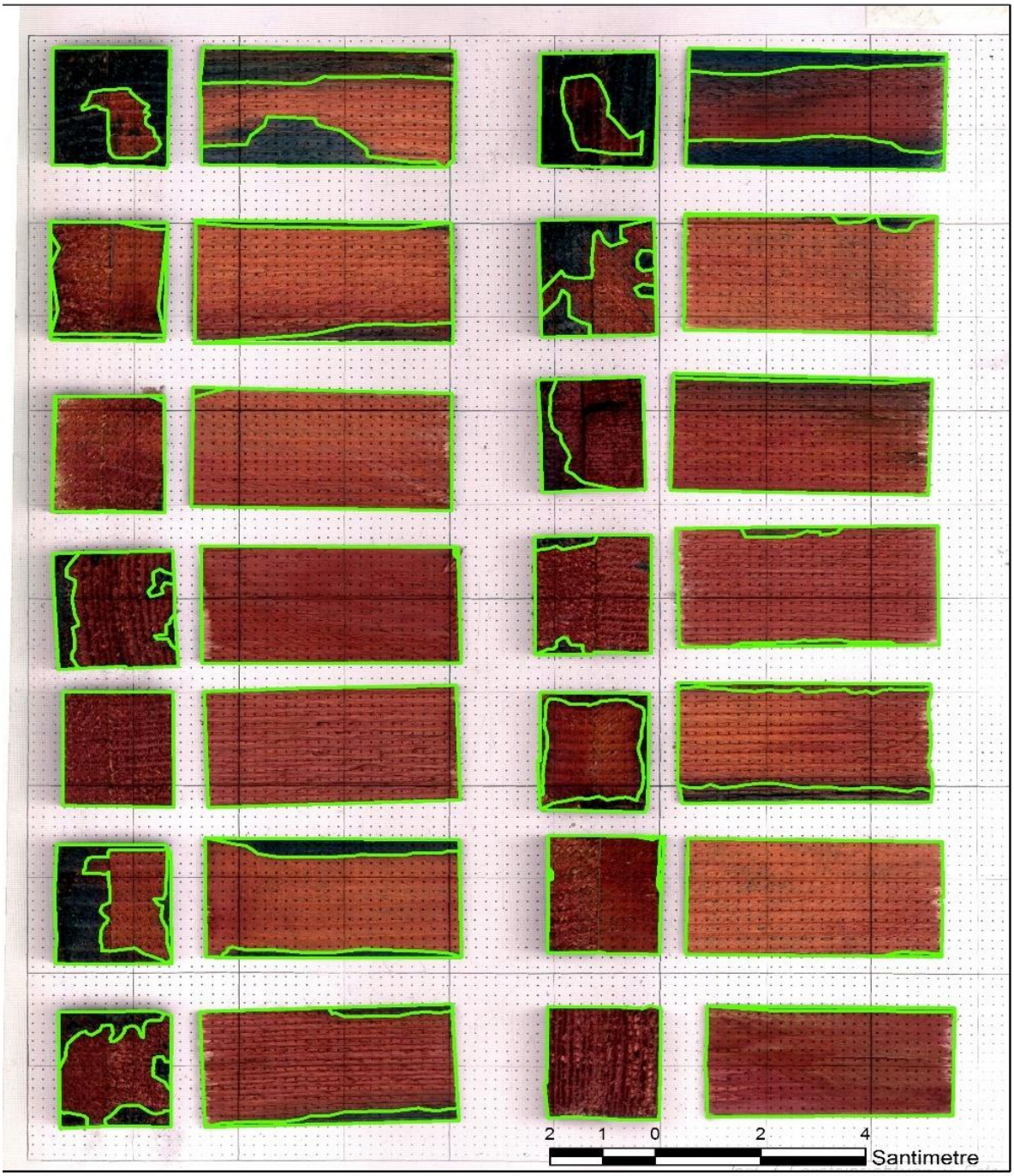


Şekil 3.42: Noktalı grid şablon üzerinde tarama işlemi gerçekleştirilmiş kesitler (15-28).

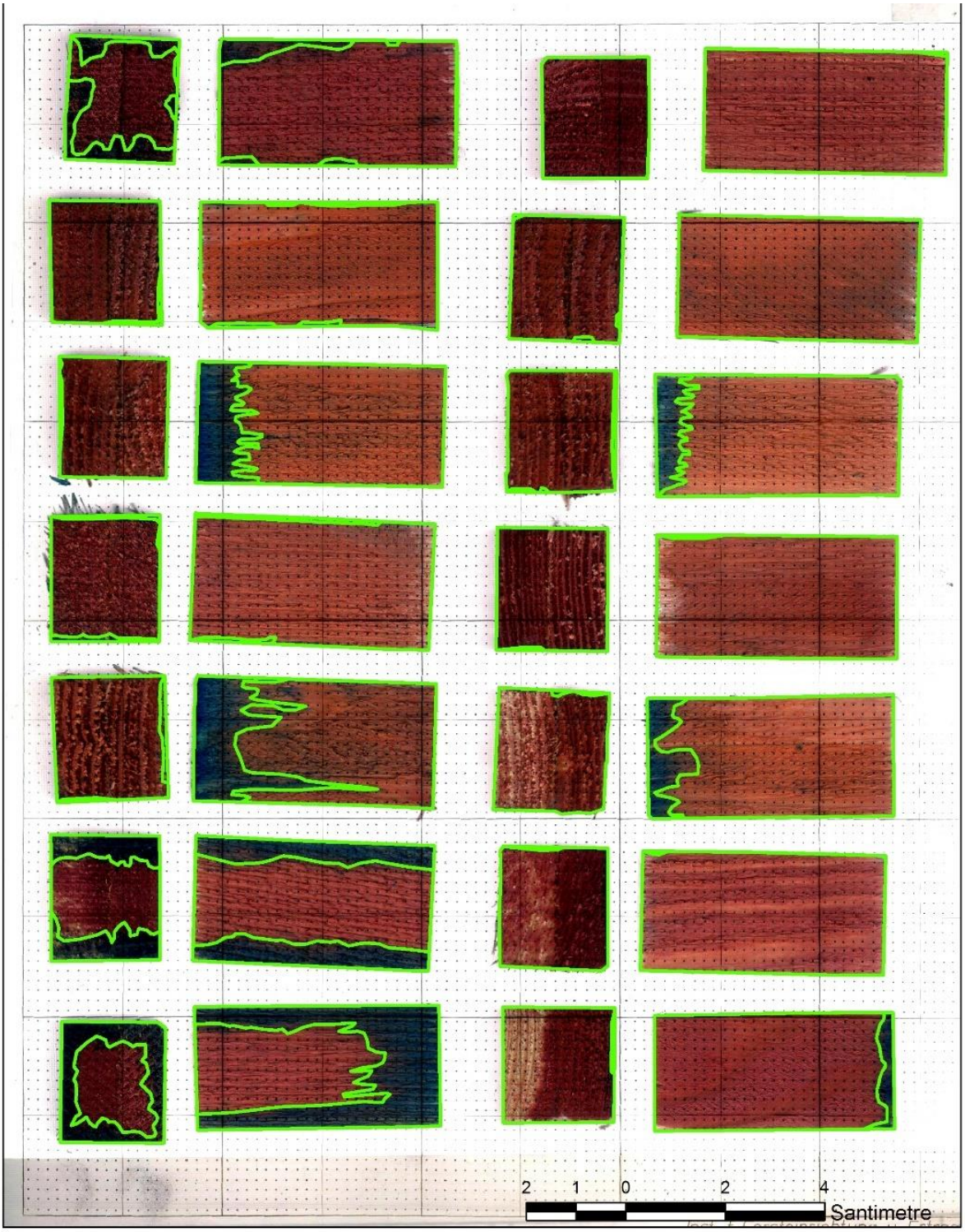


Şekil 3.43: Noktalı grid şablon üzerinde tarama işlemi gerçekleştirilmiş kesitler (29-40).

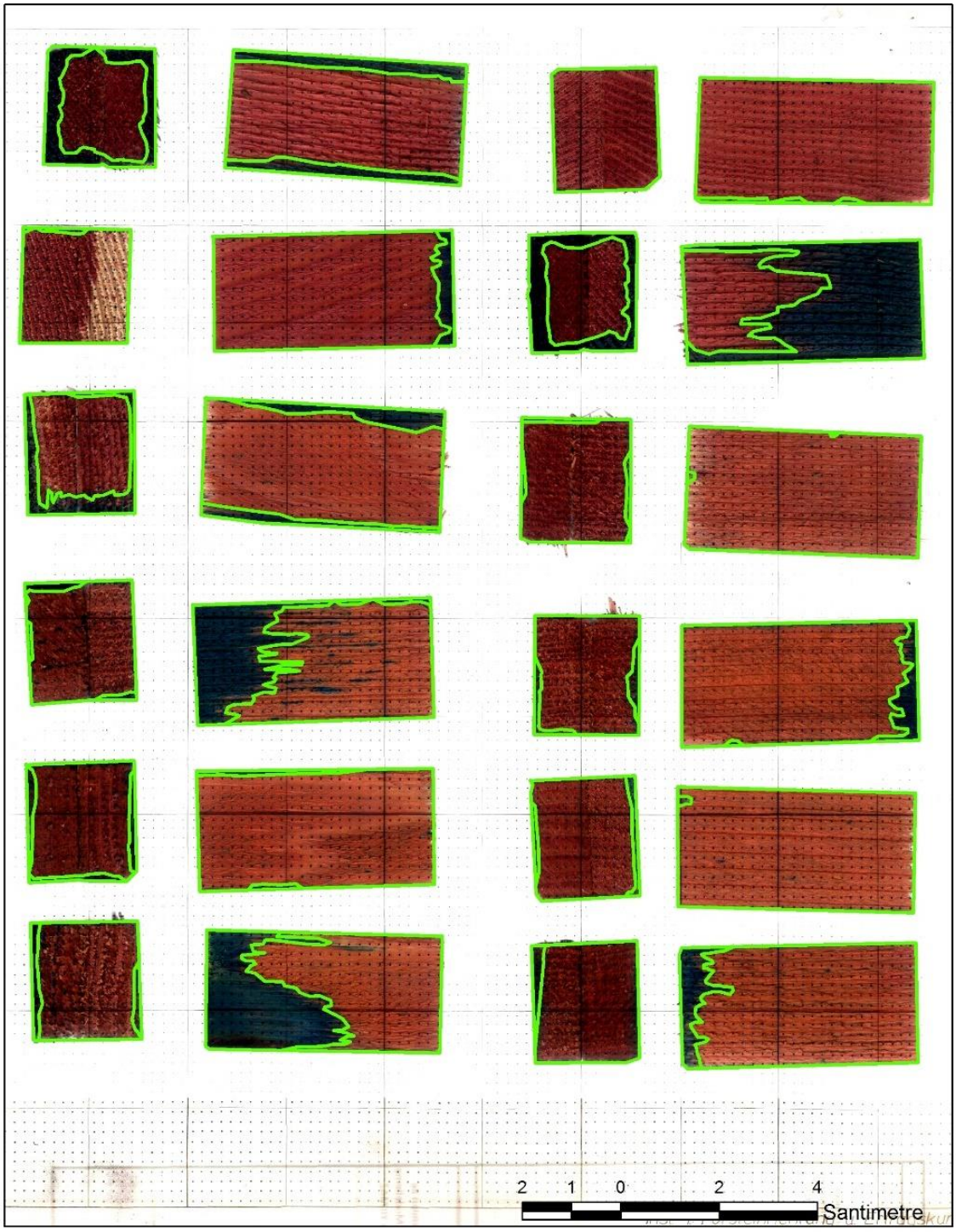
Kesitlere ait görüntülerin bilgisayar ortamına aktarımından sonra noktalı grid şablon vasıtasıyla her bir görüntü ArcGIS coğrafi bilgi sistemi yazılımı ortamında sanal koordinat sistemine oturtularak görüntü referanslandırmaları gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin sanal koordinat sistemine aktarımından sonra her bir takım kesit için boyar madde ile reaksiyon göstermiş olan alanların vektörel olarak belirlenmesi amacıyla sayısallaştırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kesitin toplam alanı değişiklik gösterdiğinden her bir kesiti çevreleyen poligon oluşturulmuş sonrasında boyar madde ile reaksiyon göstermeyen alanlar sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.44, Şekil 3.45, Şekil 3.46).



Şekil 3.44: Sayısallaştırması gerçekleştirilmiş kesitlerden görünüm (1-14).



Şekil 3.45: Sayısallaştırması gerçekleştirilmiş kesitlerden görünüm (15-28).



Şekil 3.46: Sayısallaştırması gerçekleştirilmiş kesitlerden görünüm (15-28).

Elde edilen poligon verilerin alan hesapları yine ArcGIS coğrafi bilgi sistemi yazılımında gerçekleştirilmiş ve alansal bilgiler tablo olarak MS Excel ortamında değerlendirilmiştir. Herbir kesit için saptanan toplam alandan reaksiyon göstermeyen (kırmızı renkli) alan çıkartılarak bakır ayracı olan krom azurol S ile reaksiyona giren mavi renkli alan verisi elde edilmiştir.

3.7.2. Cu Retensiyon Miktarının (ppm) Tespiti

Bu çalışmadaki odun unları, odun içerisinde tutunmuş emprenye madde miktarının belirlenmesi ve retensiyon miktarının uygulanan emprenye madde tipi ve yöntemine göre nasıl değiştiğini de görebilmek amacıyla odun örneklerinin hem en dış kısımlarından hem de orta- merkez kısımlarından alınan 1 cm kalınlığındaki çıtalardan elde edilmiştir (Şekil 3.47a). Daha sonra kontrol örnekleri de dâhil faklı gruplara ait odun örneklerine ait çıtalar ayrı ayrı bir laboratuvar tipi değirmende (Retsch, MM 200) öğütülerek odun unu haline getirilerek (Şekil 3.47b) nitrik asitle yakma işlemine uğratılmıştır (AWPA A7-12, 2012).



Şekil 3.47: a) Odun örneklerinin hem en dış yüzeylerinden hem de orta-merkez kısımlarından alınan 1 cm kalınlığındaki çıtalar ve b) Odun unu haline getirilmeleri.

Nitrik asit tarafından yakma-parçalama işlemine maruz bırakılan odun unu örnekleri (Şekil 3.48) içerisindeki Cu retensiyon miktarının tespiti amacıyla Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Enstrümental Laboratuvarına götürülmüştür.



Şekil 3.48: Odun unu örneklerinin nitrik asitle yakılması.

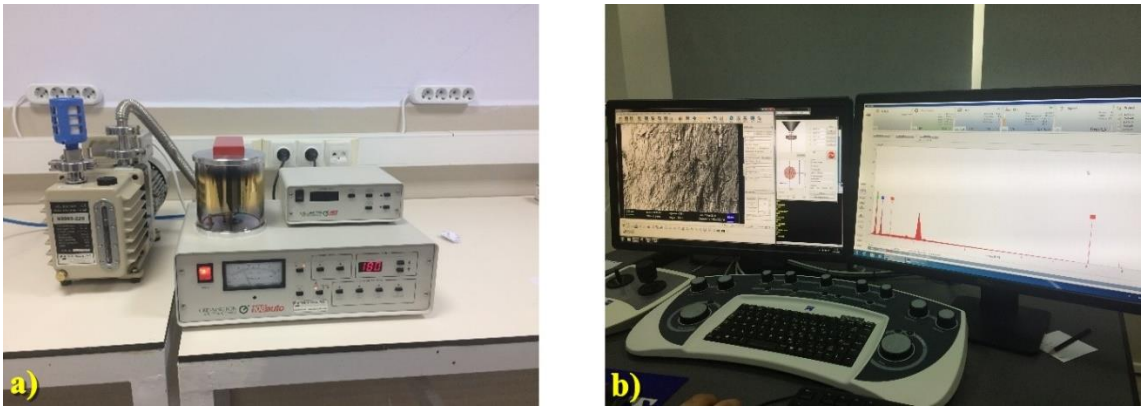
Burada daha önce hazırlanmış olan Cu elementine ait standardizasyon işlemleri yapılmıştır. Bu işlem Perkin-Elmer Optima 8000 ICP-OES cihazında yapılan ölçümlerin doğruluğunun test edilmesi açısından önemlidir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49: ICP-OES cihazında yapılan odun unlarındaki Cu analizleri (ppm).

3.7.3. Odunun Dış Yüzey ve İç Kısımlarındaki Bakır Mikrodağılımının ve Buna Bağlı Bakır Retensiyon Yüzde Dağılım Oranlarının (%) SEM-EDX İle Tespiti

BDÖ ve BDS farklı boyutlardaki Cu emprenye maddeleri ve farklı emprenye yöntemleriyle koruyucu işleme tabi tutulan ladin odununun mikroyapısındaki bakır dağılım görüntülerini elde etmek amacıyla 5 x 5 x 10 mm boyutlarındaki örnekler tek kat altın (Au) ile kaplanmış (Şekil 3.50a) ve sonrasında SEM- EDX yardımıyla Cu mikrodağılımı görsel hale getirilmiştir (Şekil 3.50b). Daha sonra farklı ağaç türü ve odun kısımlarına ait bu mikrodağılım görüntüleri ve görüntülerden elde edilen en yüksek ve en düşük bakır retensiyon yüzde dağılım oranlarına (%) ait grafikler belirlenmiştir.



Şekil 3.50: a) Odun mikroyapısında bakır dağılımı tespiti öncesinde örneklerin Au (altın) ile kaplanması ve b) Cu mikrodağılım görüntü ve grafiğinin bilgisayardaki görüntüsü.

Bakır mikrodağılım incelemeleri, Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim - Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde FEI QUANTA FEG marka Taramalı Elektron Mikroskopunda düşük vakum altında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.51).



Şekil 3.51: Odunda ultramikroskopik yapının SEM ile görüntülenmesi.

3.8. BDÖ VE BDS YIKANMA TESTLERİNİN YAPILMASI VE YIKANAN BAKIR MİKTARININ (PPM) TESPİTİ

BDÖ ve BDS koruyucu işleme tabi tutulmuş olan her bir gruptaki örneklerin yarısı AWPA E-11 (1997) standardına göre yıkanma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.52).



Şekil 3.52: BDS koruyucu işleme tabi tutulmuş olan tüm örneklerin yıkanma işlemine tabi tutulması.

Daha sonra da yıkanma suları ayrı ayrı kaplarda toplanmış ve yıkanan sular içerisinde odun örneklerinden yıkanan koruyucu madde miktarlarının ICP-OES cihazı yardımıyla belirlenebilmesi (AWPA A21-08, 2012) için bir laboratuvar tipi buzdolabında beklemeye alınmıştır (Şekil 3.53).



Şekil 3.53: BDS laboratuvar tipi buzdolabında bekletilen yıkanma sularına ait örnekler.

Yıkanma sularındaki Cu miktarları (ppm), ICP- OES ölçüm maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı her bir grup için ilk 6 saat, 1. gün, 2. gün ve 14. gün (her bir süre için 2 ölçüm) sonrasında toplanan yıkanma suları içerisindeki Cu miktarının (ppm) tespiti amacıyla Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim- Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Enstrümental Laboratuvarına götürülmüştür. Burada daha önce hazırlanmış olan Cu elementine ait standardizasyon işlemleri yapılmıştır. Elde edilen çözeltilerde odun içerisinde tutunan ve yıkanma suları içindeki Cu miktarları ICP- OES cihazı yardımıyla tespit edilmeye çalışılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır (Şekil 3.54).



Şekil 3.54: ICP-OES cihazında yapılan yıkanma sularındaki Cu analizleri (ppm).

3.9. BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN TESPİTİ

3.9.1. Yoğunlukta Değişmeler

Biyolojik delme öncesi ve sonrası toplam 36 adet örneğin her birinde tam kuru yoğunluk değeri aşağıdaki formülden yararlanılarak TS 2472 (1976) standardına göre belirlenmiştir.

$$D^0 = \left(\frac{m^0}{V^0}\right) \quad (3.3)$$

D_0 = Tam kuru örnek yoğunluğu (g/cm^3)

M_0 =Tam kuru örnek ağırlığı (g)

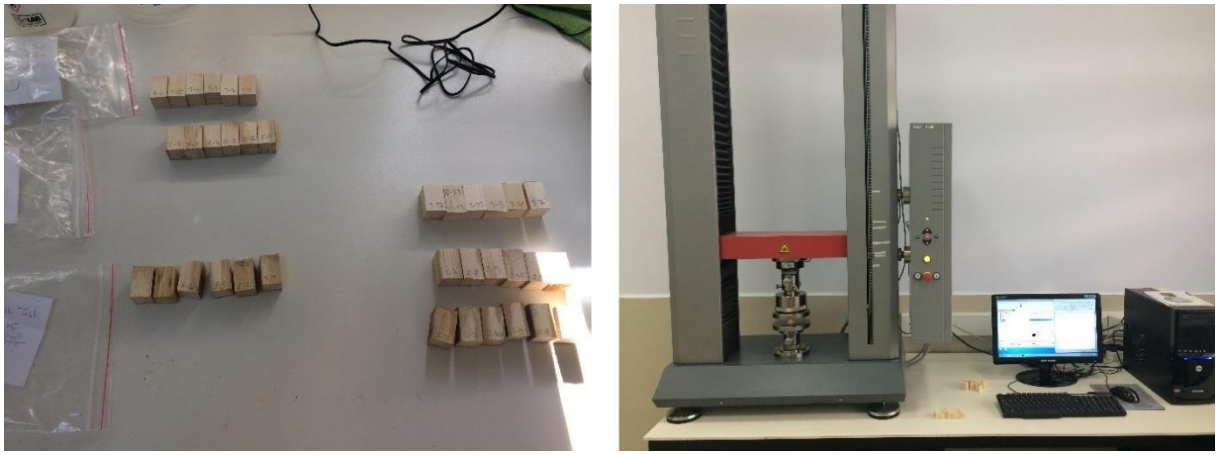
V_0 = Tam kuru örnek hacmi (cm^3)

$$\%\ Yoğunluk\ değişimi = \left[\frac{D^0 - D^1}{D^0}\right] * 100 \quad (3.4)$$

D_1 = Biyolojik delme sonrası tam kuru örnek yoğunluğu (g/cm^3)

3.9.2. Liflere Paralel Basınç Direncinde Değişmeler

Bu çalışmada *P. vitreus* mantarının odunun mekanik direnci üzerinde bir düşüş meydana getirip getirmediğini tespit etmek amacıyla bazı testler gerçekleştirilmiştir. Mevcut tez çalışmasının başında hazırlanan ve mantara maruz bırakılan örneklerin boyutlarının (2,5 x 2,5 x 10 cm) sadece TS 2595 /1977'de belirtilen liflere paralel çekme direncine uygun olarak (2 x 2 x 3 cm) hazırlanabileceği görülmüştür. Bununla beraber çalışmada biyolojik delme amacıyla kullanılan *P. vitreus* mantarının I.Tip beyaz çürüklük yapması ve odunda öncelikle lignini bozundurmasından dolayı ligninin önem arz ettiği liflere paralel basınç direnç testinin yapılmasının sonuçların yorumlanmasında daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla ladin diri ve olgun odununa ait kontrol örnekleri, % 5 - 10 ve % 10 - 15 ağırlık kaybı görülen diri - olgun odun örnekleri 2 x 2 x 3 (en x yükseklik x uzunluk) cm boyutlarında kesilmiştir. Daha sonra ise toplam 36 örneğin rutubet değerleri, yoğunlukları ve liflere paralel basınç dirençleri Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim - Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Mekanik laboratuvarında tespit edilmiştir (Şekil 3.55a). Örneklere ait liflere paralel basınç dirençleri bir Üniversal Test Cihazı (Zwick) yardımıyla tespit edilmiştir (Şekil 3.55b).



Şekil 3.55: a) Liflere paralel basınç dirençlerinin tespiti amacıyla hazırlanan 2 x 2 x 3 cm boyutlarındaki örnekler ve b) liflere paralel basınç direncinin tespiti.

3.10. BİYOLOJİK DELME İŞLEMİ UYGULANAN ODUN ÖRNEKLERİNDE %1'LİK NAOH (ALKALİ) ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ

Odunda bulunan düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar, bozunmuş selüloz ve polyozlar %1'lik sıcak NaOH çözünürlüğü ile belirlenir. Bu çözünürlük yöntemiyle odunda ısı, ışık oksidasyonu yoluyla meydana gelen bozunmanın ve mantar çürüklüğünün derecesi saptanır. Örneklerde bu tür bir bozunma meydana gelmişse alkali çözünürlüğünde artış gözlenir (Fengel ve Wegener, 1989; Yılgör, 1993; Köse, 2000).

Alkali (% 1'lik NaOH) çözünürlüğü TAPPI T 212 om 88' e göre belirlenmiştir. Örnekler 2 gr tam kuru madde olarak tartılmış, üzerlerine 100 ml % 1'lik NaOH çözeltisi eklenmiş ve sıcaklığın 97 – 100 °C'ler arasında değiştiği su banyosunda 1 saat süreyle tutulmuştur. Sürenin sonunda örnekler darası alınmış cam krozelerden süzülmüş, yıkanmış ve ağırlık kaybından gidilerek alkali çözünürlüğü hesaplanmıştır (Yılgör, 1993) (Şekil 3.56).

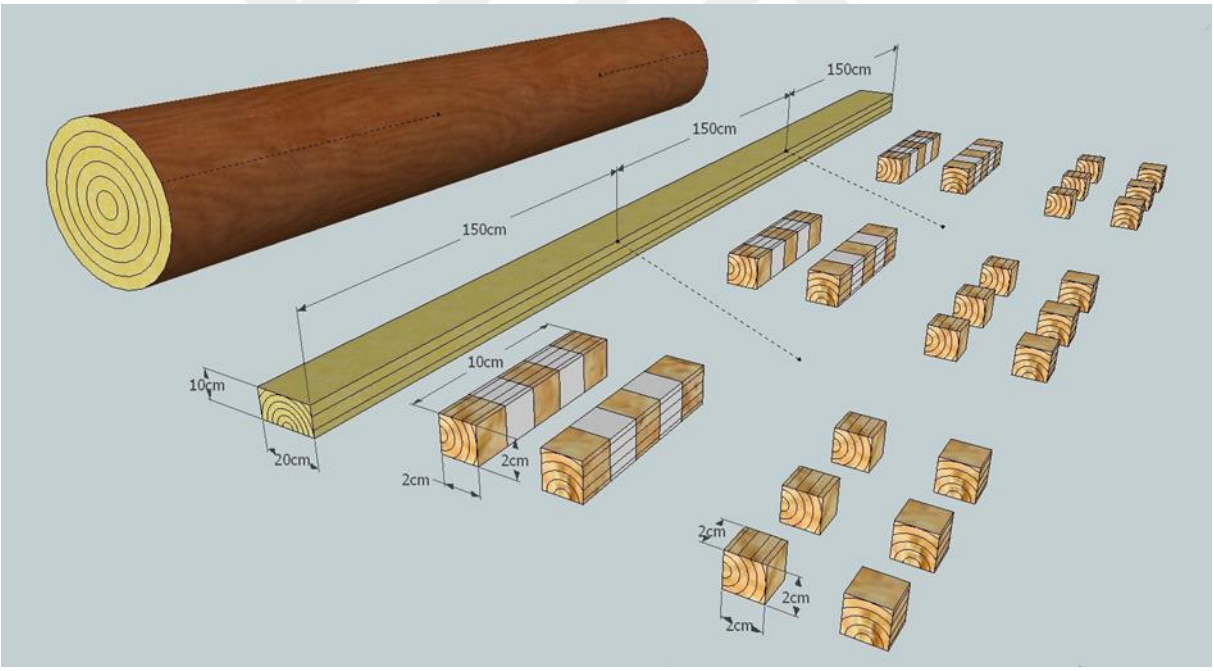


Şekil 3.56: a) Etüvde fırın kurusu hale getirilen cam krozelerdeki odun unları, b) Su banyosunda beher içerisindeki örnekler c) Süzme işlemi.

3.11. MAKROSKOPİK, MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK İNCELEMELER

3.11.1. Makroskopik ve Mikroskopik İncelemeler

Makroskopik incelemeler ve ölçümler için örneklerin enine, radyal ve teğet yüzeylerinden yararlanılmıştır. Bu incelemeler çıplak göz, lup ve stereo mikroskop yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Mikroskopik incelemeler için Tablo 3.2'de verilen her bir grup için yaklaşık 4,5 m uzunluğundaki ladin tomruğu 3 eşit parçaya denk gelecek şekilde bölünerek (başından, ortasından ve sonundan), diri ve olgun odun kısımları da dikkate alınarak aynı yıllık halkalardan elde edilen 2 x 2 x 10 cm uzunluğundaki çıtalar (Her grup için 3 adet) kullanılmıştır. Bu çıtaların her birinden de 3 adet 2 x 2 x 2 cm boyutlarında küpcükler çıkarılmıştır. Daha sonra Leica SM 2010 R kızaklı mikrotom yardımıyla her bir küpçüğün enine, radyal ve teğet yüzeylerinden alınan kesitler üzerinde mikroskopik incelemeler yapılmıştır (Şekil 3.57).



Şekil 3.57: Anatomik incelemelerin yapıldığı 2 x 2 x 2 cm boyutlarındaki örnekler.

Işık mikroskopu incelemelerini gerçekleştirmek amacıyla yapılan boyama tekniğinde, safranin vasıtasıyla lignin kırmızıya boyanarak hücre çeper tabakaları arasında bir kontrast oluşturulması amaçlanmıştır. Bu yöntemle biyolojik delme işleminin odunun mikroskopik yapısında meydana getirdiği değişiklikler ve deformasyonlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Herhangi bir işleme tabi tutulmayan kontrol örnekleri sadece safranin ile boyanırken biyolojik

delme işleminin odun içerisinde meydana getirdiği deformasyonlarla beraber mantar hüflerinin de koyu mavi renge boyanmasını sağlamak amacıyla safranin ve picroanilin blue ile çift boyama tekniğinden faydalanılmıştır (Wilcox, 1964) (Şekil 3.58).



Şekil 3.58: a) Safranin ve picroanilin blue çift boyama tekniği kullanılarak kesitlerin boyanması ve b) daimi preparatların hazırlanması.

Mikroskopik incelemeler ‘’Olympus BX51’’ ışık mikroskobunda Olympus DP 71 kamera ile alınan görüntüler üzerinde analySIS FIVE programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucu elde edilen tüm veriler ileriki aşamalarda sonuçların daha doğru ve güvenilir bir şekilde yorumlanabilmesi amacıyla her bir grup için ayrı ayrı not edilmiştir (Tablo 3.2). Bu tez kapsamında verilen mikroskopik görüntüler ladin farklı odun kısımlarına biyolojik delme işlemi uygulandıktan sonra meydana gelen farklı ağırlık kayıpları göz önüne alınarak oluşturulan gruplara ait olmakla beraber mantarın mikroskopik yapıda oluşturduğu en şiddetli bozunmaların görüldüğü mikroskopik görüntüler arasından seçilmiştir. Bunun amacı; *P. vitreus* mantar inkübasyon süresinin arttıkça mikroskopik yapıda artan bozunmalara bağlı olarak direnç özelliklerinde meydana gelebilecek düşüşleri daha iyi yorumlayabilmekdir.

Tablo 3.2: Anatomik incelemelerin yapıldığı örnek grupları.

DİRİ ODUN

GRUPLAR	ÇITALAR	KÜPLER	İNCELEME ve GÖZLEMLERE AİT NOTLAR
Diri odun KONTROL	4	1	
		2	
		3	
	5	1	
		2	
		3	
	6	1	
		2	
		3	
Diri odun Radyal %5-10	10	1	
		2	
		3	
	11	1	
		2	
		3	
	12	1	
		2	
		3	
Diri odun Teğet %5-10	1	1	
		2	
		3	
	2	1	
		2	
		3	
	3	1	
		2	
		3	
Diri odun Radyal %10-15	13	1	
		2	
		3	
	14	1	
		2	
		3	
	15	1	
		2	
		3	
Diri odun Teğet %10-15	7	1	
		2	
		3	
	8	1	
		2	
		3	
	9	1	
		2	
		3	

OLGUN ODUN

GRUPLAR	ÇITALAR	KÜPLER	İNCELEME ve GÖZLEMLERE AİT NOTLAR
Olgun odun KONTROL	19	1	
		2	
		3	
	20	1	
		2	
		3	
	21	1	
		2	
		3	
Olgun odun Radyal %5-10	25	1	
		2	
		3	
	26	1	
		2	
		3	
	27	1	
		2	
		3	
Olgun odun Teğet %5-10	16	1	
		2	
		3	
	17	1	
		2	
		3	
	18	1	
		2	
		3	
Olgun odun Radyal %10 15	28	1	
		2	
		3	
	29	1	
		2	
		3	
	30	1	
		2	
		3	
Olgun odun Teğet %10 15	22	1	
		2	
		3	
	23	1	
		2	
		3	
	24	1	
		2	
		3	

Işık mikroskopuyla bahsedilen çalışmalar gerçekleştirilirken daha iyi ve net görüntüler alabilmek amacıyla bazı ön deneme testleri gerçekleştirilmiştir. Örneğin; odun yapısındaki geçitleri nasıl daha net görebiliriz? sorusuna cevaplar bulmak için şu denemeler yapılmıştır;

- Bazı kesitler sadece alkol ve ksilen serilerinden geçirilmiş olup herhangi bir boyama işlemine tabi tutulmamıştır.
- Bazı kesitlerde normal preparat hazırlama prosedürü uygulanmıştır.
- Farklı kalınlıklardaki (10 µm, 20 µm ve 30 µm) kesitlerle preparatlar hazırlanarak üzerlerinde incelemeler yapılmıştır.

Yapılan bu ön deneme testleri ışık mikroskopuyla daha kaliteli görüntüler alabilmek için şu işlemlerin daha uygun olacağını göstermiştir;

• Odun örneklerinden mikrotom yardımıyla kesit alırken herhangi bir yumuşatma metodu (su içerisinde kaynatma, basınç altında alkol-su-gliserin karışımında bekletmek gibi) uygulanmaması,

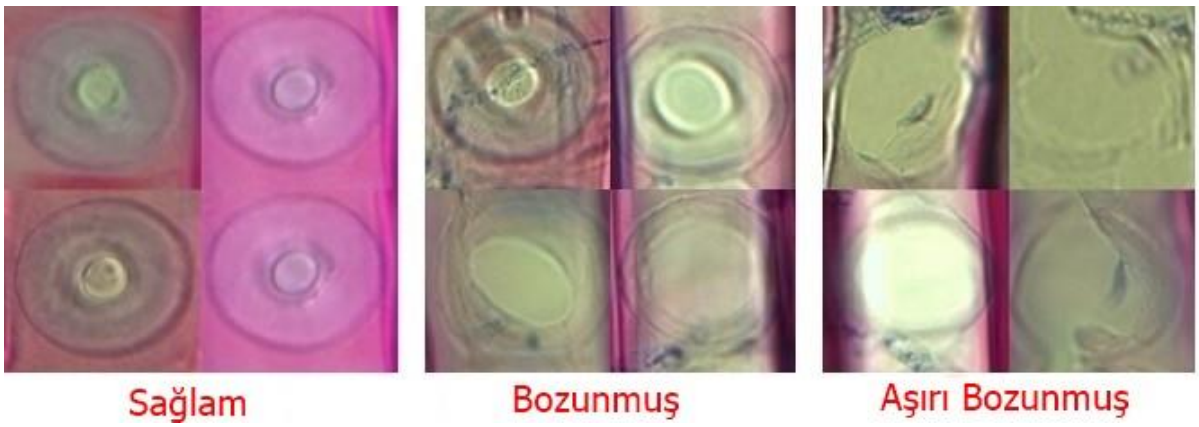
• Alınan kesitlerin 20 µm kalınlıkta olması,

• Daha net görüntüler elde etmek için % 99 saf alkole bakır sülfat (CuSO4) karıştırılarak yaklaşık 24 saat bekletilmesi sonucu elde edilen saf alkolün kullanılması,

• Standart preparat hazırlama prosedürünün uygulanması.

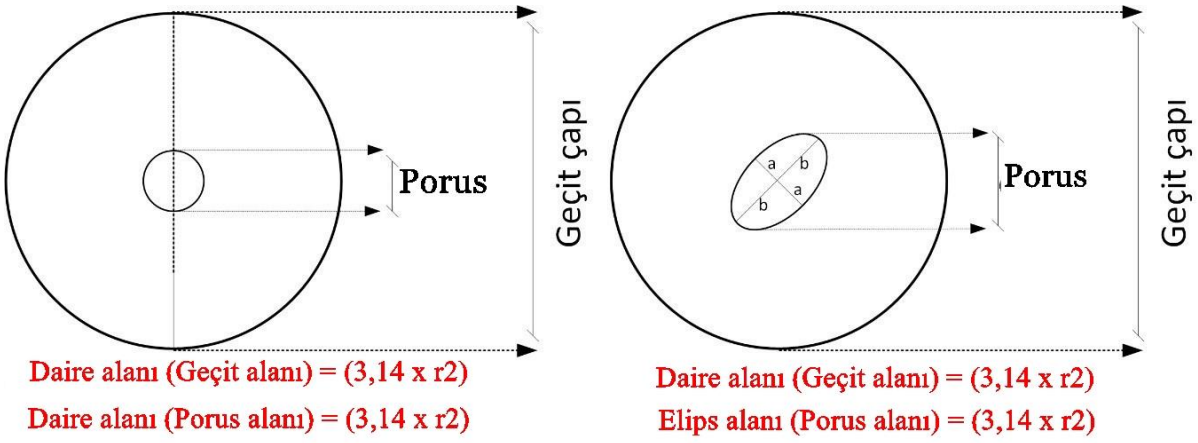
3.11.1.1. İlkbahar Odunu Tabakası ve Geçiş Zonu Boyuna Traheidlerinin Radyal Çeperlerinde Bulunan Kenarlı Geçitlerin Durumu

Tablo 3.2'deki tüm gruplara ait örneklerin ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu (ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş alanı) tabakalarındaki boyuna traheid hücrelerinin radyal çeperleri üzerinde yer alan kenarlı geçitlerin ve bu geçitlere ait geçit poruslarının şekilleri (elips veya daire) göz önüne alınarak alan hesaplamaları yapılmıştır. Preparatlar üzerindeki sayım işlemleri ve ölçümler "Olympus BX51" ışık mikroskobunda Olympus DP 71 kamera ile alınan mikroskopik görüntüler üzerinde analySIS FIVE programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen bu mikroskopik görüntüler üzerinde görsel incelemeler yapılarak *P. vitreus* mantarının kenarlı geçitler üzerinde meydana getirdiği bozunma durumuna bağlı olarak geçitler sağlam, bozunmuş ve aşırı bozunmuş olarak gruplandırılmıştır (Şekil 3.59). Daha sonra boyuna traheidlerin radyal çeperleri üzerinde 1 mm^2 'de kaç adet sağlam, bozunmuş ve aşırı bozunmuş kenarlı geçit olduğu sayılarak yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Böylece *P. vitreus* mantarının her bir grupta meydana getirdiği bozunma derecesi yüzde (%) olarak da ifade edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.59: Mikroskop görüntüleri (x100) üzerinde yapılan görsel incelemelere göre sınıflandırılan kenarlı geçitler.

Ayrıca çalışmada 1 mm^2 'de bulunan her bir geçit ve o geçitlere ait geçit poruslarının alanları ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 3.60). Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sayısal verilere dayanarak her bir gruptaki kenarlı geçitlerin durumu istatistiksel olarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.60: Kenarlı geçit porus ve geçit alanlarının hesaplanması.

Tüm bu çalışmalardan sonra hem alan hesaplamalarından elde edilen sonuçlar hem de görsel olarak elde edilen ve yüzde olarak ifade edilmeye çalışılan sonuçlar ilişkilendirilmiştir. Bu tespitler neticesinde de *P. vitreus* mantarının geçitlerde meydana getirdiği bozunma derecesinin artışına bağlı olarak emprenye madde alınımının değişip değişmediği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3.11.1.2. İlkbahar Odunu Tabakası Piceoid Tip Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitlerinin Durumu

Geçiş zonundaki karşılaşma yeri geçitleri ve öz ışını (enine) traheidlerindeki geçitler çok küçük oldukları için gerçekleştirilecek ölçüm ve sayımların sağlıklı olamayacağı düşünülerek sadece ilkbahar odunu tabakasında çalışılması uygun görülmüştür.

3.11.2. Ultramikroskopik İncelemeler

Biyolojik delme işleminin ladin odun yapısı üzerindeki etkisini mümkün olduğunca doğru yorumlamak amacıyla, mikroskopik ve ultramikroskopik incelemeler aynı örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, mikroskopik incelemeler için seçilen örnekler kesitleri alındıktan sonra, 5 x 5 x 10 mm ölçülerine getirilmiş ve yüzeyleri mikrotom yardımıyla düzeltilmiştir. Ultra - mikroskopik incelemeler, Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim - Teknoloji

Uygulama ve Araştırma Merkezinde FEI QUANTA FEG marka Taramalı Elektron Mikroskopunda düşük vakum altında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.61).



Şekil 3.61: Odunda ultramikroskopik yapının SEM ile görüntülenmesi.

3.12. FTIR ANALİZLERİ

Odun örneklerinde BDÖ ve BDS FTIR- ATR analizleri yapılarak, biyolojik delme işlemi amacıyla kullanılan *P. vitreus* mantarının odun örneklerinin kimyasal yapısında herhangi bir değişikliğe neden olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Söz konusu mantar tarafından kimyasal yapıda meydana getirilmiş herhangi bir değişiklik varsa bunun hangi odun bileşenlerinde ve ne ölçüde gerçekleştiğini belirlemek amacıyla bazı diri ve olgun odun örneklerinde mantara maruz bırakma süreleri normalin (6 hafta) üzerine çıkarılarak (8 ila 12 hafta) daha yüksek ağırlık kayıpları meydana gelmesi sağlanmıştır. Kontrol örneği olarak mantar ile etkileşime girmeyen olgun ve diri odun örnekleri alınmıştır. Daha sonra her ağırlık kaybı grubunda (% 5, % 10, % 20 ve % 30) yer alan örneklerden numune alınarak IR spektrumları çekilmiş ve kontrole göre karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. IR incelemeleri için ATR - birimi (Universal ATR Diamond Zn/Se) ile kombine edilmiş Perkin Elmer 100 FT - IR Spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Örneklerin incelenmesinde, 650 ile 4000 cm^{-1} spektrum aralığında $4cm^{-1}$ çözünürlüğünde 32 tarama yaptırılmıştır.

3.13. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Doktora tezi kapsamında mümkün olduğunca çok sayıda örnek üzerinde çalışılmıştır. İstatistiksel analizlerin kolaylığı bakımından örnek sayıları her bir grupta eşit tutulmaya çalışılmasına rağmen biyolojik delme işlemi amacıyla uygulanan *P.vitreus* mantarının farklı gruplardaki ladin odun örneklerinde farklı ağırlık kayıplarına sebep olması nedeni ile bu eşitlik tam olarak sağlanamamıştır.

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan 36 gruba ait emprenye maddesi alınım miktarları, penetrasyon tespit çalışmaları ve yıkanma testlerine yönelik elde edilen veriler kendi içerisinde birbiri ile karşılaştırılmış, bu amaçla istatistiki analiz metotlarından yararlanılmıştır. İncelenen parametreler yönünden farklı ağaç türü ve odun kısımları, emprenye maddeleri, emprenye yöntemleri, poliüretan uygulamaları, odun örneklerinin dış yüzey ve merkez (orta) kısımları, farklı ve toplam yıkanma süreleri arasındaki farklılıkların ortaya konulmasında Tukey testi, ortalamaların karşılaştırılmasında ise varyans analizi kullanılmıştır.

BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri, farklı ağırlık kayıpları, farklı odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan 48 gruba ait emprenye maddesi alınım miktarları, penetrasyon tespit çalışmaları ve yıkanma testlerine yönelik elde edilen veriler kendi içerisinde birbiri ile karşılaştırılmış, bu amaçla istatistiki analiz metotlarından yararlanılmıştır. İncelenen parametreler yönünden farklı ağaç türü ve odun kısımları, emprenye maddeleri, emprenye yöntemleri, farklı odun yüzeyleri ve biyolojik delme neticesinde meydana gelen farklı ağırlık kayıpları, odun örneklerinin dış yüzey ve merkez (orta) kısımları, farklı ve toplam yıkanma süreleri arasındaki farklılıkların ortaya konulmasında Tukey testi, ortalamaların karşılaştırılmasında ise varyans analizi kullanılmıştır.

Hava kurusu yoğunluk değerleri, liflere paralel basınç direnç değerleri ve alkali çözünürlük değerlerine yönelik tespitler ladin örnek grupları için, diri ve olgun odun ayrımına gidilerek, iki farklı ağırlık kayıpları ve kontrol örnekleri olmak üzere toplam 6 gruba ait veriler kendi içerisinde birbiri ile karşılaştırılmış, bu amaçla istatistiki analiz metotlarından yararlanılmıştır. Burada farklılıkların ortaya konulmasında Tukey testi, ortalamaların karşılaştırılmasında ise varyans analizi kullanılmıştır.

BDÖ ve BDS ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerin farklı kısımlarının (kenarlı geçit ve geçit porusu) alan hesaplamalarına ait veriler hem kendi içerisinde hem de birbirleri arasında karşılaştırılmış, bu amaçla istatistiki analiz metotlarından yararlanılmıştır. Burada farklılıkların ortaya konulmasında Tukey testi, ortalamaların karşılaştırılmasında ise varyans analizi kullanılmıştır.

Bütün karşılaştırmalarda güven düzeyi % 99 ve % 95 olarak alınmış ve tüm istatistiki değerlendirmeler JMP 5.0.1 paket programı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. ÇALIŞMA MATERYALİ ELDE EDİLEN LADİN AĞACI HAKKINDA YAPILAN TESPİTLER

Ladin ağacının göğüs yüksekliğinden (130 cm) alınan 40 cm çapındaki gövde enine kesiti üzerinde yapılan tespitlerde çalışma tomruğunun yaşının 117 ila 127 arasında olduğu belirlenmiştir. Genç odun oluşumunun bittiği, ergin odun oluşumunun başladığı yaş 5 ila 20 arasındadır. Bu bilgilerden yola çıkılarak özden itibaren 20. yıllık halkaya kadar olan bölüm genç odun olarak kabul edilmiş ve uzaklaştırılmıştır. Çünkü genç odun kısmı o ağaç türünün karakteristik özelliklerini taşımadığı için düşük kaliteli ve istenmeyen odun kısmıdır. Özden kabuğa doğru yarıçap doğrultusunda, genç odun oluşumunun tamamlandığı kabul edilen 21. yıllık halka ile diri odun başlangıcı olarak belirlenen 50. yıllık halka arasında kalan ve olgun oduna ait olan yıllık halkaların kapladığı kısmın toplam genişliği 79,34 mm (9,735 mm yaz odunu tabakası ve 69,605 mm ilkbahar odunu tabakası) olarak ölçülmüştür. Bununla beraber 51. yıllık halka ile 117. yıllık halka arasında kalan diri oduna ait yıllık halkaların kapladığı kısmın toplam genişliği ise 90,4 mm (15,495 mm yaz odunu tabakası ve 74,905 mm ilkbahar odunu tabakası) olarak tespit edilmiştir. Bu yapılan tespitlerde hem diri odun hem de olgun odun kısımlarına ait yıllık halka genişliği (YHG), yaz odunu tabakası genişliği (YOG) ve yaz odunu tabakası katılım oranı (YOKO) tespit edilmiştir (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2), (Şekil 4.1).

Tablo 4.1: Ladin diri odun kısmına ait yıllık halka genişliği (mm), yaz odunu tabakası genişliği (mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı (%).

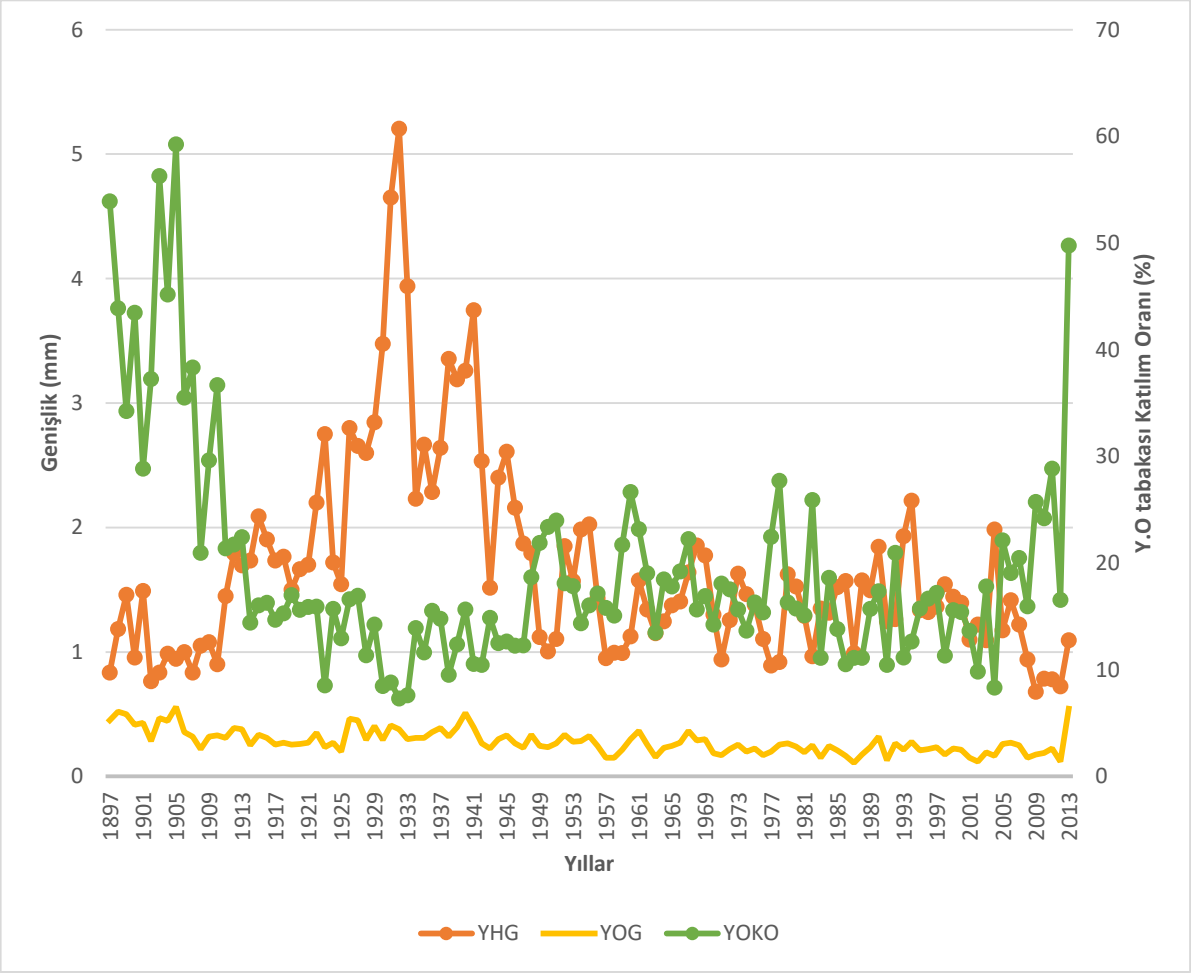
	Ölçüm sayısı	Min. değer	Max. değer	Ortalama	Standart sapma
YHG	67	0,68	2,215	1,349	0,347
YOG	67	0,11	0,545	0,231	0,071
YOKO	67	8,312	49,772	17,788	6,044

Tablo 4.1 incelendiğinde ladin diri odun kısmına ait yıllık halka genişliği ortalama (1,349 mm), yaz odunu tabakası genişliği (0,231 mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı ise (% 17,788) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2: Ladin olgun odun kısmına ait yıllık halka genişliği (mm), yaz odunu tabakası genişliği (mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı (%).

	Ölçüm sayısı	Min. değer	Max. değer	Ortalama	Standart sapma
YHG	30	1,5	5,205	2,645	0,916
YOG	30	0,2	0,51	0,325	0,076
YOKO	30	7,301	17	12,987	2,968

Tablo 4.2 incelendiğinde ladin olgun odun kısmına ait yıllık halka genişliği ortalama (2,645 mm), yaz odunu tabakası genişliği (0, 325 mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı ise (% 12, 987) olarak belirlenmiştir.



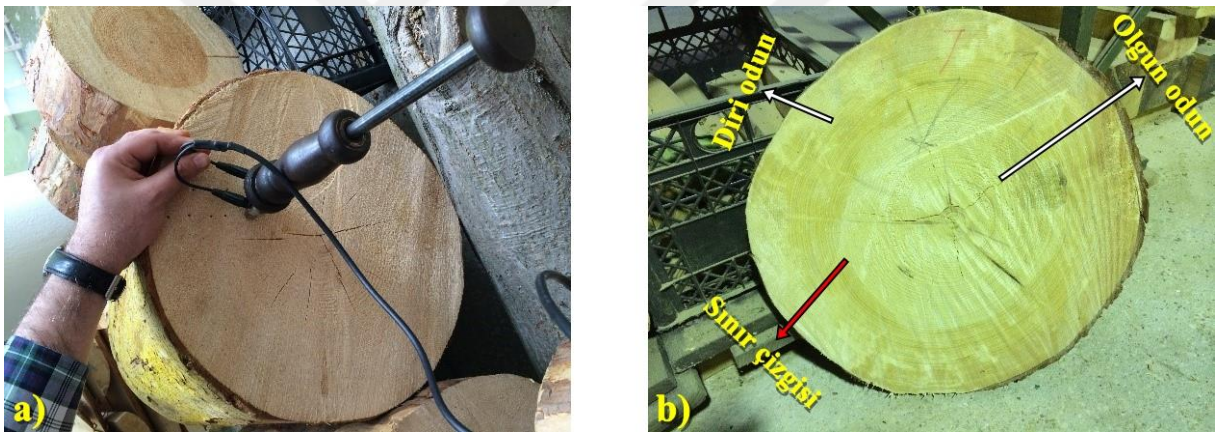
Şekil 4.1: Ladin ağacının yıllık halka kronolojisi.

Şekil 4.1 incelendiğinde olgun odunun oluşmaya başladığı 1917 yılı ve sona erdiği 1947 yılları arasında yıllık halka genişliğinin neredeyse en yüksek seviyelere çıktığı, yaz odunu tabakası genişliğinin pek değişkenlik göstermediği ve yaz odunu tabakası katılım oranlarının ise ilk yıllarda yüksek fakat olgun odun oluşumuna doğru bir düşüş gösterdiği gözlenmektedir. Bu

durumunda sonraki yıllarda değişiklikler göstererek devam ettiği gözlenmektedir. Diri odun kısmına ait olan 1948 ve sonraki yıllarda da yıllık halka genişliğinde olgun odun kısmına nazaran düşüşler dikkat çekmektedir.

4.2. GENÇ ODUN, OLGUN ODUN VE DİRİ ODUN AYIRIMI

Ladin odununda yapılan diri ve olgun odun rutubet değerlerinin tespitinde kabuktan öze doğru yapılan rutubet ölçümleri sırasıyla % 76,3- % 69,6- % 66- % 56,7 olarak tespit edilirken ani düşüşün görüldüğü kısımdan itibaren % 23- % 19,8- % 19,2- % 18,8- 18,6 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada 3 nolu çıtanın geçiş çıtası olduğu diri odundan olgun oduna doğru rutubet içeriğinin aniden düşmesi ve saydamlık farkı neticesinde gözlenen sınır çizgisi esas alınarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2) .



Şekil 4.2: a) Taze haldeki ladin gövde enine kesitinden rutubet farkı ile diri ve olgun odun kısımlarının tespit edilmesi ve b) kesilen ince disklerin ışığa doğru tutulmasıyla şeffaflık farkından dolayı diri ve olgun odun kısımlarının tespit edilmesi.

Geçiş çıtası olması yapısında hem diri hem de olgun odun bulundurduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca yapılan saydamlık farkı çalışmasında da daha yüksek rutubet içeriğine sahip olan diri odun kısmında saydamlık derecesi, rutubet içeriğinin artmasına bağlı olarak azalış göstermekte, daha düşük rutubet içeriğine sahip olan olgun odun kısmında ise saydamlığın artış göstermesine neden olmaktadır. Saydamlığın azalmasından dolayı da rutubet içeriği yüksek olan diri odun kısmı daha koyu ve yine saydamlığın artmasından dolayı da rutubet içeriği düşük olan olgun odun kısmı ise daha açık renkte görünmektedir.

4.3. BDÖ TESPİT EDİLEN EMPRENYE MADDESİ ALINIM MİKTARLARI

Ladin

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama emprenye maddesi alınım miktarları (g) Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait emprenye maddesi alınım miktarları (g).

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)				
	POLİÜRETANSIZ		POLİÜRETANLI	
Grup adı	Numune sayısı	Ortalama (g)	Numune sayısı	Ortalama (g)
MCQ Vakum-basınç (Diri Odun)	10	10,49 (*1,14)	20	3,12 (*0,71)
MCQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	10	6,24 (*0,65)	20	1,86 (*0,25)
ACQ Vakum-basınç (Diri Odun)	10	11,66 (*0,82)	20	4,72 (*1,1)
ACQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	10	5,09 (*0,82)	20	2,05 (*0,25)
MCQ Daldırma (Diri odun)	10	2,6 (*0,39)	20	0,72 (*0,29)
MCQ Daldırma (Olgun odun)	10	2,24 (*0,40)	20	0,68 (*0,18)
ACQ Daldırma (Diri odun)	10	2,63 (*0,36)	20	0,69 (*0,22)
ACQ Daldırma (Olgun odun)	10	2,52 (*0,42)	20	0,66 (*0,12)
SAF SU Vakum-basınç (Diri Odun)	10	14,16 (*2,06)	20	3,46 (*0,6)
SAF SU Vakum-basınç (Olgun Odun)	10	4,76 (*1,57)	20	1,36 (*0,6)
SAF SU Daldırma (Diri odun)	10	2,26 (*0,21)	20	1 (*0,42)
SAF SU Daldırma (Olgun odun)	10	1,94 (*0,25)	20	0,58 (*0,15)

*Standart sapma

Tablo 4.3'de görüldüğü gibi BDÖ poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait verilerde en fazla ortalama emprenye maddesi alınımı SAF SU kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (14,16 g) belirlenmiştir. En az ortalama emprenye maddesi alınımı ise SAF SU kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (1,94 g) belirlenmiştir. Poliüretanlı örnek gruplarında ise en fazla ortalama emprenye maddesi alınımı ACQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (4,72 g) belirlenmiştir. En az ortalama emprenye maddesi alınımı ise SAF SU kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (0,58 g) belirlenmiştir.

Sarıçam

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununda kullanılan emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama emprenye maddesi alınım miktarları (g) Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununda kullanılan emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait emprenye maddesi alınım miktarları (g).

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Sarıçam)				
	POLİÜRETANSIZ		POLİÜRETANLI	
Grup adı	Numune sayısı	Ortalama (g)	Numune sayısı	Ortalama (g)
MCQ Vakum-basınç	10	21,93 (*3,43)	20	13,04 (*2,58)
ACQ Vakum-basınç	10	23,15 (*1,91)	20	9,64 (*2,42)
MCQ Daldırma	10	2,8 (*1,02)	20	1,89 (*0,32)
ACQ Daldırma	10	2,81 (*0,63)	20	1,64 (*0,22)
SAF SU Vakum-basınç	10	22,28 (*0,56)	10	15,26 (*4,66)
SAF SU Daldırma	10	3,12 (*0,40)	10	1,78 (*0,66)

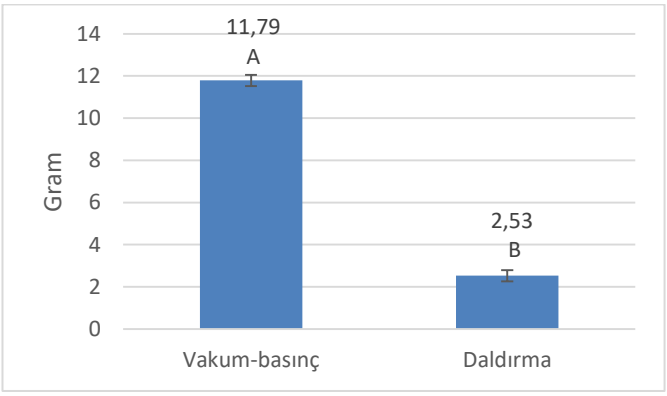
*Standart sapma

Tablo 4.4'de görüldüğü gibi BDÖ poliüretansız sarıçam diri odun kısmına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait verilerde en fazla ortalama emprenye maddesi alınımı ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (23,15 g) belirlenmiştir. En az ortalama emprenye maddesi alınımı ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (2,8 g) belirlenmiştir. Poliüretanlı örnek gruplarında ise en fazla ortalama emprenye maddesi alınımı SAF SU kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (15,26 g) belirlenmiştir. En az ortalama emprenye maddesi alınımı ise ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (1,64 g) belirlenmiştir.

4.3.1. BDÖ Poliüretansız Ladin Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.1.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur ($F: 617,846$; $p<0,01$) (Şekil 4.3).

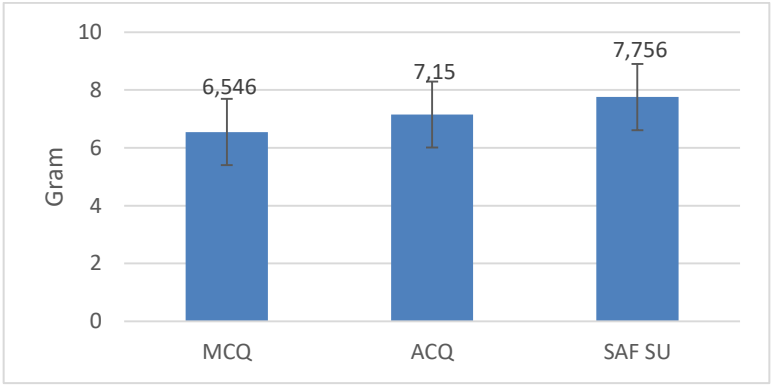


Şekil 4.3: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretansız ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız ladin diri odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum-basınç yönteminde (11,79 g) daldırma yöntemine (2,53 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.3).

4.3.1.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0,241; $p>0,05$) (Şekil 4.4).

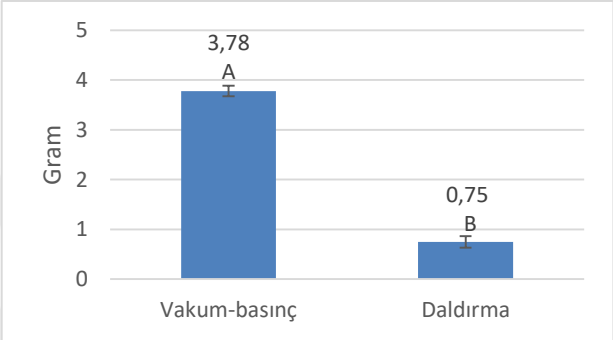


Şekil 4.4: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin ve moleküler yapıdaki saf suyun poliüretansız ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.2. BDÖ Poliüretanlı Ladin Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.2.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 343,008; p<0,01) (Şekil 4.5).

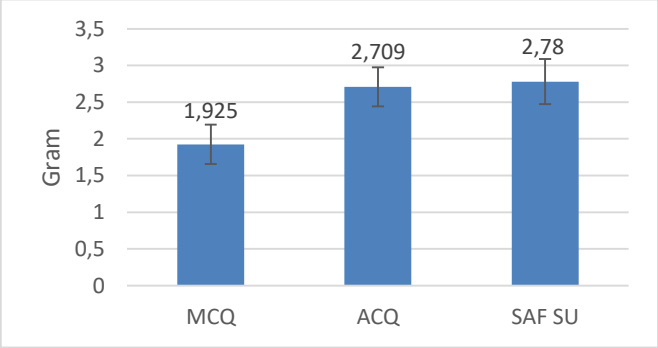


Şekil 4.5: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretanlı ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı ladin diri odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum-basınç yönteminde (3,78 g) daldırma yöntemine (0,75 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.5).

4.3.2.2 Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 2,843; p>0,05) (Şekil 4.6).

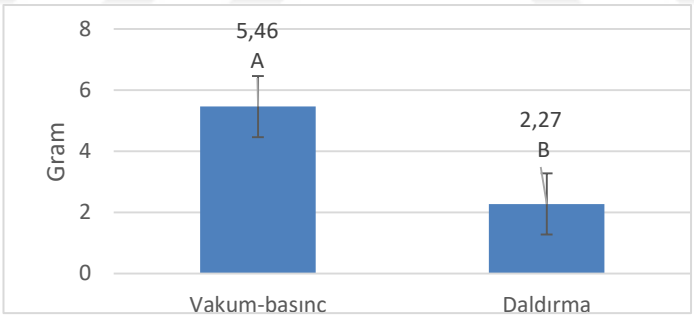


Şekil 4.6: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin poliüretanlı ladin diri odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.3. BDÖ Poliüretansız Ladin Olgun Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.3.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 182,162; $p<0,01$) (Şekil 4.7).

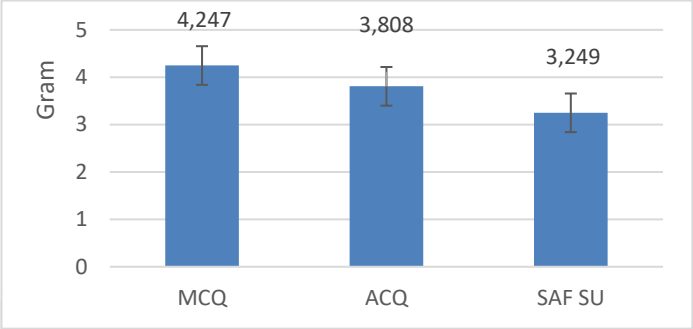


Şekil 4.7: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretansız ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum-basınç yönteminde (5,46 g) daldırma yöntemine (2,27 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.7).

4.3.3.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 1,196; p>0,05) (Şekil 4.8).

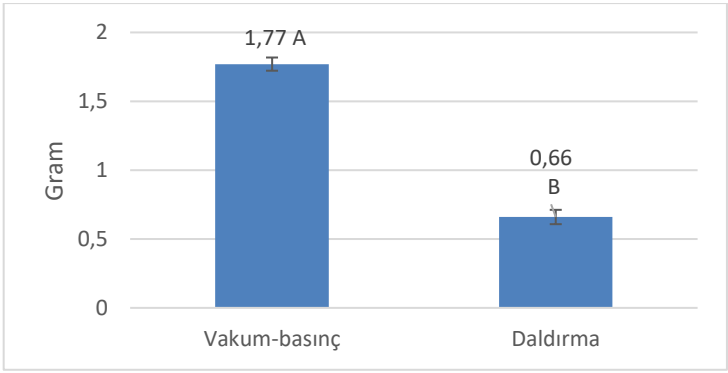


Şekil 4.8: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin ve saf suyun poliüretansız ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.4. BDÖ Poliüretanlı Ladin Olgun Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.4.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 228,752; p<0,01) (Şekil 4.9).

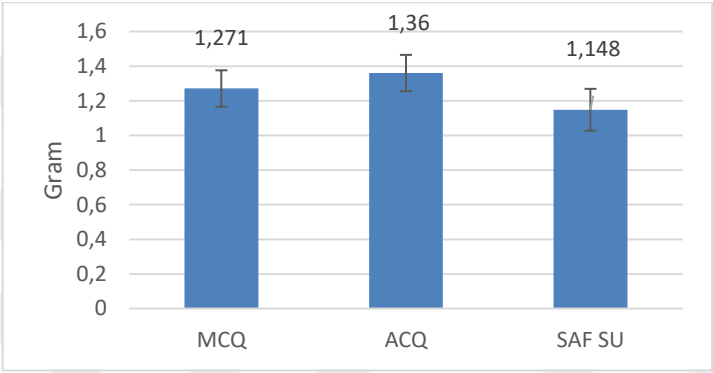


Şekil 4.9: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretanlı ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum- basınç yönteminde (1,77 g) daldırma yöntemine (0,66 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.9).

4.3.4.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

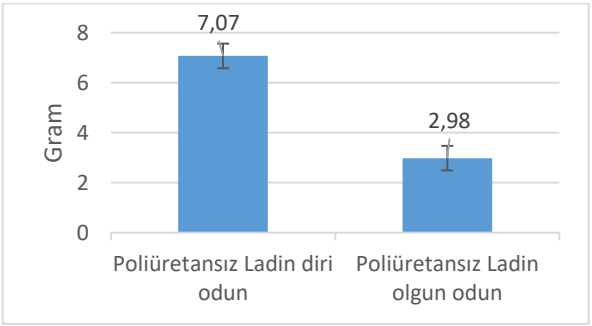
Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0,765; $p>0,05$) (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin poliüretanlı ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.5. Poliüretansız Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımı arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 44,495; $p<0,01$) (Şekil 4.11).

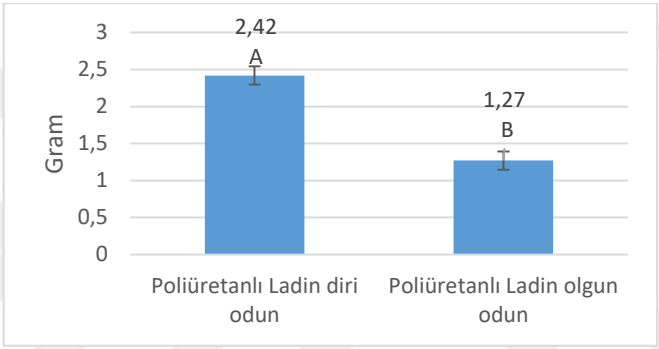


Şekil 4.11: Poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımı, diri odunda (7,07 g) olgun oduna (2,98 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.11).

4.3.6. Poliüretanlı Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımı arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 40,588; $p<0,01$) (Şekil 4.12).



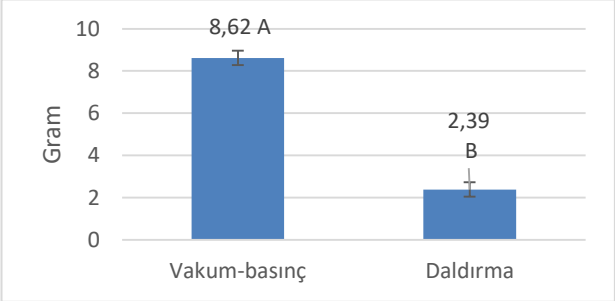
Şekil 4.12: Poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye maddesi alınımı, diri odunda (2,42 g) olgun oduna (1,27 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.12).

4.3.7. BDÖ Poliüretansız Ladin Odunu (Diri Odun + Olgun Odun) Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.7.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 163,610; $p<0,01$) (Şekil 4.13).

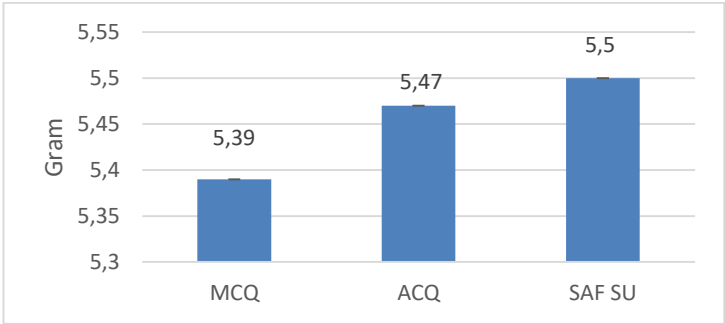


Şekil 4.13: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretansız ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız ladin odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum- basınç yönteminde (8,62 g) daldırma yöntemine (2,39 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.13).

4.3.7.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0,007; $p>0,05$) (Şekil 4.14).

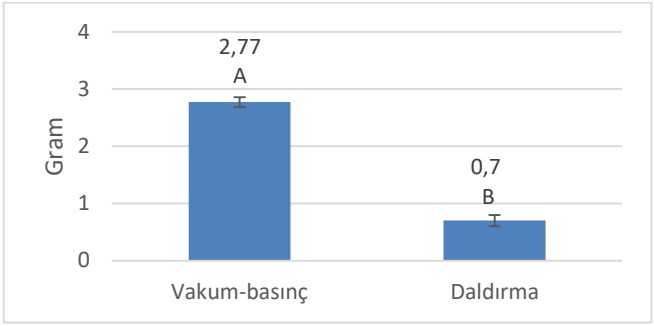


Şekil 4.14: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin ve saf suyun poliüretansız ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.8. BDÖ Poliüretanlı Ladin Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.8.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 227,966; $p<0,01$) (Şekil 4.15).

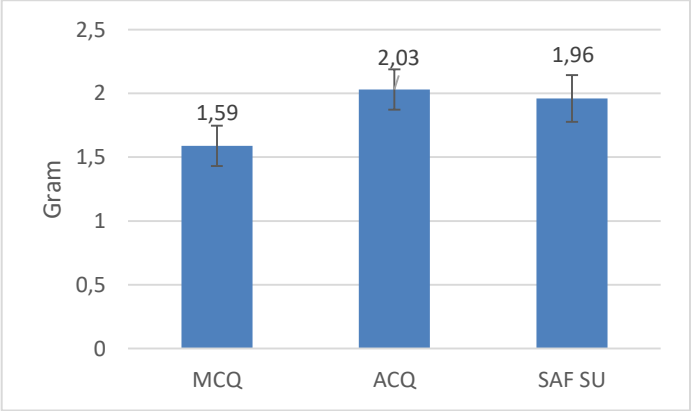


Şekil 4.15: BDÖ farklı emprenye yöntemlerinin poliüretanlı ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı ladin odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum- basınç yönteminde (2,77 g) daldırma yöntemine (0,70 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.15).

4.3.8.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 2,093; $p>0,05$) (Şekil 4.16).

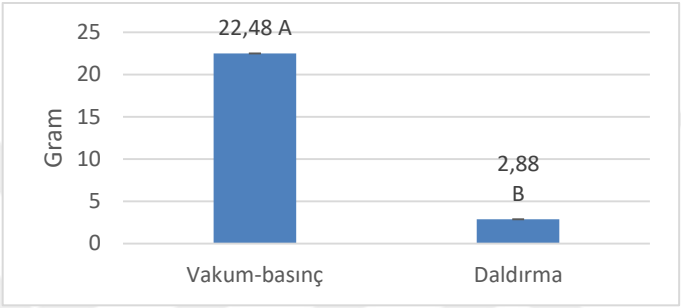


Şekil 4.16: BDÖ farklı emprenye madde tiplerinin poliüretanlı ladin odununda emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.9. BDÖ Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.9.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 1531,03; p<0,01) (Şekil 4.17).

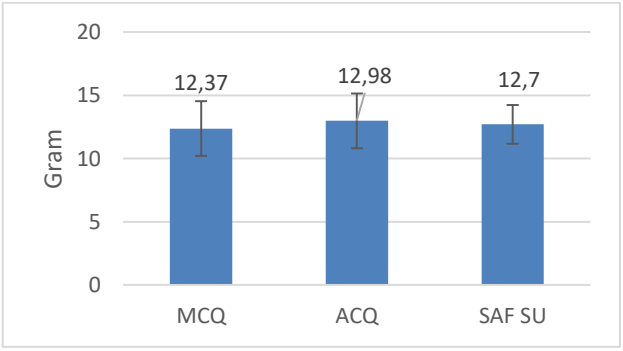


Şekil 4.17: Poliüretansız sarıçamda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız sarıçam diri odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum- basınç yönteminde (22,48 g) daldırma yöntemine (2,88 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.17).

4.3.9.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0,018; p>0,05) (Şekil 4.18).

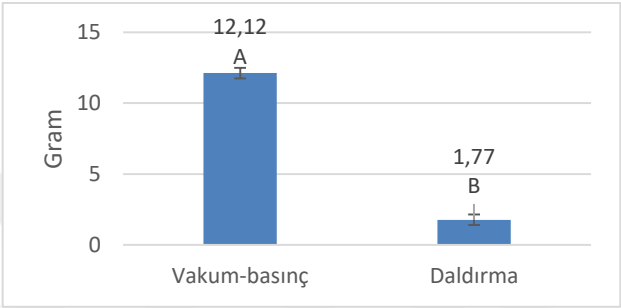


Şekil 4.18: Poliüretansız sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.3.10. BDÖ Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.3.10.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 363,825; p<0,01) (Şekil 4.19).

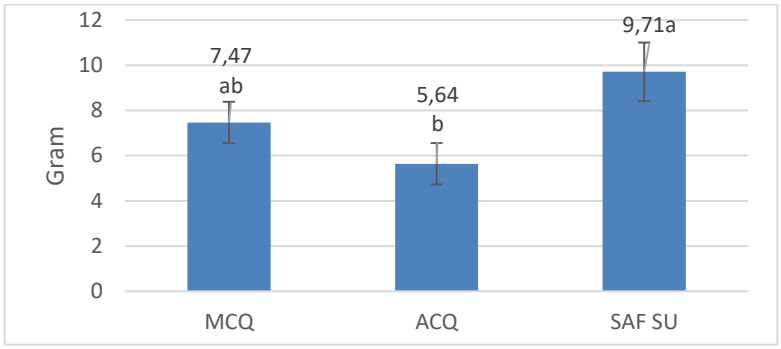


Şekil 4.19: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı sarıçam odununda emprenye maddesi alınımı, uygulanan vakum-basınç yönteminde (12,12 g) daldırma yöntemine (1,77 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.19).

4.3.10.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 3,158; p<0,05) (Şekil 4.20).



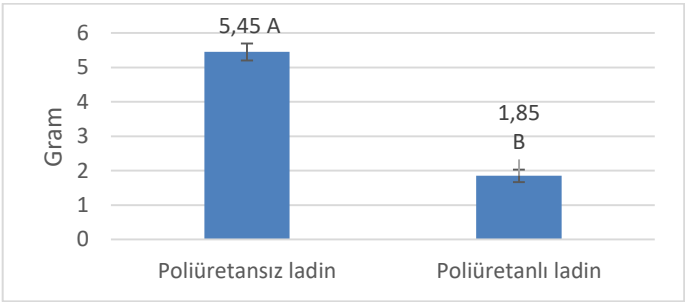
Şekil 4.20: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı sarıçam odununda kullanılan emprenye madde tipine bağlı olarak SAF SU emprenye maddesi alınımı (9,71 g) ACQ emprenye maddesi alınımına (5,64 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Şekil 4.20).

4.3.11. BDÖ Poliüretanlı ve Poliüretansız Farklı Ağaç Türü (Ladin ve Sarıçam) ve Farklı Odun Kısımlarının (Diri ve Olgun Odun) Karşılaştırılması

4.3.11.1. Poliüretansız ve Poliüretanlı Ladin Odunlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde poliüretansız ve poliüretanlı ladin odunları arasında emprenye maddesi alınımı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F: 136,254; $p<0,01$) (Şekil 4.21).

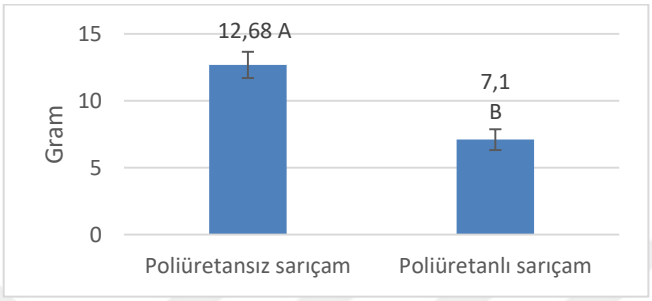


Şekil 4.21: BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı ladin odunlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız ladin odununda emprenye maddesi alınımı (5,45 g) poliüretanlı ladin odununa (1,85 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.21).

4.3.11.2. Poliüretansız ve Poliüretanlı Sarıçam Odunlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam odunları arasında emprenye maddesi alınımı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F: 18,334; p<0,01) (Şekil 4.22).

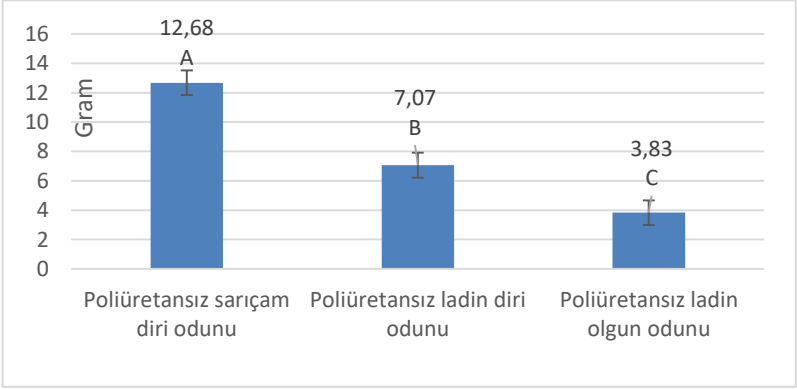


Şekil 4.22: Poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam odunlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız sarıçam odununda emprenye maddesi alınımı (12,68 g) poliüretanlı sarıçam odununa (7,1 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.22).

4.3.11.3. Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odununun Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Poliüretansız ağaç türü ve odun kısımları esas alınarak yapılan gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 24,810; p<0,01) (Şekil 4.23).

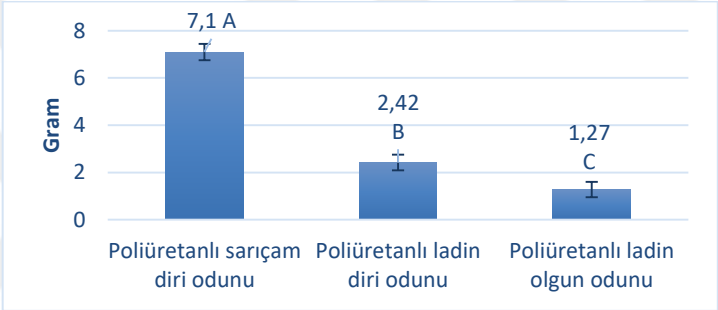


Şekil 4.23: BDÖ poliüretansız farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre BDÖ emprenye maddesi alınımı açısından poliüretansız ladin diri odunu (7,07 g) olgun oduna (3,83) nazaran yüksek, fakat poliüretansız sarıçam diri odununa (12,68 g) nazaran daha düşük olduğu ve farklı gruplarda yer aldıkları belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.23).

4.3.11.4. Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odununun Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Poliüretanlı ağaç türü ve odun kısımları esas alınarak yapılan gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 79,625; $p<0,01$) (Şekil 4.24).

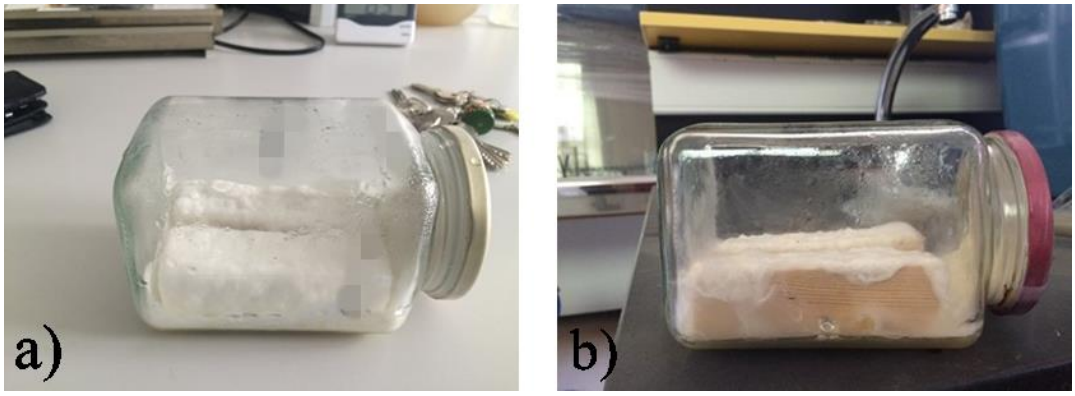


Şekil 4.24: BDÖ poliüretanlı farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre BDÖ emprenye maddesi alınımı açısından poliüretanlı ladin diri odun emprenye madde alınımının (2,42 g) olgun odun emprenye maddesi alınımına (1,27 g) nazaran yüksek fakat poliüretanlı sarıçam diri odunu emprenye maddesi alınımına (7,10 g) nazaran daha düşük olduğu ve farklı gruplarda yer aldıkları belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.24).

4.4. BDS TESPİT EDİLEN EMPRENYE MADDESİ ALINIM MİKTARLARI

Bu çalışmada ladin diri ve olgun odun kısımlarının permeabilitesini artırmak amacıyla *P.vitreus* mantarına maruz bırakma süreleri, mantarın odun örneklerinin yer aldığı kavanozlar içerisinde yeterli gelişim gösterip göstermemesine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25: İçerisinde odun örneklerinin yer aldığı kavanozlarda a) yeterli gelişim gösteren ve b) göstermeyen mantar miselleri.

Bu farklı sürelerde mantara maruz bırakma ve misellerin tüm odun yüzeyini homojen bir şekilde kaplamasının beklenmesi neticesinde odun örneklerinin BDS farklı ağırlık kayıplarına sahip oldukları görülmüştür. Örnekler bu sebeple ağırlık kayıplarına göre % 5- 10 ve % 10- 15 ağırlık kaybı meydana gelenler şeklinde iki farklı sınıflandırmaya daha tabi tutulmuştur. Biyolojik delme işlemine maruz bırakılan tüm odun örneklerinin enine kesitleri aşırı emprenye madde alınımını engellemek ve radyal- teğet yüzeylerden ne kadar emprenye madde alınımının gerçekleştiğinin belirlenmesi açısından poliüretan esaslı boya ile kapatılmıştır. Yani BDÖ yapılan çalışmalardaki farklı odun kısmı, farklı emprenye madde tipi ve farklı emprenye yöntemi değişken sayılarına ek olarak BDS farklı ağırlık kayıpları ile farklı odun yüzeyleri de eklenmiştir. Dolayısıyla BDÖ ve BDS yapılan karşılaştırmalarda ilgili gruplar birbirleri arasında ve kendi içlerinde karşılaştırılmıştır.

BDS ladin diri ve olgun odun kısımına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri, farklı ağırlık kayıpları, farklı odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama emprenye maddesi alınım miktarları (g) Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5: BDS diri ve olgun odun kısmına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri, farklı ağırlık kayıpları, farklı odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait emprenye maddesi alınım miktarları (g).

BİYOLOJİK DELME SONRASI EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)				
	DİRİ ODUN		OLGUN ODUN	
Grup adı	Numune sayısı	Ortalama (g)	Numune sayısı	Ortalama (g)
MCQ Vakum-basınç % 5-10 Radyal	12	4,73 (*2,25)	6	11,73 (*2,34)
MCQ Vakum-basınç % 10-15 Radyal	6	4,62 (*1,83)	5	5,32 (*2,77)
MCQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	6	3,53 (*0,63)	8	13,93 (*3,04)
MCQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	8	4,1 (*1,13)	5	19,07 (*3,69)
ACQ Vakum-basınç % 5-10 Radyal	6	10,47 (*3,2)	6	16,54 (*3,12)
ACQ Vakum-basınç % 10-15 Radyal	5	8,92 (*2,62)	5	24,86 (*2,14)
ACQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	6	8,09 (*4,14)	10	18,04 (*4)
ACQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	6	5,42 (*1,82)	5	23,89 (*3,45)
MCQ Daldırma % 5-10 Radyal	5	0,9 (*0,28)	12	1,27 (*0,31)
MCQ Daldırma % 10-15 Radyal	7	1,11 (*0,57)	12	1,27 (*0,31)
MCQ Daldırma % 5-10 Teğet	11	1,23 (*0,47)	7	0,97 (*0,21)
MCQ Daldırma % 10-15 Teğet	7	1,18 (*0,36)	7	1,49 (*0,43)
ACQ Daldırma % 5-10 Radyal	6	1,11 (*0,57)	13	1,05 (*0,23)
ACQ Daldırma % 10-15 Radyal	6	1,12 (*0,37)	5	1,60 (*0,44)
ACQ Daldırma % 5-10 Teğet	12	1,26 (*1,19)	10	1,57 (*1,04)
ACQ Daldırma % 10-15 Teğet	6	0,92 (*0,2)	6	1,12 (*0,27)
SAF SU Vakum-basınç % 5-10 Radyal	6	6,26 (*3,98)	6	12,51 (*4,66)
SAF SU Vakum-basınç % 10-15 Radyal	6	9,81 (*1,5)	6	22,46 (*5,29)
SAF SU Vakum-basınç % 5-10 Teğet	6	9,74 (*3,32)	6	14,59 (*3,25)
SAF SU Vakum-basınç % 10-15 Teğet	7	8,93 (*2,74)	6	17,77 (*3,57)
SAF SU Daldırma % 5-10 Radyal	6	1,06 (*0,29)	6	1,6 (*0,15)
SAF SU Daldırma % 10-15 Radyal	6	1,35 (*0,61)	6	1,56 (*0,29)
SAF SU Daldırma % 5-10 Teğet	6	1,22 (*0,54)	6	1,52 (*0,36)
SAF SU Daldırma % 10-15 Teğet	6	1,55 (*0,52)	6	1,54 (*0,14)

*Standart sapma

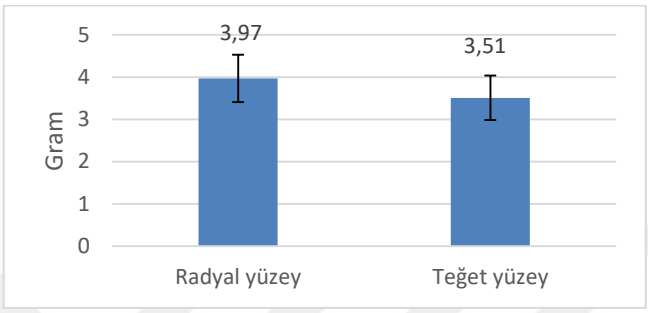
Tablo 4.5'de görüldüğü gibi BDS diri odun örnek gruplarında en fazla ortalama emprenye maddesi alınımı ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen ve radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona maruz bırakılan örneklerde (10,47 g) belirlenmiştir. BDS en az ortalama emprenye maddesi alınımı ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen ve radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona maruz bırakılan örneklerde (0,9 g) belirlenmiştir.

BDS olgun odun örnek gruplarında ise en fazla ortalama emprenye maddesi alınımı ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen ve radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona maruz bırakılan örneklerde (24,86 g) belirlenmiştir. BDS en az ortalama emprenye maddesi alınımı ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen ve teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona maruz bırakılan örneklerde (0,97 g) belirlenmiştir (Tablo 4.5).

4.4.1. Ladin Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.4.1.1. Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

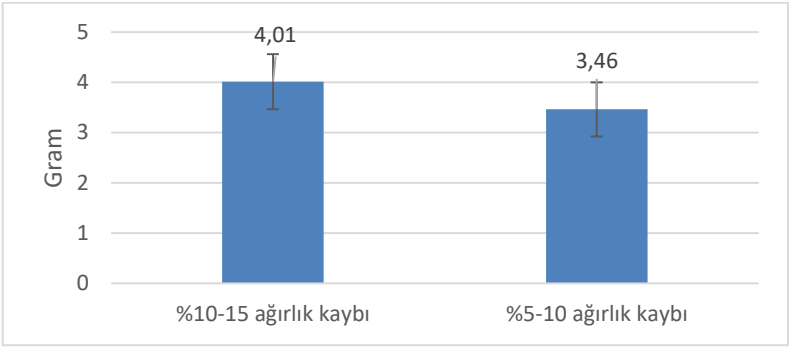
Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin diri odun boyuna yüzeylerinde emprenye maddesi alınımı açısından istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır (F: 0,613; p>0,05) (Şekil 4.26).



Şekil 4.26: BDS ladin diri odun boyuna yüzeylerinde emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.4.1.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

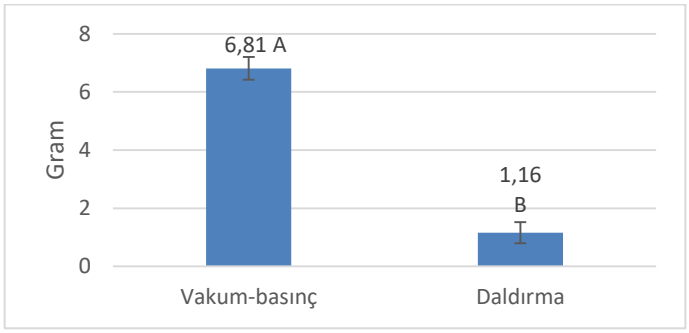
Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır (F:0,891; p>0,05) (Şekil 4.27).



Şekil 4.27: BDS ladin diri odunda farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.4.1.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 233,368; p<0,01) (Şekil 4.28).

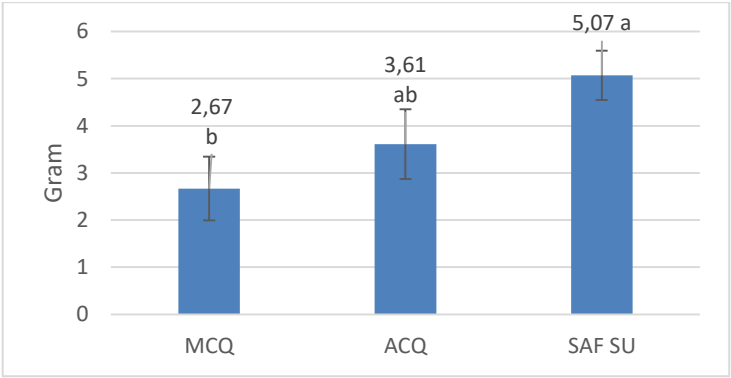


Şekil 4.28: BDS ladin diri odununda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre ladin diri odununda emprenye maddesi alınımı vakum- basınç yönteminde (6,81 g) daldırma yöntemine (1,16 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.28).

4.4.1.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 6,188; $p<0,05$) (Şekil 4.29).



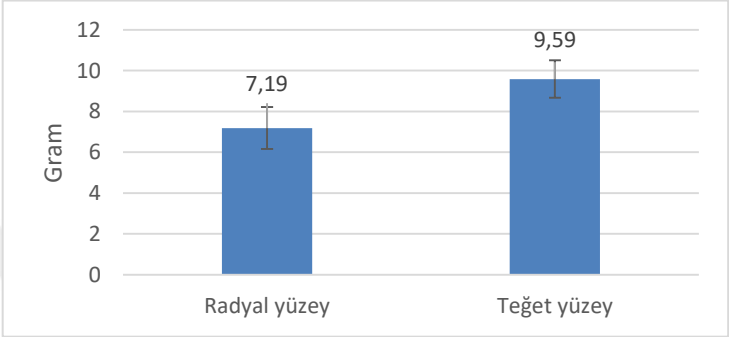
Şekil 4.29: BDS ladin diri odununda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre ladin diri odununda emprenye maddesi alınımı kullanılan emprenye madde tipine bağlı olarak SAF SU emprenye madde alınımı (5,07 g) MCQ emprenye madde alınımına (2,67 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Şekil 4.29).

4.4.2. Ladin Olgun Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.4.2.1. Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

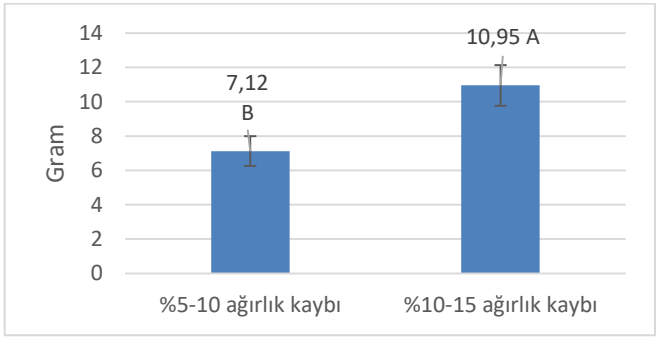
Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin olgun odun boyuna yüzeylerinde emprenye maddesi alınımı açısından istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır (F: 2,897; p>0,05) (Şekil 4.30).



Şekil 4.30: BDS ladin olgun odun boyuna yüzeylerinde emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.4.2.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 6,862; p<0,01) (Şekil 4.31).

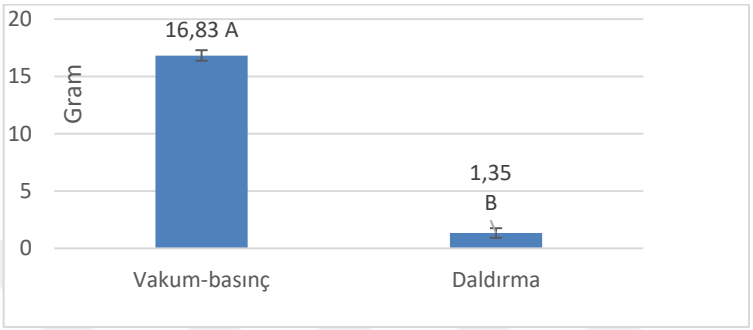


Şekil 4.31: BDS ladin olgun odununda farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre ladin olgun odunu % 10-15 ağırlık kaybı emprenye maddesi alınımı (10,95 g) % 5-10 ağırlık kaybı emprenye maddesi alınımına (7,12 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.31).

4.4.2.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 620,247; p<0,01) (Şekil 4.32).

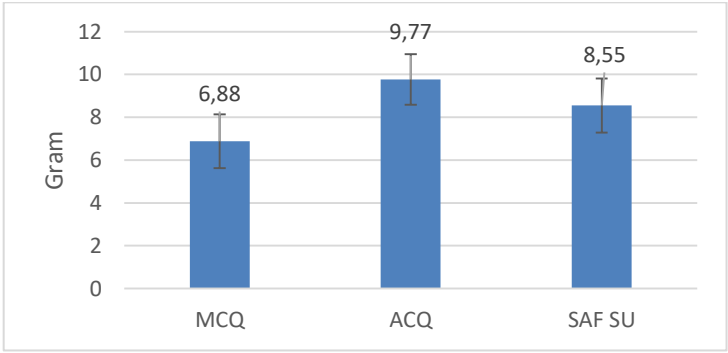


Şekil 4.32: BDS ladin olgun odununda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre ladin olgun odununda emprenye maddesi alınımı vakum- basınç yönteminde (16,83 g) daldırma yöntemine (1,35 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.32).

4.4.2.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

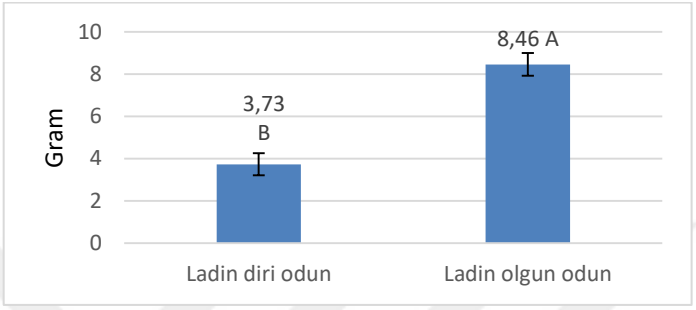
Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır (F: 1,417; p>0,05) (Şekil 4.33).



Şekil 4.33: BDS ladin olgun odununda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.4.3. BDS Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde poliüretanlı ladin diri ve olgun odunları arasında emprenye maddesi alınımı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F: 39,256; p<0,01) (Şekil 4.34).



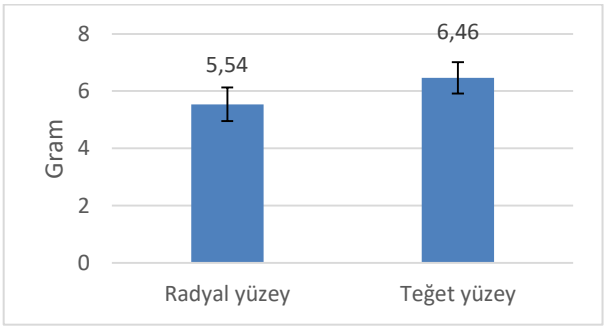
Şekil 4.34: BDS ladin diri ve olgun odunlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre emprenye maddesi alınımı, ladin olgun odununda (8,46 g) diri oduna (3,73 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.34).

4.4.4. BDS Ladin Odunu (Diri Odun + Olgun Odun) Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular

4.4.4.1. Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

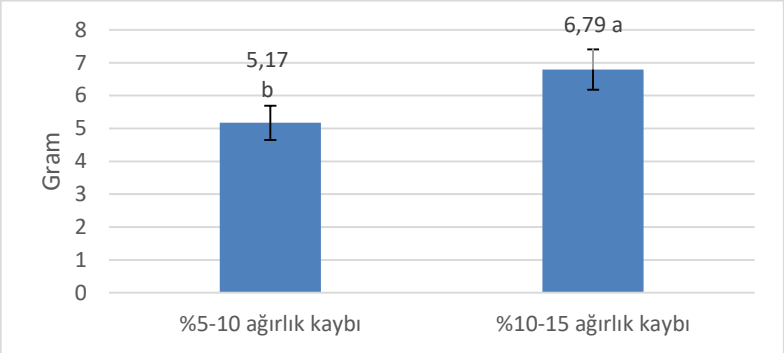
Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin boyuna yüzeyleri arasında emprenye maddesi alınımı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır (F: 1,297; p>0,05) (Şekil 4.35).



Şekil 4.35: BDS ladin odunu boyuna yüzeylerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.4.4.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

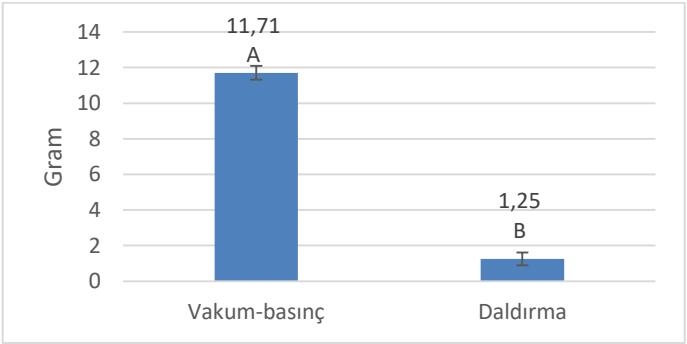
Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı ağırlık kayıpları arasında emprenye maddesi alınımı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır (F: 3,299; p<0,05) (Şekil 4.36).



Şekil 4.36: BDS ladin odununda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.4.4.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemleri arasında emprenye maddesi alınımı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F: 387,941; p<0,01) (Şekil 4.37).

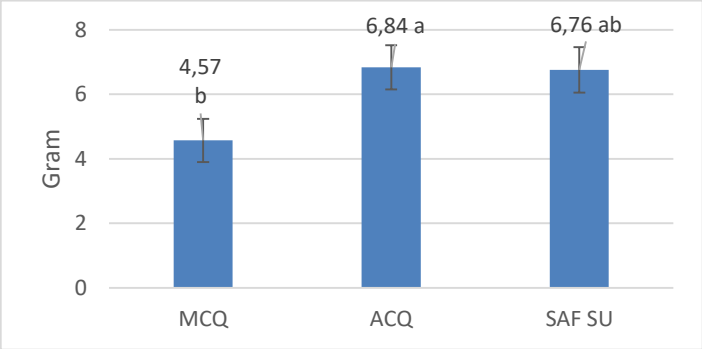


Şekil 4.37: BDS ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre emprenye maddesi alınımı vakum- basınç (11,71 g) emprenye yönteminde daldırmaya (1,25 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.37).

4.4.4.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 3,560; p<0,05) (Şekil 4.38).



Şekil 4.38: BDS ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre ladin diri odununda kullanılan emprenye madde tipine bağlı olarak ACQ emprenye maddesi alınımı (6,84 g) MCQ emprenye maddesi alınımına (4,57 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,05) (Şekil 4.38).

4.4.5. BDS Poliüretanlı Farklı Odun Kısımları Esas Alınarak Elde Edilen Bulgular

4.4.5.1. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Boyuna Yüzeylerindeki Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması

Ladin odun kısımları ve boyuna yüzeyler esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye maddesi alınımı bakımından odun kısımları arasında fark olduğu (p<0,01) fakat boyuna yüzeyler arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur. Ayrıca ladin diri ve olgun odun kısımları ve farklı odun yüzeyleri arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur (p>0,05) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: BDS ladin diri ve olgun odun boyuna yüzeylerindeki emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

	Radyal Yüzey	Teğet Yüzey	Ortalama
Ladin diri odun	3,98	3,52	3,74B
Ladin olgun odun	7,19	9,60	8,39A
Ortalama	5,58	6,56	Fodun: 38,19** Fyüzey: 1,68ns Fodunxyüzey: 3,64ns
	Odun kısmı ortalama		
	Boyuna yüzey ortalama		
	Odun kısmı x Boyuna yüzey ortalama		

**<0.01
*<0.05
ns: önemsiz.

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS ladin olgun odun emprenye maddesi alınımı (8,39 g) ladin diri odun emprenye maddesi alınımına (3,74 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.6).

4.4.5.2. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarında Farklı Ağırlık Kayıplarına Bağlı Olarak Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması

Ladin odun kısımları ve meydana gelen ağırlık kayıpları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye maddesi alınımı bakımından hem farklı odun kısımları hem de farklı ağırlık kayıpları arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber ladin diri ve olgun odun kısımları ile farklı ağırlık kayıpları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen ağırlık kaybına bağlı olarak emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
Ladin diri odun	3,46c	4,01c	3,73B
Ladin olgun odun	7,12b	10,95a	9,03A
Ortalama	5,29B	7,48A	Fodun: 48,53** Fağırlık kaybı: 8,29** Fodunxağırlık kaybı: 4,64*
	Odun kısmı ortalama		
	Ağırlık kaybı ortalama		
	Odun kısmı x Ağırlık kaybı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ladin olgun odun emprenye maddesi alınımı (9,03 g) diri odun emprenye maddesi alınımına (3,73 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerdeki emprenye maddesi alınımı (7,48 g) % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerdeki emprenye maddesi alınımına (5,29

g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01). Ayrıca % 10-15 olgun odun (10,95 g) ile farklı grupta yer alan % 5-10 olgun odun (7,12 g), başka bir grupta yer alan % 10-15 diri odun (4,01 g) ve % 5-10 diri odun (3,46 g) arasında da istatistiki anlamda fark bulunmuştur (p < 0,05) (Tablo 4.7).

4.4.5.3. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarında Farklı Emprenye Yöntemine Bağlı Olarak Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması

Ladin odun kısımları ve emprenye yöntemleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye maddesi alınımı bakımından hem farklı odun kısımları hem de farklı emprenye yöntemleri arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (p<0,01). Bununla beraber ladin diri ve olgun odun kısımları ile farklı emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
Ladin diri odun	6,81B	1,17C	3,99B
Ladin olgun odun	16,84A	1,36C	9,10A
Ortalama	11,82A	1,26B	Fodun: 204,39** Femprenye yöntemi: 874,38** Fodunxemprenye yöntemi: 189,52**
	Odun kısmı ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Odun kısmı x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ladin olgun odun emprenye maddesi alınımı (9,10 g) diri odun emprenye maddesi alınımına (3,99 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01). Bununla beraber vakum-basınç uygulanan örneklerdeki emprenye maddesi alınımı (11,82 g) daldırma uygulanan örneklerdeki emprenye maddesi alınımına (1,26 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01). Ayrıca vakum- basınç olgun odun (16,84 g) ile farklı grupta yer alan vakum- basınç diri odun (6,81 g), başka bir grupta yer alan daldırma olgun odun (1,36 g) ve daldırma diri odun (1,17 g) arasında da istatistik anlamda fark bulunmuştur (p < 0,01) (Tablo 4.8).

4.4.5.4. BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarında Farklı Emprenye Madde Tipine Bağlı Olarak Emprenye Maddesi Alınımının Karşılaştırılması

Ladin odun kısımları ve emprenye maddeleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye madde alınımı bakımından farklı odun kısımları arasında fark olmasına (p<0,01)

rağmen farklı emprenye madde tipleri arasında fark bulunamamıştır. Bununla beraber ladin diri ve olgun odun kısımları ile farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur (p>0,05) (Tablo 4.9).

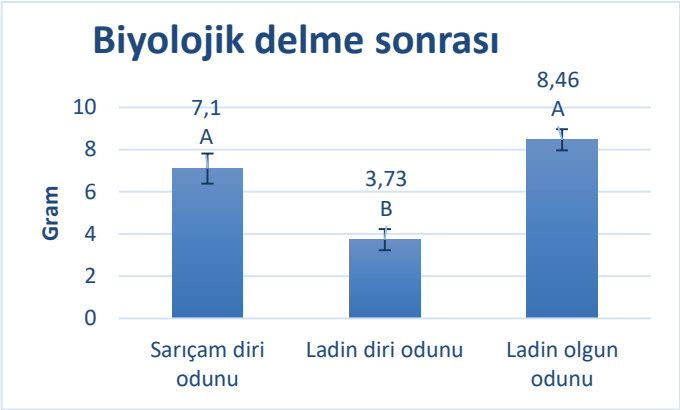
Tablo 4.9: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında kullanılan emprenye madde tipine bağlı olarak emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	SAF SU	Ortalama
Ladin diri odun	2,68	3,62	5,07	3,79B
Ladin olgun odun	6,89	9,77	8,56	8,41A
Ortalama	4,58	6,85	6,76	Fodun: 37,81** Femprenye madde tipi: 3,13ns Fodunxemprenye madde tipi: 1,12ns
	Odun kısmı ortalama			
	Emprenye madde ortalama			
	Odun kısmı x Emprenye madde ortalama			

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre olgun odun emprenye maddesi alınımı (8,41 g) diri odun emprenye maddesi alınımına (3,79 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01) (Tablo 4.9).

4.4.6. BDS Sarıçam Diri Odunu ile Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımı üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 20,904; p<0,01) (Şekil 4.39).



Şekil 4.39: BDS farklı ağaç türü ve odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre emprenye maddesi alınımı bakımından ladin olgun odununda (8,46 g) ve sarıçam diri odunu (7,1 g) arasında fark olmadığı ($p>0,05$), fakat ladin diri odununa (3,73 g) nazaran daha yüksek oldukları ve aralarında istatistik olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.39). Elde edilen bu veriler BDS emprenye maddesi alınımının BDÖ nazaran ladin olgun odununda önemli bir artış gösterdiğini ve hedeflenen sarıçam diri odunu emprenye maddesi alınım seviyesine yaklaşıldığını ve hatta geçtiğini ortaya koymuştur.

4.4.7. Ladin Odununda BDÖ ve BDS Esas Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

4.4.7.1. BDÖ ve BDS Poliüretanlı Farklı Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

BDÖ ve BDS ladin odun kısımları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye maddesi alınımı bakımından BDÖ ve BDS arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur. Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: BDÖ ve BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarının emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	3,73B	1,28C	2,80B
Biyolojik Delme Sonrası	4,32B	8,46A	6,10A
Ortalama	3,97	5,45	Fodun: 2,95ns Fbiyolojik delme: 45,20** Fbiyolojik delmexodun: 62,60**
	Biyolojik delme ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Biyolojik delme x Odun kısmı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDÖ alınan emprenye maddesi miktarı (2,80 g) BDS alınan emprenye maddesi miktarına (6,10 g) nazaran daha düşük bulunmuştur ($p<0,01$). BDS olgun odun (8,46 g) ile farklı grupta yer alan BDS diri odun (4,32 g) ve BDÖ diri odun (3,73 g) arasında ve diğer farklı bir grupta yer alan BDÖ olgun odun (1,28 g) arasında istatistik anlamda fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.10).

4.4.7.2. BDÖ ve BDS Poliüretanlı Farklı Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

BDÖ ve BDS emprenye yöntemleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye madde alınımı bakımından hem BDÖ ve BDS hem de farklı emprenye yöntemleri arasında fark

olduğu ortaya koyulmuştur (p<0,01). Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve farklı emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: BDÖ ve BDS farklı emprenye yöntemlerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-basınç	Daldırma	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	4,49B	0,71C	2,60B
Biyolojik Delme Sonrası	11,71A	1,26C	6,49A
Ortalama	8,10A	0,98B	Femprenye yöntem: 376,29** Fbiyolojik delme: 112,27** Fbiyolojik delmexemprenye yöntem: 82,67**
	Biyolojik delme ortalama		
	Emprenye yöntemi ortalama		
	Biyolojik delme x Emprenye yöntemi ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS emprenye maddesi alınımı (6,49 g) BDÖ emprenye maddesi alınımına (2,60 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01). Bununla beraber vakum- basınç uygulanan örneklerdeki emprenye maddesi alınımı (8,10 g) daldırma uygulanan örneklerdeki emprenye maddesi alınımına (0,98 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01). Ayrıca vakum- basınç BDS (11,71 g) ile farklı grupta yer alan vakum-basınç BDÖ (4,49 g), başka bir grupta yer alan daldırma BDS (1,26 g) ve daldırma BDÖ (0,71 g) arasında da istatistik anlamda fark bulunmuştur (p < 0,01) (Tablo 4.11).

4.4.7.3. BDÖ ve BDS Poliüretanlı Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

BDÖ ve BDS emprenye madde tipleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde emprenye maddesi alınımı bakımından BDÖ ve BDS arasında fark olmasına (p<0,01) rağmen farklı emprenye boyutları arasında fark olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). Bununla beraber Biyolojik delme işlemi ve farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: BDÖ ve BDS farklı emprenye madde tiplerinin emprenye maddesi alınımına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	SAF SU	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	4,08BC	2,03BC	1,96C	2,69B
Biyolojik Delme Sonrası	4,58AB	6,85A	6,76A	6,06A
Ortalama	4,36	4,72	5,11	Femprenye madde: 0,02ns Fbiyolojik delme: 41,19** Fbiyolojik delmexemprenye madde: 7,99**
	Biyolojik delme ortalama			
	Emprenye madde ortalama			
	Biyolojik delme x Emprenye madde ortalama			

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS emprenye maddesi alınımı (6,06 g) BDÖ emprenye maddesi alınımına (2,69 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber aynı grupta yer alan BDS ACQ (6,85 g) ve BDS SAF SU (6,76 g) ile başka bir aynı grupta yer alan BDÖ MCQ (4,08 g) ve BDÖ ACQ (2,03 g), yine başka bir grupta yer alan BDÖ SAF SU (1,96 g) arasında fark olduğu belirlenmiştir. Ayrıca BDS MCQ (4,58 g) ile farklı grupta yer alan BDÖ SAF SU (1,96) arasında da istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,01$) (Tablo 4.12).

4.5. BDÖ FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDA TESPİT EDİLEN BAKIR PENETRASYON ALANI DEĞERLERİ (CM^2)

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun içerisinde bakırın yayıldığı alanın hesaplanmasına bağlı ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2).

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)			
		POLİÜRETANSIZ	POLİÜRETANLI
Grup adı	Numune sayısı	Ortalama (cm^2)	Ortalama (cm^2)
MCQ Vakum-basınç (Diri Odun)	2	1,685 (*0,139)	0,341 (*0,021)
MCQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	2	1,125 (*0,079)	0,274 (*0,059)
ACQ Vakum-basınç (Diri Odun)	2	2,139 (*0,041)	1,611 (*0,021)
ACQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	2	2,453 (*0,137)	0,567 (*0,043)
MCQ Daldırma (Diri odun)	2	0,644 (*0,110)	0,063 (*0,006)
MCQ Daldırma (Olgun odun)	2	0,799 (*0,091)	0,044 (*0,016)
ACQ Daldırma (Diri odun)	2	0,715 (*0,026)	0,181 (*0,012)
ACQ Daldırma (Olgun odun)	2	0,797 (*0,097)	0,286 (*0,071)

*Standart sapma

Tablo 4.13'de görüldüğü gibi BDÖ poliüretansız örneklerde en fazla ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (2,453 cm^2) belirlenmiştir. En az ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (0,644 cm^2) belirlenmiştir. Poliüretanlı örnek gruplarında ise en fazla ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (1,611 cm^2) belirlenmiştir. En az ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (0,044 cm^2) belirlenmiştir.

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odun kısmına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun içerisinde bakırın yayıldığı alanın hesaplanmasına bağlı ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununa ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2).

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Sarıçam)			
		POLİÜRETANSIZ	POLİÜRETANLI
Grup adı	Numune sayısı	Ortalama (cm^2)	Ortalama (cm^2)
MCQ Vakum-basınç	2	4,610 (*0,158)	3,130 (*0,215)
ACQ Vakum-basınç	2	4,569 (*0,288)	2,225 (*0,171)
MCQ Daldırma	2	0,374 (*0,033)	0,039 (*0,002)
ACQ Daldırma	2	0,435 (*0,041)	0,126 (*0,028)

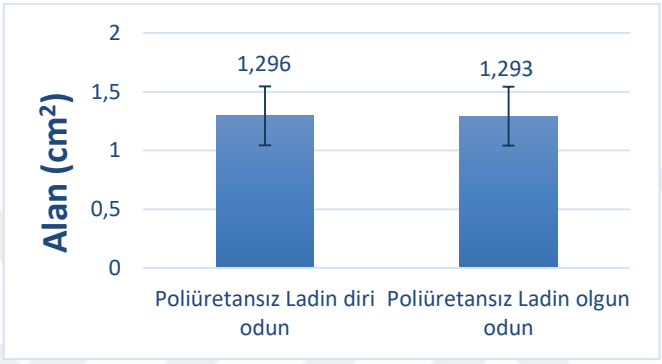
*Standart sapma

Tablo 4.14'de görüldüğü gibi BDÖ poliüretansız örneklerde en fazla ortalama Cu penetrasyon alanı değeri MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (4,610 cm^2) belirlenmiştir. En az ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (0,374 cm^2) belirlenmiştir. Poliüretanlı örnek gruplarında ise en fazla ortalama Cu penetrasyon alanı değeri MCQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (3,130 cm^2) belirlenmiştir. En az ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (0,039 cm^2) belirlenmiştir.

4.5.1. BDÖ Poliüretansız Ladin Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri (cm^2)

4.5.1.1. Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Cu Penetrasyon Alanı Değerlerinin Karşılaştırılması

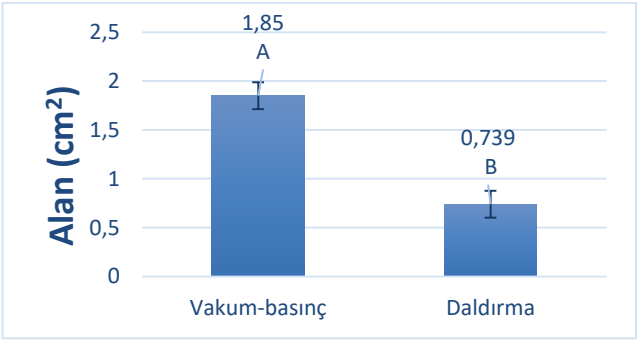
Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki Cu penetrasyon alanı değerleri arasında fark bulunamamıştır (F: 0; p>0,05) (Şekil 4.40).



Şekil 4.40: BDÖ poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.5.1.2. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 32,785; p<0,01) (Şekil 4.41).

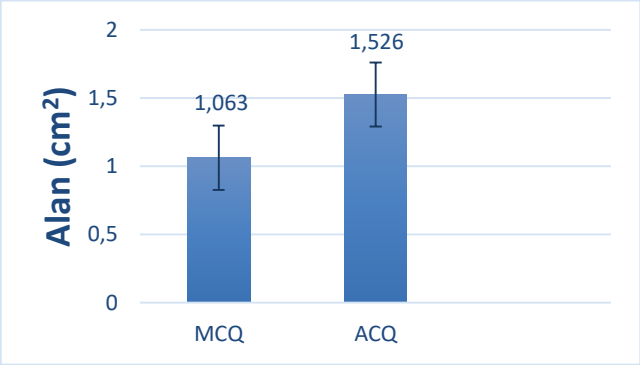


Şekil 4.41: BDÖ poliüretansız ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız ladin odununda Cu penetrasyon alanı değeri uygulanan vakum- basınç yönteminde (1,85 cm^2) daldırma yöntemine (0,739 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.41).

4.5.1.3. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 1,936; p>0,05) (Şekil 4.42).

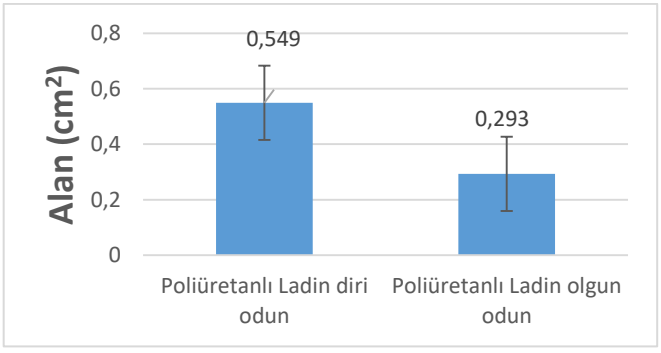


Şekil 4.42: BDÖ poliüretansız ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin ve saf suyun Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.5.2. BDÖ Poliüretanlı Ladin Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri

4.5.2.1. Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarındaki Cu Penetrasyon Alanı Değerlerinin Karşılaştırılması

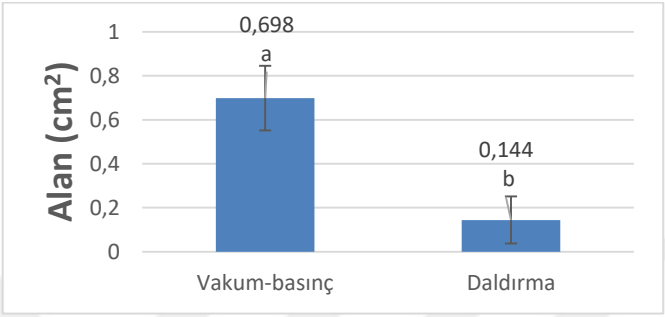
Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki Cu penetrasyon alanı değerleri arasında fark bulunamamıştır (F: 1,094; p>0,05) (Şekil 4.43).



Şekil 4.43: BDÖ ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.5.2.2. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 7,174; p<0,05) (Şekil 4.44).

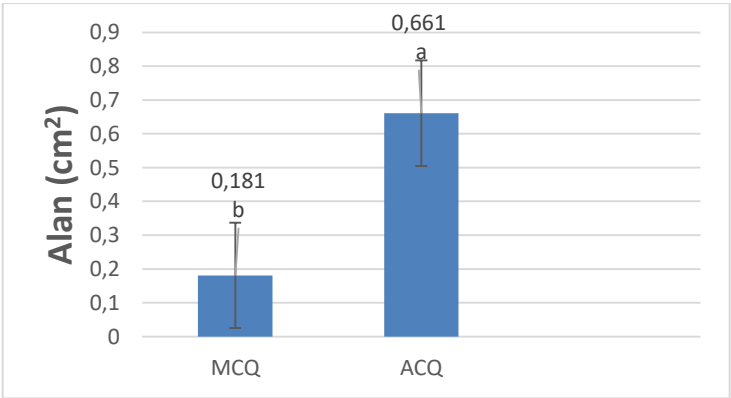


Şekil 4.44: BDÖ poliüretanlı ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı ladin odununda Cu penetrasyon alanı değeri uygulanan vakum- basınç yönteminde (0,698 cm^2) daldırma yöntemine (0,144 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.44).

4.5.2.3. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri istatistiki anlamda farklı bulunmuştur (F: 4,773; p<0,05) (Şekil 4.45).



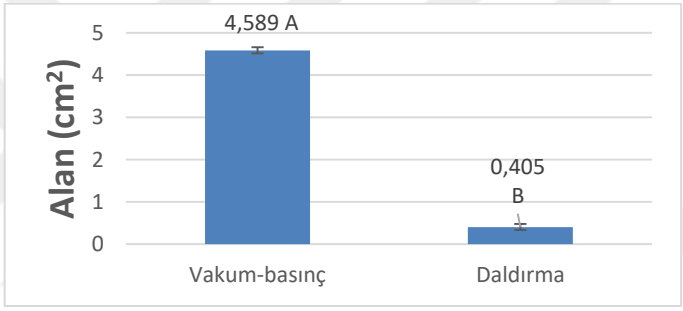
Şekil 4.45: BDÖ poliüretanlı ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı ladin odununda Cu penetrasyon alanı değeri kullanılan ACQ emprenye maddesinde (0,661 cm^2) > MCQ (0,181 cm^2) emprenye maddesine nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.45).

4.5.3. BDÖ Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri

4.5.3.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 1802,444; $p<0,01$) (Şekil 4.46).

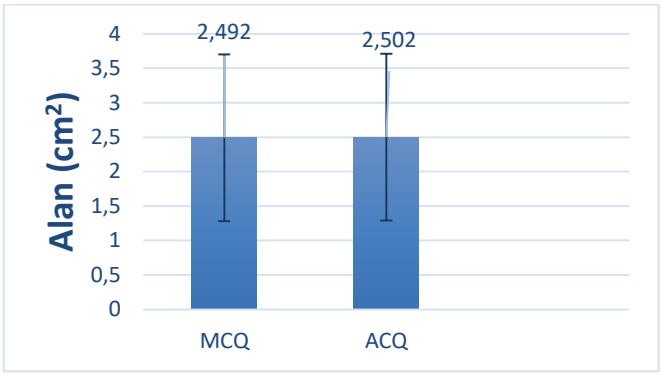


Şekil 4.46: Poliüretansız sarıçamda uygulanan farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretansız sarıçam diri odununda Cu penetrasyon alanı değeri uygulanan vakum- basınç yönteminde (4,589 cm^2) daldırma yöntemine (0,405 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.46).

4.5.3.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0,0; $p>0,05$) (Şekil 4.47).

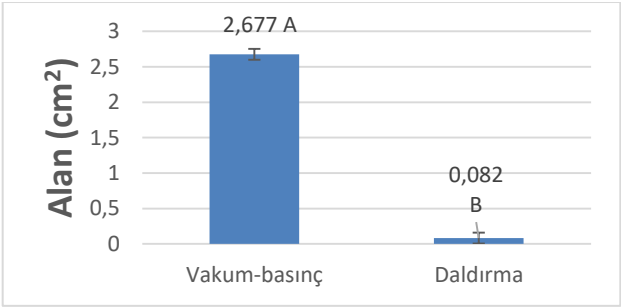


Şekil 4.47: Poliüretansız sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.5.4. BDÖ Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu Üzerinde Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri

4.5.4.1. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F: 89,516; $p<0,01$) (Şekil 4.48).

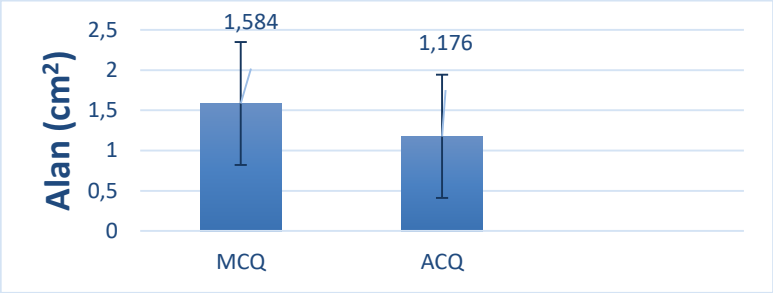


Şekil 4.48: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre poliüretanlı sarıçam odununda Cu penetrasyon alanı değeri uygulanan vakum- basınç yönteminde (2,677 cm^2) daldırma yöntemine (0,082 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.48).

4.5.4.2. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

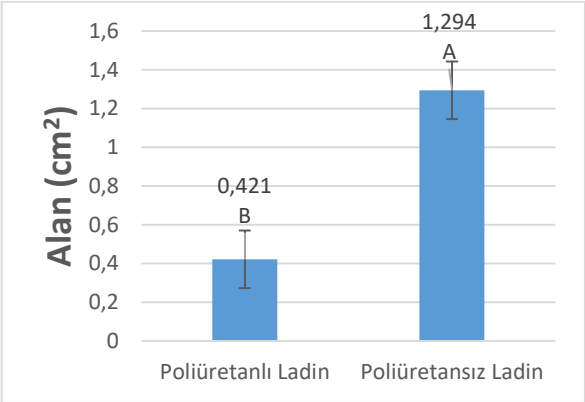
Yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkileri istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0,143; p>0,05) (Şekil 4.49).



Şekil 4.49: Poliüretanlı sarıçamda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.5.5. Farklı Odun Kısımları Göz Önüne Alınmaksızın Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odunu Cu Penetrasyon Alanı Değerlerinin Karşılaştırılması

Cu penetrasyon alanı değerleri esas alınarak yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin odununun enine kesitlerine poliüretan uygulanması açısından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (F: 17,126; p<0,01) (Şekil 4.50).

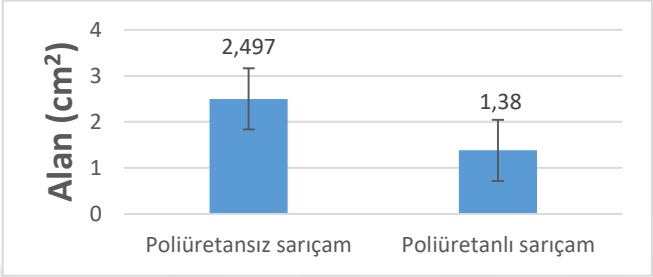


Şekil 4.50: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin odunu Cu penetrasyon alanı değerlerinin karşılaştırılması.

BDÖ poliüretansız ladin odununda Cu penetrasyon alanı değeri (1,294 cm^2) poliüretanlı ladin odunu Cu penetrasyon alanı değerine (0,421 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.50).

4.5.6. BDÖ Poliüretansız ve Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

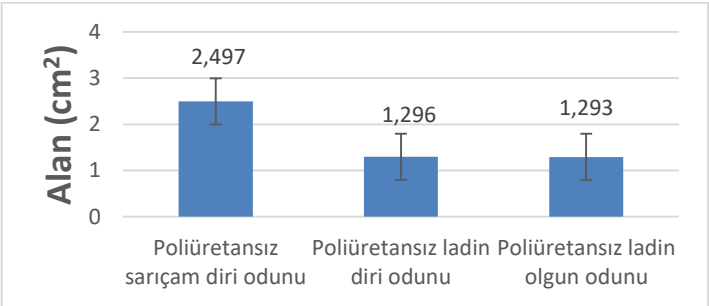
Yapılan tek yönlü varyans analizinde poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam diri odunları arasında Cu penetrasyon alanı değeri bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır (F: 1,412; p>0,05) (Şekil 4.51).



Şekil 4.51: Poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam odunlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.5.7. BDÖ Poliüretansız Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odunlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

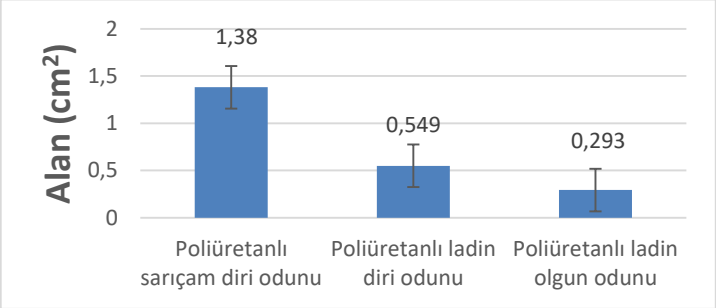
Cu penetrasyon alanı değeri esas alınarak poliüretansız ağaç türü ve odun kısımları üzerinde tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı görülmüştür (F: 1,920; p>0,05) (Şekil 4.52).



Şekil 4.52: BDÖ poliüretansız sarıçam diri odunu, ladin diri odunu ve ladin olgun odunlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları.

4.5.8. BDÖ Poliüretanlı Sarıçam Diri Odunu, Ladin Diri Odunu ve Ladin Olgun Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

Cu penetrasyon alanı değeri esas alınarak poliüretanlı ağaç türü ve odun kısımları üzerinde tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (F: 3,058; p>0,05) (Şekil 4.53).



Şekil 4.53: BDÖ poliüretanlı sarıçam diri odunu, ladin diri odunu ve ladin olgun odunlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analiz sonuçları.

4.6. BDS LADİN ODUNUNDA ELDE EDİLEN BAKIR PENETRASYON ALANI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

BDS poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri, farklı ağırlık kayıpları, farklı odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun içerisinde bakırın yayıldığı alanın hesaplanmasına bağlı ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15: BDS ladin diri ve olgun odun kısmına ait farklı ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri, emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2).

BİYOLOJİK DELME SONRASI EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)			
		DİRİ ODUN	OLGUN ODUN
Grup adı	**Numune sayısı**	**Ortalama (cm^2)**	**Ortalama (cm^2)**
MCQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	2	0,574 (*0,084)	1,494 (*0,213)
MCQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	2	0,529 (*0,055)	4,513 (*0,284)
ACQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	2	1,497 (*0,184)	2,255 (*0,348)
ACQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	2	1,317 (*0,191)	4,998 (*0,067)
MCQ Daldırma % 5-10 Teğet	2	0,028 (*0,039)	0,066 (*0,016)
MCQ Daldırma % 10-15 Teğet	2	0,677 (*0,055)	1,323 (*0,169)
ACQ Daldırma % 5-10 Teğet	2	0,022 (*0,014)	0,079 (*0,029)
ACQ Daldırma % 10-15 Teğet	2	0,178 (*0,028)	1,632 (*0,212)

*Standart sapma

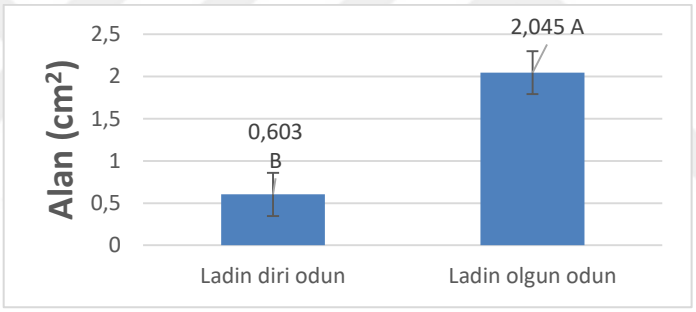
Tablo 4.15'de görüldüğü gibi BDS poliüretanlı ladin diri odununda en fazla ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde (1,497 cm^2) belirlenmiştir. En az ortalama Cu

penetrasyon alanı değeri ise ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde (0,022 cm^2) belirlenmiştir.

BDS poliüretanlı ladin olgun odununda en fazla ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ACQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde (4,998 cm^2) belirlenmiştir. En az ortalama Cu penetrasyon alanı değeri ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde (0,066 cm^2) belirlenmiştir (Tablo 4.15).

4.6.1. Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

Yapılan tek yönlü varyans analizinde ladin diri ve olgun odunları arasında Cu penetrasyon alanı değeri bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F: 9,598; $p<0,01$) (Şekil 4.54).

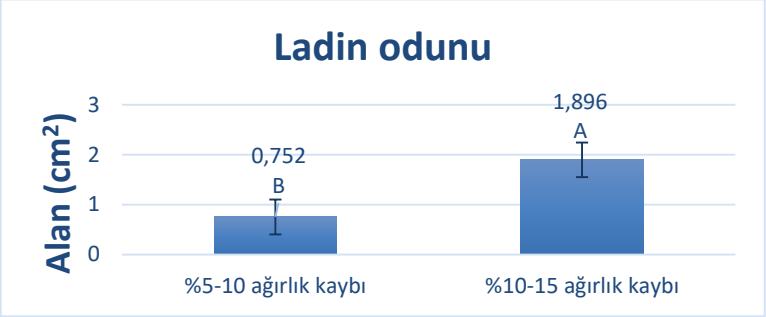


Şekil 4.54: BDS ladin diri ve olgun odunlarının ortalama Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre Cu penetrasyon alanı değeri ladin olgun odununda (2,045 cm^2) diri oduna (0,603 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.54).

4.6.2. Farklı Ağırlık Kayıplarının Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı ağırlık kayıpları arasında Cu penetrasyon alanı değeri bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F: 5;400; $p<0,05$) (Şekil 4.55).

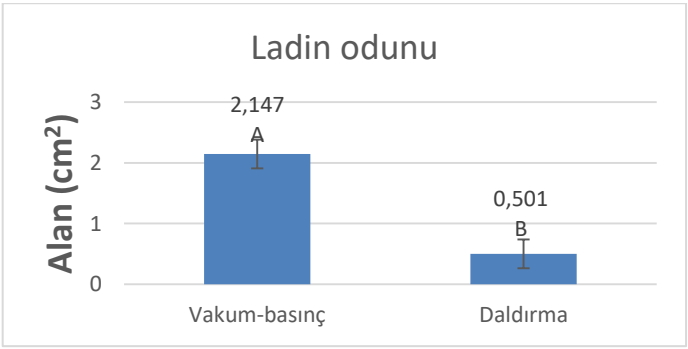


Şekil 4.55: BDS ladin odununda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre ladin olgun odununda Cu penetrasyon alanı değeri %10-15 ağırlık kaybında (1,896 cm^2) % 5-10 ağırlık kaybına (0,752 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.55).

4.6.3. Farklı Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye yöntemleri arasında Cu penetrasyon alanı değerleri bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur (F:13;849; p<0,01) (Şekil 4.56).

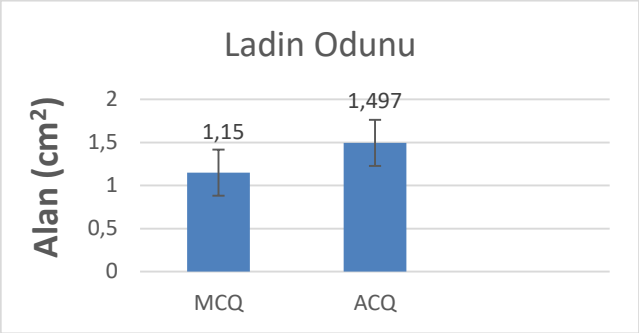


Şekil 4.56: BDS ladin odununda farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre Cu penetrasyon alanı değeri vakum- basınç (2,147 cm^2) emprenye yönteminde daldırmaya (0,501 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.56).

4.6.4. Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Karşılaştırılması

Diri ve olgun odun ayırımı gözetilmeksizin yapılan tek yönlü varyans analizinde farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değeri üzerindeki etkisine yönelik olarak istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır (F: 0,426; p>0,05) (Şekil 4.57).



Şekil 4.57: BDS ladin odununda farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları.

4.6.5. Ladin Odununda Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından BDÖ ve BDS Safhaların Karşılaştırılması

4.6.5.1. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Kullanılan Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

Ladin diri ve olgun odun kısımlarından elde edilen Cu penetrasyon alanı değerleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS safhalar açısından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (p<0,05). Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,05) (Tablo 4.16).

Tablo 4.16: BDÖ ve BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarının Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	0,55b	0,29b	0,42b
Biyolojik Delme Sonrası	0,60b	2,05a	1,32a
Ortalama	0,59	1,46	Fodun: 2,98ns Fbiyolojik delme:6,91* Fbiyolojik delmexodun: 6,12*
	Biyolojik delme ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Biyolojik delme x Odun kısmı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS Cu penetrasyon alanı değerinin (1,32 cm^2) BDÖ Cu penetrasyon alanı değerine (0,42 cm^2) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca farklı grupta yer alan BDS ladin olgun odun Cu penetrasyon alanı değerinin (2,05 cm^2) aynı grupta yer alan BDS ladin diri odun (0,60 cm^2), BDÖ ladin diri odun (0,55 cm^2) ve BDÖ ladin olgun (0,29 cm^2) Cu penetrasyon alanı değerlerine nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.16).

4.6.5.2. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Kullanılan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Uygulanan farklı emprenye yöntemlerinden elde edilen Cu penetrasyon alanı değerleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem BDÖ ve BDS safhalar açısından hem de uygulanan emprenye yöntemleri açısından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve uygulanan emprenye yöntemleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: BDÖ ve BDS kullanılan farklı emprenye yöntemlerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	0,70	0,14	0,42B
Biyolojik Delme Sonrası	2,15	0,50	1,32A
Ortalama	1,42A	0,32B	Emprenye yöntemi: 11,52** Fbiyolojik delme:7,75** Fbiyolojik delmexemprenye yöntemi: 2,83ns
	Biyolojik delme ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Biyolojik delme x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS Cu penetrasyon alanı değerinin (1,32 cm^2) BDÖ Cu penetrasyon alanı değerine (0,42 cm^2) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber uygulanan vakum- basınç yöntemindeki Cu penetrasyon alanı değerinin (1,42 cm^2) daldırma yöntemindeki Cu penetrasyon alanı değerine (0,32 cm^2) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.17).

4.6.5.3. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Penetrasyon Alanı Değerleri Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak elde edilen Cu penetrasyon alanı değerleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS safhalar açısından istatistiki

anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve kullanılan emprenye madde tipleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: BDÖ ve BDS kullanılan farklı emprenye madde tiplerinin Cu penetrasyon alanı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	0,18	0,66	0,42b
Biyolojik Delme Sonrası	1,15	1,50	1,32a
Ortalama	0,83	1,22	Femprenye madde: 1,14ns Fbiyolojik delme:5,43* Fbiyolojik delmexemprenye madde: 0,03ns
	Biyolojik delme ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Biyolojik delme x Emprenye madde ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS Cu penetrasyon alanı değerinin (1,32 cm^2) BDÖ Cu penetrasyon alanı değerine (0,42 cm^2) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.18).

4.7. BDÖ FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAN ELDE EDİLEN ODUN UNLARINDA TESPİT EDİLEN BAKIR RETENSİYON MİKTARLARI (PPM)

Bu çalışmada enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanan ve boyanmayan hem ladin odunu (diri ve olgun) hem de sarıçam diri odununa ait örneklere ait odun unlarında Cu miktarı ve retensiyonunu belirlemek amacıyla odun yüzey kısımları ve merkezinden kıymıklar alınarak öğütülmüştür. Böylece odun örneklerinin merkez (Merkez Cu) ve dış yüzeylerinden (Cu) elde edilen kıymıklardan öğütülen odun unlarındaki bakır miktarları tüm gruplar içinde birbirleriyle kıyaslanarak bakırın ne kadar derine penetre olduğu da ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada daldırma yöntemi uygulanan bazı örnek gruplarına ait 2 tekrarlı ölçümler arasındaki farkın yüksek olması nedeniyle bahsi geçen grupların standart sapma değerleri ortalamalardan yüksek çıkmıştır. Bunun sebebininde daldırma yöntemi uygulanan odun örneklerinin özellikle dış yüzeylerinde ve belli bölgelerinde bakır emprenye tuzlarının daha fazla yoğunlaşarak kristalize olması ve ölçüm yapılan odun unlarınında genellikle bu bölgelerden elde edilmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun unlarında tespit edilen ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları (ppm).

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)				
Grup adı	**POLİÜRETANSIZ**		**POLİÜRETANLI**	
	Ortalama (ppm)		Ortalama (ppm)	
	Cu	Merkez Cu	Cu	Merkez Cu
MCQ Vakum-basınç (Diri Odun)	1372 (*219,20)	1530 (*470,93)	8355,5 (*477,3)	1360,5(*347,3)
MCQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	7930 (*5412,3)	142 (*100,82)	3792 (*3640,19)	1803,5 (*68,59)
ACQ Vakum-basınç (Diri Odun)	8178 (*917,82)	8297 (*403,05)	4308 (*476,59)	1282,5(*365,57)
ACQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	7383,5(*1078,34)	2067,5(*282,14)	3675 (*767,92)	828 (*255,97)
MCQ Daldırma (Diri odun)	6003 (*311,13)	2071 (*1496,24)	1564,5(*607,40)	1589 (*2067,58)
MCQ Daldırma (Olgun odun)	5378,5(*1211,27)	2810 (*916,41)	2960(*251,73)	1695 (*1483,51)
ACQ Daldırma (Diri odun)	73,5 (*103,94)	0 (*0)	1246,5(*386,79)	846 (*601,04)
ACQ Daldırma (Olgun odun)	2276,5(*2644,17)	809,5(*632,86)	1554,5(*437,70)	3017,5(*4060,91)
Ladin Diri Odun Kontrol	0 (*0)	0 (*0)	0 (*0)	0 (*0)
Ladin Olgun Odun Kontrol	0 (*0)	0 (*0)	0 (*0)	0 (*0)

*Standart sapma.
** Her bir grupta 2 ölçüm Cu analizi, 2 ölçüm de Merkez Cu analizi yapılmıştır.

Tablo 4.19'da görüldüğü gibi BDÖ poliüretansız örneklerin yüzeyinde ortalama Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (8178 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (73,5 ppm) belirlenmiştir. Bununla beraber BDÖ poliüretansız örneklerde ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (8297 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (0,0 ppm) belirlenmiştir.

BDÖ poliüretanlı örneklerin yüzeyinde ortalama Cu retensiyon miktarı en fazla MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (8355,5 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (1246,5 ppm) belirlenmiştir. Bununla beraber BDÖ poliüretanlı örneklerde ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (3017,5 ppm) belirlenmiştir. En az

ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (828 ppm) belirlenmiştir (Tablo 4.19).

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odun kısmına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun unlarında tespit edilen ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo 4.20: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununa ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları (ppm).

	BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Sarıçam)			
	POLİÜRETANSIZ		**POLİÜRETANLI**	
Grup adı	Ortalama (ppm)		Ortalama (ppm)	
	Cu	Merkez Cu	Cu	Merkez Cu
MCQ Vakum-basınç**	3761,5 (*188,8)	5060,5(*197,3)	10967 (*1285,27)	3370 (*571,34)
ACQ Vakum-basınç**	2003 (*69,30)	1425 (*264,46)	1064,5 (*68,59)	2455,5 (*1413,12)
MCQ Daldırma**	2386,5(*2921,06)	5538 (*961,67)	2863 (*698,62)	657,5 (*579,12)
ACQ Daldırma**	2741,5 (*33,23)	903 (*377,60)	5056,5(*6630,54)	7891,5 (*1028,84)
Sarıçam Diri Odun Kontrol**	0 (*0)	0 (*0)	0 (*0)	0 (*0)

*Standart sapma.
**Her bir grupta 2 ölçüm Cu analizi, 2 ölçüm de Merkez Cu analizi yapılmıştır.

Tablo 4.20'de görüldüğü gibi BDÖ poliüretansız örneklerin yüzeyinde ortalama Cu retensiyon miktarı en fazla MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (3761,5 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (2003 ppm) belirlenmiştir. Bununla beraber BDÖ poliüretansız örneklerde ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı en fazla MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (5538 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (903 ppm) belirlenmiştir.

BDÖ poliüretanlı örneklerin yüzeyinde ortalama Cu retensiyon miktarı en fazla MCQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (10967 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (1064,5 ppm) belirlenmiştir. Bununla beraber BDÖ poliüretanlı örneklerde ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (7891,5 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Merkez

Cu retensiyon miktarı ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (657,5 ppm) belirlenmiştir (Tablo 4.20).

4.7.1. BDÖ Ladin (Diri odun + Olgun odun) Odun Unlarında Tespit Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar

4.7.1.1. Farklı Odun Kısımları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde farklı yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$). Bununla beraber yüzey derinliği ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.21).

Tablo 4.21: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Dış yüzey	3868,63	2995,38	3432a
Merkez	1269,50	2411,78	1840,64b
Ortalama	2569,06	2686,41	Fodun: 0,03ns Fyüzey derinliği:4,34* Fyüzey derinliğixodun: 1,74ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Yüzey derinliği x Odun kısmı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDÖ odun örneklerinin en dış yüzeyinden elde edilen odun unundaki Cu retensiyon miktarı (3432 ppm) aynı odun örneklerinin merkez kısmından elde edilen odun unundaki Merkez Cu retensiyon miktarından (1840,64 ppm) daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.21).

4.7.1.2. Farklı Emprenye Yöntemleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde uygulanan emprenye yöntemleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamasına rağmen farklı yüzey derinlikleri arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bununla beraber yüzey derinliği ve uygulanan emprenye yöntemleri arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.22).

Tablo 4.22: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
Dış yüzey	5032,63A	1831,38B	3432a
Merkez	1318,63B	2368,11B	1843,37b
Ortalama	3175,63	2115,53	Femprenye yöntem: 2,70ns Fyüzey derinliği:5,89* Fyüzey derinliğixemprenye yöntem: 10,53**
	Yüzey derinliği ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Yüzey derinliği x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDÖ odun örneklerinin en dış yüzeyinden elde edilen odun unundaki Cu retensiyon miktarı (3432 ppm) aynı odun örneklerinin merkez kısmından elde edilen odun unundaki Merkez Cu retensiyon miktarından (1840,64 ppm) daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca dış yüzey vakum- basınç (Cu; 5032,63 ppm) ile aynı gruplarda yer alan Merkez daldırma (Merkez Cu; 2368,11 ppm), dış yüzey daldırma (Cu; 1831,38 ppm) ve Merkez vakum- basınç (Merkez Cu; 1318,63 ppm) arasında istatistik anlamda fark olduğu görülmüştür ($p<0,01$) (Tablo 4.22).

4.7.1.3. Farklı Emprenye Madde Tipleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde farklı yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$). Bununla beraber yüzey derinliği ve farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.23).

Tablo 4.23: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Dış yüzey	4168	2696	3432a
Merkez	1612	2107,33	1859,67b
Ortalama	2890	2384,35	Femprenye madde: 0,41ns Fyüzey derinliği:4,27* Fyüzey derinliğixemprenye madde: 1,67ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Yüzey derinliği x Emprenye madde ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDÖ odun örneklerinin en dış yüzeyinden elde edilen odun unundaki Cu retensiyon miktarı (3432 ppm) aynı odun örneklerinin merkez kısmından elde edilen odun unundaki Merkez Cu retensiyon miktarından (1859,67 ppm) daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.23).

4.7.1.4. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde farklı yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber yüzey derinliği ve poliüretan uygulanması arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.24).

Tablo 4.24: BDÖ ladin odun unlarında yüzey derinliği ve poliüretan uygulanma işlemine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Poliüretanlı	Poliüretansız	Ortalama
Dış yüzey	3432	4824,38	4128,19A
Merkez	1552,75	2215,88	1884,31B
Ortalama	2492,38	3520,13	Fpoliüretan uygulama: 2,29ns Fyüzey derinliği:10,91** Fyüzey derinliğixpoliüretan uygulama: 0,29ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Yüzey derinliği x Poliüretan uygulama ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDÖ odun örneklerinin en dış yüzeyinden elde edilen odun unundaki Cu retensiyon miktarı (4128,19 ppm) aynı odun örneklerinin merkez kısmından elde edilen odun unundaki Merkez Cu retensiyon miktarından (1884,31 ppm) daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.24).

4.7.2. BDÖ Sarıçam Diri Odunu Unlarında Tespit Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar

4.7.2.1. Farklı Emprenye Yöntemleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem uygulanan emprenye yöntemleri hem de yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinliği ve uygulanan emprenye yöntemleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.25).

Tablo 4.25: BDÖ sarıçam odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
Dış yüzey	4449	3261,88	3855,44
Merkez	3077,75	3747,5	3412,63
Ortalama	3763,38	3504,69	Femprenye yöntem: 0,03ns Fyüzey derinliği:0,75ns Fyüzey derinliğixemprenye yöntem: 0,45ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Yüzey derinliği x Emprenye yöntem ortalama		

4.7.2.2. Farklı Emprenye Madde Tipleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem kullanılan emprenye madde tipleri hem de yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinliği ve kullanılan emprenye madde tipleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.26).

Tablo 4.26: BDÖ sarıçam odun unlarında yüzey derinliği ve farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Dış yüzey	4994,50	2716,38	3855,44
Merkez	3656,50	3168,75	3412,63
Ortalama	4325,60	2942,56	Femprenye madde: 1,02ns Fyüzey derinliği:0,10ns Fyüzey derinliğixemprenye madde: 0,43ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Yüzey derinliği x Emprenye madde ortalama		

4.7.2.3. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanması ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem poliüretan uygulama işlemi hem de yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinliği ve poliüretan uygulama işlemi arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.27).

Tablo 4.27: BDÖ sarıçam odun unlarında yüzey derinliği ve poliüretan uygulanmasına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Poliüretanlı	Poliüretansız	Ortalama
Dış yüzey	4987,75	2723,13	3855,44
Merkez	3593,63	3231,63	3412,63
Ortalama	4290,69	2977,38	Fpoliüretan uygulama: 0,92ns Fyüzey derinliği:0,10ns Fyüzey derinliğixpoliüretan uygulama: 0,48ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Yüzey derinliği x Poliüretan uygulama ortalama		

4.7.3. BDÖ Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarından Elde Edilen Odun Unlarında Tespit Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar

4.7.3.1. Poliüretansız Ladin Diri- Olgun Odunları (Kontrol) ve Sarıçam Diri Odununa (Kontrol) Ait Örnek Grupları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Bu aşamada hiçbir işleme tabi tutulmayan poliüretansız ladin diri- olgun odunları (Kontrol) ve sarıçam diri odununa ait örnek grupları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan çoklu karşılaştırma testinde ladin diri- olgun odunlarına ait Kontrol ve örnek grupları ile sarıçam diri odununa ait Kontrol ve örnek grupları arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve farklı ağaç türü- odun kısımları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.28).

Tablo 4.28: BDÖ odun unlarında yüzey derinliği ile poliüretansız ladin diri- olgun odun (Kontrol) ve poliüretansız sarıçam diri odununa bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Diri odun	Olgun odun	Sarıçam	Diri odun Kontrol	Olgun odun Kontrol	Sarıçam Kontrol	Ortalama
Dış yüzey	3906,63	5742,13	2723,13	0	0	0	3665,74
Merkez	2974,50	1457,25	3231,63	0	0	0	2270,63
Ortalama	3440,56	3599,69	2977,38	0	0	0	Fodun: 1,51ns Fyüzey derinliği:0,40ns Fyüzey derinliğixodun: 1,25ns
	Yüzey derinliği ortalama						
	Odun kısmı ortalama						
	Yüzey derinliği x Odun kısmı ortalama						

4.7.3.2. Poliüretanlı Ladin Diri- Olgun Odunları (Kontrol) ve Sarıçam Diri Odununa (Kontrol) Ait Örnek Grupları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde ladin diri- olgun odunlarına ait Kontrol ve örnek grupları ile sarıçam diri odununa ait Kontrol ve örnek grupları arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve farklı ağaç türü- odun kısımları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.29).

Tablo 4.29: BDÖ odun unlarında yüzey derinliği ile poliüretanlı ladin diri- olgun odun (Kontrol) ve poliüretanlı sarıçam diri odununa bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Diri Odun	Olgun Odun	Sarıçam	Diri Odun Kontrol	Olgun Odun Kontrol	Sarıçam Kontrol	Ortalama
Dış yüzey	3868,63	2995,38	4987,75	0	0	0	3511,63
Merkez	1269,50	1836,00	3593,63	0	0	0	1984,93
Ortalama	2569,06	2415,69	4290,69	0	0	0	Fodun: 1,48ns Fyüzey derinliği:0,34ns Fyüzey derinliğixodun: 0,15ns
	Yüzey derinliği ortalama						
	Odun kısmı ortalama						
	Yüzey derinliği x Odun kısmı ortalama						

4.8. BDS FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAN ELDE EDİLEN ODUN UNLARINDA TESPİT EDİLEN BAKIR RETENSİYON MİKTARLARI

BDS poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait odun unlarında tespit edilen ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30: BDS diri ve olgun odun kısmına ait emprenye madde tipi ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait ortalama Cu ve Merkez Cu retensiyon miktarları (ppm).

BİYOLOJİK DELME SONRASI EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)				
Grup adı	**DİRİ ODUN**		**OLGUN ODUN**	
	Ortalama (ppm)		Ortalama (ppm)	
	Cu	Merkez Cu	Cu	Merkez Cu
MCQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	1146,5 (*98,29)	2267,9 (*1978,07)	3943,15(*110,07)	1668(*111,72)
MCQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	10837 (*6396,49)	3972 (*1585,33)	6104,5(*5014,71)	1328(*1044,32)
ACQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	1446,2 (*1112,63)	5,6 (*4,22)	1250(*90,51)	18,1(*25,6)
ACQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	4418 (*1979,90)	1258,5 (*65,76)	4581(*533,16)	663(*403,15)
MCQ Daldırma % 5-10 Teğet	2615,6 (*3211,26)	4718,85 (*6581,96)	1592,9(*1810,34)	1065,1(*1319,32)
MCQ Daldırma % 10-15 Teğet	5216 (*5873,23)	5232 (*1992,63)	12713,5(*14250,32)	3368,5(*770,04)
ACQ Daldırma % 5-10 Teğet	51305,82(*71162,07)	18530,82(*25801,17)	22593(*6133,44)	3230(*3956,22)
ACQ Daldırma % 10-15 Teğet	3080 (*38,18)	598 (*845,7)	2830(*595,38)	4710(*3264,01)

*Standart sapma.
**Her bir grupta 2 ölçüm Cu analizi, 2 ölçüm de Merkez Cu analizi yapılmıştır.

Tablo 4.30'da görüldüğü gibi BDS poliüretanlı ladin diri odun örneklerinde yüzeyde ortalama Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (51305,82 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Cu retensiyon miktarı ise MCQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (1146,5 ppm) belirlenmiştir. Bununla beraber BDS poliüretanlı örneklerde ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (18530,82 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı ise MCQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (5,6 ppm) belirlenmiştir.

BDS poliüretanlı ladin olgun odun örneklerinin yüzeyinde ortalama Cu retensiyon miktarı en fazla MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (12713,5 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (1250 ppm) belirlenmiştir. Bununla beraber BDS poliüretanlı örneklerde ortalama

Merkez Cu retensiyon miktarı en fazla ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (4710 ppm) belirlenmiştir. En az ortalama Merkez Cu retensiyon miktarı ise ACQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (18,1 ppm) belirlenmiştir (Tablo 4.30).

4.8.1. BDS Ladin (Diri odun + Olgun odun) Odun Unlarında Tespit Edilen Cu Miktarları Bakımından Yapılan Karşılaştırmalar

4.8.1.1. Farklı Odun Kısımları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait örnek grupları arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinlikleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.31).

Tablo 4.31: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Dış yüzey	10008,14	6951,01	8479,57
Merkez	4212,41	2103,36	3289,70
Ortalama	6939,81	4688,77	Fodun: 0,55ns Fyüzey derinliği:2,34ns Fyüzey derinliğixodun: 0,12ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Yüzey derinliği x Odun kısmı ortalama		

4.8.1.2. Farklı Emprenye Yöntemleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde uygulanan farklı emprenye yöntemlerine ait örnek grupları arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinlikleri arasında da Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.32).

Tablo 4.32: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve uygulanan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
Dış yüzey	4225,80	12743,36	8479,57
Merkez	1397,64	5181,76	3289,70
Ortalama	2806,72	8962,56	Femprenye yöntem: 3,32ns Fyüzey derinliği:2,36ns Fyüzey derinliğixemprenye yöntem: 0,49ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Yüzey derinliği x Emprenye yöntem ortalama		

4.8.1.3. Farklı Emprenye Madde Tipleri ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde kullanılan farklı emprenye madde tiplerine ait örnek grupları arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinlikleri arasında da Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve kullanılan farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.33).

Tablo 4.33: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve kullanılan farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Dış yüzey	5521,14	11438,00	8479,57
Merkez	2952,54	3626,85	3289,70
Ortalama	4236,84	7532,43	Femprenye madde: 0,92ns Fyüzey derinliği:2,28ns Fyüzey derinliğixemprenye madde: 0,58ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Yüzey derinliği x Emprenye madde ortalama		

4.8.1.4. Farklı Ağırlık Kayıpları ve Cu Retensiyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına ait örnek grupları arasında Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Bununla beraber yüzey derinlikleri arasında da Cu retensiyon miktarı bakımından istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.34).

Tablo 4.34: BDS ladin odun unlarında yüzey derinliği ve meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarlarına ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
Dış yüzey	10736,65	6222,50	8479,57
Merkez	3938,15	2641,25	3289,70
Ortalama	7337,40	4431,88	Fağırlık kaybı: 0,71ns Fyüzey derinliği:2,26ns Fyüzey derinliğixağırlık kaybı: 0,22ns
	Yüzey derinliği ortalama		
	Ağırlık kaybı ortalama		
	Yüzey derinliği x Ağırlık kaybı ortalama		

4.8.2. Ladin Odun Ununda Elde Edilen Cu Retensiyon Miktarları Bakımından BDÖ ve BDS Safhaların Karşılaştırılması

4.8.2.1. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Kullanılan Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

Farklı odun yüzey derinliklerinde BDÖ ve BDS odun kısımları esas alınarak gruplarda çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (Tablo 4.35 ve 4.36).

Tablo 4.35: Ladinde biyolojik delme, odun kısmı ve odun yüzey derinliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem derecesi
Biyolojik delme işlemi	1	235422458	1,7792	0,1857
Odun kısmı	1	39831964	0,3010	0,5846
Yüzey derinliği	1	275822580	2,0846	0,1523
Biyolojik delme işlemi*Odun kısmı	1	31402388	0,2373	0,6274
Biyolojik delme işlemi*Yüzey derinliği	1	63035371	0,4764	0,4919
Odun kısmı*Yüzey derinliği	1	7582274	0,0573	0,8114
Biyolojik delme işlemi*Odun kısmı*Yüzey derinliği	1	321464	0,0024	0,9608

Tablo 4.36: Ladinde biyolojik delme, odun kısmı ve odun yüzey derinliğinin Cu retensiyon miktarı üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Diri Odun	Olgun Odun	ORTALAMA
BDÖ	Dış	3868,63	2995,38	3432,00
	Merkez	1269,50	1836,00	1552,75
ORTALAMA		2569,06	2415,69	2492,38
BDS	Dış	10008,14	6951,05	8479,57
	Merkez	4212,41	2995,38	3157,88
ORTALAMA		7110,27	4527,18	5884,64
UYGULAMALAR ORTALAMA	Dış	6938,38	4973,19	6797,05
	Merkez	2740,95	1969,68	2710,72
GENEL ORTALAMA		5541,17	3898,13	

	Biyolojik delme ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Yüzey derinliği ortalama
	Biyolojik delme x Odun kısmı interaksiyonu
	Biyolojik delme x Yüzey derinliği interaksiyonu
	Odun kısmı x Yüzey derinliği interaksiyonu
	Biyolojik delme x Odun kısmı x Yüzey derinliği interaksiyonu

4.8.2.2. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Retensiyon miktarı Bakımından Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Farklı odun yüzey derinliklerinde BDÖ ve BDS uygulanan emprenye yöntemleri esas alınarak gruplarda çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (Tablo 4.37 ve 4.38).

Tablo 4.37: Ladinde biyolojik delme, emprenye yöntemi ve odun yüzey derinliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem derecesi
Biyolojik delme işlemi	1	245491863	1,9604	0,1650
Emprenye yöntemi	1	122334798	0,9769	0,3257
Yüzey derinliği	1	266520174	2,1283	0,1482
Biyolojik delme işlemi*Emprenye yöntemi	1	301789837	2,4100	0,1242
Biyolojik delme işlemi*Yüzey derinliği	1	58454613	0,4668	0,4963
Emprenye yöntemi*Yüzey derinliği	1	1537791	0,0123	0,9120
Biyolojik delme işlemi*Emprenye yöntemi*Yüzey derinliği	1	94370037	0,7536	0,3877

Tablo 4.38: Ladinde biyolojik delme, emprenye yöntemi ve odun yüzey derinliğinin Cu retensiyon miktarı üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Vakum-Basınç	Daldırma	ORTALAMA
BDÖ	Dış	5032,63	1831,38	3432,00
	Merkez	1318,63	1786,88	1552,75
ORTALAMA		3175,63	1809,13	2492,38
BDS	Dış	4215,79	12743,35	8479,57
	Merkez	1397,64	5181,76	3289,70
ORTALAMA		2806,72	8962,56	5884,64
UYGULAMALAR ORTALAMA	Dış	4624,21	7287,36	6797,05
	Merkez	1358,13	3484,32	2710,72
GENEL ORTALAMA		2929,69	6578,08	

	Biyolojik delme ortalama
	Emprenye yöntem ortalama
	Yüzey derinliği ortalama
	Biyolojik delme x Emprenye yöntem interaksiyonu
	Biyolojik delme x Yüzey derinliği interaksiyonu
	Emprenye yöntem x Yüzey derinliği interaksiyonu
	Biyolojik delme x Emprenye yöntem x Yüzey derinliği interaksiyonu

4.8.2.3. BDÖ ve BDS Elde Edilen Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Farklı odun yüzey derinliklerinde biyolojik delme öncesi ve sonrası kullanılan emprenye madde tipleri esas alınarak gruplarda çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (Tablo 4.39 ve 4.40).

Tablo 4.39: Ladinde biyolojik delme, emprenye madde tipi ve odun yüzey derinliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem derecesi
Biyolojik delme işlemi	1	245491863	1,8842	0,1733
Emprenye madde tipi	1	33342226	0,2559	0,6142
Yüzey derinliği	1	266520174	2,0456	0,1562
Biyolojik delme işlemi*Emprenye madde tipi	1	89252897	0,6850	0,4101
Biyolojik delme işlemi*Yüzey derinliği	1	58454613	0,4486	0,5047
Emprenye madde tipi*Yüzey derinliği	1	20166286	0,1548	0,6950
Biyolojik delme işlemi*Emprenye madde tipi*Yüzey derinliği	1	58010512	0,4452	0,5064

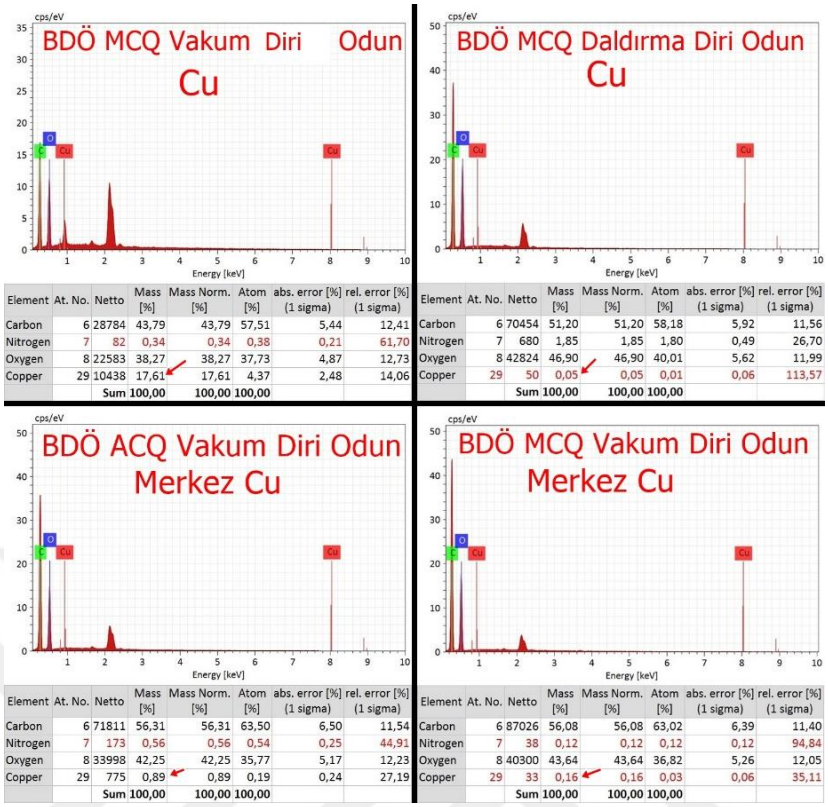
Tablo 4.40: Ladinde biyolojik delme, emprenye madde tipi ve odun yüzey derinliğinin Cu retensiyon miktarı üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		MCQ	ACQ	ORTALAMA
BDÖ	Dış	4168,00	2696,00	3432,00
	Merkez	1612,00	1493,50	1552,75
ORTALAMA		2890,00	2094,75	2492,38
BDS	Dış	5521,14	11438,00	8479,57
	Merkez	2952,54	3626,85	3289,70
ORTALAMA		4236,84	7532,43	5884,64
UYGULAMALAR ORTALAMA	Dış	4844,57	7067,00	6797,05
	Merkez	2282,27	2560,18	2710,70
GENEL ORTALAMA		3787,90	5719,87	
	Biyolojik delme ortalama			
	Emprenye madde ortalama			
	Yüzey derinliği ortalama			
	Biyolojik delme x Emprenye madde interaksiyonu			
	Biyolojik delme x Yüzey derinliği interaksiyonu			
	Emprenye madde x Yüzey derinliği interaksiyonu			
	Biyolojik delme x Emprenye madde x Yüzey derinliği interaksiyonu			

4.9. BDÖ FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAKİ BAKIR MİKRODAĞILIMI VE BUNA BAĞLI BAKIR RETENSİYON YÜZDE DAĞILIM ORANLARININ TESPİTİ

4.9.1. Ladin Odunu (Diri odun + Olgun odun)

Bu çalışmada enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanan ladin odununa (diri ve olgun) ait örneklerin mikroyapısında Cu retensiyon yüzde dağılım oranını (%) belirlemek amacıyla örneklerin dış yüzey kısımları (Cu) ve merkezinden (Merkez Cu) bakır mikrodağılım grafikleri ve bakır mikrodağılım görüntüleri elde edilmiştir. BDÖ poliüretanlı ladin örneklerinde SEM-EDX ölçümlerinde Cu mikrodağılımı bakımından en yüksek Cu retensiyon yüzde dağılım oranı (% 17,61) en düşük Cu retensiyon yüzde dağılım oranı ise (% 0,05) olarak tespit edilmiştir. Bununla beraber en yüksek Merkez Cu retensiyon yüzde dağılım oranı (% 0,89) en düşük Merkez Cu retensiyon yüzde dağılım oranı ise (% 0,16) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.58). Ayrıca BDÖ aynı emprenye madde ve yöntemi uygulanan farklı ladin odun kısımlarına ait kesitlerde elde edilen Cu mikrodağılım görüntüleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.59).



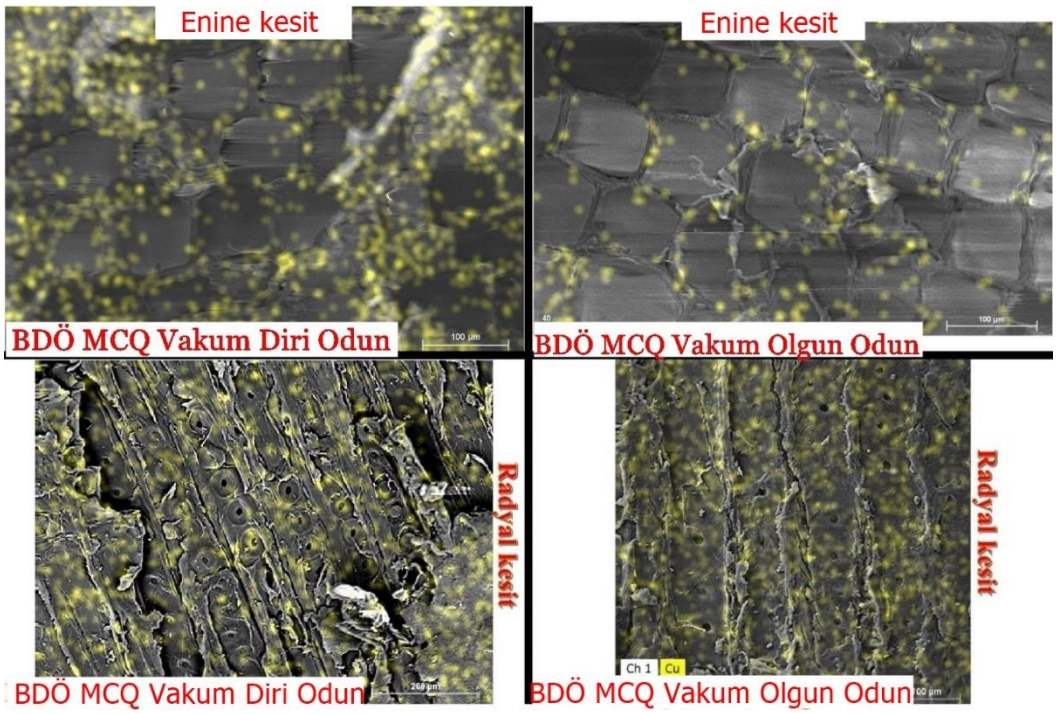
Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	28784	43,79	43,79	57,51	5,44	12,41
Nitrogen	7	82	0,34	0,34	0,38	0,21	61,70
Oxygen	8	22583	38,27	38,27	37,73	4,87	12,73
Copper	29	10438	17,61	17,61	4,37	2,48	14,06
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	70454	51,20	51,20	58,18	5,92	11,56
Nitrogen	7	680	1,85	1,85	1,80	0,49	26,70
Oxygen	8	42824	46,90	46,90	40,01	5,62	11,99
Copper	29	50	0,05	0,05	0,01	0,06	113,57
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	71811	56,31	56,31	63,50	6,50	11,54
Nitrogen	7	173	0,56	0,56	0,54	0,25	44,91
Oxygen	8	33998	42,25	42,25	35,77	5,17	12,23
Copper	29	775	0,89	0,89	0,19	0,24	27,19
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	87026	56,08	56,08	63,02	6,39	11,40
Nitrogen	7	38	0,12	0,12	0,12	0,12	94,84
Oxygen	8	40300	43,64	43,64	36,82	5,26	12,05
Copper	29	33	0,16	0,16	0,03	0,06	35,11
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Şekil 4.58: BDÖ farklı emprenye madde ve yöntemleriyle emprenye edilen ladin diri ve olgun odun (poliüretanlı) mikroyapısındaki Cu mikrodağılım (kırmızı oklar) grafikleri.

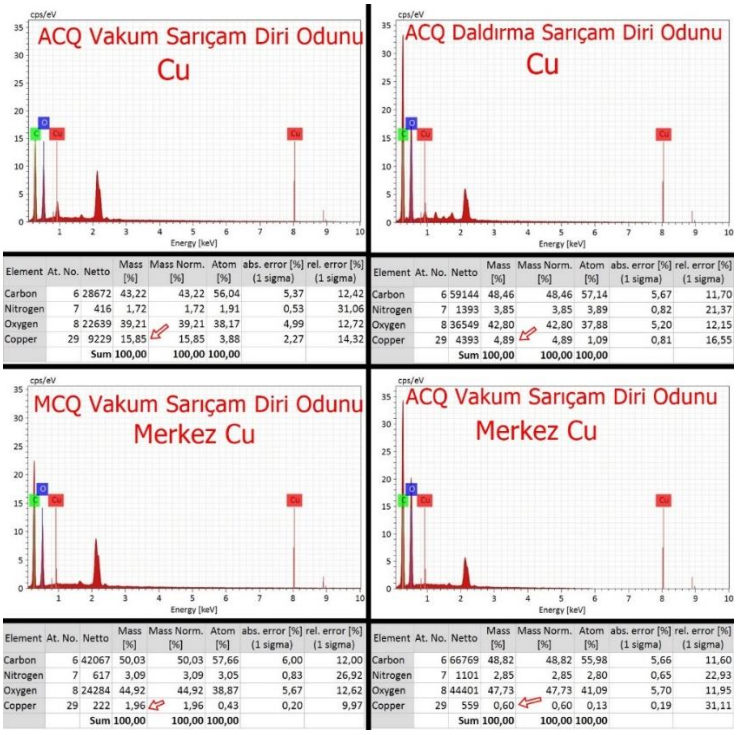


Şekil 4.59: BDÖ enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanmış olan ve MCQ emprenye maddesi kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait dış yüzeylerden elde edilen Cu mikrodağılım (sarı partiküller) görüntüleri.

Şekil 4.59 incelendiğinde örneklerin farklı kesitlerinden elde edilen Cu mikrodağılım görüntüleri bakırın odun mikroyapısında homojen bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca özellikle enine kesitler incelendiğinde emprenye edilebilirliği olgun oduna nazaran daha yüksek olan diri odunda Cu mikrodağılım oranının daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bununla beraber diri ve olgun odun enine kesitlerinde lignin miktarının daha yoğun olduğu hücre köşeleri ve orta lamelde Cu mikrodağılım oranlarının daha yoğun olduğu dikkat çekmektedir.

4.9.2. Sarıçam Diri Odunu

Bu çalışmada enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanan sarıçam diri odununa ait örneklerin mikroyapısında Cu retensiyon yüzde dağılım oranını (%) belirlemek amacıyla örneklerin dış yüzey kısımları (Cu) ve merkezinden (Merkez Cu) bakır mikrodağılım grafikleri ve bakır mikrodağılım görüntüleri elde edilmiştir. BDÖ poliüretanlı sarıçam örneklerinde SEM-EDX ölçümlerinde Cu mikrodağılımı bakımından en yüksek Cu retensiyon yüzde dağılım oranı (% 15,85) en düşük Cu retensiyon yüzde dağılım oranı ise (% 4,89) olarak tespit edilmiştir. Bununla beraber en yüksek Merkez Cu retensiyon yüzde dağılım oranı (% 1,96) en düşük Merkez Cu retensiyon yüzde dağılım oranı ise (% 0,60) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.60).



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	28672	43,22	43,22	56,04	5,37	12,42
Nitrogen	7	416	1,72	1,72	1,91	0,53	31,06
Oxygen	8	22639	39,21	39,21	38,17	4,99	12,72
Copper	29	9229	15,85	15,85	3,88	2,27	14,32
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	59144	48,46	48,46	57,14	5,67	11,70
Nitrogen	7	1393	3,85	3,85	3,89	0,82	21,37
Oxygen	8	36549	42,80	42,80	37,88	5,20	12,15
Copper	29	4393	4,89	4,89	1,09	0,81	16,55
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	42067	50,03	50,03	57,66	6,00	12,00
Nitrogen	7	617	3,09	3,09	3,05	0,83	26,92
Oxygen	8	24284	44,92	44,92	38,87	5,67	12,62
Copper	29	222	1,96	1,96	0,43	0,20	9,97
		Sum	100,00	100,00	100,00		

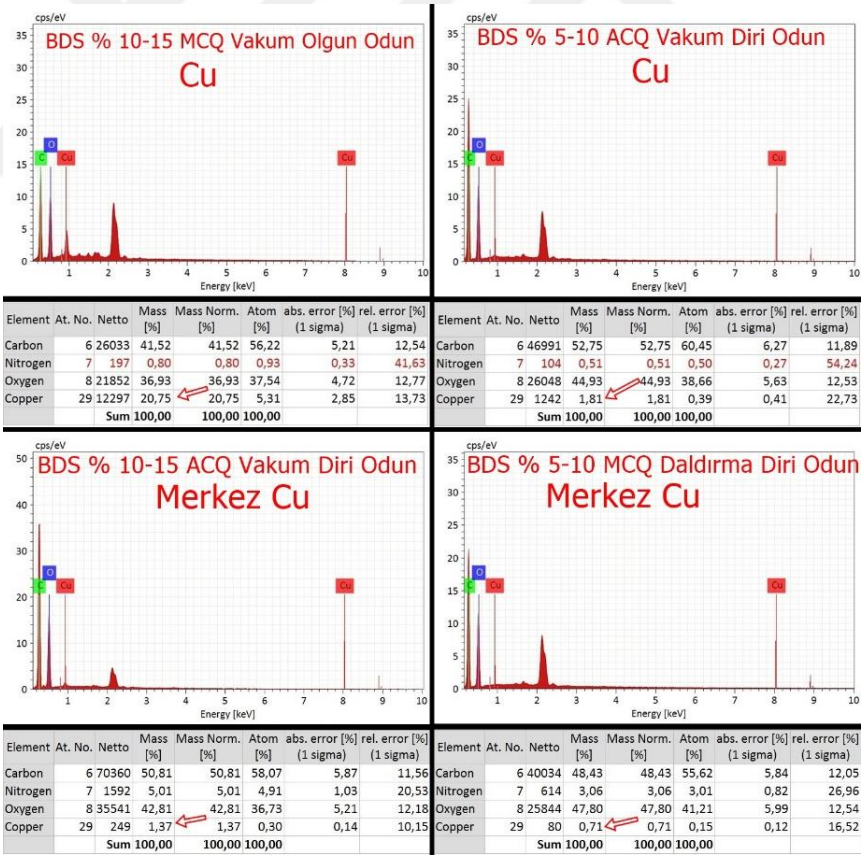
Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	66769	48,82	48,82	55,98	5,66	11,60
Nitrogen	7	1101	2,85	2,85	2,80	0,65	22,93
Oxygen	8	44401	47,73	47,73	41,09	5,70	11,95
Copper	29	559	0,60	0,60	0,13	0,19	31,11
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Şekil 4.60: BDÖ farklı emprenye madde ve yöntemleriyle emprenye edilen sarıçam diri odun (poliüretanlı) mikroyapısındaki Cu mikrodağılım (kırmızı oklar) grafikleri.

4.10. BDS FARKLI LADİN ODUN KISIMLARINDAKİ BAKIR MİKRODAĞILIMI

4.10.1. Ladin Odunu (Diri odun + Olgun odun)

Bu çalışmada enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanan ladin odununa ait örneklerin mikroyapısında Cu yüzde oranı ve retensiyonunu belirlemek amacıyla örneklerin dış yüzey kısımları ve merkezinden Cu mikrodağılım grafikleri ve Cu mikrodağılım görüntüleri elde edilmiştir. BDS SEM- EDX ölçümlerinde Cu mikrodağılımı bakımından en yüksek Cu retensiyon yüzde dağılım oranı (% 20,75) en düşük Cu retensiyon yüzde dağılım oranı ise (% 1,81) olarak tespit edilmiştir. Bununla beraber en yüksek Merkez Cu retensiyon yüzde dağılım oranı (% 1,37) en düşük Merkez Cu retensiyon yüzde dağılım oranı ise (% 0,71) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.61). Ayrıca, BDS aynı emprenye madde ve yöntemi uygulanan farklı ladin odun kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına sahip örneklere ait radyal kesitlerde elde edilen Cu mikrodağılım görüntüleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.62).



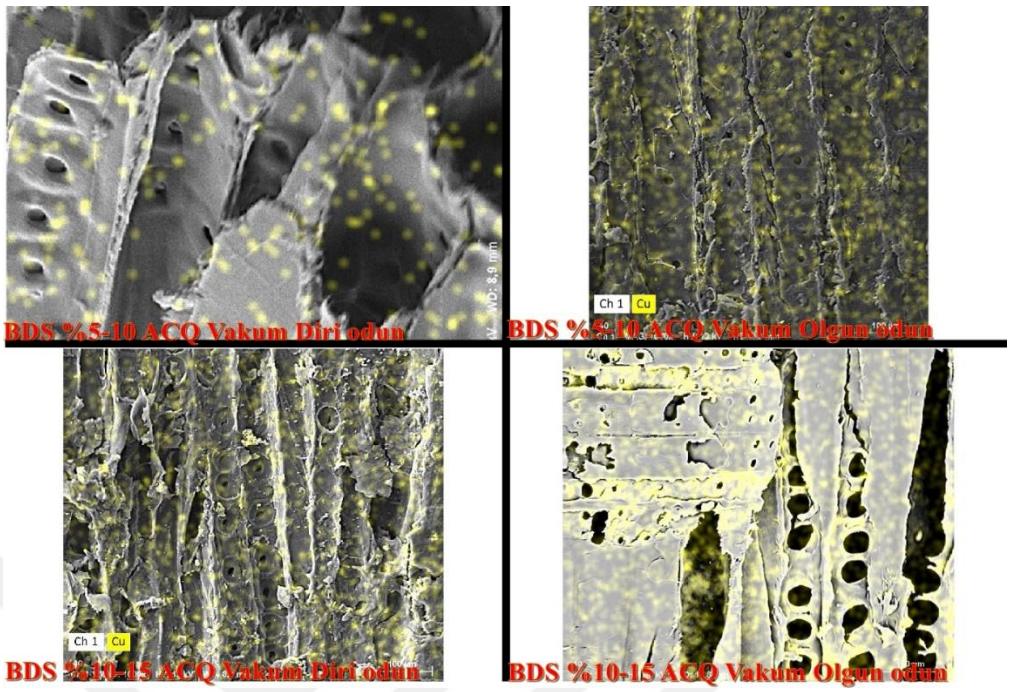
Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	26033	41,52	41,52	56,22	5,21	12,54
Nitrogen	7	197	0,80	0,80	0,93	0,33	41,63
Oxygen	8	21852	36,93	36,93	37,54	4,72	12,77
Copper	29	12297	20,75	20,75	5,31	2,85	13,73
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	46991	52,75	52,75	60,45	6,27	11,89
Nitrogen	7	104	0,51	0,51	0,50	0,27	54,24
Oxygen	8	26048	44,93	44,93	38,66	5,63	12,53
Copper	29	1242	1,81	1,81	0,39	0,41	22,73
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	70360	50,81	50,81	58,07	5,87	11,56
Nitrogen	7	1592	5,01	5,01	4,91	1,03	20,53
Oxygen	8	35541	42,81	42,81	36,73	5,21	12,18
Copper	29	249	1,37	1,37	0,30	0,14	10,15
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	40034	48,43	48,43	55,62	5,84	12,05
Nitrogen	7	614	3,06	3,06	3,01	0,82	26,96
Oxygen	8	25844	47,80	47,80	41,21	5,99	12,54
Copper	29	80	0,71	0,71	0,15	0,12	16,52
		Sum	100,00	100,00	100,00		

Şekil 4.61: BDS enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile boyanmış olan farklı emprenye madde ve yöntemleriyle emprenye edilen ve farklı ağırlık kayıplarına sahip ladin odununa ait dış yüzeylerden ve merkezden elde edilen Cu mikrodağılım grafikleri.



Şekil 4.62: BDS aynı emprenye madde ve yöntemiyle emprenye edilen farklı ağırlık kaybı meydana gelen poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait dış yüzeylerden elde edilen Cu mikrodağılım (sarı partiküller) görüntüleri (Radyal kesit).

Şekil 4.62 incelendiğinde örneklerin radyal kesitlerinden elde edilen Cu mikrodağılım görüntüleri farklı odun kısımlarına bağlı olmaksızın, bakırın odun mikroyapısında homojen bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.

4.11. BDÖ ICP- OES YIKANMA TESTİ SONUÇLARI (%)

Mevcut çalışmanın bu kısmında gruplar arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar aşağıda farklı başlıklar altında grafikler ve tablolar halinde verilmiştir. Burada emprenyeli örnek gruplarına ait odun ununda belirlenen başlangıçtaki bakır miktarı (ppm) ile yıkanma sularında tespit edilen ve başlangıçtaki bakır miktarından yıkanarak uzaklaşan bakır miktarları (ppm) arasındaki ilişki yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda buna göre yorumlanmıştır.

4.11.1. Ladin Odununda Farklı Yıkanma Süreleri Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri göz önüne alınarak BDÖ ladin farklı odun kısımları, farklı emprenye yöntem ve maddeleri kullanılarak emprenye edilen odun örneklerinden yıkanan ortalama Cu miktarları (%) Tablo 4.41'de verilmiştir.

Tablo 4.41: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı yıkanma süreleri, emprenye madde tip ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yüzde bakır yıkanma verileri.

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)								
Grup adı	POLİÜRETANSIZ				POLİÜRETANLI			
	Ortalama (%)x10^{-4}				**Ortalama (%)x10^{-4}**			
	6 s	**1 g**	**2 g**	**14 g**	**6 s**	**1 g**	**2 g**	**14 g**
MCQ Vakum-basınç (Diri Odun) **	27 (*3)	434(*7)	569(*33)	66(*25)	11(*7)	16(*2)	21(*14)	12(*2)
MCQ Vakum-basınç (Olgun Odun)**	36(*3)	253(*41)	76(*15)	655(*33)	179(*11)	34(*5)	37(*24)	22(*3)
ACQ Vakum-basınç (Diri Odun)**	117(*24)	466(*14)	245(*41)	66(*22)	474(*34)	164(*21)	229(*23)	31(*21)
ACQ Vakum-basınç (Olgun Odun)**	348(*14)	785(*32)	440(*21)	64(*9)	794(*35)	253(*9)	371(*22)	22(*7)
MCQ Daldırma (Diri odun)**	487(*2)	437(*29)	542(*21)	135(*15)	15(*4)	46(*6)	38(*6)	28(*21)
MCQ Daldırma (Olgun odun)**	328(*25)	394(*22)	619(*27)	40(*7)	15(*4)	42(*7)	34(*9)	56(*21)
ACQ Daldırma (Diri odun)**	754(*35)	2551(*35)	865(*4)	75(*4)	61(*7)	635(*16)	287(*28)	127(*71)
ACQ Daldırma (Olgun odun)**	1139(*54)	970(*14)	787(*29)	725(*77)	65(*21)	573(*84)	256(*49)	164(*52)

*Standart sapma
**Farklı yıkanma sürelerine (6 saat- 1 gün- 2 gün- 14 gün) bağlı Cu analizleri 2 ölçüm halinde yapılmıştır.

Tablo 4.41'de görüldüğü gibi poliüretansız ladin örneklerinde farklı sürelerde en fazla yıkanma ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında ilk 1 günün sonunda (% 2551x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında ilk 6 saatin sonunda (% 27x10^{-4}) belirlenmiştir.

Poliüretanlı ladin örneklerinde farklı sürelerde en fazla yıkanma ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında ilk 6 saatin sonunda (% 794x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında 6 saat (% 11x10^{-4}) belirlenmiştir (Tablo 4.41).

4.11.1.1. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Sürelerin Karşılaştırılması

Farklı odun kısımları gözetilmeksizin ladin odununda farklı yıkanma süreleri esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 4,628; p<0,01) (Şekil 4.63).



Şekil 4.63: Ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından sürelerin karşılaştırması.

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan Tukey testi sonuçlarına göre; 1 gün (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan 14 gün (% 140x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.63).

4.11.1.2. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri ve ladin diri ve olgun odun kısımları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından süreler arasında fark olduğu ($p<0,01$) ortaya koyulmuştur. Bununla beraber ladin diri ve olgun odun kısımları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ladin farklı odun kısımları ile farklı süreler arasındaki etkileşim ise önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.42).

Tablo 4.42: BDÖ farklı sürelerde ladin diri ve olgun odun kısımlarından yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
6 saat	0,024ab	0,034ab	0,029AB
1 gün	0,059a	0,041ab	0,05A
2 gün	0,034ab	0,032ab	0,034AB
14 gün	0,007b	0,021ab	0,014B
Ortalama	0,031	0,032	Fsüre: 4,61** Fodun: 0,03ns Fsürexodun: 2,48*
	Süre ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Süre x Odun kısmı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları bakımından 1. gün (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan 14. gün (% 140x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda

fark bulunmuştur ($p < 0,01$). Diri odun 1 gün (% $590x10^{-4}$) ile farklı bir grupta bulunan diri odun 14 gün (% $70x10^{-4}$) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.42).

4.11.1.3. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri ve emprenye yöntemleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarı bakımından süreler arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur. Bununla beraber farklı emprenye yöntemleri arasındaki fark da önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca emprenye yöntemleri ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.43).

Tablo 4.43: BDÖ ladin odununda uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)$x10^{-4}$ ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-basınç	Daldırma	Ortalama
6 saat	0,023b	0,035ab	0,029AB
1 gün	0,030ab	0,07a	0,05A
2 gün	0,025b	0,043ab	0,034AB
14 gün	0,012b	0,017b	0,014B
Ortalama	0,021B	0,043A	Fsüre: 4,93** Femprenye yöntem: 8,24** Fsürexemprenye yöntem: 2,16*
	Süre ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Süre x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları bakımından 1. gün (% $0,500x10^{-4}$) ile farklı bir grupta yer alan 14. gün (% $140x10^{-4}$) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber yıkanan Cu miktarı vakum- basınç yönteminde (% $210x10^{-4}$) daldırma yöntemine (% $430x10^{-4}$) nazaran daha düşük bulunmuştur ($p < 0,01$). Ayrıca daldırma 1 gün (% $700x10^{-4}$) ile başka bir grupta yer alan vakum- basınç 2 gün (% $250x10^{-4}$), vakum-basınç 6 saat (% $230x10^{-4}$), daldırma 14 gün (% $170x10^{-4}$) ve vakum-basınç 14 gün (% $120x10^{-4}$) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.43).

4.11.1.4. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri ve emprenye madde tipleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarı bakımından hem süreler ($p<0,01$) hem de emprenye madde tipleri

arasında fark olduğu ($p<0,01$) ortaya koyulmuştur. Bununla beraber farklı emprenye madde tipleri ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.44).

Tablo 4.44: BDÖ ladin odununda kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
6 saat	0,012b	0,047ab	0,029AB
1 gün	0,02b	0,080a	0,05A
2 gün	0,024b	0,044ab	0,034AB
14 gün	0,013b	0,016b	0,014B
Ortalama	0,017B	0,047A	Fsüre: 5,75** Femprenye madde: 22,64** Fsürexemprenye madde: 3,78*
	Süre ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Süre x Emprenye madde ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları bakımından 1. gün (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan 14. gün (% 140x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber yıkanan Cu miktarı ACQ emprenye maddesinde (% 470x10^{-4}) MCQ emprenye maddesine (% 170x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber ACQ 1 gün (% 160x10^{-4}) ile başka bir grupta yer alan MCQ 2 gün (% 240x10^{-4}), MCQ 1 gün (% 200x10^{-4}), ACQ 14 gün (% 170x10^{-4}), MCQ 14 gün (% 130x10^{-4}) ve MCQ 6 saat (% 120x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.44).

4.11.1.5. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Enine Kesitlere Poliüretan Uygulamasının Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri ve poliüretan uygulama esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarı bakımından hem süreler arasında hem de poliüretan uygulama arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber poliüretan uygulama ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p< 0,05$) (Tablo 4.45).

Tablo 4.45: BDÖ ladin odununda enine kesitlere poliüretan uygulanmasına bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Poliüretanlı	Poliüretansız	Ortalama
6 saat	0,018bc	0,040abc	0,029AB
1 gün	0,022bc	0,078a	0,05A
2 gün	0,016bc	0,052ab	0,034AB
14 gün	0,006c	0,023bc	0,014B
Ortalama	0,015B	0,048A	Fsüre: 5,78** Fpoliüretan uygulama: 28,66** Fsürexpoliüretan uygulama: 2,03*
	Süre ortalama		
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Süre x Poliüretan uygulama ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları bakımından 1. gün (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan 14. gün (% 140x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber yıkanan Cu miktarı poliüretansız örneklerde (% 480x10^{-4}) poliüretanlı örneklere (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Ayrıca poliüretansız 1 gün (% 780x10^{-4}) ile başka bir grupta yer alan poliüretansız 14 gün (% 230x10^{-4}), poliüretanlı 1 gün (% 220x10^{-4}), poliüretanlı 6 saat (% 180x10^{-4}), poliüretanlı 2 gün (% 160x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Yine poliüretansız 1 gün (% 780x10^{-4}) ile başka bir grupta yer alan poliüretanlı 14 gün (% 60x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.45).

4.11.2. BDÖ Toplam Yıkanma Süresi Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Toplam yıkanma süreleri göz önüne alınarak BDÖ farklı odun kısımları, farklı emprenye yöntem ve maddeleri kullanılarak emprenye edilen odun örneklerinden yıkanan ortalama Cu miktarları (%) Tablo 4.46'da verilmiştir.

Tablo 4.46: BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait toplam süredeki yüzde bakır yıkanma verileri.

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)			
		POLİÜRETANSIZ	**POLİÜRETANLI**
Grup adı	**Numune sayısı**	**Ortalama (%)x10^{-4}**	**Ortalama (%)x10^{-4}**
MCQ Vakum-basınç (Diri Odun)	8	274 (*249)	15 (*7)
MCQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	8	254 (*221)	276 (*14)
ACQ Vakum-basınç (Diri Odun)	8	224 (*165)	225 (*172)
ACQ Vakum-basınç (Olgun Odun)	8	409 (*275)	360 (*229)
MCQ Daldırma (Diri odun)	8	401 (*169)	32 (*14)
MCQ Daldırma (Olgun odun)	8	345 (*221)	37 (*17)
ACQ Daldırma (Diri odun)	8	1061 (*974)	277 (*219)
ACQ Daldırma (Olgun odun)	8	905 (*175)	264 (*173)

*Standart sapma

Tablo 4.46'da görüldüğü gibi poliüretansız ladin örneklerinde toplam sürede en fazla yıkanma ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (% 1061x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise ACQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısımlarında (% 224x10^{-4}) belirlenmiştir.

Poliüretanlı ladin örneklerinde toplam sürede en fazla yıkanma ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen olgun odun kısmında (% 360x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen diri odun kısmında (% 15x10^{-4}) belirlenmiştir (Tablo 4.46).

4.11.2.1. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin farklı odun kısımları ve toplam yıkanma süresi esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından poliüretan uygulama işlemleri arasında fark olduğu ($p<0,01$) ortaya koyulmuştur. Bununla beraber ladin diri ve olgun odun kısımları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ladin farklı odun kısımları ile poliüretan uygulama işlemleri arasındaki etkileşim ise önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.47).

Tablo 4.47: BDÖ enine kesitlere poliüretan uygulanmasına bağlı olarak ladin diri ve olgun odun kısımlarından yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Poliüretanlı	0,014b	0,017b	0,015B
Poliüretansız	0,049a	0,048a	0,048A
Ortalama	0,031	0,033	Fodun: 0,04ns Fpoliüretan uygulama: 24,81** Fpoliüretan uygulamaxodun: 2,14*
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Poliüretan uygulama x Odun kısmı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından poliüretansız örnekler (% 480x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretanlı örnekler (% 150x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p< 0,01$). Aynı grupta yer alan poliüretansız diri odun (% 490x10^{-4}) ve poliüretansız olgun odun (% 480x10^{-4}) ile farklı bir grupta bulunan poliüretanlı olgun odun (% 170x10^{-4}) ve poliüretanlı diri odun (% 140x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.47).

4.11.2.2. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin farklı odun kısımları ve toplam yıkanma süresi esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından hem poliüretan uygulama işlemleri arasında hem de emprenye yöntemleri arasında fark olduğu ($p<0,01$) ortaya koyulmuştur. Uygulanan emprenye yöntemleri ile poliüretan uygulama işlemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.48).

Tablo 4.48: BDÖ ladin odununda enine kesitlere poliüretan uygulanması ve uygulanan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-basınç	Daldırma	Ortalama
Poliüretanlı	0,016B	0,015B	0,015B
Poliüretansız	0,029B	0,068A	0,048A
Ortalama	0,022B	0,041A	Femprenye yöntem: 9,68** Fpoliüretan uygulama: 28,73** Fpoliüretan uygulamaxemprenye yöntem: 10,12**
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Poliüretan uygulama x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından poliüretansız örnekler (% 480x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretanlı örnekler (% 150 x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber vakum- basınç yönteminde yıkanan Cu miktarı (% 220x10^{-4}) daldırma yönteminde yıkanan Cu miktarına (% 410x10^{-4}) nazaran daha düşük çıkmıştır. Ayrıca poliüretansız daldırma (% 680x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretansız vakum- basınç (% 290x10^{-4}), poliüretanlı vakum- basınç (% 160x10^{-4}) ve poliüretanlı daldırma (% 150x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.48).

4.11.2.3. Poliüretanlı ve Poliüretansız Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız ladin farklı odun kısımları ve toplam yıkanma süresi esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından hem poliüretan uygulama işlemleri arasında hem de emprenye madde tipleri arasında fark olduğu ($p<0,01$) ortaya koyulmuştur. Kullanılan emprenye madde tipleri ile poliüretan uygulama işlemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.49).

Tablo 4.49: BDÖ ladin odununda enine kesitlere poliüretan uygulanması ve kullanılan farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Poliüretanlı	0,003c	0,028b	0,015B
Poliüretansız	0,032b	0,065a	0,048A
Ortalama	0,017B	0,047A	Femprenye madde: 23,46** Fpoliüretan uygulama: 29,55** Fpoliüretan uygulamaxemprenye madde: 2,12*
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Poliüretan uygulama x Emprenye madde ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından poliüretansız örnekler (% 480x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretanlı örnekler (% 150x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber MCQ emprenye maddesinde yıkanan Cu miktarı (% 170x10^{-4}) ACQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarına (% 470x10^{-4}) nazaran daha düşük çıkmıştır. Ayrıca poliüretansız ACQ (% 650x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretansız MCQ (% 320x10^{-4}), poliüretanlı ACQ (% 280x10^{-4}) ve poliüretanlı MCQ (% 30x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Aynı grupta yer alan poliüretansız MCQ (% 320x10^{-4}) ve poliüretanlı ACQ (%

280x10^{-4}) ile poliüretanlı MCQ (% 30x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.49).

4.11.3. BDÖ Sarıçam Odununda Farklı Yıkanma Süreleri Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri göz önüne alınarak BDÖ farklı emprenye yöntem ve maddeleri kullanılarak emprenye edilen sarıçam odun örneklerinden yıkanan ortalama Cu miktarları (%) Tablo 4.50'de verilmiştir.

Tablo 4.50: BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam diri odununa ait farklı yıkanma süreleri, farklı emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yüzde bakır yıkanma verileri.

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Sarıçam)								
Grup adı	POLİÜRETANSIZ				POLİÜRETANLI			
	Ortalama (%)x10^{-4}				**Ortalama (%)x10^{-4}**			
MCQ Vakum-basınç**	10 (*7)	27(*4)	15(*4)	14(*3)	23(*17)	70(*14)	134(*9)	50(*11)
ACQ Vakum-basınç**	39 (*11)	156(*30)	111(*4)	136(*16)	73(*13)	167(*30)	273(*32)	52(*4)
MCQ Daldırma**	25(*7)	450(*41)	75(*8)	204(*21)	96(*4)	454(*21)	871(*23)	1236(*219)
ACQ Daldırma**	482(*16)	2573(*146)	253(*38)	264(*23)	549(*41)	1253(*17)	3140(*44)	741(*46)

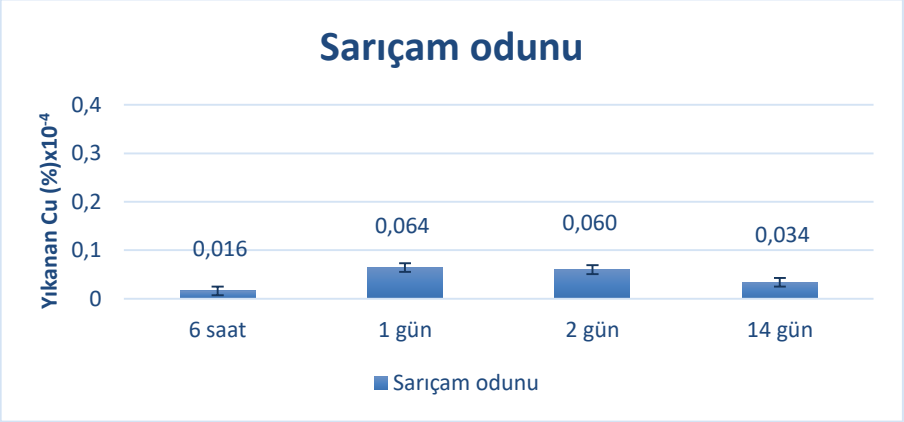
*Standart sapma
**Farklı yıkanma sürelerine (6 saat- 1 gün- 2 gün- 14 gün) bağlı Cu analizleri 2 ölçüm halinde yapılmıştır.

Tablo 4.50'de görüldüğü gibi poliüretansız sarıçam diri odununda farklı sürelerde en fazla yıkanma ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde ilk 1 günün sonunda (% 2573x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde ilk 6 saatin sonunda ((% 10x10^{-4}) belirlenmiştir.

Poliüretanlı sarıçam diri odununda farklı sürelerde en fazla yıkanma ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde ilk 2 günün sonunda ((% 3140x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde 6 saatin sonunda (% 23x10^{-4}) belirlenmiştir (Tablo 4.50).

4.11.3.1. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Sürelerin Karşılaştırılması

Sarıçam odununda yıkanma süreleri esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (F: 1,701; $p>0,05$) (Şekil 4.64).



Şekil 4.64: Sarıçam odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından sürelerin karşılaştırması.

4.11.3.2. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Farklı emprenye yöntemleri ve farklı yıkanma süreleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarı bakımından yıkanma süreleri arasında fark olmadığı ($p>0,05$) fakat uygulananan emprenye yöntemleri arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber yıkanma süreleri ve emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.51).

Tablo 4.51: BDÖ sarıçam odununda uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
6 saat	0,004b	0,029ab	0,016
1 gün	0,011b	0,118a	0,064
2 gün	0,013b	0,108a	0,060
14 gün	0,006b	0,061ab	0,034
Ortalama	0,008B	0,079A	Fsüre: 2,36ns Femprenye yöntem: 22,43** Fsürexemprenye yöntem: 1,98*
	Süre ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Süre x Emprenye yöntem ortalama		

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının emprenye yöntemine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; daldırma yönteminde yıkanan Cu miktarının (% 790x10^{-4}) vakum - basınç yönteminde yıkanan Cu miktarına (% 80x10^{-4}) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). Aynı grupta yer alan daldırma 1 gün (% 1180x10^{-4}), daldırma 2 gün (% 1080x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan vakum- basınç 2 gün (% 130x10^{-4}), vakum- basınç 1 gün (% 110x10^{-4}), vakum- basınç 14 gün (% 60x10^{-4}) ve

vakum- basınç 6 saat (% 40x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p<0,05) (Tablo 4.51).

4.11.3.3. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Farklı emprenye madde tipleri ve farklı yıkanma süreleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarı bakımından yıkanma süreleri arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (p>0,05). Bununla beraber kullanılan emprenye madde tipleri arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Ayrıca farklı süreler ve emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur (p>0,05) (Tablo 4.52).

Tablo 4.52: BDÖ sarıçam odununda kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
6 saat	0,004	0,029	0,016
1 gün	0,025	0,104	0,064
2 gün	0,027	0,944	0,060
14 gün	0,038	0,030	0,034
Ortalama	0,023b	0,064a	Fsüre: 1,8741ns Femprenye madde: 5,89* Fsürexemprenye madde: 1,41ns
	Süre ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Süre x Emprenye madde ortalama		

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının emprenye madde tipine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; MCQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarı (% 230x10^{-4}) ACQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarına (% 640x10^{-4}) nazaran daha düşük çıkmıştır (p<0,05) (Tablo 4.52).

4.11.3.4. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Enine Kesitlere Poliüretan Uygulamasının Karşılaştırılması

Poliüretan uygulama ve farklı yıkanma süreleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarı bakımından hem yıkanma süreleri hem de poliüretan uygulanma işlemleri arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (p>0,05). Bununla beraber yıkanma süreleri ve poliüretan uygulama işlemleri arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur ((p>0,05) (Tablo 4.53).

Tablo 4.53: BDÖ sarıçam odununda uygulanan poliüretan işlemine bağlı olarak farklı sürelerde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Poliüretanlı	Poliüretansız	Ortalama
6 saat	0,019	0,014	0,016
1 gün	0,049	0,080	0,064
2 gün	0,110	0,011	0,060
14 gün	0,052	0,015	0,034
Ortalama	0,057	0,030	Fsüre: 1,89ns Fpoliüretan uygulama: 2,66ns Fsürexpoliüretan uygulama: 2,77ns
	Süre ortalama		
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Süre x Poliüretan uygulama ortalama		

4.11.4. BDÖ Sarıçam Odununda Toplam Yıkanma Süresi Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Toplam yıkanma süreleri göz önüne alınarak BDÖ farklı emprenye yöntem ve maddeleri kullanılarak emprenye edilen sarıçam odun örneklerinden yıkanan ortalama Cu miktarları (%) Tablo 4.54'de verilmiştir.

Tablo 4.546: BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam diri odununa ait emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait toplam süredeki yüzde bakır yıkanma verileri.

BİYOLOJİK DELME ÖNCESİ EMPRENYE İŞLEMİ (Sarıçam)					
		POLİÜRETANSIZ		POLİÜRETANLI	
Grup adı	**Numune sayısı**	**Ortalama (%)x10^{-4}**		**Ortalama (%)x10^{-4}**	
MCQ Vakum-basınç	8	17	(*8)	69	(*44)
ACQ Vakum-basınç	8	111	(*49)	141	(*94)
MCQ Daldırma	8	189	(*176)	664	(*466)
ACQ Daldırma	8	893	(*226)	1421	(*1096)

*Standart sapma

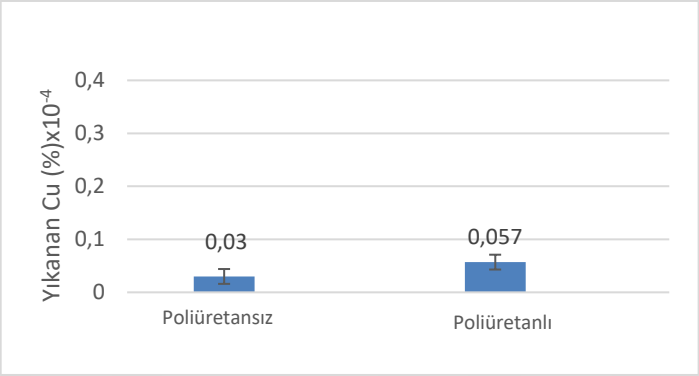
Tablo 4.54'de görüldüğü gibi poliüretansız sarıçam örneklerinde toplam sürede en fazla yıkanma ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (% 893x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (% 17x10^{-4}) belirlenmiştir.

Poliüretanlı sarıçam örneklerinde toplam sürede en fazla yıkanma ACQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (% 1421x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ

kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen örneklerde (% 69x10^{-4}) belirlenmiştir (Tablo 4.54).

4.11.4.1. Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Enine Kesitlere Poliüretan Uygulamasının Karşılaştırılması

Sarıçam odununda enine kesitlere poliüretan uygulaması ve toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı görülmüştür (F: 2,360; p>0,05) (Şekil 4.65).



Şekil 4.65: BDÖ sarıçam odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından enine kesitlere poliüretan uygulamasının karşılaştırılması.

4.11.4.2. Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam örneklerinde uygulanan emprenye yöntemleri ve toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda yapılan çoklu karşılaştırma testinde enine kesitlere poliüretan uygulaması arasında fark olmamasına rağmen (p>0,05) emprenye yöntemleri arasında fark olduğu görülmüştür (p<0,01). Bununla beraber poliüretan uygulama ve uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur (p<0,05) (Tablo 4.55).

Tablo 4.55: BDÖ sarıçam odunu enine kesitlerine poliüretan uygulanması ve kullanılan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum- basınç	Daldırma	Ortalama
Poliüretanlı	0,011b	0,104a	0,057
Poliüretansız	0,006b	0,054ab	0,030
Ortalama	0,008B	0,079A	Femprenye yöntem: 21,63** Fpoliüretan uygulama: 3,19ns Fpoliüretan uygulamaxemprenye yöntem: 2,29*
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Poliüretan uygulama x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından vakum- basınç yönteminde yıkanan Cu miktarı (% 80x10^{-4}) daldırma yönteminde yıkanan Cu miktarına (% 790x10^{-4}) nazaran daha düşük çıkmıştır ($p<0,01$). Ayrıca poliüretanlı daldırma (% 1040x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretanlı vakum- basınç (% 110x10^{-4}) ve poliüretansız vakum- basınç (% 60x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.55).

4.11.4.3. BDÖ Poliüretanlı ve Poliüretansız Sarıçam Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam örneklerinde kullanılan emprenye madde tipleri ve toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda yapılan çoklu karşılaştırma testinde enine kesitlere poliüretan uygulaması arasında fark olmamasına rağmen ($p>0,05$) emprenye madde tipleri arasında fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Bununla beraber poliüretan uygulama ve kullanılan farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.56).

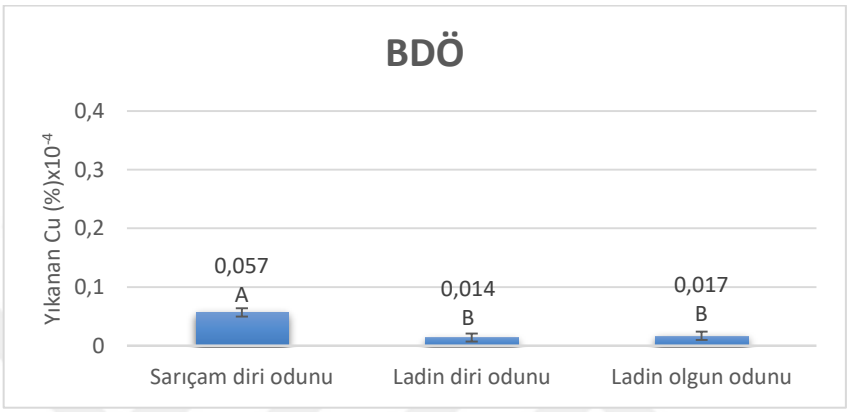
Tablo 4.56: BDÖ sarıçam odunu enine kesitlerine poliüretan uygulanması ve kullanılan farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarlarına (%)x10-4 ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Poliüretanlı	0,037ab	0,078a	0,057
Poliüretansız	0,010b	0,050ab	0,030
Ortalama	0,023b	0,064a	Femprenye madde: 5,59* Fpoliüretan uygulama: 2,49ns Fpoliüretan uygulamaxemprenye madde: 2,17*
	Poliüretan uygulama ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Poliüretan uygulama x Emprenye madde ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından MCQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarı (% 230x10^{-4}) ACQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarına (% 640x10^{-4}) nazaran daha düşük çıkmıştır ($p<0,05$). Ayrıca poliüretanlı ACQ (% 780x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan poliüretansız MCQ (% 100x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.56).

4.11.5. BDÖ Sarıçam Diri odunu, Ladin Diri ve Olgun Odunlarının Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Karşılaştırılması

Sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odunlarında toplam sürede yıkanan Cu miktarları esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 7,978; p<0,01) (Şekil 4.66).



Şekil 4.66: BDÖ sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odunlarında yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} esas alınarak farklı ağaç türü ve odun kısımlarının karşılaştırılması.

BDÖ toplam süreler içerisinde yıkanan Cu miktarının farklı ağaç türü ve odun kısımlarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan Tukey testi sonuçlarına göre; farklı bir grupta yer alan sarıçam diri odunundan yıkanan Cu miktarı (% 570x10^{-4}) ile aynı grupta yer alan ladin olgun odunundan yıkanan Cu miktarı (% 170x10^{-4}) ve ladin diri odunundan yıkanan Cu miktarı (% 140x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.66).

4.12. ICP-OES YIKANMA TESTİ SONUÇLARI (BDS)

4.12.1. BDS Ladin Odununda Farklı Yıkanma Süreleri Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri göz önüne alınarak BDS farklı odun kısımları, farklı emprenye madde ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yıkanan ortalama Cu miktarları Tablo 4.57'de verilmiştir.

Tablo 4.57: BDS diri ve olgun odun kısmına ait ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri, emprenye madde tipi ve yöntemleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yüzde bakır yıkanma verileri.

BİYOLOJİK DELME SONRASI EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)								
Grup adı	**DİRİ ODUN**				**OLGUN ODUN**			
	Ortalama (%)x10^{-4}				**Ortalama (%)x10^{-4}**			
	6s	**1g**	**2g**	**14g**	**6s**	**1g**	**2g**	**14g**
MCQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet**	337(*21)	290(*14)	651(*21)	188(*14)	55(*18)	34(*8)	88(*18)	57(*4)
MCQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet**	182(*152)	185(*148)	68(*17)	32(*7)	50(*9)	53(*22)	43(*23)	44(*4)
ACQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet**	3305(*149)	975(*36)	1846(*51)	2147(*74)	172(*11)	192(*19)	351(*38)	247(*113)
ACQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet**	271(*36)	169(*97)	395(*16)	397(*13)	50(*7)	237(*52)	329(*29)	270(*22)
MCQ Daldırma % 5-10 Teğet**	695(*146)	891(*19)	1095(*107)	194(*47)	181(*31)	853(*69)	1063(*176)	274(*26)
MCQ Daldırma % 10-15 Teğet**	462(*14)	364(*23)	296(*13)	56(*6)	24(*22)	18(*19)	23(*21)	11(*7)
ACQ Daldırma % 5-10 Teğet**	394(*41)	248(*57)	252(*52)	125(*85)	25(*21)	36(*33)	23(*13)	17(*11)
ACQ Daldırma % 10-15 Teğet**	1564(*69)	749(*57)	548(*59)	180(*92)	230(*22)	145(*36)	146(*71)	19(*7)

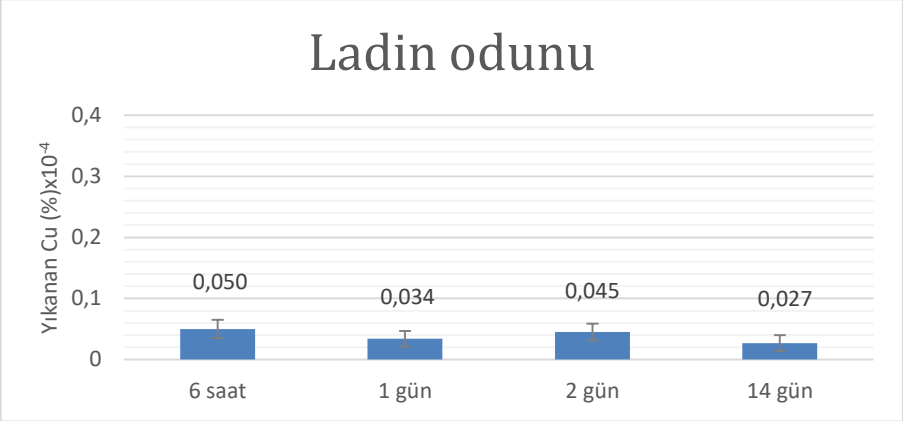
*Standart sapma
**Farklı yıkanma sürelerine (6 saat- 1 gün- 2 gün- 14 gün) bağlı Cu analizleri 2 ölçüm halinde yapılmıştır.

Tablo 4.57'de görüldüğü gibi ladin diri odun örneklerinde farklı sürelerde en fazla yıkanma ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde 6 saatin sonunda (% 3305x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum- basınç yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde 14 günün sonunda (% 32x10^{-4}) belirlenmiştir.

Ladin olgun odun örneklerinde ise farklı sürelerde en fazla yıkanma MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde 2 günün sonunda (% 1063x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde 14 günün sonunda (% 11x10^{-4}) belirlenmiştir (Tablo 4.57).

4.12.1.1. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Sürelerin Karşılaştırılması

Ladin odununda farklı yıkanma süreleri esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı ortaya koyulmuştur (F: 1,109; p>0,05) (Şekil 4.67).



Şekil 4.67: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından sürelerin karşılaştırılması.

4.12.1.2. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

BDS farklı yıkanma süreleri ve ladin odun kısımları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından süreler arasında fark olmadığı (p>0,05) farklı odun kısımları arasında ise fark olduğu ortaya koyulmuştur (p<0,01). Bununla beraber ladin diri ve olgun odun kısımları ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur (p<0,05) (Tablo 4.58).

Tablo 4.58: BDS farklı sürelerde ladin odun kısımlarından yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
6 saat	0,090a	0,010b	0,050
1 gün	0,048ab	0,020b	0,034
2 gün	0,064ab	0,026b	0,045
14 gün	0,041ab	0,012b	0,027
Ortalama	0,061A	0,017B	Fsüre: 1,33ns Fodun: 23,30** Fsürexodun: 2,16*
	Süre ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Süre x Odun kısmı ortalama		

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; ladin diri odunundan yıkanan Cu miktarı (% 610x10^{-4}) olgun odundan yıkanan Cu miktarına (% 170x10^{-4}) nazaran daha yüksek çıkmıştır ($p<0,01$). Bununla beraber diri odun 6 saat (% 900x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun 2 gün (% 260x10^{-4}), olgun odun 1 gün (% 200x10^{-4}), olgun odun 14 gün (% 120x10^{-4}) ve olgun odun 6 saat (% 100x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.58).

4.12.1.3. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

BDS farklı yıkanma süreleri ve uygulanan emprenye yöntemleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından hem farklı süreler ($p<0,01$) hem de uygulanan emprenye yöntemleri arasında fark olmadığı ($p>0,05$) ortaya koyulmuştur. Bununla beraber farklı emprenye yöntemleri ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.59).

Tablo 4.59: BDS ladin odununda farklı sürelerde uygulanan emprenye yöntemlerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
6 saat	0,055	0,045	0,050
1 gün	0,027	0,041	0,034
2 gün	0,047	0,043	0,045
14 gün	0,042	0,011	0,027
Ortalama	0,043	0,035	Fsüre: 1,10ns Femprenye yöntemi:0,60ns Fsürexemprenye yöntemi: 0,88ns
	Süre ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Süre x Emprenye yöntem ortalama		

4.12.1.4. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri ve kullanılan emprenye madde tipleri esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından farklı süreler arasında fark olmadığı ($p>0,05$) fakat kullanılan emprenye madde tipleri arasında fark olduğu ($p<0,05$) ortaya koyulmuştur. Bununla beraber farklı emprenye madde tipleri ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.60).

Tablo 4.60: BDS ladin odununda farklı sürelerde kullanılan emprenye madde tiplerine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	MCQ	ACQ	Ortalama
6 saat	0,025ab	0,075a	0,050
1 gün	0,034ab	0,034ab	0,034
2 gün	0,042ab	0,049ab	0,045
14 gün	0,011b	0,043ab	0,027
Ortalama	0,028b	0,050a	Fsüre: 1,16ns Femprenye madde:5,21* Fsürexemprenye madde: 1,35*
	Süre ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Süre x Emprenye madde ortalama		

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının emprenye madde tipine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; ACQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarı (% 500x10^{-4}) MCQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarına (% 280x10^{-4}) nazaran daha yüksek çıkmıştır ($p<0,05$). Ayrıca ACQ 6 saat (% 750x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan MCQ 14 gün (% 110x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.60).

4.12.1.5. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Ağırlık Kayıplarının Karşılaştırılması

BDS farklı yıkanma süreleri ve meydana gelen farklı ağırlık kayıpları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından farklı süreler arasında fark olmadığı ($p>0,05$) meydana gelen ağırlık kayıpları arasında ise fark olduğu ortaya koyulmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber farklı ağırlık kayıpları ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.61).

Tablo 4.61: BDS ladin odununda farklı süre ve ağırlık kayıplarına bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
6 saat	0,035	0,065	0,050
1 gün	0,024	0,044	0,034
2 gün	0,023	0,067	0,045
14 gün	0,013	0,041	0,027
Ortalama	0,024B	0,054A	Fsüre: 1,17ns Fağırlık kaybı:9,53** Fsürexağırlık kaybı: 0,27ns
	Süre ortalama		
	Ağırlık kaybı ortalama		
	Süre x Ağırlık kaybı ortalama		

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının ağırlık kaybına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerden yıkanan Cu miktarı (% 540x10^{-4}) % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerden yıkanan Cu miktarına (% 240x10^{-4}) nazaran daha yüksek çıkmıştır ($p<0,01$) (Tablo 4.61).

4.12.2. BDS Toplam Yıkanma Süresi Göz Önüne Alınarak Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Toplam yıkanma süreleri göz önüne alınarak BDS farklı odun kısımları, farklı emprenye madde ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait yıkanan ortalama Cu miktarları Tablo 4.62'de verilmiştir.

Tablo 4.62: BDS diri ve olgun odun kısmına ait farklı emprenye madde ve yöntemleri, ağırlık kayıpları, odun yüzeyleri esas alınarak oluşturulan gruplara ait toplam süredeki yüzde bakır yıkanma verileri.

BİYOLOJİK DELME SONRASI EMPRENYE İŞLEMİ (Ladin)			
		DİRİ ODUN	**OLGUN ODUN**
Grup adı	**Numune sayısı**	**Ortalama (%)x10^{-4}**	**Ortalama (%)x10^{-4}**
MCQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	8	366 (*185)	59 (*22)
MCQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	8	117 (*124)	48 (*13)
ACQ Vakum-basınç % 5-10 Teğet	8	2068 (*894)	240 (*76)
ACQ Vakum-basınç % 10-15 Teğet	8	308 (*109)	221 (*114)
MCQ Daldırma % 5-10 Teğet	8	719 (*364)	593 (*400)
MCQ Daldırma % 10-15 Teğet	8	294 (*160)	19 (*14)
ACQ Daldırma % 5-10 Teğet	8	255 (*111)	25 (*22)
ACQ Daldırma % 10-15 Teğet	8	760 (*543)	135 (*86)

*Standart sapma

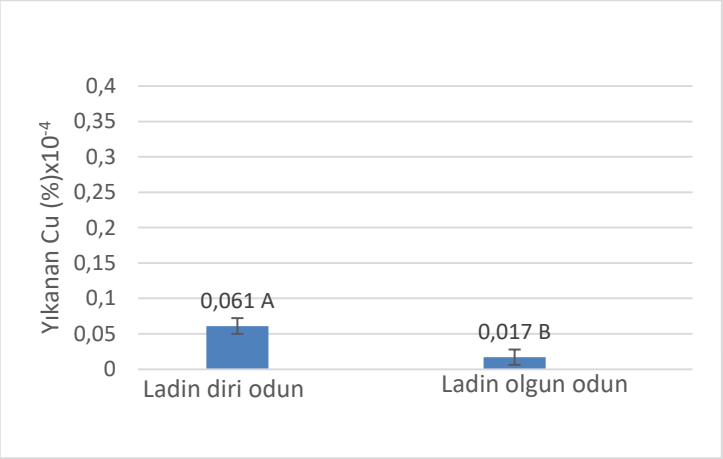
Tablo 4.62'de görüldüğü gibi ladin diri odun örneklerinde toplam sürede en fazla yıkanma ACQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (% 2068x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (% 117x10^{-4}) belirlenmiştir.

Ladin olgun odun örneklerinde ise toplam sürede en fazla yıkanma MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine

inkübasyona bırakılan örneklerde (% 593x10^{-4}) belirlenmiştir. En az yıkanma ise MCQ kullanılarak daldırma yöntemiyle emprenye edilen % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzey üzerine inkübasyona bırakılan örneklerde (% 19x10^{-4}) belirlenmiştir (Tablo 4.62).

4.12.2.1. Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

BDS ladin farklı odun kısımları ve toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 22,708; p<0,01) (Şekil 4.68).

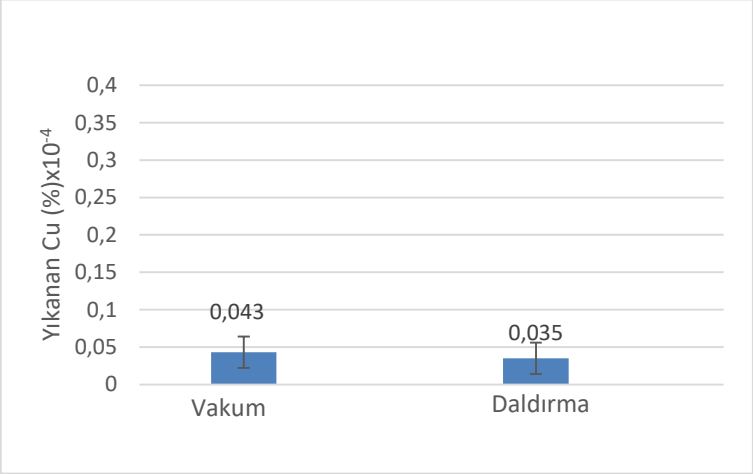


Şekil 4.68: BDS yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından ladin farklı odun kısımlarının karşılaştırması.

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından ladin diri odunu (% 610x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun (% 170x10^{-4}) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur (p < 0,01) (Şekil 4.68).

4.12.2.2. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

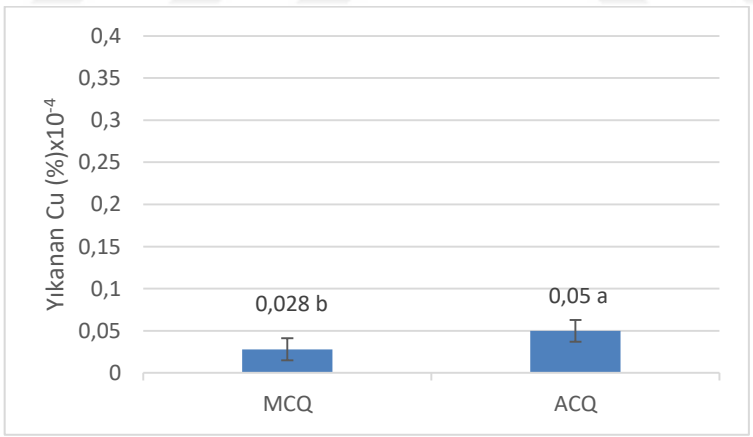
BDS uygulanan emprenye yöntemleri ve toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olmadığı görülmüştür (F: 0,604; p>0,05) (Şekil 4.69).



Şekil 4.69: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan emprenye yöntemlerinin karşılaştırması.

4.12.2.3. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

BDS kullanılan farklı emprenye madde tipleri ve toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 5,150; p<0,05) (Şekil 4.70).

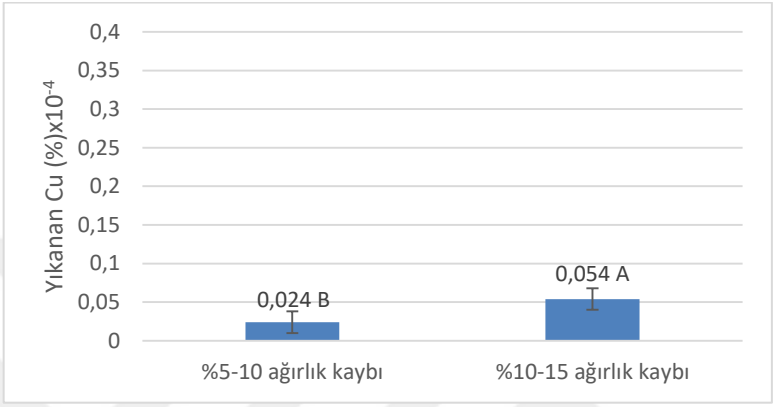


Şekil 4.70: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan emprenye madde tiplerinin karşılaştırması.

Toplam süre içinde yıkanan Cu miktarının emprenye madde tipine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan Tukey testi sonuçlarına göre; ACQ emprenye madesinden yıkanan Cu miktarı (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan MCQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarı (% 280x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p<0,05) (Şekil 4.70).

4.12.2.4. BDS Ladin Odununda Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Ağırlık Kayıplarının Karşılaştırılması

BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının toplam yıkanma süresi esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu görülmüştür (F: 9,670; p<0,01) (Şekil 4.71).

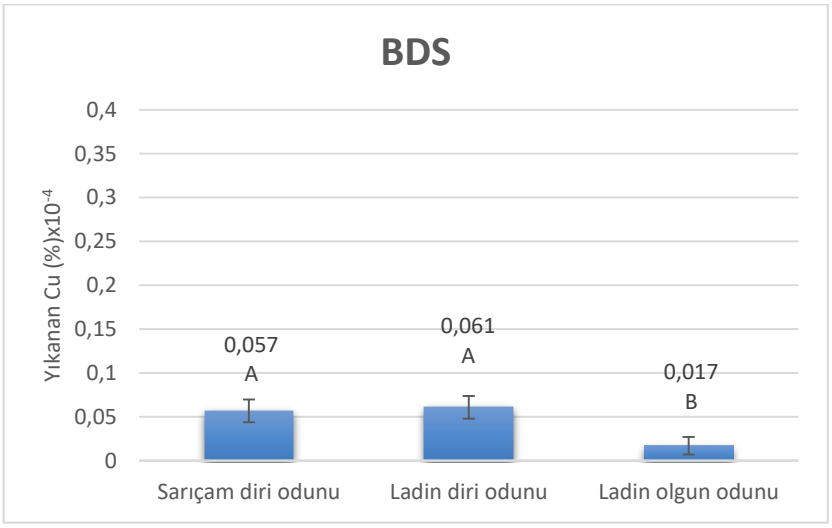


Şekil 4.71: BDS ladin odununda yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından meydana gelen farklı ağırlık kayıplarının karşılaştırması.

Toplam süre içinde yıkanan Cu miktarının emprenye madde tipine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan Tukey testi sonuçlarına göre; biyolojik delme neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde yıkanan Cu miktarı (% 240x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde yıkanan Cu miktarı (% 540x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.71).

4.12.2.5. BDS Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarında Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Bakır Miktarlarının Karşılaştırılması

Sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odunlarında toplam sürede yıkanan Cu miktarları esas alınarak gruplarda tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 10,366; p<0,01) (Şekil 4.72).



Şekil 4.72: BDS sarıçam diri odunu, ladin diri ve olgun odunlarında yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} esas alınarak farklı ağaç türü ve odun kısımlarının karşılaştırılması.

BDS toplam süreler içerisinde yıkanan Cu miktarlarının farklı ağaç türü ve odun kısımlarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan Tukey testi sonuçlarına göre; aynı grupta yer alan ladin diri odunundan (% 610x10^{-4}) ve sarıçam diri odunundan yıkanan Cu miktarları (% 570x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan ladin olgun odunundan yıkanan Cu miktarı (% 170x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.72).

4.13. BDÖ VE BDS LADİN ODUNUNDA FARKLI SÜRELERDE YIKANAN BAKIR MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

4.13.1. BDÖ ve BDS Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Farklı Sürelerin Karşılaştırılması

Farklı yıkanma süreleri ile BDÖ ve BDS esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde yıkanan Cu miktarları bakımından farklı süreler arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$). BDÖ ve BDS arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve farklı süreler arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.63).

Tablo 4.63: Ladin odununda farklı süreler ve biyolojik delme işlemine bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Biyolojik Delme Öncesi	Biyolojik Delme Sonrası	Ortalama
6 saat	0,018	0,050	0,034
1 gün	0,022	0,034	0,028
2 gün	0,016	0,045	0,031
14 gün	0,006	0,027	0,016
Ortalama	0,015B	0,039A	Fsüre: 1,11ns Fbiyolojik delme:10,15** Fsürexbiyolojik delme: 0,37ns
	Süre ortalama		
	Biyolojik delme ortalama		
	Süre x Biyolojik delme ortalama		

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarının ağırlık kaybına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS yıkanan Cu miktarı (% 390x10^{-4}) BDÖ yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.63).

4.13.2. BDÖ ve BDS Farklı Sürelerde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Odun Kısımlarının Karşılaştırılması

Farklı sürelerde Yıkanan Cu miktarları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde Biyolojik delme öncesi ve sonrası yıkanan Cu miktarları bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$). Farklı odun kısımlarından yıkanan Cu miktarları arasında istatistik anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme işlemi ve odun kısmı arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme işlemi ve süre arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Süre ve odun kısmı arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve farklı süreler arasındaki etkileşim dee önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.64 ve Tablo 4.65).

Tablo 4.64: Ladinde biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve yıkanma sürelerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem derecesi
Biyolojik delme işlemi	1	0,02347636	11,8752	0,0007
Odun kısmı	1	0,01773682	8,9719	0,0031
Süre	3	0,00768318	1,2955	0,2776
Biyolojik delme işlemi*Odun kısmı	1	0,02447914	12,3825	0,0006
Biyolojik delme işlemi*Süre	3	0,00258674	0,4362	0,7274
Odun kısmı*Süre	3	0,00356060	0,6004	0,6156
Biyolojik delme işlemi*Odun kısmı*Süre	3	0,00611097	1,0304	0,3805

Tablo 4.65: Ladinde biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve yıkanma sürelerinin Cu yıkanma değerleri (%)x10^{-4} üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Diri Odun	Olgun Odun	ORTALAMA
BDÖ	6 saat	0,014b	0,022b	0,018ab
	1 gün	0,022b	0,023b	0,022ab
	2 gün	0,014b	0,018b	0,016ab
	14 gün	0,005b	0,007b	0,006b
ORTALAMA		0,014B	0,017B	0,015B
BDS	6 saat	0,090a	0,007b	0,050a
	1 gün	0,048ab	0,020b	0,034ab
	2 gün	0,064ab	0,026b	0,045ab
	14 gün	0,041ab	0,010b	0,027ab
ORTALAMA		0,061A	0,017B	0,039A
UYGULAMALAR ORTALAMA	6 saat	0,052a	0,016ab	0,034
	1 gün	0,035ab	0,021ab	0,028
	2 gün	0,039ab	0,022ab	0,031
	14 gün	0,023ab	0,009b	0,016
GENEL ORTALAMA		0,037A	0,017B	

	Biyolojik delme ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Süre ortalama
	Biyolojik delme x Odun kısmı interaksiyonu
	Biyolojik delme x Süre interaksiyonu
	Odun kısmı x Süre interaksiyonu
	Biyolojik delme x Süre x Odun kısmı interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS yıkanan Cu miktarı (% 390x10^{-4}) > BDÖ yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber diri odundan yıkanan Cu miktarı (% 370x10^{-4}) olgun odundan yıkanan Cu miktarına (% 170x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). BDS diri odun (% 610x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ olgun odun (% 170x10^{-4}), BDÖ olgun odun (% 170x10^{-4}) ve BDÖ diri odun (% 140x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,01$). BDS 6 saat (% 500x10^{-4}) ve BDÖ 14 gün (% 60x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Diri odun 6 saat (% 520x10^{-4}) ve olgun odun 14 gün (% 90x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Diğer bir taraftan BDS diri odun 6 saat (% 900x10^{-4}) ile başka bir grupta yer alan BDS olgun odun 2 gün (% 260x10^{-4}), BDÖ olgun odun 1 gün (% 230x10^{-4}), BDÖ olgun odun 6 saat (% 220x10^{-4}), BDÖ diri odun 1 gün (% 220x10^{-4}), BDS olgun odun 1

gün (% 200x10^{-4}), BDÖ olgun odun 2 gün (% 180x10^{-4}), BDÖ diri odun 2 gün (% 140x10^{-4}), BDÖ diri odun 6 saat (% 140x10^{-4}), BDS olgun odun 14 gün (% 120x10^{-4}), BDS olgun odun 6 saat (% 100x10^{-4}), BDÖ olgun odun 14 gün (% 70x10^{-4}) ve BDÖ diri odun 14 gün (% 50x 10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.65).

4.13.3. BDÖ ve BDS Farklı sürelerde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Farklı sürelerde Yıkanan Cu miktarları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS yıkanan Cu miktarları bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Bununla beraber hem farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları arasında hem de uygulanan emprenye yöntemleri arasında istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$). Biyolojik delme işlemi ve emprenye yöntemi arasındaki etkileşim ise önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Biyolojik delme işlemi*süre, emprenye yöntemi*süre ve biyolojik delme işlemi*emprenye yöntemi*süre arasındaki etkileşimler de önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.66 ve Tablo 4.67).

Tablo 4.66: Ladinde biyolojik delme, emprenye yöntemi ve yıkanma sürelerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem derecesi
Biyolojik delme işlemi	1	0,00072850	0,3130	0,5766
Emprenye yöntemi	3	0,00768318	1,1003	0,3505
Süre	1	0,00058553	0,2516	0,6166
Biyolojik delme işlemi*Emprenye yöntemi	3	0,00258674	0,3704	0,7744
Biyolojik delme işlemi*Süre	3	0,00830384	1,1892	0,3154
Emprenye yöntemi*Süre	3	0,00435296	0,6234	0,6008
Biyolojik delme işlemi*Emprenye yöntemi*Süre	1	0,00072850	0,3130	0,5766

Tablo 4.67: Ladinde biyolojik delme işlemi, emprenye yöntemi ve yıkanma sürelerinin Cu yıkanma değerleri (%)x10^{-4} üzerine etkisi.

		Vakum-Basınç	Daldırma	ORTALAMA
BDÖ	6 saat	0,032	0,004	0,018
	1 gün	0,012	0,032	0,022
	2 gün	0,016	0,015	0,016
	14 gün	0,002	0,009	0,006
ORTALAMA		0,016b	0,015b	0,015b
BDS	6 saat	0,055	0,045	0,050
	1 gün	0,027	0,041	0,034
	2 gün	0,047	0,043	0,045
	14 gün	0,042	0,011	0,027
ORTALAMA		0,043a	0,035ab	0,039a
UYGULAMALAR ORTALAMA	6 saat	0,044	0,024	0,034
	1 gün	0,019	0,037	0,028
	2 gün	0,032	0,029	0,031
	14 gün	0,022	0,010	0,016
GENEL ORTALAMA		0,029	0,025	

	Biyolojik delme ortalama
	Emprenye yöntem ortalama
	Süre ortalama
	Biyolojik delme x Emprenye yöntem interaksiyonu
	Biyolojik delme x Süre interaksiyonu
	Emprenye yöntem x Süre interaksiyonu
	Biyolojik delme x Emprenye yöntem x Süre interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS yıkanan Cu miktarı (% 390x10^{-4}) BDÖ yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Bununla beraber BDS vakum-basınç (% 430x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ daldırma (% 150x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.67).

4.13.4. BDÖ ve BDS Farklı Sürelerde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS yıkanan Cu miktarları bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları arasında fark bulunamazken ($p>0,05$) kullanılan emprenye madde tipleri arasında istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme işlemi*emprenye madde tipi, biyolojik delme işlemi*süre ve emprenye madde tipi*süre arasındaki etkileşimler önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca biyolojik delme

işlemi*emprenye madde tipi*süre arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.68 ve Tablo 4.69).

Tablo 4.68: Ladinde biyolojik delme işlemi, emprenye madde tipi ve yıkanma sürelerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem derecesi
Biyolojik delme işlemi	1	0,02347636	10,7615	0,0012
Emprenye madde tipi	1	0,02449547	11,2286	0,0010
Süre	3	0,00768318	1,1740	0,3211
Biyolojik delme işlemi*Emprenye madde tipi	1	0,00009274	0,0425	0,8369
Biyolojik delme işlemi*Süre	3	0,00258674	0,3953	0,7566
Emprenye madde tipi*Süre	3	0,00459853	0,7026	0,5516
Biyolojik delme işlemi*Emprenye madde tipi*Süre	3	0,00695544	1,0628	0,3663

Tablo 4.69: Ladinde biyolojik delme işlemi, emprenye madde tipi ve yıkanma sürelerinin Cu yıkanma değerleri (%)x10^{-4} üzerine etkisi.

		MCQ	ACQ	ORTALAMA
BDÖ	6 saat	0,001b	0,035ab	0,018ab
	1 gün	0,003b	0,041ab	0,022ab
	2 gün	0,003b	0,029ab	0,016ab
	14 gün	0,003b	0,009ab	0,006b
ORTALAMA		0,027b	0,028ab	0,015B
BDS	6 saat	0,025ab	0,075a	0,050a
	1 gün	0,034ab	0,034ab	0,034ab
	2 gün	0,042ab	0,049ab	0,045ab
	14 gün	0,011b	0,043ab	0,027ab
ORTALAMA		0,027b	0,050a	0,039A
UYGULAMALAR ORTALAMA	6 saat	0,013ab	0,055a	0,034
	1 gün	0,019ab	0,037ab	0,028
	2 gün	0,022ab	0,039ab	0,031
	14 gün	0,007b	0,026ab	0,016
GENEL ORTALAMA		0,015B	0,039A	

	Biyolojik delme ortalama
	Emprenye madde ortalama
	Süre ortalama
	Biyolojik delme x Emprenye madde interaksiyonu
	Biyolojik delme x Süre interaksiyonu
	Emprenye madde x Süre interaksiyonu
	Biyolojik delme x Emprenye madde x Süre interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS yıkanan Cu miktarı (% 390x10^{-4}) > BDÖ yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber ACQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarı (% 390x10^{-4}) MCQ emprenye maddesinden

yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur (p < 0,01). BDS ACQ (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan BDS MCQ (% 270x10^{-4}) ve BDÖ MCQ (% 270x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p < 0,05). BDS 6 saat (% 500x10^{-4}) ve BDÖ 14 gün (% 60x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p < 0,05). ACQ 6 saat (% 550x10^{-4}) ve MCQ 14 gün (% 70x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p < 0,05). Diğer bir taraftan BDS ACQ 6 saat (% 750x10^{-4}) ile başka bir grupta yer alan BDS MCQ 14 gün (% 110x10^{-4}), BDÖ MCQ 1 gün (% 30x10^{-4}), BDÖ MCQ 2 gün (% 30x10^{-4}), BDÖ MCQ 14 gün (% 30x10^{-4}) ve BDÖ MCQ 6 saat (% 10x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (p< 0,05) (Tablo 4.69).

4.14. BDÖ VE BDS LADİN ODUNUNDA TOPLAM SÜRE İÇERİSİNDE YIKANAN BAKIR MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

4.14.1. BDÖ ve BDS Ladin Diri ve Olgun Odun Kısımlarının Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Karşılaştırılması

Toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarları esas alınarak yapılan çoklu varyans analizinde hem BDÖ ve BDS yıkanan Cu miktarları arasında hem de farklı odun kısımlarından yıkanan Cu miktarları arasında istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur (p<0,01). Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.70).

Tablo 4.70: Biyolojik delme işlemi ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak yıkanan Cu miktarlarına (%)x10^{-4} ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	0,014B	0,017B	0,015B
Biyolojik Delme Sonrası	0,061A	0,017B	0,039A
Ortalama	0,037A	0,017B	Fodun: 8,88** Fbiyolojik delme:11,76** Fbiyolojik delmexodun: 12,26**
	Biyolojik delme ortalama		
	Odun kısmı ortalama		
	Biyolojik delme x Odun kısmı ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarının (% 390x10^{-4}) > BDÖ toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0,01). Diri odundan yıkanan Cu miktarının (% 370x10^{-4})

olgun odundan yıkanan Cu miktarına (% 170x10^{-4}) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). Ayrıca BDS diri odun (% 610x10^{-4}) ile farklı grupta yer alan BDÖ olgun odun (% 170x10^{-4}), BDS olgun odun (% 170x10^{-4}) ve BDÖ diri odun (% 140x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur (Tablo 4.70).

4.14.2. BDÖ ve BDS Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Uygulanan farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS arasında fark bulunmasına rağmen ($p<0,01$) uygulanan emprenye yöntemleri arasında istatistiki anlamda fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Biyolojik delme işlemi ve uygulanan emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.71).

Tablo 4.71: BDÖ ve BDS ladin odununda toplam sürede yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan farklı emprenye yöntemlerinin karşılaştırılması.

	Vakum-Basınç	Daldırma	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	0,016b	0,015b	0,015B
Biyolojik Delme Sonrası	0,043a	0,035ab	0,039A
Ortalama	0,029	0,025	Femprenye yöntem: 0,31ns Fbiyolojik delme:10,11** Fbiyolojik delmexemprenye yöntem: 1,25ns
	Biyolojik delme ortalama		
	Emprenye yöntem ortalama		
	Biyolojik delme x Emprenye yöntem ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarının (% 390x10^{-4}) BDÖ toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber BDS vakum- basınç (% 430x10^{-4}) ile BDÖ vakum-basınç (% 160x10^{-4}) ve BDÖ daldırma (% 150x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.71).

4.14.3. BDÖ ve BDS Toplam Süre İçerisinde Yıkanan Cu Miktarları Bakımından Emprenye Madde Tiplerinin Karşılaştırılması

Kullanılan emprenye madde tipine bağlı olarak toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarları esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem BDÖ ve BDS açısından hem de kullanılan emprenye madde tipleri arasında istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$).

Bununla beraber biyolojik delme işlemi ve kullanılan emprenye madde tipleri arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.72).

Tablo 4.72: BDÖ ve BDS ladin odununda toplam sürede yıkanan Cu miktarları (%)x10^{-4} bakımından kullanılan farklı emprenye madde tiplerinin karşılaştırılması.

	MCQ	ACQ	Ortalama
Biyolojik Delme Öncesi	0,003b	0,028ab	0,015B
Biyolojik Delme Sonrası	0,028b	0,050a	0,039A
Ortalama	0,015B	0,039A	Femprenye madde: 11,18** Fbiyolojik delme:10,71** Fbiyolojik delmexemprenye madde: 1,99*
	Biyolojik delme ortalama		
	Emprenye madde ortalama		
	Biyolojik delme x Emprenye madde ortalama		

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarının (% 390x10^{-4}) BDÖ toplam süre içerisinde yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber ACQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarının (% 390x10^{-4}) MCQ emprenye maddesinden yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca BDS ACQ (% 500x10^{-4}) ile farklı bir grupta yer alan BDS MCQ (% 280x10^{-4}) ve BDÖ MCQ (% 30x10^{-4}) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.72).

Bu tez çalışmasında emprenye çalışmaları ve yıkanma testleri kapsamında elde edilen tüm veriler bir arada tablolaştırılarak Ek-1 ve Ek-2'de verilmiştir.

4.15. FİZİKSEL VE MEKANİK TESTLERLE İLGİLİ ELDE EDİLEN BULGULAR

4.15.1. Yoğunluk Değişimine Ait Bulgular

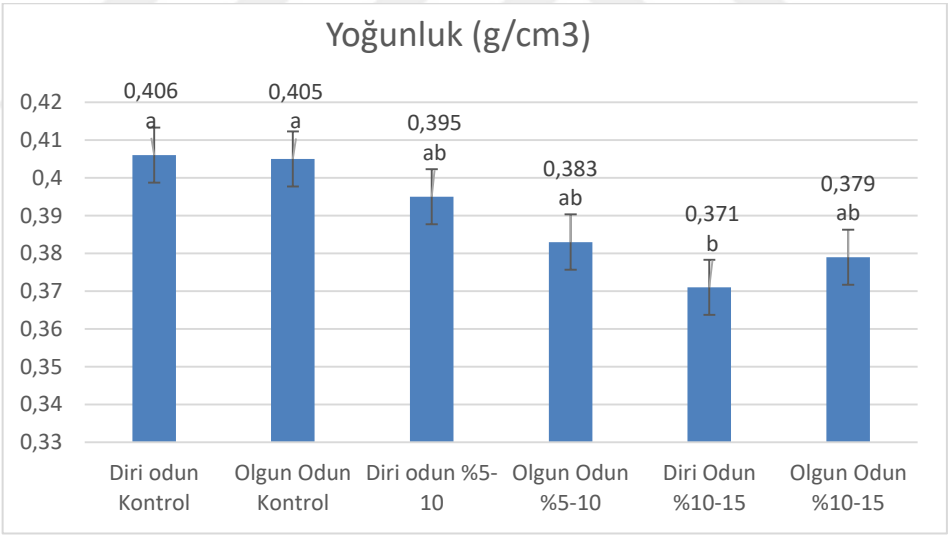
Hava kurusu yoğunluk değerleri biyolojik delme uygulamalarında kullanılan ladin örnek grupları için, diri ve olgun odun ayrımına gidilerek, iki farklı ağırlık kayıpları ve kontrol örnekleri olmak üzere toplam 36 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Deneme örneklerinde hesaplanan ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri Tablo 4.73'de gösterilmiştir.

Tablo 4.73: Deneme örneklerinde hesaplanan ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri.

Örnek grupları	Numune sayısı	Ortalama (g/cm^3)
Diri Odun Kontrol	6	0,406 (*0,011)
Olgun Odun Kontrol	6	0,405 (*0,016)
Diri odun % 5-10	6	0,395 (*0,005)
Olgun Odun % 5-10	6	0,383 (*0,004)
Diri Odun % 10-15	6	0,371 (*0,034)
Olgun Odun % 10-15	6	0,379 (*0,015)

Tablo 4.73'de görüldüğü gibi ladin odununda en yüksek ortalama hava kurusu yoğunluk değeri ladin diri odun Kontrol örneklerinde (0,406 g/cm^3) belirlenmiştir. En düşük ortalama hava kurusu yoğunluk değeri ise % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen ladin diri odun örneklerinde (0,371 g/cm^3) belirlenmiştir.

BDÖ ve BDS yoğunluk değişimi esas alınarak gruplarda çoklu varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 3,853; p<0,05) (Şekil 4.73).



Şekil 4.73: BDÖ ve BDS ladin farklı odun kısımlarında meydana gelen ağırlık kayıpları arasındaki yoğunluk değişimi.

Şekil 4.73 incelendiğinde aynı grupta yer alan ladin diri odun ve olgun odun kontrol örnekleri ile farklı grupta yer alan ladin diri odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen örnek arasında fark bulunmuştur (p<0,05).

Burada ladin diri ve olgun odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak yoğunluk değerindeki yüzde azalışların tespit edilmesiyle elde edilen bulguların

yüzde oransal değişiminin verilmesinin daha anlaşılır olacağı düşünülerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.74'de verilmiştir.

Tablo 4.74: Ladin diri ve olgun odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak yoğunluk değişimindeki yüzde azalmalar.

Ağırlık kaybı	Yoğunluk Değişimi (g/cm^3)		Yüzde Azalma	
	Diri Odun	Olgun Odun	Diri Odun	Olgun Odun
Kontrol	0,406	0,405	-	-
% 5-10 Ağırlık kaybı	0,395	0,383	-2,71	-5,43
% 10-15 Ağırlık kaybı	0,371	0,379	-8,62	-6,42

Tablo 4.74 incelendiğinde % 5-10 ağırlık kaybında olgun odunda meydana gelen yoğunluktaki % azalma (% -5,43) > diri oduna (% -2,71) nazaran daha yüksek belirlenmiştir. Fakat % 10-15 ağırlık kaybında ise diri odunda meydana gelen yoğunluktaki % azalma (% -8,62) > diri oduna (% -6,42) nazaran daha yüksek belirlenmiştir.

4.15.2. Liflere Paralel Basınç Direnç Değişimine Ait Bulgular

Burada odun örneklerinin ortalama rutubet içeriği (% 10,341) % 12 'ye yakın bir değer olduğu için liflere paralel basınç direnciyle ilgili herhangi bir çevirme işlemi yapılmamıştır. Liflere paralel basınç direnç değerleri biyolojik delme uygulamalarında kullanılan ladin örnek grupları için, diri odun ve olgun odun ayrımına gidilerek, iki farklı ağırlık kayıpları ve kontrol örnekleri olmak üzere toplam 36 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Deneme örneklerinde hesaplanan ortalama liflere paralel basınç direnç değerleri Tablo 4.75'de gösterilmiştir.

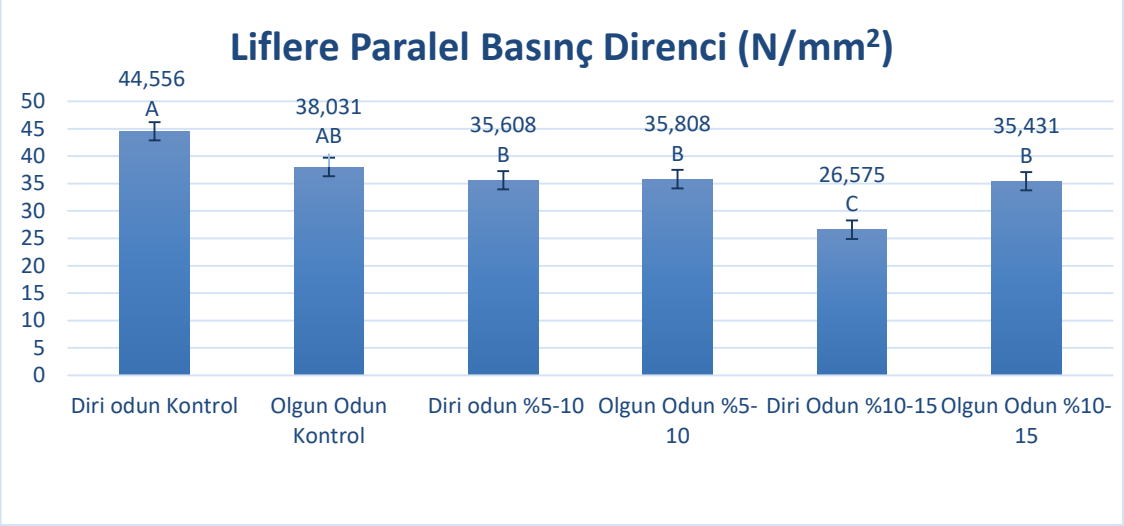
Tablo 4.75: Deneme örneklerinde hesaplanan ortalama liflere paralel basınç direnç değerleri.

Örnek grupları	**Numune sayısı**	**Ortalama (N/mm^2)**
Diri Odun Kontrol	6	44,556 (*2,119)
Olgun Odun Kontrol	6	38,031 (*2,516)
Diri odun % 5-10	6	35,608 (*2,919)
Olgun Odun % 5-10	6	35,808 (*5,366)
Diri Odun % 10-15	6	26,575 (*5,371)
Olgun Odun % 10-15	6	35,431 (*4,996)

*Standart sapma

Tablo 4.75'de görüldüğü gibi ladin odununda en yüksek ortalama liflere paralel basınç direnç değeri ladin diri odun Kontrol örneklerinde (44,556 N/mm^2) belirlenmiştir. En düşük ortalama liflere paralel basınç direnç değeri ise ladin diri odununda % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde (26,575 N/mm^2) belirlenmiştir.

BDÖ ve BDS liflere paralel basınç direnç değişimi esas alınarak gruplarda çoklu varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya koyulmuştur (F: 11,770; p<0,01) (Şekil 4.74).



Şekil 4.74: BDÖ ve BDS ladin farklı odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki liflere paralel basınç direnç değişimi.

Şekil 4.74 incelendiğinde farklı bir grupta yer alan ladin diri odun Kontrol (44, 556 N/mm^2) ile aynı gruplarda yer alan olgun odun % 5-10 (35,808 N/mm^2), diri odun % 5-10 (35,608 N/mm^2) ve olgun odun % 10-15 ile yine farklı bir grupta yer alan diri odun % 10-15 (26,575 N/mm^2) arasında istatistik anlamda fark görülmüştür (p<0,001). Ayrıca olgun odun Kontrol ile farklı bir grupta yer alan diri odun % 10-15 arasında da istatistik anlamda fark görülmüştür (p<0,001).

Burada ladin diri ve olgun odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak liflere paralel basınç direnç değişimindeki yüzde azalmaların tespit edilmesiyle elde edilen bulguların yüzde oransal değişiminin verilmesinin daha anlaşılır olacağı düşünülerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.76'da verilmiştir.

Tablo 4.76: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak liflere paralel basınç direnç değişimindeki yüzde azalmalar.

Ağırlık kaybı	Liflere Paralel Basınç Direnç Değişimi (N/mm^2)		**Yüzde Azalmalar**	
	Diri Odun	Olgun Odun	Diri Odun	Olgun Odun
Kontrol	44,556	38,031	-	-
% 5-10 Ağırlık kaybı	35,608	35,808	-20,08	-5,85
% 10-15 Ağırlık kaybı	26,575	35,431	-40,36	-6,84

Tablo 4.76 incelendiğinde BDS meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak liflere paralel basınç direnç değişimindeki yüzde azalmanın ladin diri odununda daha yüksek çıktığı görülmektedir.

4.16. BDÖ VE BDS ODUN ÖRNEKLERİNDE % 1'LİK NAOH ÇÖZÜNÜRLÜĞÜYLE İLGİLİ ELDE EDİLEN BULGULAR

Ladin odununun farklı kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına ait örnekler ve kontrol örnekleri olmak üzere toplam 18 örnek üzerinde % 1'lik NaOH çözünürlük testi yapılmıştır. Deneme örneklerinde tespit edilen ortalama % 1'lik NaOH çözünürlük değerleri Tablo 4.77'de gösterilmiştir.

Tablo 4.77: Deneme örneklerinde tespit edilen ortalama % 1'lik NaOH çözünürlük değerleri.

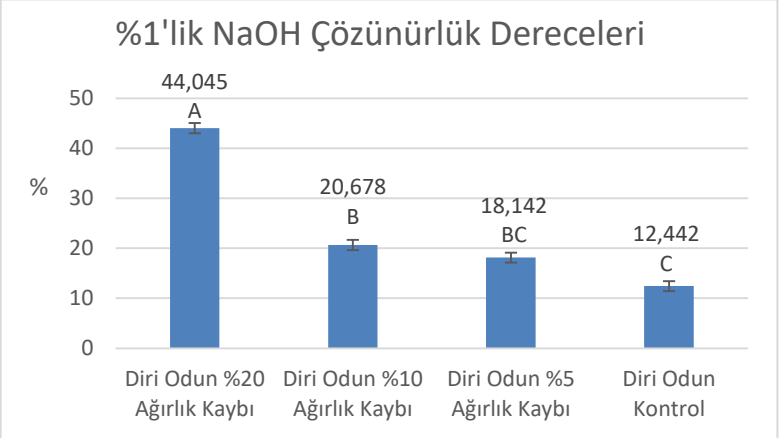
Örnek grupları	Numune sayısı	Ortalama (%)
Diri Odun Kontrol	2	12,442 (*0,429)
Diri Odun % 6 Ağırlık Kaybı	2	18,142 (*1,421)
Diri Odun % 10 Ağırlık Kaybı	2	20,678 (*1,567)
Diri Odun % 20 Ağırlık Kaybı	2	44,044 (*1,865)
Olgun Odun Kontrol	2	10,544 (*0,751)
Olgun Odun % 5 Ağırlık Kaybı	2	17,515 (*1,780)
Olgun Odun % 10 Ağırlık Kaybı	2	22,371 (*1,485)
Olgun Odun % 20 Ağırlık Kaybı	2	39,603 (*1,388)

*Standart sapma

Tablo 4.77'de görüldüğü gibi bir kontrollü çürütme işlemi olan biyolojik delmeye bağlı olarak ladin odununda en yüksek alkali çözünürlüğü % 20 ağırlık kaybı meydana gelen ladin diri odun örneklerinde (% 44,044) belirlenmiştir. En düşük alkali çözünürlüğü ise ladin olgun odun Kontrol örneklerinde (% 10,544) belirlenmiştir.

4.16.1. BDÖ ve BDS Ladin Diri Odun Örneklerinde % 1'lik NaOH (Alkali) Çözünürlüğüyle İlgili Elde Edilen Bulgular

Ladin diri odun kısmında BDÖ ve BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına ait örneklerde % 1'lik NaOH çözünürlüğü esas alınarak gruplarda çoklu varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya konulmuştur ($F: 190,142$; $p<0,01$) (Şekil 4.75).

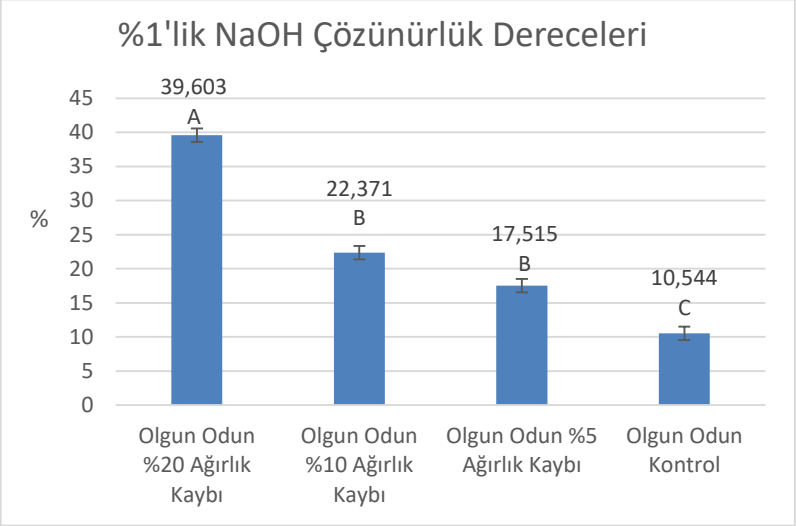


Şekil 4.75: Kontrol ve BDS ladin diri odun kısmında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki % 1'lik NaOH çözünürlük değişimi.

Şekil 4.75 incelendiğinde farklı bir grupta yer alan diri odun % 20 ağırlık kaybı (%44,045) ile başka bir grupta yer alan diri odun % 10 ağırlık kaybı (% 20,678) ve diğer bir grupta yer alan diri odun % 5 ağırlık kaybı (% 18,142), başka bir farklı grupta yer alan diri odun kontrol (% 12,442) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur. Ayrıca diri odun % 10 ağırlık kaybı (% 20,678) ve başka bir grupta yer alan diri odun kontrol (% 12,442) arasında da istatistik anlamda fark bulunmuştur.

4.16.2. Kontrol ve BDS Ladin Olgun Odun Örneklerinde Alkali Çözünürlüğüyle İlgili Elde Edilen Bulgular

Ladin olgun odun kısmında kontrol ve BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına ait örneklerde % 1'lik NaOH çözünürlüğü esas alınarak gruplarda çoklu varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya konulmuştur (F: 156,022; $p<0,01$) (Şekil 4.76).

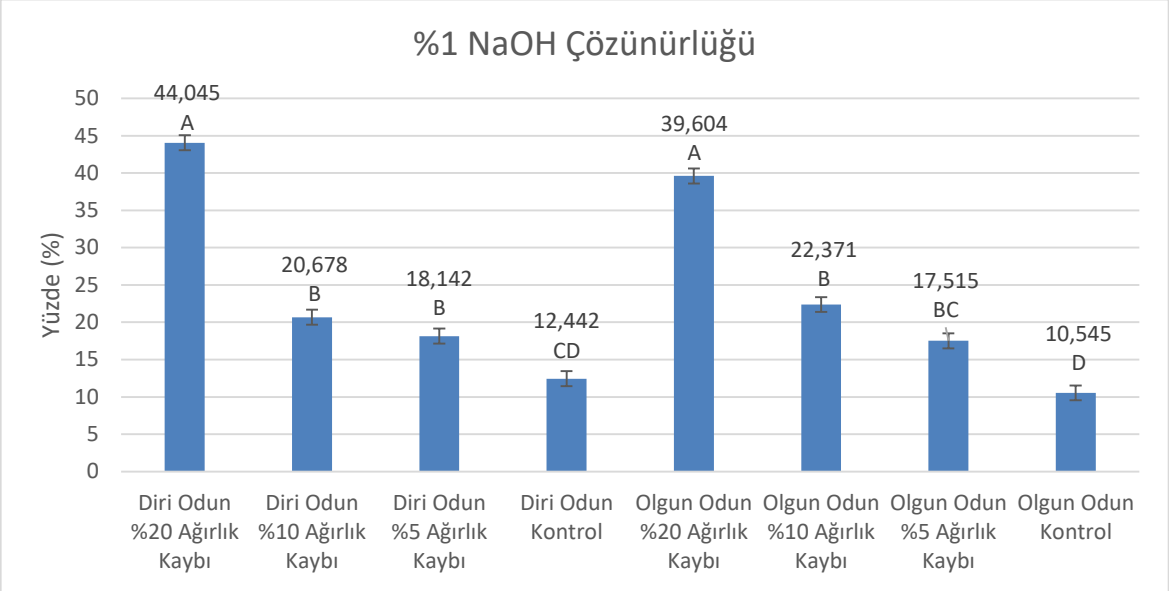


Şekil 4.76: Kontrol ve BDS ladin olgun odun kısmında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki % 1'lik NaOH çözünürlük değişimi.

Şekil 4.76 incelendiğinde olgun odun % 20 ağırlık kaybı (% 39,603) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun % 10 ağırlık kaybı (% 22,371), başka bir farklı grupta yer alan olgun odun % 5 ağırlık kaybı (% 17,515), yine farklı gruplarda yer alan olgun odun kontrol (% 10,544) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur.

4.16.3. Ladin Odunu Farklı Kısımlarına Ait Kontrol ve BDS Esas Alınarak Elde Edilen Alkali Çözünürlük Derecelerinin Karşılaştırılması

Ladin odunu farklı kısımlarını karşılaştırmak amacıyla BDÖ ve BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına ait örneklerde % 1'lik NaOH çözünürlüğü esas alınarak gruplarda çoklu varyans analizi yapılmış ve gruplar arasında fark olduğu ortaya konulmuştur (F: 149,103; $p<0,01$) (Şekil 4.77).



Şekil 4.77: Kontrol ve BDS ladin farklı odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki % 1'lik NaOH çözünürlük değişimi.

Şekil 4.77 incelendiğinde aynı grupta yer alan diri odun % 20 ağırlık kaybı (% 44,045) ve olgun odun % 20 ağırlık kaybı (% 39,604) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun % 10 ağırlık kaybı (% 22,371), diri odun % 10 ağırlık kaybı (% 20,678) ve diri odun % 5 ağırlık kaybı (% 18,142), başka bir farklı grupta yer alan olgun odun % 5 ağırlık kaybı (% 17,515), yine farklı gruplarda yer alan diri odun Kontrol (% 12,442) ve başka bir grupta yer alan olgun odun Kontrol (% 10,545) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur. Bununla beraber aynı grupta yer alan olgun odun % 10 ağırlık kaybı (% 22,371), diri odun % 10 ağırlık kaybı (% 20,678) ve diri odun % 5 ağırlık kaybı (% 18,142) ile başka bir grupta yer alan diri odun Kontrol (% 12,442) ve yine farklı bir grupta yer alan olgun odun Kontrol (% 10,545) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur. Ayrıca olgun odun % 5 ağırlık kaybı (% 17,515) ile başka bir grupta yer alan olgun odun Kontrol (% 10,545) arasında istatistik anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$).

Burada ladin diri ve olgun odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak alkali çözünürlük derecelerindeki yüzde artışlarının tespitiyle elde edilen bulguların yüzde oransal değişiminin verilmesinin daha anlaşılır olacağı düşünülerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.78'de verilmiştir.

Tablo 4.78: BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak alkali çözünürlük derecelerindeki yüzde artmalar.

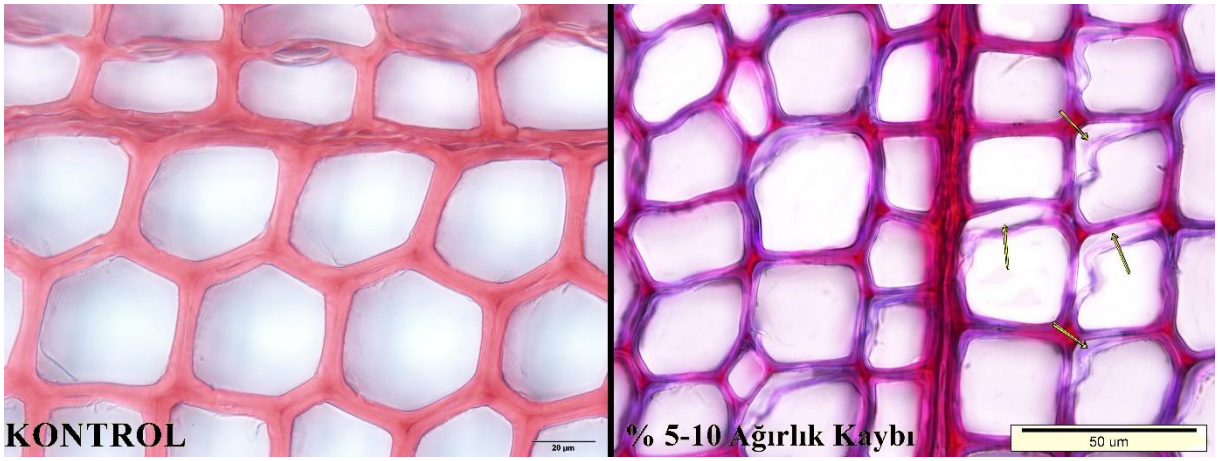
Ağırlık Kaybı	Alkali Çözünürlük Derecesi (%)		Yüzde Artmalar (%)	
	Diri Odun	Olgun Odun	Diri Odun	Olgun Odun
Kontrol	12,442	10,544	-	-
% 5 Ağırlık kaybı	18,142	17,515	+45,81	+66,11
% 10 Ağırlık kaybı	20,678	22,371	+66,20	+112,17
% 20 Ağırlık kaybı	44,044	39,603	+253,99	+275,60

Tablo 4.78 incelendiğinde BDS meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak alkali çözünürlük derecelerinin Ladin olgun odununda daha yüksek çıktığı görülmektedir, Özellikle % 5 ila % 10 ağırlık kaybı arasında alkali çözünürlük derecesi olgun odunda (% 112,17) > diri oduna (% 66,20) nazaran çok daha yüksek belirlenmiştir.

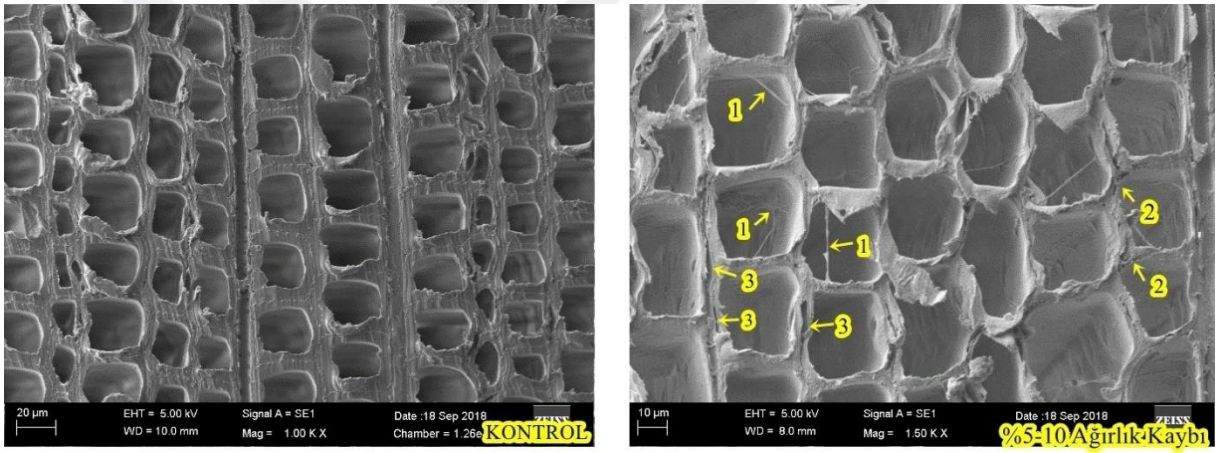
4.17. MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK İNCELEME VE DEĞERLENDİRMELER

4.17.1. Boyuna Traheidler ve Yapısında Bulunan Kenarlı Geçitler

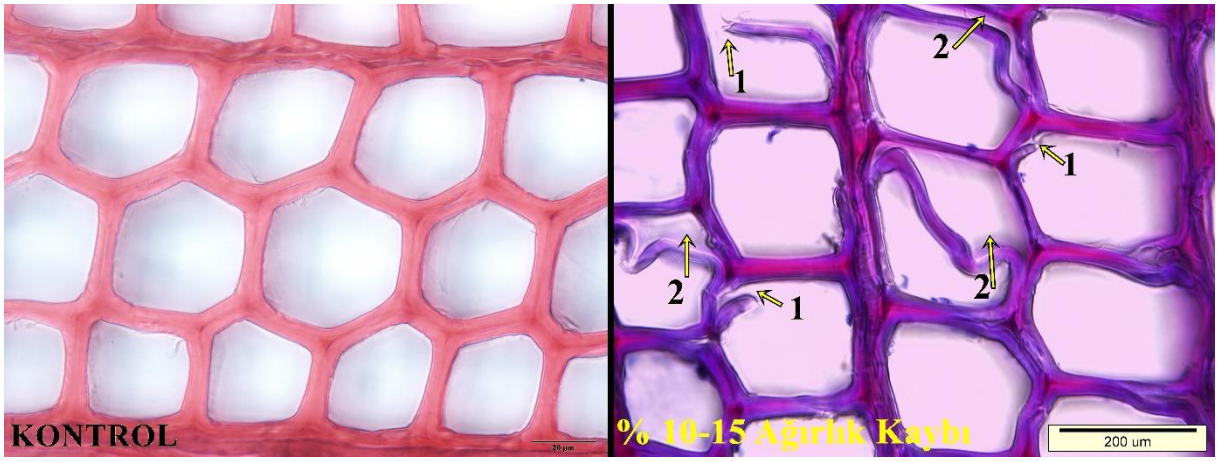
Biyolojik delme işlemi neticesinde *P. vitreus* mantarının hem diri odun hem de olgun odun boyuna traheid hücre çeperlerinin yapısında meydana getirdiği bozunmalar yarılma ve çatlaklar halinde kendini göstermektedir. Ancak, çeperdeki bu bozunmaların ağırlık kaybına bağlı olarak artış gösterdiği, en yüksek oranda da diri odun kısmında bulunduğu gözlenmiştir. Ayrıca her iki odun kısmında boyuna traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmalar olduğu da belirlenmiştir (Şekil 4.78, Şekil 4.79, Şekil 4.80, Şekil 4.81, Şekil 4.82, Şekil 4.83, Şekil 4.84 ve Şekil 4.85). Hücre köşelerinde ve orta lamelde gözlenen ayrılmalar ile safranin boyar maddesi kullanılarak ligninin kırmızıya boyandığı hücre çeperlerinde meydana gelen renk değişimleri, selektif delignifikasyon özelliği gösteren *P. vitreus* mantarının öncelikli olarak hücre çeperlerindeki lignin ve hemiselülozları hedef aldığını göstermektedir.



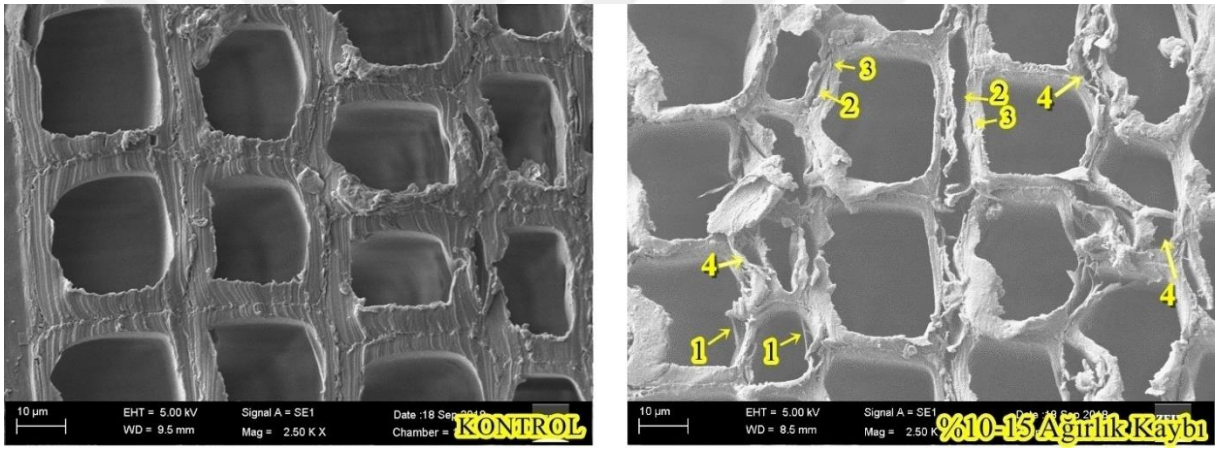
Şekil 4.78: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre çeperlerinde ve orta lamelde gözlenen ayrılmalar (oklar) (Enine kesit).



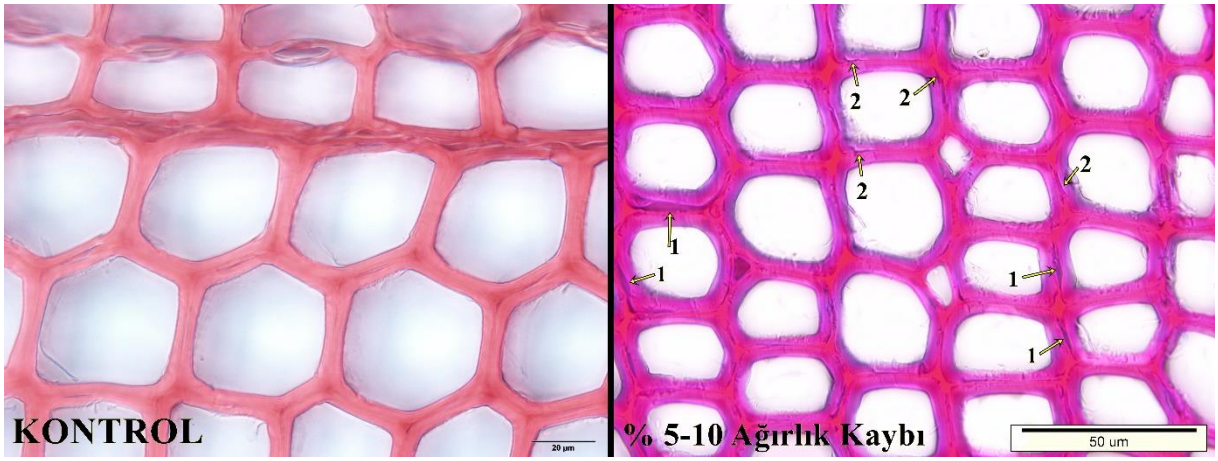
Şekil 4.79: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (1 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde (2 nolu oklar) ve orta lamelde gözlenen ayrılmalar (3 nolu oklar) (Enine kesit).



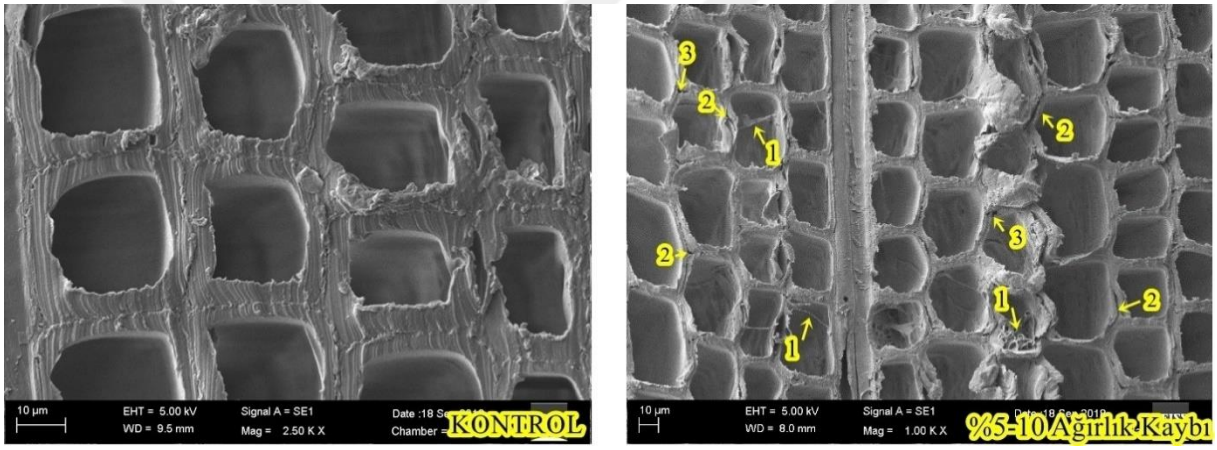
Şekil 4.80: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde gözlenen hücre çeperlerinde kopmalar (1 nolu oklar), hücre köşeleri ve orta lamelde ayrılmalar (2 nolu oklar) (Enine kesit).



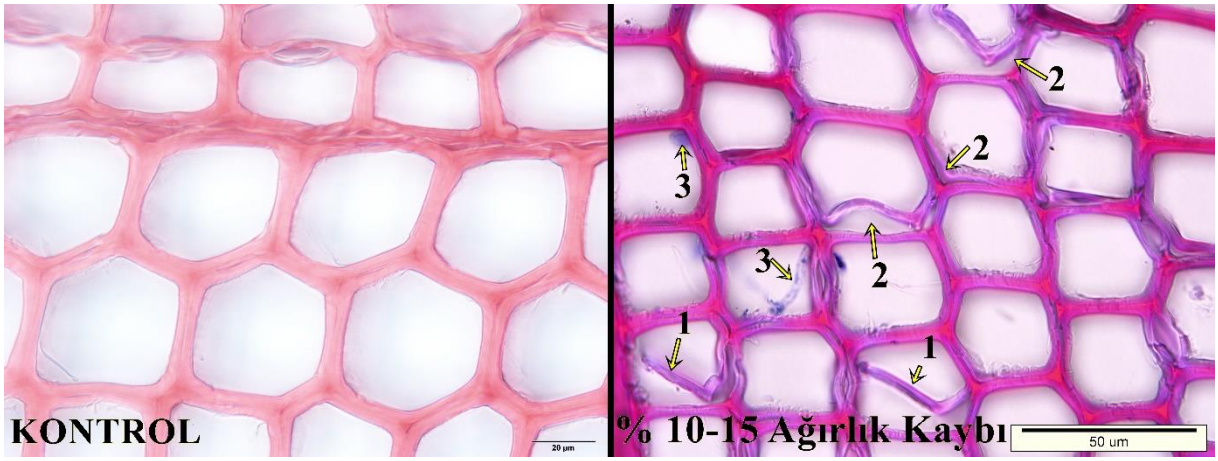
Şekil 4.81: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (1 nolu oklar), orta lamelde ayrılmalar (2 nolu oklar), hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar (3 nolu oklar) ve hücre köşelerinde ayrılmalar (4 nolu oklar) (Enine kesit).



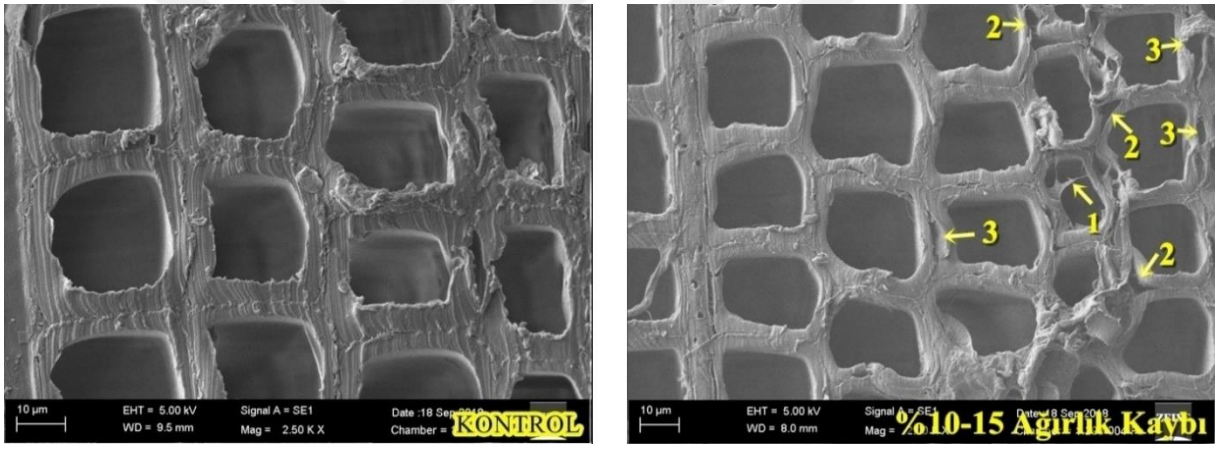
Şekil 4.82: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin orta lamelinde meydana gelen ayrılmalar (1 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar (2 nolu oklar) (Enine kesit).



Şekil 4.83: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen yoğun mantar hüfleri (1 nolu oklar) ve orta lamelde meydana gelen ayrılmalar (2 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar (3 nolu oklar) (Enine kesit).

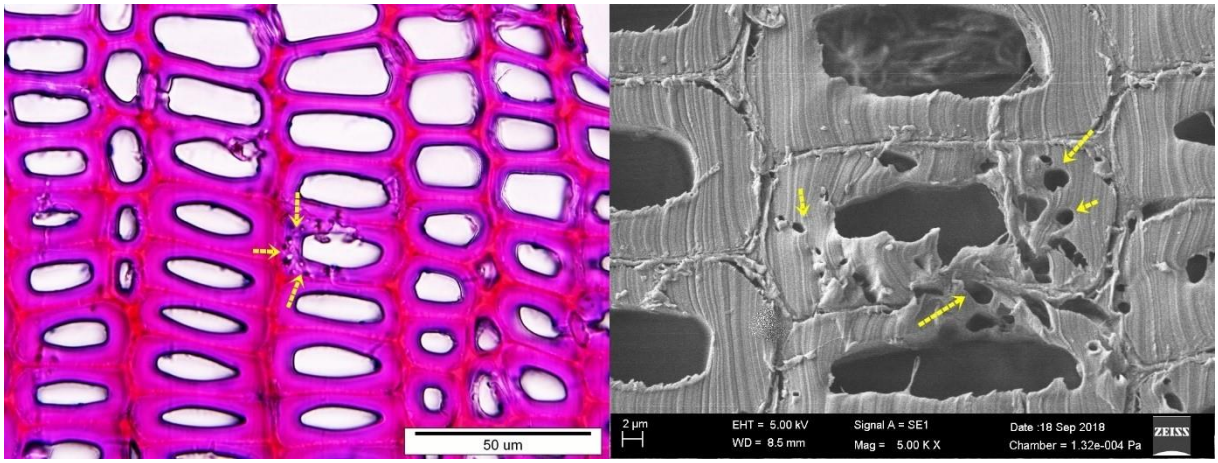


Şekil 4.84: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde hücre köşelerindeki kopmalar (1 nolu oklar), orta lamelde meydana gelen ayrılmalar (2 nolu oklar) ve boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (3 nolu oklar) (Enine kesit).



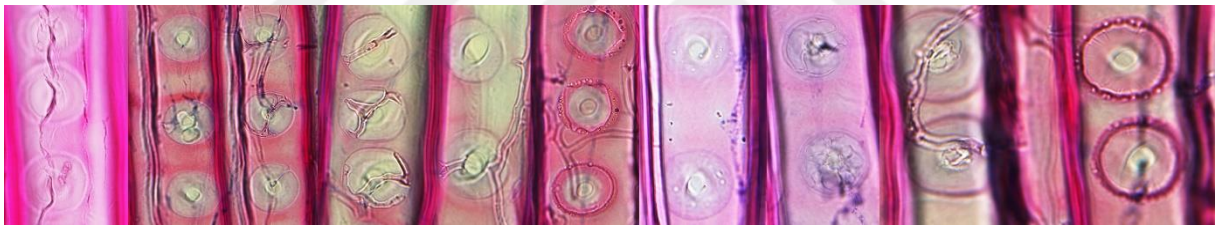
Şekil 4.85: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid hücre lümenleri içerisinde gözlenen mantar hüfleri (1 nolu oklar) ve hücre köşelerindeki ayrılmalar (2 nolu oklar) ve orta lamelde meydana gelen ayrılmalar (3 nolu oklar) (Enine kesit).

Biyolojik delme işleminde uygulanan *P. vitreus* mantarının beyaz çürüklüğün yanında yumuşak çürüklük tip I yapabildiği belirlenmiştir. Sekonder çeperin orta tabakasında küçük lokal boşlukların oluşmaya başlaması (oklar) burada yumuşak çürüklük tip I olduğunu göstermektedir (Şekil 4.86).

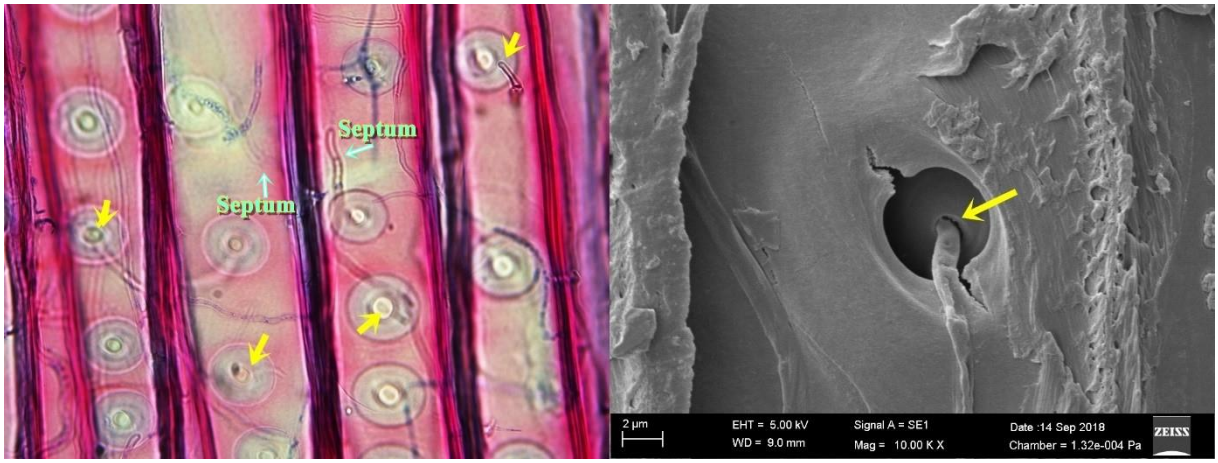


Şekil 4.86: BDS yaz odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde meydana gelen yumuşak çürüklük tip I (Enine kesit).

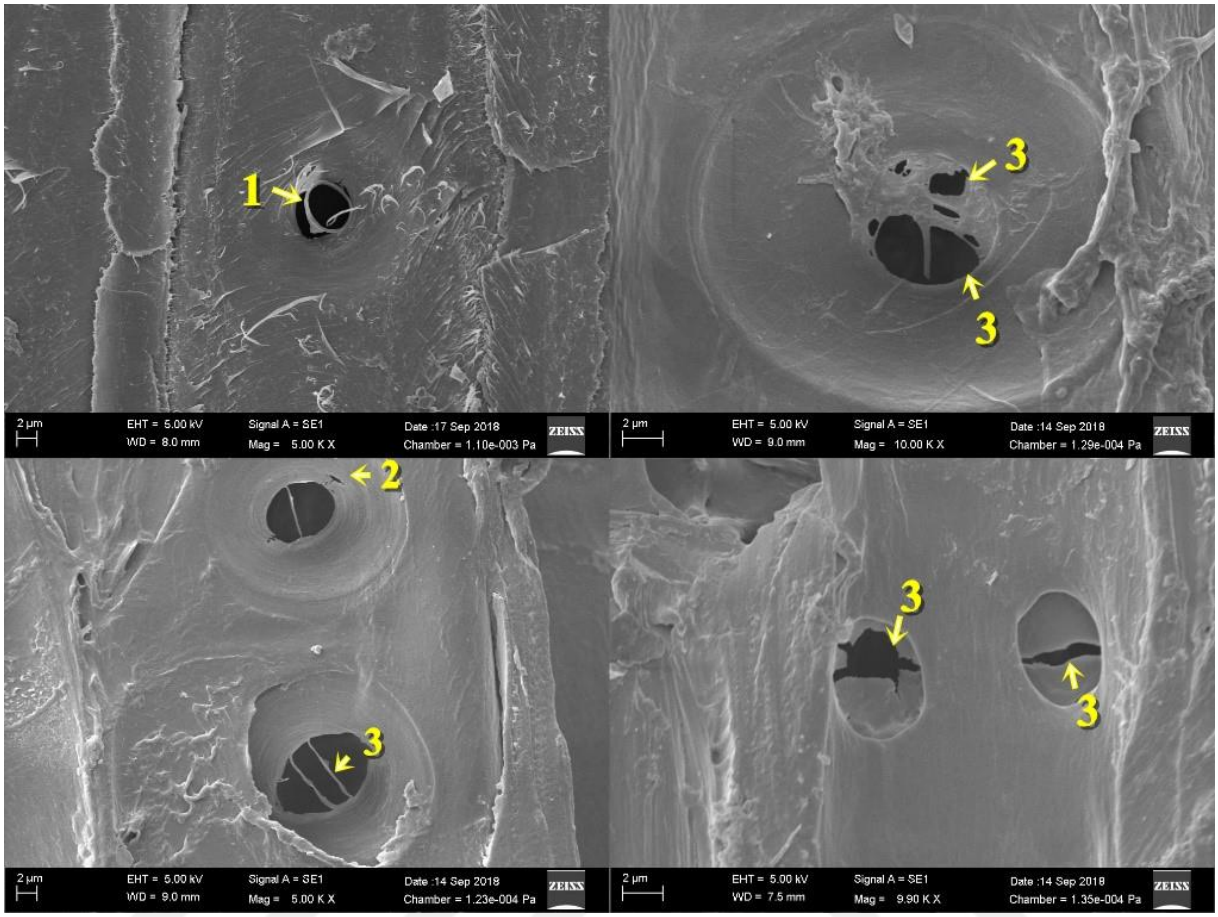
Kenarlı geçitlerin yapısında oluşan bozunmaların ise porusta ayrılmalar, torusta çatlaklar, margonun yapısında parçalanmalar şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.87, Şekil 4.88, Şekil 4.89 ve Şekil 4.90).



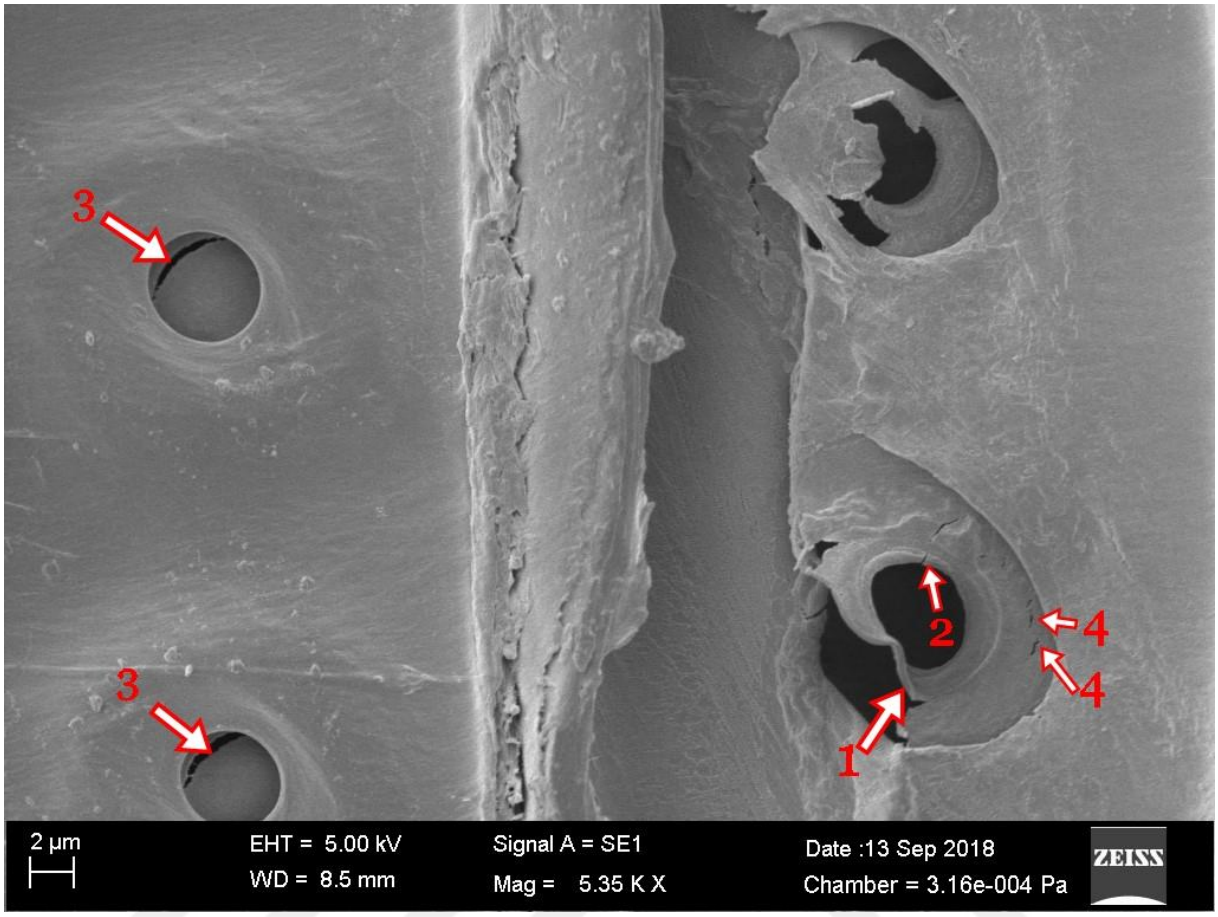
Şekil 4.87: BDS % 5-10 ve % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde *P. vitreus* mantarının boyuna traheid radyal çeperinde bulunan kenarlı geçitlerde meydana getirdiği bozunma tipleri (Radyal kesit).



Şekil 4.88: İlkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal hücre çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin torusunda gözlenen çatlaklar ve geçitlerden *P. vitreus* mantar hüflerinin (septumlu) ilerleyişi.

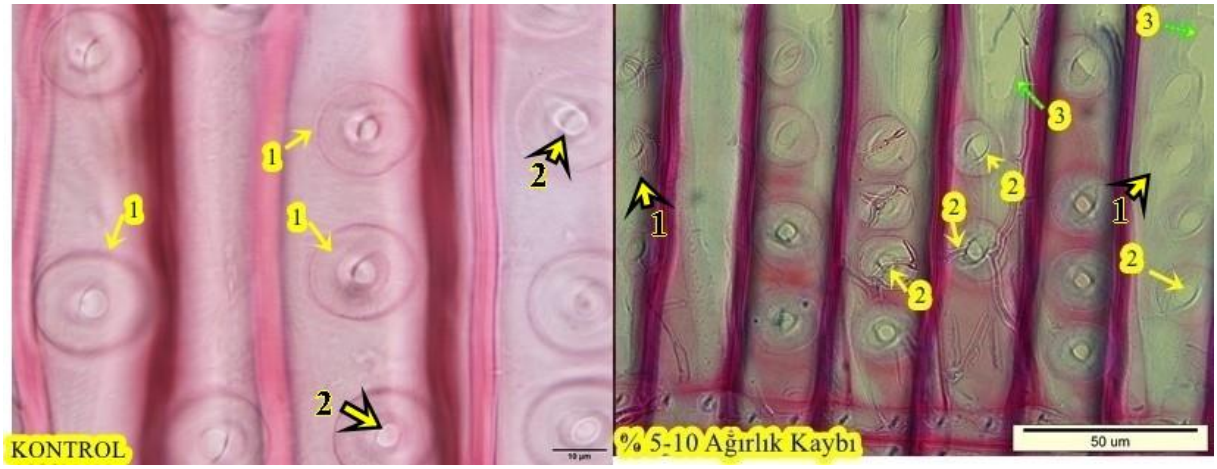


Şekil 4.89: Biyolojik delme işlemi neticesinde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid kenarlı geçitlerinde porusta ayrılma veya kopma (1 nolu ok), torusta meydana gelen çatlaklar (2 nolu ok) ve aspirasyon halindeki geçitlerin toruslarında yırtılmalar (3 nolu oklar) şeklinde kendini gösteren bazı bozunmalar.

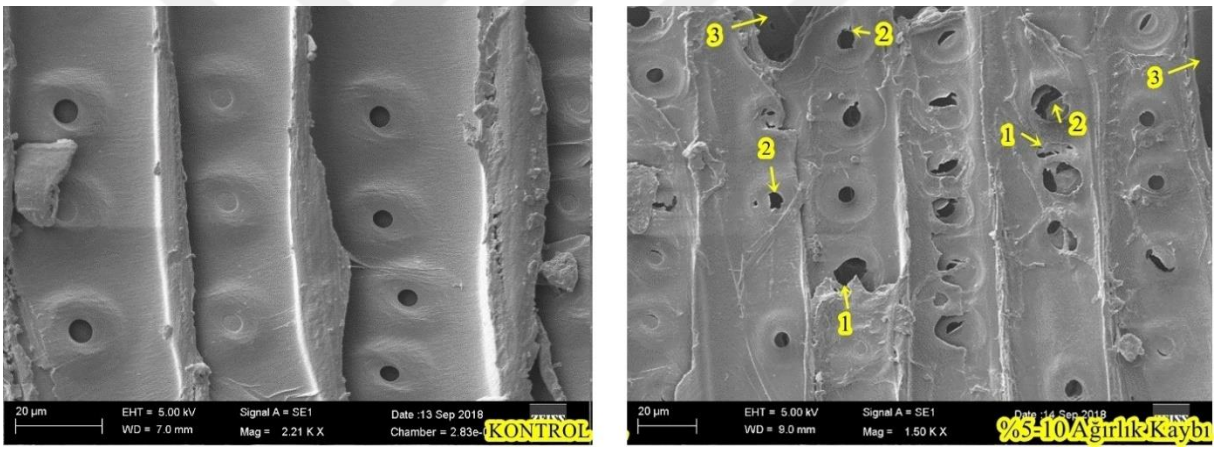


Şekil 4.90: Biyolojik delme işlemi neticesinde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid kenarlı geçitlerinde torusta ayrılma veya kopma (1 nolu ok), torusta meydana gelen çatlaklar (2 nolu ok), torusta yırtılmalar (3 nolu ok) ve margoda parçalanmalar (4 nolu oklar) şeklinde kendini gösteren bazı bozunmalar.

Kenarlı geçitlerdeki bozunmaların ağırlık kaybına bağlı olarak artış gösterdiği, en yüksek oranda da olgun odun kısmında olduğu gözlenmiştir. Geçitlerin aşırı derecede bozunmaları durumunda, boyuna traheidlerin radyal çeperleri üzerinde geçit çapını aşabilen oyukların oluştuğu ve bu oyuklarında çoğunlukla olgun odun kısmında bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.91, Şekil 4.92, Şekil 4.93, Şekil 4.94, Şekil 4.95, Şekil 4.96, Şekil 4.97, Şekil 4.98 ve Şekil 4.99).



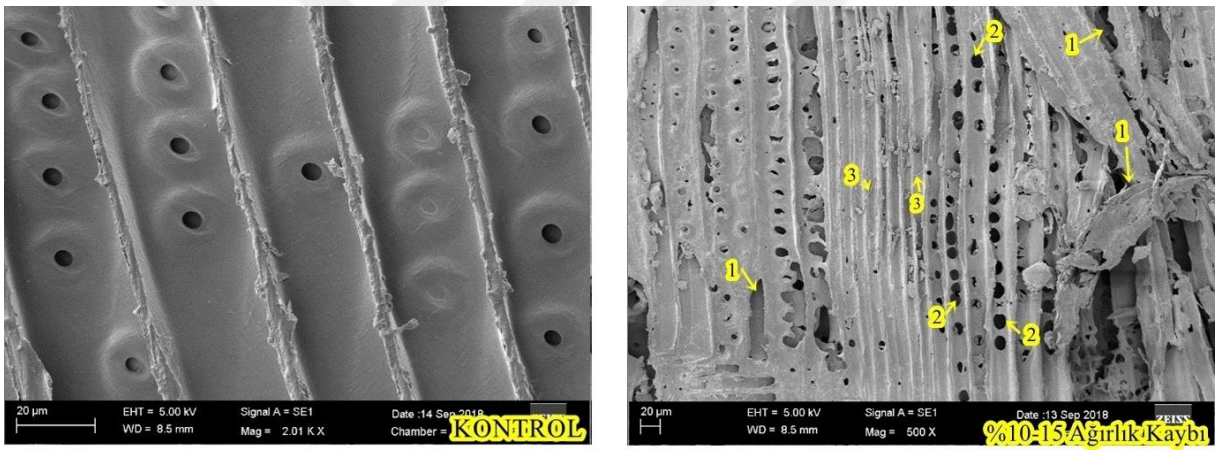
Şekil 4.91: Ladin diri odun kontrol (1 nolu oklar) ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerde (1 ve 2 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde (3 nolu oklar) görülen bozunmalar (Radyal kesit).



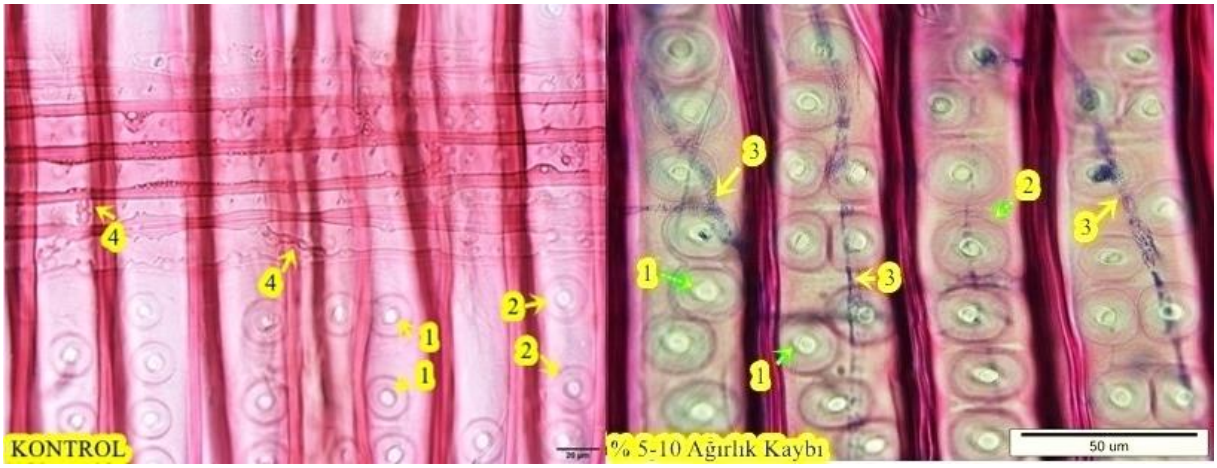
Şekil 4.92: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler (1 ve 2 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde (3 nolu oklar) görülen bozunmalar (Radyal kesit).



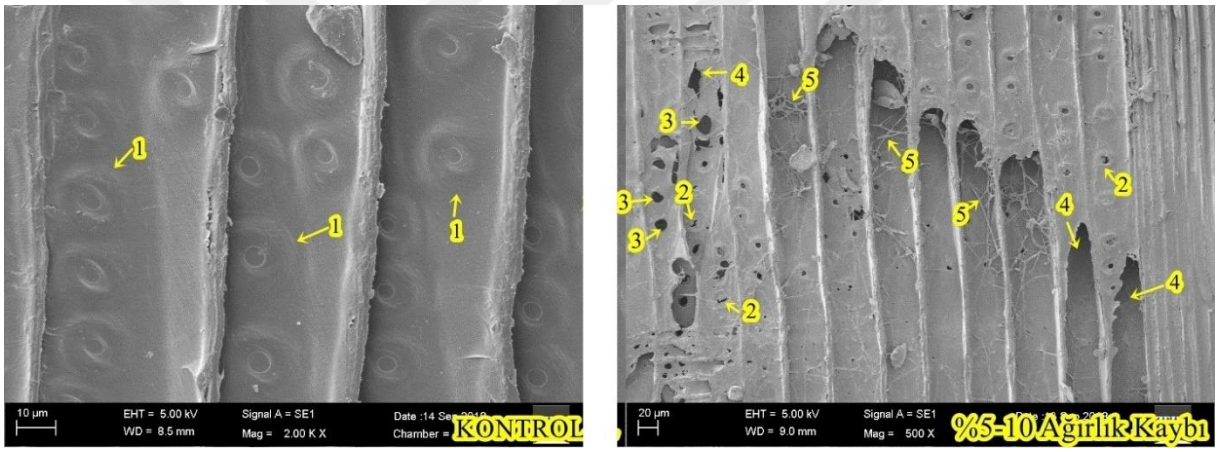
Şekil 4.93: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam (1nolu oklar), aşırı bozunmuş (2 nolu oklar) kenarlı geçitler ile boyuna traheid hücre çeperlerinde görülen bozunmalar (3 nolu oklar) ve hüfler (4 nolu oklar) (Radyal kesit).



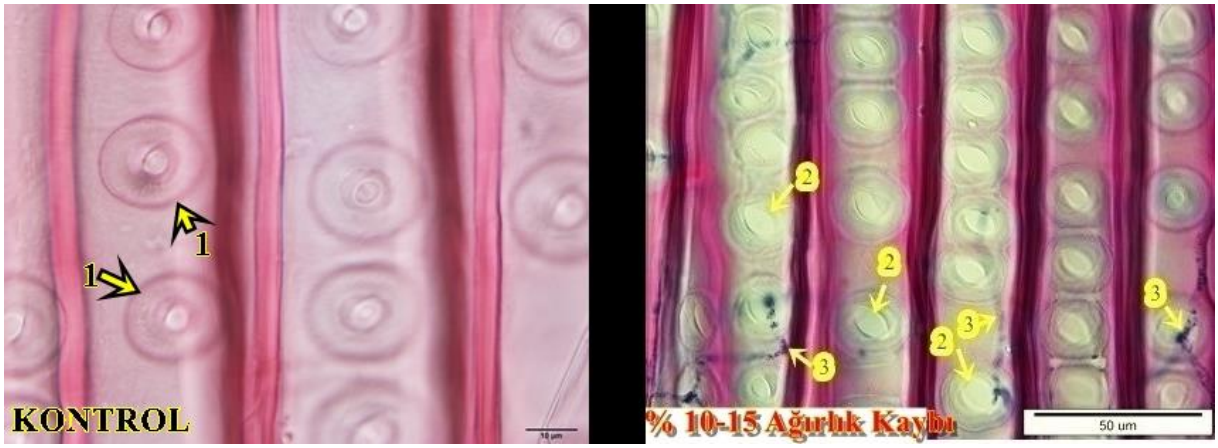
Şekil 4.94: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerindeki şiddetli bozunmalar (1 nolu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan ve şiddetli bozunma görülen kenarlı geçitler (2 nolu oklar) ve yapıyı tamamen saran yoğun mantar hüfleri (3 nolu oklar) (Radyal kesit).



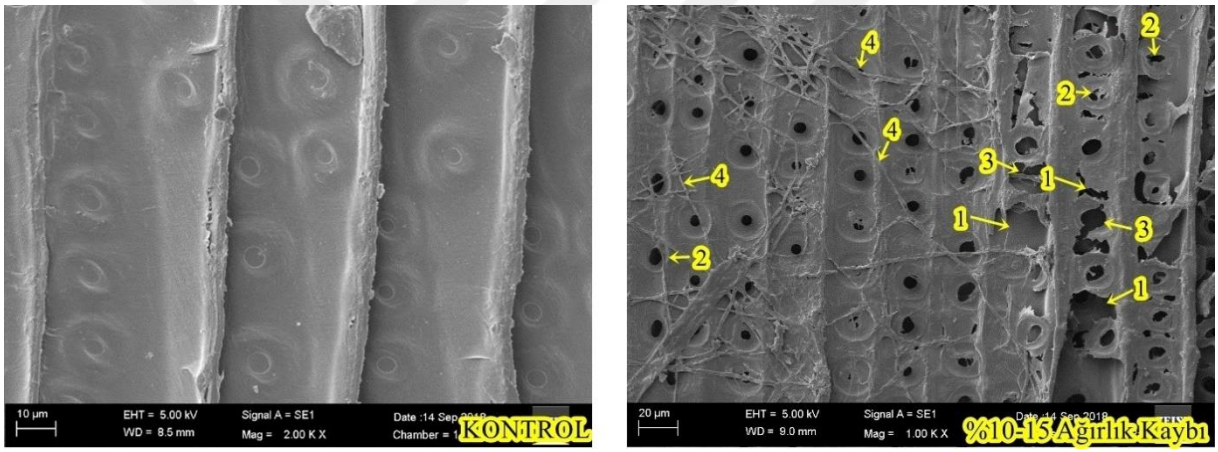
Şekil 4.95: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçitler (1 ve 2 nolu oklar), hüfler (3 nolu oklar) ve enine traheid çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler (4 nolu oklar) (Radyal kesit).



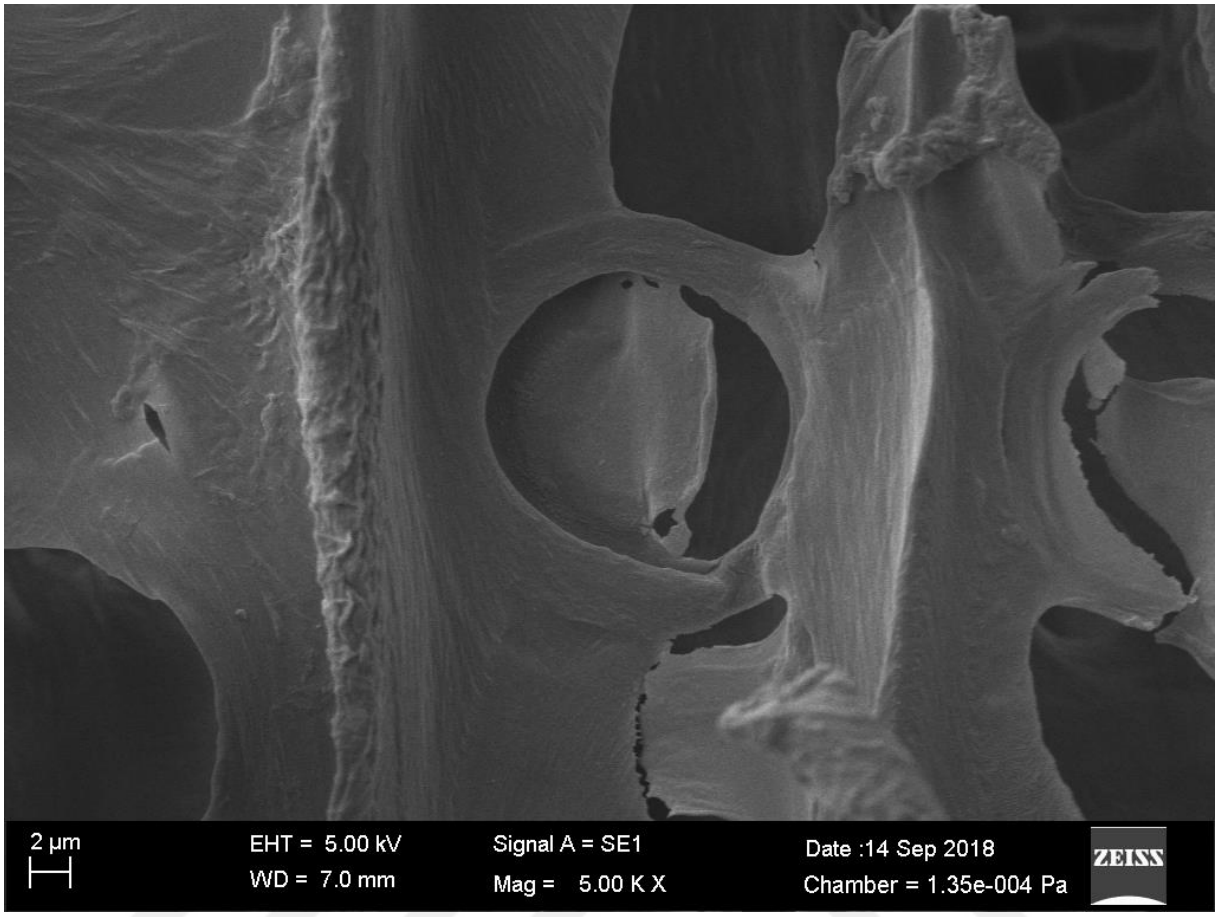
Şekil 4.96: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) kenarlı geçitler, aşırı bozunmuş boyuna traheid hücre çeperleri (4 nolu oklar) ve yoğun mantar hüfleri (5 nolu oklar) (Radyal kesit).



Şekil 4.97: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan sağlam (1 nolu oklar) ve bozunmuş (2 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (3 nolu oklar) (Radyal kesit).



Şekil 4.98: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperlerindeki şiddetli bozunmalar (1 nolu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan bozunmuş (2 nolu oklar), aşırı bozunmuş kenarlı geçitler (3 nolu oklar) ve yoğun mantar hüfleri (4 nolu oklar) (Radyal kesit).



Şekil 4.99: BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun boyuna traheidlerinin radyal çeperleri üzerinde geçit çapını aşabilen oyukların oluşması.

4.17.1.1. Mikroskopik Görsel Değerlendirmeler

Biyolojik delme işlemi sonunda ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde yıllık halkaların ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonlarında boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumlarıyla ilgili yapılan görsel değerlendirmelere ait veriler Tablo 4.79'da verilmiştir.

Tablo 4.79: BDS mikroskopik görüntülerde boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumlarıyla ilgili yapılan görsel değerlendirmeler.

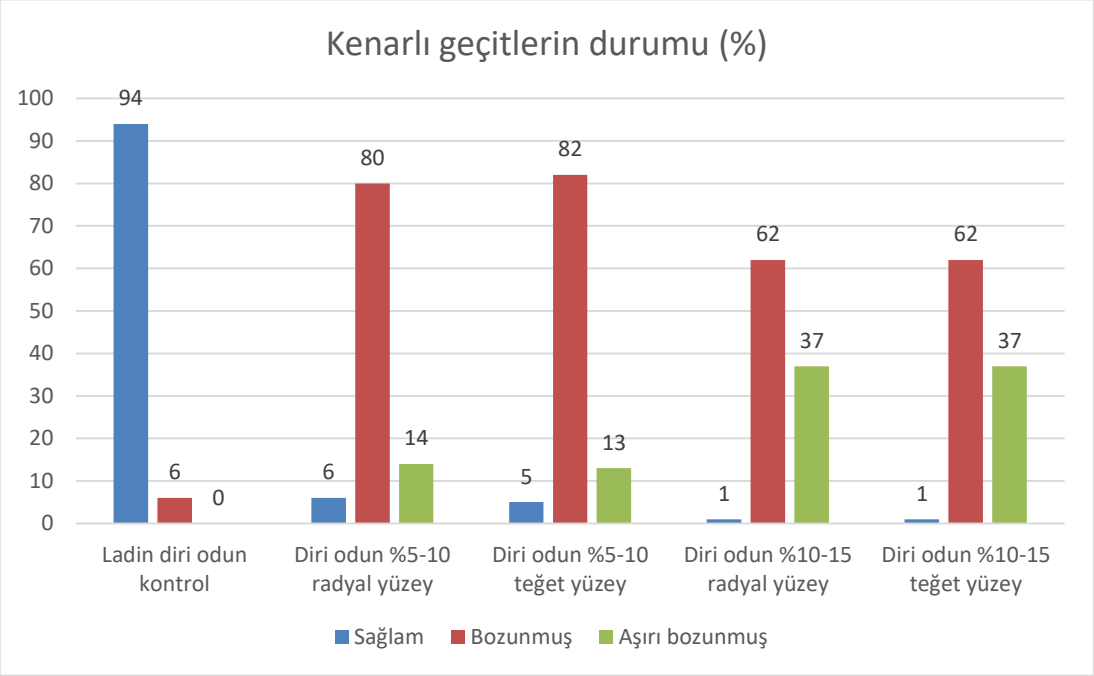
Örnek grupları	Kenarlı geçit sayımı yapılan mikroskopik görüntülerin sayısı		Kenarlı geçit durum tespiti için sayılan geçit sayısı		Sağlam (%)		Bozunmuş (%)		Aşırı bozunmuş (%)	
	İ.O	**G.Z**	**İ.O**	**G.Z**	**İ.O**	**G.Z**	**İ.O**	**G.Z**	**İ.O**	**G.Z**
Diri Odun Kontrol	40	40	1921	1599	100	100	0	0	0	0
Olgun Odun Kontrol	40	40	2693	2187	100	100	0	0	0	0
Diri Odun % 5-10 Radyal Yüzey	40	40	2347	1636	6	16	80	75	14	9
Diri Odun % 5-10 Teğet Yüzey	40	40	2706	1777	5	2	82	82	13	16
Diri Odun %10-15 Radyal Yüzey	40	40	2884	2200	1	3	62	83	37	14
Diri Odun %10-15 Teğet Yüzey	40	40	3545	2403	1	1	62	82	37	17
Olgun Odun %5-10 Radyal Yüzey	40	40	2799	2025	24	12	76	80	0	8
Olgun Odun % 5-10 Teğet Yüzey	40	40	2893	2125	10	1	82	91	8	8
Olgun Odun %10-15 Radyal Yüzey	40	40	3069	1990	8	0	86	87	6	13
Olgun Odun %10-15 Teğet Yüzey	40	40	2641	1950	1	0	82	54	17	46

İ.O: İlkbahar odunu tabakası

G.Z: Geçiş zonu.

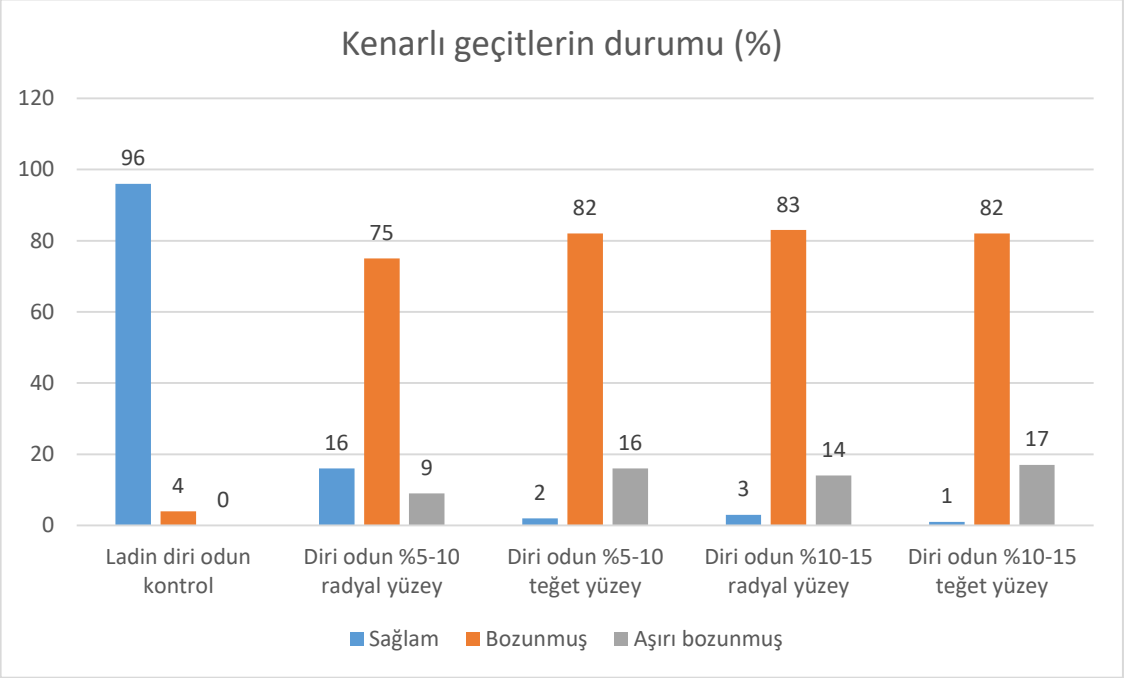
Tablo 4.79 incelendiğinde BDS ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerde en fazla bozunmanın olduğu grup ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerde en fazla bozunmanın olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ayrıca kenarlı geçitlerin bozunma durumları yüzde (%) olarak da incelenmiş ve Şekil 4.100, Şekil 4.101, Şekil 4.102 ve Şekil 4.103'de grafik halinde verilmiştir.



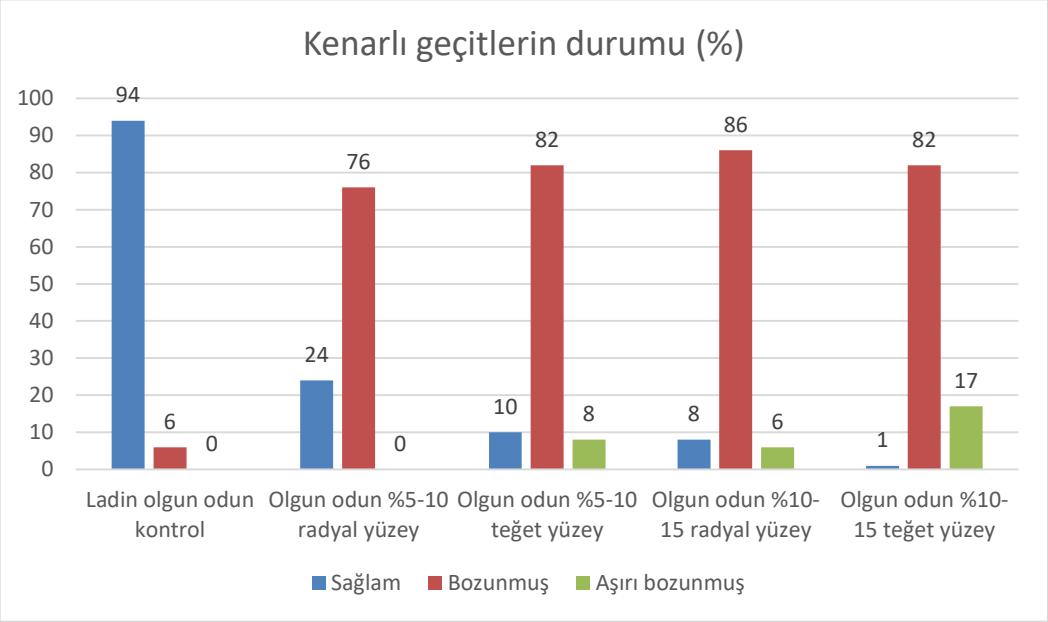
Şekil 4.100: Diri odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%).

BDÖ ladin diri odun kontrol örneklerine ait radyal kesitlerdeki ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin % 94'ü sağlam, % 6'sının bozunmuş olduğu görsel olarak yapılan tespitler sonucunda belirlenmiştir. Bununla beraber BDS diri odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 6'sının sağlam, % 80'inin bozunmuş ve % 4'ünün ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Diri odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 5'inin sağlam, % 82'sinin bozunmuş ve % 13'ünün ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Diri odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 1'inin sağlam, % 62'sinin bozunmuş ve % 37'sinin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Diri odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 1'inin sağlam, % 62'sinin bozunmuş ve % 37'sinin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.100).



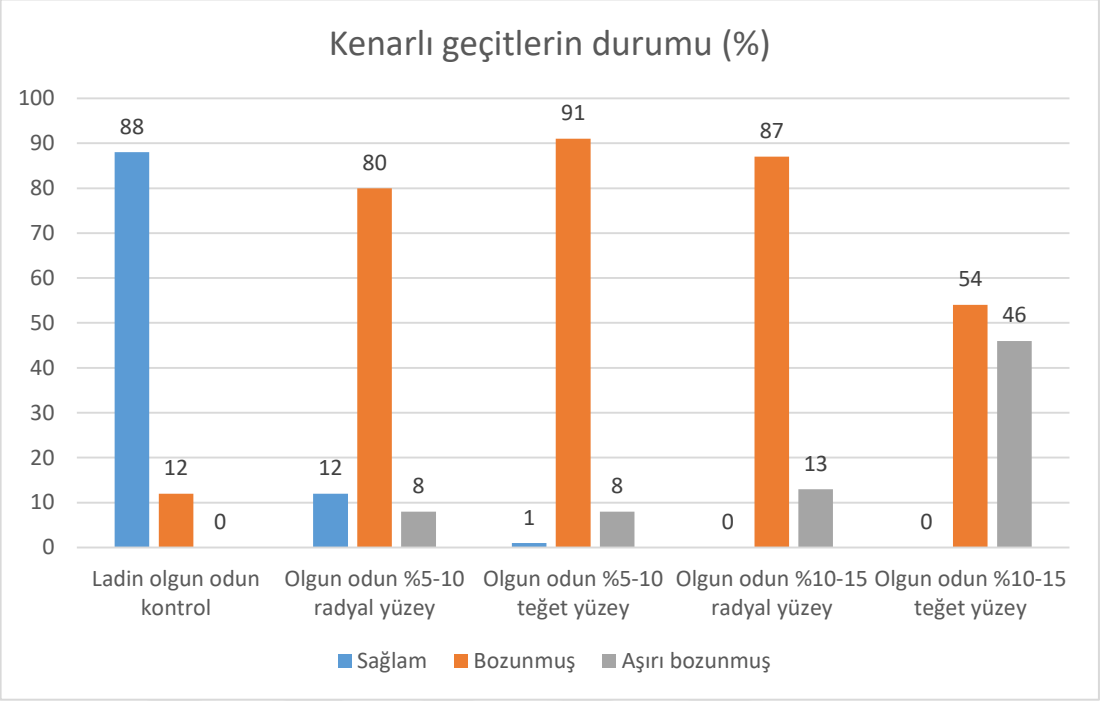
Şekil 4.101: Diri odun geçiş zonunda bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm²'deki bozunma durumları (%).

BDÖ ladin diri odun kontrol örneklerine ait radyal kesitlerdeki ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin % 96'sının sağlam, % 4'ünün bozunmuş olduğu görsel olarak yapılan tespitler sonucunda belirlenmiştir. Bununla beraber BDS diri odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 16'sının sağlam, % 75'inin bozunmuş ve % 9'unun ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Diri odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 2'sinin sağlam, % 82'sinin bozunmuş ve % 16'sının ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Diri odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 3'ünün sağlam, % 83'ünün bozunmuş ve % 14'ünün ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Diri odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 1'inin sağlam, % 82'sinin bozunmuş ve % 17'sinin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.101).



Şekil 4.102: Olgun odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%).

BDÖ ladin olgun odun kontrol örneklerine ait radyal kesitlerdeki ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin % 94'ünün sağlam, % 6'sının bozunmuş olduğu görsel olarak yapılan tespitler sonucunda belirlenmiştir. Bununla beraber BDS olgun odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin %24'ünün sağlam, % 76'sının bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Olgun odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 10'unun sağlam, % 82'sinin bozunmuş ve % 8'inin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Olgun odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 8'inin sağlam, % 86'sının bozunmuş ve % 6'sının ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Olgun odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 1'inin sağlam, % 82'sinin bozunmuş ve % 17'sinin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.102).



Şekil 4.103: Olgun odun geçiş zonunda bulunan kenarlı geçitlerin 1 mm^2'deki bozunma durumları (%).

BDÖ ladin olgun odun kontrol örneklerine ait radyal kesitlerdeki ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin % 88'inin sağlam, % 12'sinin bozunmuş olduğu görsel olarak yapılan tespitler sonucunda belirlenmiştir. Bununla beraber BDS olgun odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 12'sinin sağlam, % 80'inin bozunmuş ve % 8'inin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Olgun odun % 5-10 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 1'inin sağlam, % 91'inin bozunmuş ve % 8'inin ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Olgun odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen radyal yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 87'sinin bozunmuş ve % 13'ünün ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir. Olgun odun % 10-15 ağırlık kaybı görülen teğet yüzeyi üzerine inkübasyona bırakılan örneklerin % 54'ünün bozunmuş ve % 46'sının ise aşırı bozunmuş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.103).

4.17.1.2. Kenarlı Geçitlerle İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri

Biyolojik delme işlemi sonunda ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskobik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonunda boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin çapı (KG) ve porus çapına (KGp) (µm) ait ölçümler Tablo 4.80'de verilmiştir.

Tablo 4.80: BDÖ ve BDS boyuna traheid kenarlı geçit boyutlarına ait veriler.

Örnek grupları	Örnek sayısı		Ortalama (µm)			
			KGp		KG	
	İ.O	G.Z	İ.O	G.Z	İ.O	G.Z
Diri Odun Kontrol	1921	1599	4,95 (*1,34)	3,44 (*1,41)	18,82 (*7,43)	13,24 (*5,12)
Olgun Odun Kontrol	2693	2187	4,68 (*2,21)	4,08 (*1,27)	17,87 (*7,11)	14,46 (*6,12)
Diri Odun % 5-10 Radyal Yüzey	2347	1636	8,17 (*3,15)	5,16 (*1,14)	18,70 (*6,63)	14,87 (*4,5)
Diri Odun % 5-10 Teğet Yüzey	2706	1777	8,22 (*3,62)	7,33 (*2,16)	18,50 (*5,2)	14,52 (*6,12)
Diri Odun % 10-15 Radyal Yüzey	2884	2200	10,17 (*3,21)	6,89 (*2,48)	18,94 (*7,48)	17,04 (*7,15)
Diri Odun % 10-15 Teğet Yüzey	3545	2403	10,27 (*3,16)	7,00 (*1,39)	19,34 (*6,06)	16,17 (*5,87)
Olgun Odun % 5-10 Radyal Yüzey	2799	2025	8,67 (*1,67)	5,31 (*1,50)	19,30 (*6,22)	15,14 (*4,16)
Olgun Odun % 5-10 Teğet Yüzey	2893	2125	9,68 (*2,30)	6,48 (*1,07)	19,81 (*4,12)	15,22 (*8,85)
Olgun Odun % 10-15 Radyal Yüzey	3069	1990	13,47 (*3,90)	6,78 (*2,12)	19,87 (*7,13)	15,89 (*5,01)
Olgun Odun % 10-15 Teğet Yüzey	2641	1950	12,90 (*3,08)	7,38 (*3,29)	20,04 (*4,06)	15,98 (*4,09)

*Standart sapma.

Tablo 4.80 incelendiğinde BDS **ilkbahar odunu tabakası** boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit poruslarında en fazla bozunmanın (KGp:13,47 µm) olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Kenarlı geçitlerde en fazla bozunmanın (KG:20,04 µm) olduğu grup ise ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

BDS **geçiş zonunda** boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit poruslarında en fazla bozunmanın (KGp:7,38 µm) olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Kenarlı geçitlerde en fazla bozunmanın (KG:17,04 µm) olduğu grup ise ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir (Tablo 4.80).

BDS ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin alanları (KGa) ve porus alanları (KGp) belirlenerek sonuçlar Tablo 4.81'de verilmiştir.

Tablo 4.81: BDÖ ve BDS boyuna traheid kenarlı geçitlerinde alan hesaplamalarına ait veriler.

Örnek grupları	Örnek sayısı		Ortalama (μm²)			
			KGp		KGa	
	İ.O	G.Z	İ.O	G.Z	İ.O	G.Z
Diri Odun Kontrol	1921	1599	24,48 (*15,95)	20,74 (*12,3)	280,5 (*52,6)	141,13 (*28,69)
Olgun Odun Kontrol	2693	2187	17,09 (*10,15)	26,03 (*8,27)	237,12 (*44,70)	163,65 (*33,88)
Diri Odun % 5-10 Radyal Yüzey	2347	1636	81 (*71,07)	47,16 (*26,77)	282,76 (*48,94)	173,06 (*37,5)
Diri Odun % 5-10 Teğet Yüzey	2706	1777	86,57 (*81,13)	84,34 (*65,86)	276,61 (*46,5)	177,24 (*48,74)
Diri Odun % 10-15 Radyal Yüzey	2884	2200	128,95 (*109,91)	78 (*55,45	290,26 (*56,46)	219,67 (*52,27)
Diri Odun % 10-15 Teğet Yüzey	3545	2403	106,35 (*56,67)	86,89 (*49,59)	295 (*54,06)	207,03 (*50,67)
Olgun Odun % 5-10 Radyal Yüzey	2799	2025	75,69 (*48,67)	45,16 (*15,51)	289 (*50,22)	183,30 (*37,19)
Olgun Odun % 5-10 Teğet Yüzey	2893	2125	90,14 (*64,37)	58,9 (*23,67)	305,28 (*51,62)	191,64 (*33,85)
Olgun Odun % 10-15 Radyal Yüzey	3069	1990	109,21 (*77,93)	74,48 (*27,54)	282,47 (*50,43)	195,81 (*32,81)
Olgun Odun %10-15 Teğet Yüzey	2641	1950	113,56 (*86,1)	85,37 (*35,25)	304,48 (*50,76)	191,77 (*38,49)

*Standart sapma.

Tablo 4.81 incelendiğinde BDS **ilkbahar odunu tabakası** boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit poruslarında en fazla bozunmanın (KGp:128,95 μm²) olduğu grup ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen ve radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Kenarlı geçitlerde en fazla bozunmanın (KGa:305,28 μm²) olduğu grup ise ladin olgun odun kısmına ait % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen ve teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

BDS **geçiş zonunda** boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit poruslarında en fazla bozunmanın (KGp:86,89 μm²) olduğu grup ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen ve teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Kenarlı geçitlerde en fazla bozunmanın (KGa:219,67 μm²) olduğu grup ise ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen ve radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir (Tablo 4.81).

BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **ilkbahar odunu tabakası hem ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de geçit alanı (KGa) ve porus alanı (KGp) arasında istatistiki anlamda fark

bulunmuştur (p<0,01). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.82).

Tablo 4.82: BDÖ ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	24,48C	17,09D	20,79B
Geçit alanı	280,50A	237,12B	258,81A
Ortalama	152,49A	127,11B	Fodun: 1163,39** Fgeçit kısmı:102263,9** Fgeçit kısmıxodun: 584,26**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (258,81 μm^2) porus alanı (20,79 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Bununla beraber tespit edilen diri odun geçit alan değeri (152,49 μm^2) olgun odun geçit alan değerine (127,11 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Ayrıca diri odun geçit alanı (280,50 μm^2) farklı bir grupta yer alan olgun odun geçit alanı (237,12 μm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (24,48 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (17,09 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,01) (Tablo 4.82).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **geçiş zonu hem ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur (p<0,01). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.83).

Tablo 4.83: BDÖ geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	20,74D	26,03C	23,38B
Geçit alanı	141,13B	163,65A	152,39A
Ortalama	80,93B	94,84A	Fodun: 640,80** Fgeçit kısmı:55178,11** Fgeçit kısmıxodun: 245,90**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre geçiş zonu tabakası kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (152,39 μm^2) porus alanına (23,38 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber olgun odun geçit alan değeri (94,84 μm^2) diri odun geçit alan değerine (80,93 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca olgun odun geçit alanı (163,65 μm^2) farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (141,13 μm^2) başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (26,03 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan diri odun porus alanı (20,74 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.83).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **hem farklı yıllık halka tabakaları (İlkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu)** hem de geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve yıllık halka tabakaları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.84).

Tablo 4.84: BDÖ kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı yıllık halka tabakalarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	İlkbahar Odunu Tabakası	Geçiş Zonu	Ortalama
Porus alanı	20,17D	23,79C	21,98B
Geçit alanı	255,19A	154,14B	204,66A
Ortalama	137,68A	88,96B	Fyıllık halka tabakası: 9037,16** Fgeçit kısmı:127104,5** Fgeçit kısmıxyıllık halka tabakası: 10432,86**

	Geçit kısmı ortalama
	Yıllık halka tabakası ortalama
	Geçit kısmı x Yıllık halka tabakası ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası + geçiş zonu kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (204,66 μm^2) porus alanı (21,98 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber ilkbahar odunu tabakası geçit alanı (137,68 μm^2) geçiş zonu geçit alanına (88,96 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca ilkbahar odunu tabakası geçit alanı (255,19 μm^2) farklı bir grupta yer alan geçiş zonu geçit alanı (154,14 μm^2) başka bir grupta yer alan geçiş zonu porus alanı (23,79 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan ilkbahar odunu tabakası porus alanı (20,17 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.84).

BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **ilkbahar odunu tabakası hem ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur

(p<0,05). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.85).

Tablo 4.85: BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	102,18C	97,15D	99,67B
Geçit alanı	286,97B	294,96A	290,97A
Ortalama	194,58b	196,05a	Fodun: 4,70* Fgeçit kısmı:78934,03** Fgeçit kısmıxodun: 91,43**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Yıllık halka tabakası ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (290,97 μm^2) porus alanı (99,67 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Bununla beraber olgun odun alan değeri (196,05 μm^2) diri odun alan değerine (194,58 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,05). Ayrıca olgun odun geçit alanı (294,96 μm^2) farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (286,97 μm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (102,18 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (97,15 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,01) (Tablo 4.85).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **geçiş zonu hem ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.86).

Tablo 4.86: BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	75,78C	65,68D	70,73B
Geçit alanı	196,96A	190,61B	193,79A
Ortalama	136,37A	128,14B	Fodun: 279,02** Fgeçit kısmı: 62429,81** Fgeçit kısmıxodun: 14,49**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (193,79 µm^2) porus alanı (70,73 µm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Bununla beraber diri odun alan değeri (136,37 µm^2) olgun odun alan değerine (128,14 µm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Ayrıca diri odun geçit alanı (196,96 µm^2) farklı bir grupta yer alan olgun odun geçit alanı (190,61 µm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (75,78 µm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (65,68 µm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,01) (Tablo 4.86).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **ilkbahar odunu tabakası hem farklı odun yüzeyleri** hem de porus alanı ve geçit alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun yüzeyleri arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.87).

Tablo 4.87: BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Radyal Yüzey	Teğet Yüzey	Ortalama
Porus alanı	99,92C	99,44C	99,68B
Geçit alanı	286,20B	295,42A	290,81A
Ortalama	193,06B	197,43A	Fodun yüzeyi: 41,19** Fgeçit kısmı:78718,17** Fgeçit kısmıxodun yüzeyi: 50,67**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun yüzeyi ortalama
	Geçit kısmı x Odun yüzeyi ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (290,81 µm^2) porus alanı (99,68 µm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Bununla beraber teğet yüzey alan değeri (197,43 µm^2) radyal yüzey alan değerine (193,06 µm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Ayrıca teğet yüzey geçit alanı (295,42 µm^2) farklı bir grupta yer alan radyal yüzey geçit alanı (286,20 µm^2) başka bir grupta yer alan radyal yüzey porus alanı (99,92 µm^2) ve teğet yüzey porus alanı (99,44 µm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,01) (Tablo 4.87).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **geçiş zonu hem farklı odun yüzeyleri** hem de geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun yüzeyleri arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.88).

Tablo 4.88: BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Radyal Yüzey	Teğet Yüzey	Ortalama
Porus alanı	62,21C	78,78B	70,50B
Geçit alanı	194,53A	193,05A	193,79A
Ortalama	128,37B	135,92A	Fodun yüzeyi: 236,52** Fgeçit kısmı:63172,1** Fgeçit kısmıxodun yüzeyi: 338,18**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun yüzeyi ortalama
	Geçit kısmı x Odun yüzeyi ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (193,79 μm^2) porus alanı (70,50 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber teğet yüzey alan değeri (135,92 μm^2) radyal yüzey alan değerine (128,37 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca aynı grupta yer alan radyal yüzey geçit alanı (194,53 μm^2) ve teğet yüzey geçit alanı (193,05 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan teğet yüzey porus alanı (78,78 μm^2) ve yine başka bir grupta yer alan radyal yüzey porus alanı (62,21 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.88).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **ilkbahar odunu tabakası hem farklı ağırlık kayıpları** hem de porus alanı ve geçit alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve meydana gelen ağırlık kayıpları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.89).

Tablo 4.89: BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
Porus alanı	83,48D	114,01C	98,74B
Geçit alanı	288,90B	292,77A	290,83A
Ortalama	186,19B	203,39A	Fağırlık kaybı: 648,66** Fgeçit kısmı: 80922,02** Fgeçit kısmıxağırlık kaybı:389,91**

	Geçit kısmı ortalama
	Ağırlık kaybı ortalama
	Geçit kısmı x Ağırlık kaybı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (290,83 μm^2) porus alanı (98,74 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber % 10-15 ağırlık kaybı tespit edilen alan değeri (203,39 μm^2) % 5-10 ağırlık kaybı tespit edilen alan değerine (186,19 μm^2) nazaran daha

yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Ayrıca % 10-15 ağırlık kaybı geçit alanı (292,77 μm^2) farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı geçit alanı (186,19 μm^2) başka bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı porus alanı (114,01 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı porus alanı (83,48 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,01) (Tablo 4.89).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **geçiş zonu hem farklı ağırlık kayıpları** hem de porus alanı ve geçit alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur (p<0,01). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve meydana gelen ağırlık kayıpları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.90).

Tablo 4.90: BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
Porus alanı	58,66	81,36	70,01B
Geçit alanı	182	204,19	193,10A
Ortalama	120,33B	142,78A	Fağırlık kaybı: 2189,52** Fgeçit kısmı: 65855,01** Fgeçit kısmıxağırlık kaybı:0,29ns

	Geçit kısmı ortalama
	Ağırlık kaybı ortalama
	Geçit kısmı x Ağırlık kaybı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre BDS geçiş zonu kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (193,10 μm^2) porus alanı (70,01 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Bununla beraber % 10-15 ağırlık kaybı tespit edilen alan değeri (142,78 μm^2) % 5-10 ağırlık kaybı tespit edilen alan değerine (120,33 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01) (Tablo 4.90).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde **hem farklı yıllık halka tabakaları** hem de porus alanı ve geçit alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve yıllık halka tabakaları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.91).

Tablo 4.91: BDS kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı yıllık halka tabakalarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	İlkbahar Odunu Tabakası	Geçiş Zonu	Ortalama
Porus alanı	99,67C	70,70D	85,19B
Geçit alanı	290,95A	193,77B	242,36A
Ortalama	195,31A	132,24B	Fyıllık halka tabakası: 19119** Fgeçit kısmı:118715,8** Fgeçit kısmıxyıllık halka tabakası: 5589,6**

	Geçit kısmı ortalama
	Yıllık halka tabakası ortalama
	Geçit kısmı x Yıllık halka tabakası ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası + geçiş zonu kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (242,36 μm^2) porus alanı (85,19 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber ilkbahar odun tabakası alan değeri (195,31 μm^2) geçiş zonu alan değerine (132,24 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca ilkbahar odunu tabakası geçit alanı (290,95 μm^2) farklı bir grupta yer alan geçiş zonu geçit alanı (193,77 μm^2) başka bir grupta yer alan ilkbahar odunu tabakası porus alanı (99,67 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan geçiş zonu porus alanı (70,70 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.91).

BDÖ ve BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

İlkbahar odunu tabakası farklı odun kısımları boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit ve geçit porus alanlarının biyolojik delme işlemine bağlı olarak karşılaştırılması çalışmalarında şu tespitler yapılmıştır; porus alanı ve geçit alanı esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS tespit edilen alanlar (μm^2) bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımlarında ölçülen alanlar hem de odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme*Geçit kısmı, Biyolojik delme*Odun kısmı ve Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.92 ve Tablo 4.93).

Tablo 4.92: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Biyolojik delme	1	23114890	4999,647	0,0000
Geçit kısmı	1	345598563	74751,43	0,0000
Odun kısmı	1	1072128	231,8965	<,0001
Biyolojik delme*Geçit kısmı	1	4093996	885,5131	<,0001
Biyolojik delme*Odun kısmı	1	1353063	292,6615	<,0001
Geçit kısmı*Odun kısmı	1	247143	53,4560	<,0001
Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı	1	1125655	243,4742	<,0001

Tablo 4.93: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	ORTALAMA
BDÖ	Porus alanı	24,48G	17,09H	20,79D
	Geçit alanı	280,50C	237,12D	258,81B
ORTALAMA		152,49B	127,11C	139,80B
BDS	Porus alanı	102,18E	97,15F	99,67C
	Geçit alanı	286,97B	294,96A	290,97AB
ORTALAMA		194,58A	196,05A	195,32A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	63,33C	57,12D	60,23B
	Geçit alanı	283,74A	266,04B	274,89A
GENEL ORTALAMA		173,54A	161,58B	

	Biyolojik delme ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Biyolojik delme x Odun kısmı interaksiyonu
	Biyolojik delme x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Biyolojik delme x Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS tespit edilen alan değeri (195,32 μm^2) BDÖ tespit edilen alan değerine (139,80 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber diri odunda tespit edilen alan değeri (173,54 μm^2) olgun odunda tespit edilen alan değerine (161,58 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Geçit alanı (274,89 μm^2) porus alanına (60,23 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Aynı grupta yer alan BDS olgun odun alan değeri (196,05 μm^2) ve BDS diri odun alan değeri (194,58 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun alan değeri (152,49 μm^2) ve başka bir grupta yer alan BDÖ olgun odun alan değeri (127,11 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Yine BDS geçit alanı (290,97 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ geçit alanı (258,81 μm^2) başka bir

grupta yer alan BDS porus alanı (99,67 μm^2) yine başka bir grupta yer alan BDÖ porus alanı (20,79 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca diri odun geçit alanı (283,74 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun geçit alanı (266,04 μm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (63,33 μm^2) yine başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (57,12 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Diğer bir taraftan BDS olgun odun geçit alanı (294,96 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS diri odun geçit alanı (286,97 μm^2) ve başka bir grupta yer alan BDÖ diri odun geçit alanı (280,50 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDÖ olgun odun geçit alanı (237,12 μm^2), başka bir grupta yer alan BDS diri odun porus alanı (102,18 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDS olgun odun porus alanı (97,15 μm^2), başka bir grupta yer alan BDÖ diri odun porus alanı (24,48 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDÖ olgun odun porus alanı (17,09 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.93).

Geçiş zonu farklı odun kısımları boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit ve geçit porus alanlarının biyolojik delme işlemine bağlı olarak karşılaştırılması çalışmalarında şu tespitler yapılmıştır; porus alanı ve geçit alanı esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS tespit edilen alanlar (μm^2) bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımlarında ölçülen alanlar hem de odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme*Geçit kısmı, Biyolojik delme*Odun kısmı ve Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.94 ve Tablo 4.95).

Tablo 4.94: Geçiş zonunda biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Biyolojik delme	1	11833775	7011,613	0,0000
Geçit kısmı	1	95472644	56568,36	0,0000
Odun kısmı	1	48399	28,6771	<,0001
Biyolojik delme*Geçit kısmı	1	53122	31,4752	<,0001
Biyolojik delme*Odun kısmı	1	735841	435,9922	<,0001
Geçit kısmı*Odun kısmı	1	165251	97,9128	<,0001
Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı	1	68202	40,4100	<,0001

Tablo 4.95: Geçiş zonunda biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	ORTALAMA
BDÖ	Porus alanı	20,74H	26,03G	23,38D
	Geçit alanı	141,13D	163,65C	152,39B
ORTALAMA		80,93D	94,84C	87,89B
BDS	Porus alanı	75,77E	65,68F	70,73C
	Geçit alanı	196,96A	190,61B	193,79A
ORTALAMA		136,37A	128,14B	132,26A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	48,26C	45,85D	47,05B
	Geçit alanı	169,05B	177,13A	173,09A
GENEL ORTALAMA		108,65B	111,49A	

	Biyolojik delme ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Biyolojik delme x Odun kısmı interaksiyonu
	Biyolojik delme x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Biyolojik delme x Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS tespit edilen alan değeri (132,26 μm^2) BDÖ tespit edilen alan değerine (87,89 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber olgun odunda tespit edilen alan değeri (111,49 μm^2) diri odunda tespit edilen alan değerine (108,65 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Geçit alanı (173,09 μm^2) porus alanına (47,05 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). BDS diri odunda tespit edilen alan değeri (136,37 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS olgun odun alan değeri (128,14 μm^2) başka bir grupta yer alan BDÖ olgun odun alan değeri (94,84 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun alan değeri (80,93 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Yine BDS geçit alanı (193,79 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ geçit alanı (152,39 μm^2) başka bir grupta yer alan BDS porus alanı (70,73 μm^2) yine başka bir grupta yer alan BDÖ porus alanı (23,38 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca olgun odun geçit alanı (177,13 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (169,05 μm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (48,26 μm^2) yine başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (45,85 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Diğer bir taraftan BDS diri odun geçit alanı (196,96 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS olgun odun geçit alanı (190,61 μm^2) ve başka

bir grupta yer alan BDÖ olgun odun geçit alanı (163,65 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun geçit alanı (141,13 μm^2), başka bir grupta yer alan BDS diri odun porus alanı (75,77 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDS olgun odun porus alanı (65,68 μm^2), başka bir grupta yer alan BDÖ olgun odun porus alanı (26,03 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun porus alanı (20,74 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.95).

Farklı yıllık halka tabakalarında boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçit ve geçit porus alanlarının biyolojik delme işlemine bağlı olarak karşılaştırılması çalışmalarında şu tespitler yapılmıştır; porus alanı ve geçit alanı esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS tespit edilen alanlar bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımlarında ölçülen alanlar hem de yıllık halka tabakalarına bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme*Geçit kısmı, Biyolojik delme*Yıllık halka tabakası ve Geçit kısmı*Yıllık halka tabakası arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca, Biyolojik delme*Geçit kısmı*Yıllık halka tabakası arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.96 ve Tablo 4.97).

Tablo 4.96: Biyolojik delme işlemi, yıllık halka tabakası ve kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Biyolojik delme	1	34715721	10120,01	0,0000
Geçit kısmı	1	393763369	114786,3	0,0000
Yıllık halka tabakası	1	42602179	12419	0,0000
Biyolojik delme*Geçit kısmı	1	2218152	646,6153	<,0001
Biyolojik delme*Yıllık halka tabakası	1	703447	205,0623	<,0001
Geçit kısmı*Yılllık halka tabakası	1	25474401	7426,063	0,0000
Biyolojik delme*Geçit kısmı*Yıllık halka tabakası	1	1133350	330,3836	<,0001

Tablo 4.97: Biyolojik delme işlemi, yıllık halka tabakası ve geçit kısımlarının kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		İlkbahar Odunu Tabakası	Geçiş Zonu	ORTALAMA
BDÖ	Porus alanı	20,17G	23,79G	21,98D
	Geçit alanı	255,19B	154,14D	204,66B
ORTALAMA		137,68B	88,96D	113,32B
BDS	Porus alanı	99,67E	70,70F	85,19C
	Geçit alanı	290,95A	193,77C	242,36A
ORTALAMA		195,31A	132,24C	163,78A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	59,92C	47,25D	53,58B
	Geçit alanı	273,07A	173,95B	223,51A
GENEL ORTALAMA		166,49A	110,60B	

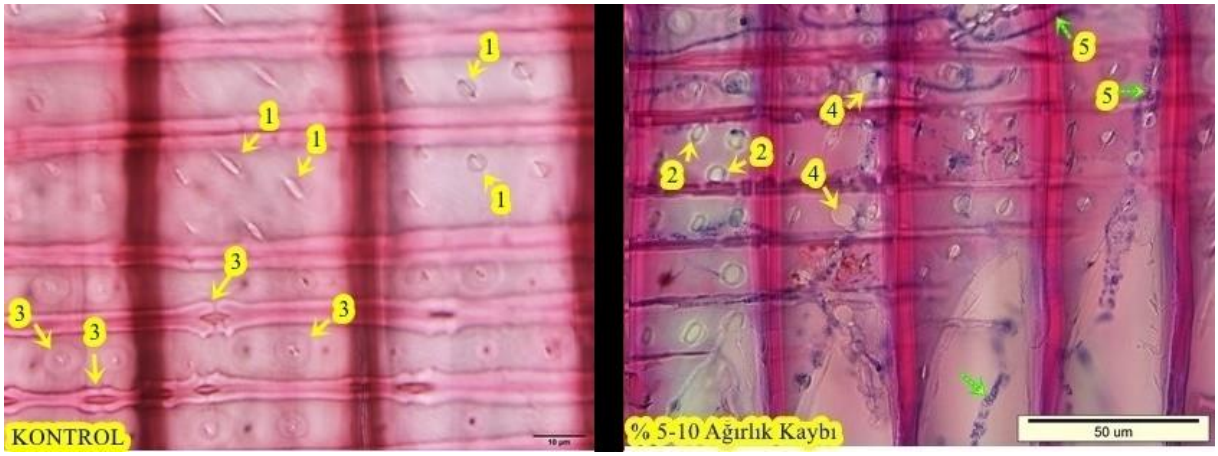
	Biyolojik delme ortalama
	Yıllık halka tabakası ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Biyolojik delme x Yıllık halka tabakası interaksiyonu
	Biyolojik delme x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Yıllık halka tabakası x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Biyolojik delme x Yıllık halka tabakası x Geçit kısım alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS tespit edilen alan değeri (163,78 μm^2) BDÖ tespit edilen alan değerine (113,32 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber ilkbahar odunu tabakasında tespit edilen alan değeri (166,49 μm^2) geçiş zonunda tespit edilen alan değerine (110,60 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). İlkbahar odunu tabakası + geçiş zonu geçit alanı (223,51 μm^2) ilkbahar odunu tabakası + geçiş zonu porus alanına (53,58 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). BDS ilkbahar odunu tabakasında tespit edilen alan değeri (195,31 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ ilkbahar odunu tabakası alan değeri (137,68 μm^2), başka bir grupta yer alan BDS geçiş zonu alan değeri (132,24 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan BDÖ geçiş zonu alan değeri (88,96 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Yine BDS geçit alanı (242,36 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ geçit alanı (204,66 μm^2) başka bir grupta yer alan BDS porus alanı (85,19 μm^2) yine başka bir grupta yer alan BDÖ porus alanı (21,98 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca ilkbahar odunu tabakası geçit alanı (273,07 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan geçiş zonu geçit alanı (173,95 μm^2), başka bir grupta yer alan ilkbahar odunu tabakası porus

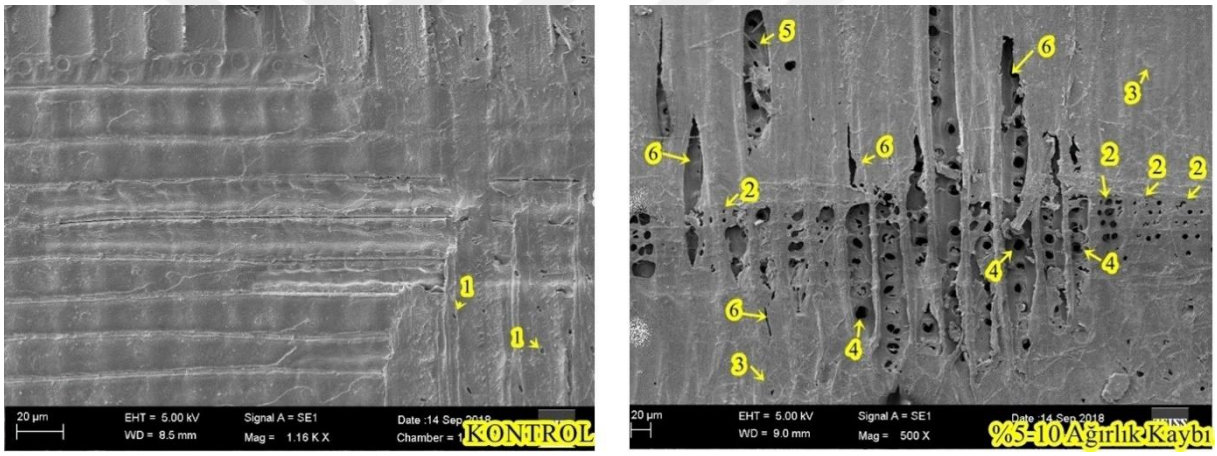
alanı (59,92 μm^2) yine başka bir grupta yer alan geçiş zonu porus alanı (47,25 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Diğer bir taraftan BDS ilkbahar odunu tabakası geçit alanı (290,95 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ ilkbahar odunu tabakası geçit alanı (255,19 μm^2) ve başka bir grupta yer alan BDS geçiş zonu geçit alanı (193,77 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDÖ geçiş zonu geçit alanı (154,14 μm^2), başka bir grupta yer alan BDS ilkbahar odunu tabakası porus alanı (99,67 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDS geçiş zonu porus alanı (70,70 μm^2) ve aynı grupta yer alan BDÖ geçiş zonu porus alanı (23,79 μm^2) ile BDÖ ilkbahar odunu tabakası porus alanı (20,17 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.97).

4.17.2. Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitleri

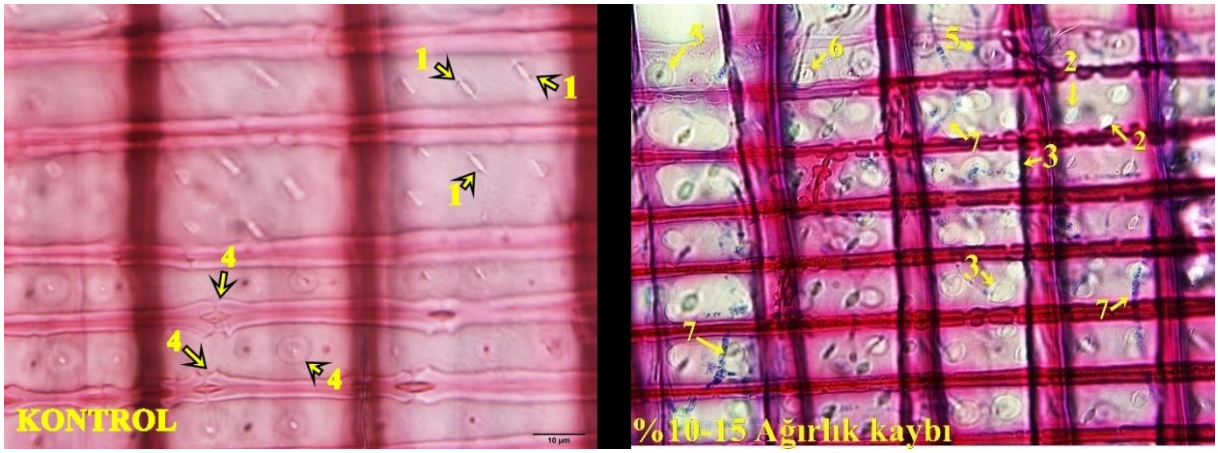
Biyolojik delme işlemi neticesinde *P. vitreus* mantarının hem diri odun hem de olgun odun piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile enine traheid çeperlerindeki kenarlı geçitlerde bozunmalar meydana getirdiği gözlenmiştir. Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerindeki bu bozunmaların ağırlık kaybına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Karşılaşma yeri geçitlerinde ve enine traheid kenarlı geçitlerinde meydana gelen bozunmaların ilerleyen aşamalarda paranşim hücre çeperlerinde de meydana gelmeye başladığı görülmüştür. Ayrıca, mantar hüflerinin öz ışını paranşim hücrelerini yoğun bir şekilde istila ettiği de gözlenmiştir. Burada *P. vitreus* mantar hüflerinin besince zengin öz ışını paranşim hücrelerini takip ederek basit veya yarı kenarlı geçitler vasıtasıyla ya da hücre çeperlerinde oyuklar açarak ilerlediği görülmüştür (Şekil 4.104, Şekil 4.105, Şekil 4.106, Şekil 4.107, Şekil 4.108, Şekil 4.109, Şekil 4.110, Şekil 4.111, Şekil 4.112 ve Şekil 4.113).



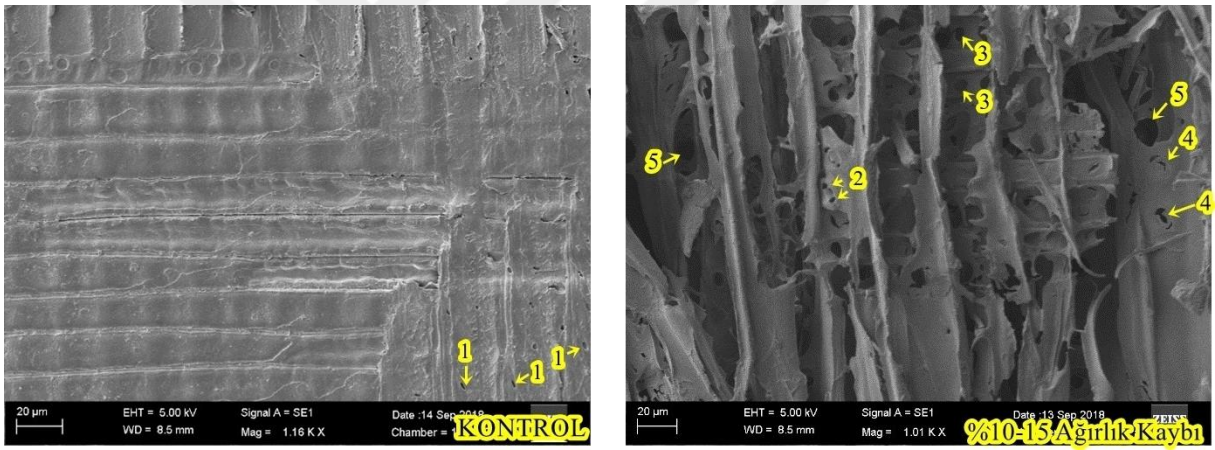
Şekil 4.104: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar) ve bozunmuş (2 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile sağlam (3 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (4 nolu oklar) enine traheid kenarlı geçitleri ve hüfler (5 nolu oklar) (Radyal kesit).



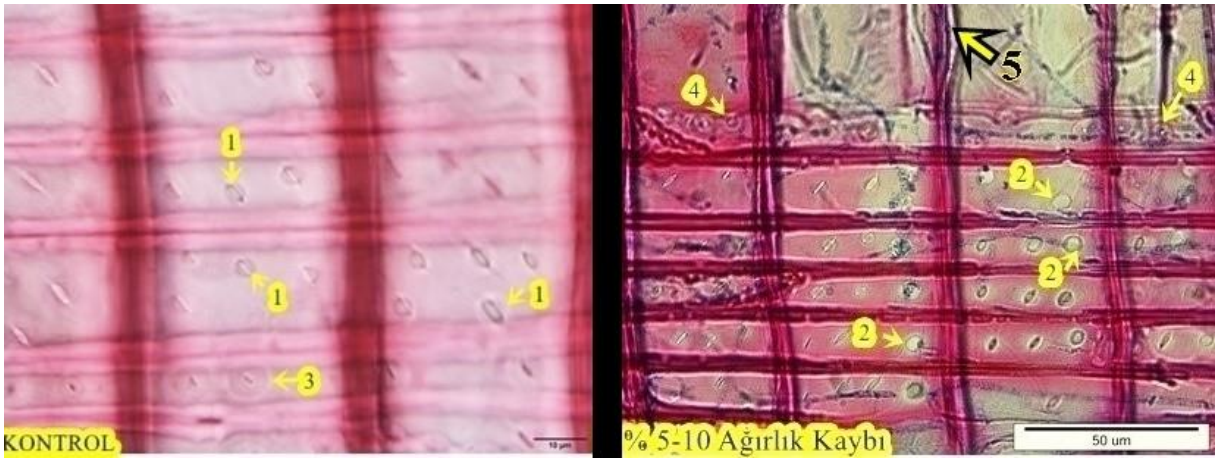
Şekil 4.105: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve sağlam (3 nolu oklar), aşırı bozunmuş (4 nolu oklar) boyuna traheid kenarlı geçitleri, hüfler (5 nolu oklar) ve hücre çeperlerinde görülen bozunmalar (6 nolu oklar) (Radyal kesit).



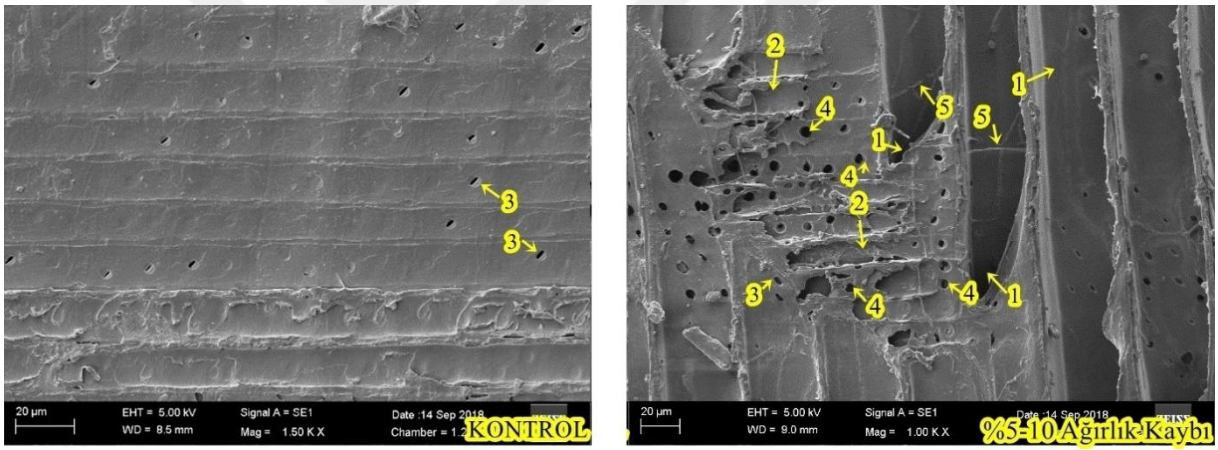
Şekil 4.106: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile enine traheid hücre çeperlerinde yer alan sağlam (4 nolu oklar), bozunmuş (5 nolu oklar) aşırı bozunmuş (6 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (7 nolu oklar) (Radyal kesit).



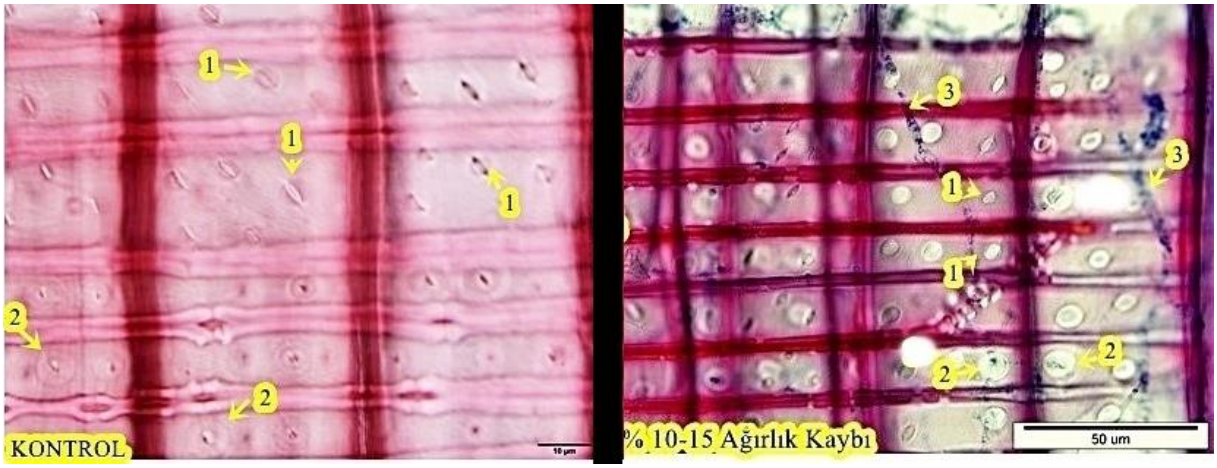
Şekil 4.107: Ladin diri odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar), aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan bozunmuş (4 nolu ok) ve aşırı bozunmuş (5 nolu oklar) kenarlı geçitler (Radyal kesit).



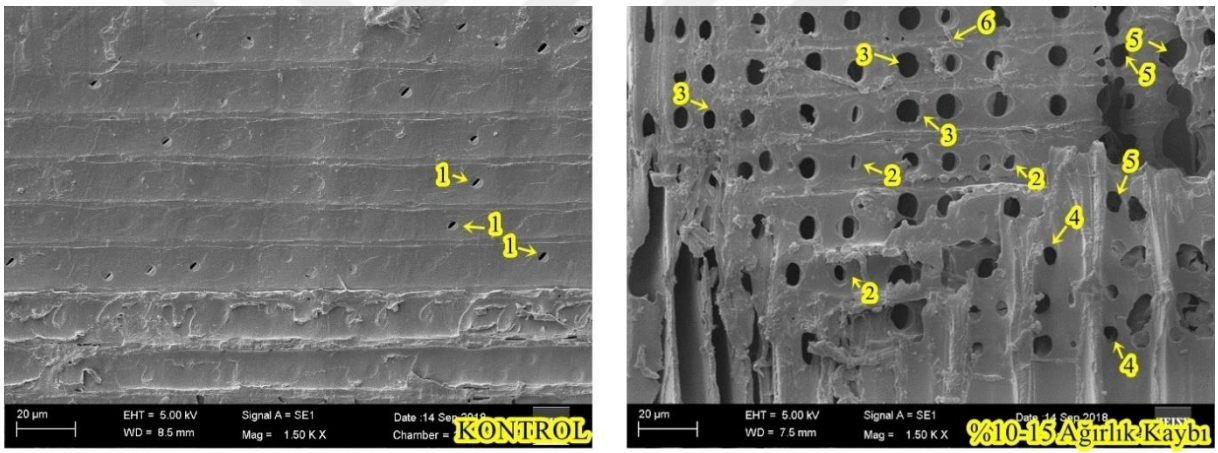
Şekil 4.108: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), aşırı bozunmuş (2 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam (3 nolu oklar), bozunmuş (4 nolu oklar) kenarlı geçitler, boyuna traheid teğet çeperlerindeki bozunmalar (5 nolu ok) (Radyal kesit).



Şekil 4.109: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde boyuna traheid (1 nolu oklar) ve öz ışını paranşim hücre çeperlerinde görülen şiddetli bozunmalar (2 nolu oklar), sağlam (3 nolu oklar) ve aşırı bozunmuş (4 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri, yoğun mantar hüfleri (5 nolu oklar) (Radyal kesit).

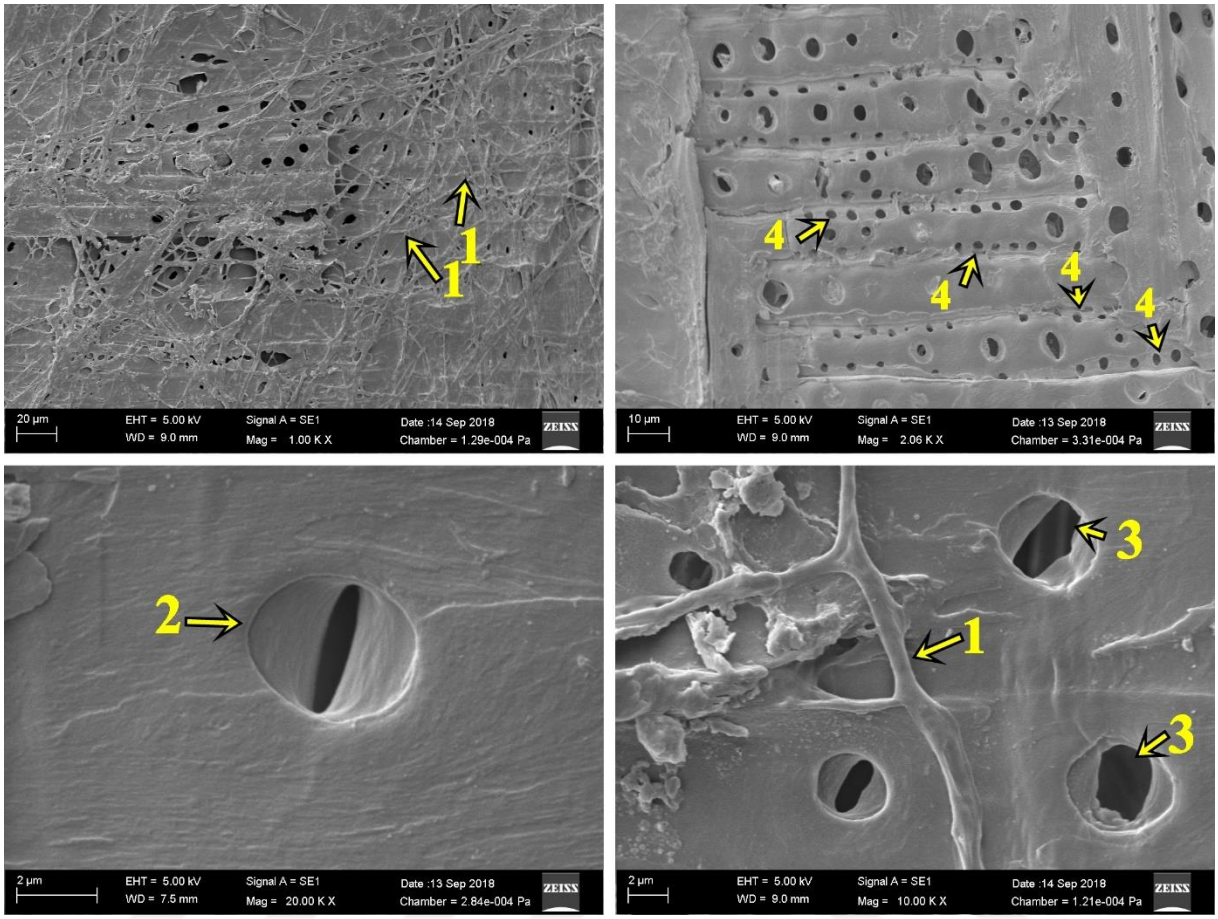


Şekil 4.110: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam- bozunmuş (1 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid hücre çeperlerinde bulunan sağlam-aşırı bozunmuş (2 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (3 nolu oklar) (Radyal kesit).

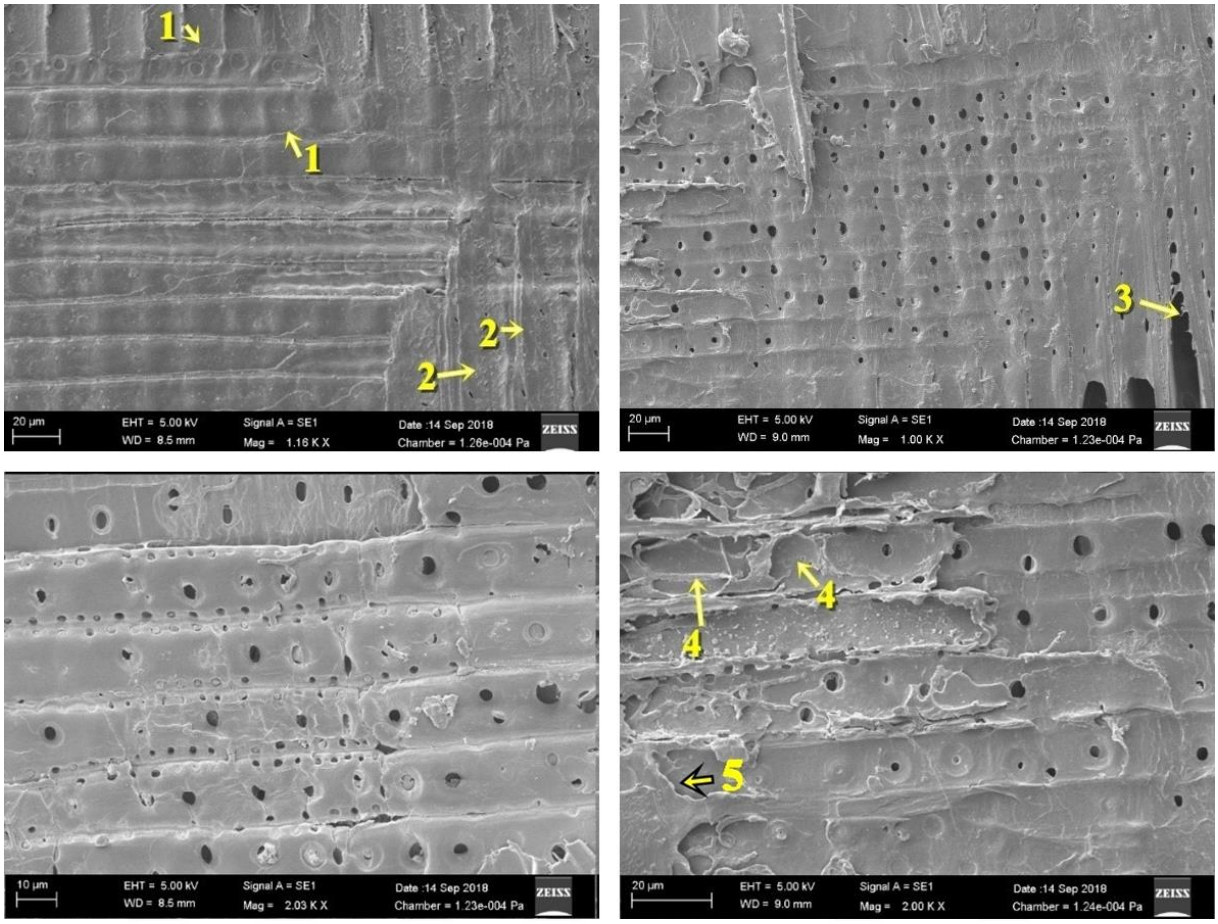


Şekil 4.111: Ladin olgun odun kontrol ve biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde sağlam (1 nolu oklar), bozunmuş (2 nolu oklar), aşırı bozunmuş (3 nolu oklar) piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile boyuna traheid hücre çeperlerinde yer alan bozunmuş (4 nolu ok), aşırı bozunmuş (5 nolu oklar) kenarlı geçitler ve hüfler (6 nolu oklar) (Radyal kesit).

Biyolojik delme işlemi neticesinde birbirine komşu öz ışını paranşimi– öz ışını paranşimi, öz ışını paranşimi- enine traheid hücresi veya enine traheid- enine traheid hücreleri arasında kalan hücre çeperlerinde yumuşak çürüklük Tip I'den kaynaklı oyulmalar gözlenmektedir (Şekil 4.112 ve Şekil 4.113).



Şekil 4.112: Biyolojik delme işlemi neticesinde % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinde hüfler (1 nolu oklar), sağlam (2 nolu ok) ve bozunmuş piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri (3 nolu oklar), birbirine komşu hücre çeperleri üzerinde meydana gelen yumuşak çürüklük Tip I ve Tip II'den kaynaklı delinmeler (4 nolu oklar).



Şekil 4.113: Sağlam haldeki enine traheid– öz ışını paranşim hücre çeperleri (1 nolu oklar), sağlam haldeki boyuna traheid radyal ve teğet hücre çeperleri (2 nolu oklar), biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen boyuna traheid radyal ve teğet hücre çeper bozunmaları (3 nolu oklar) ve öz ışını paranşim (4 nolu oklar) ve enine traheid hücre çeper bozunmaları (5 nolu ok).

Bu çalışmada verilen mikroskopik görüntülerle birlikte diri ve olgun odun örneklerinden elde edilen mikroskopik görüntülerin geneli (yaklaşık 7.200 adet) değerlendirildiğinde meydana gelen bozunmaların çoğunlukla kenarlı geçitler veya diğer karşılaşma yeri geçitleri (piceoid tip) ve enine traheid kenarlı geçitlerinde gözlendiği, hücre çeper tahribatlarının ise diri odun örneklerindeki kadar yaygın ve şiddetli olmadığı dikkat çekmektedir. Bununla beraber epitel hücreleri ve boyuna reçine kanallarında kayda değer bir bozunma tespit edilememiştir. Ayrıca tüm örnek ve kesitlerde ilkbahar odunu tabakasındaki bozunmanın geçiş zonuna nazaran daha fazla olduğu belirlenmiştir.

4.17.2.1. Karşılaşma Yeri Geçitleri ile İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri

BDS ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakasında karşılaşma yeri geçitlerinin çapı (KYG) ve porus çapına (KYGp) (µm) ait ölçümler Tablo 4.98'de verilmiştir.

Tablo 4.98: BDÖ ve BDS karşılaşma yeri geçit boyutlarına ait veriler.

Örnek grupları	Örnek sayısı	Ortalama (µm)	
		KYGp	KYG
Diri Odun Kontrol	1573	2,43 (*1,11)	3,13 (*1,57)
Olgun Odun Kontrol	1439	2,66 (*1,03)	3,63 (*1,74)
Diri Odun %5-10 Radyal Yüzey	1678	5 (*2,86)	6,38 (*2,41)
Diri Odun %5-10 Teğet Yüzey	1430	5,68 (*2,23)	5,79 (*2,12)
Diri Odun %10-15 Radyal Yüzey	1521	5,76 (*1,11)	5,81 (*2,97)
Diri Odun %10-15 Teğet Yüzey	1404	4,94 (*1,25)	5,66 (*1,21)
Olgun Odun %5-10 Radyal Yüzey	1435	3,98 (*1,90)	4,17 (*1,31)
Olgun Odun %5-10 Teğet Yüzey	1039	5,14 (*3,2)	5,72 (*1,7)
Olgun Odun %10-15 Radyal Yüzey	1140	6,14 (*2,45)	6,86 (*2,53)
Olgun Odun %10-15 Teğet Yüzey	1117	5,84 (*3,07)	6,81 (*1,07)

*Standart sapma

Tablo 4.98 incelendiğinde BDS ilkbahar odunu tabakası karşılaşma yeri geçit (KYG: 6,86 µm) ve poruslarında (KYGp:6,14 µm) en fazla bozunmanın olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

BDS ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası karşılaşma yeri geçitlerinin alanları (KYGa) ve porus alanları (KYGp) belirlenerek sonuçlar Tablo 4.99'da verilmiştir.

Tablo 4.99: BDÖ ve BDS karşılaşma yeri geçitlerinde alan hesaplamalarına ait veriler.

Örnek grupları	Örnek sayısı	Ortalama (µm^2)	
		KYGp	KYGa
Diri Odun Kontrol	1573	9,79 (*3,33)	13,75 (*4,69)
Olgun Odun Kontrol	1439	9,29 (*3,75)	15,32 (*8,18)
Diri Odun %5-10 Radyal Yüzey	1678	31,48 (*11)	41,96 (*20,49)
Diri Odun %5-10 Teğet Yüzey	1430	35,42 (*16,23)	38,94 (*17,42)
Diri Odun %10-15 Radyal Yüzey	1521	42,99 (*18,57)	50,56 (*26,80)
Diri Odun %10-15 Teğet Yüzey	1404	36,30 (*10,45)	47,25 (*14,60)
Olgun Odun %5-10 Radyal Yüzey	1435	21,14 (*11,91)	26,56 (*14,34)
Olgun Odun %5-10 Teğet Yüzey	1039	26,95 (*14)	40,75 (*22,82)
Olgun Odun %10-15 Radyal Yüzey	1140	59,85 (*51,45)	75,4 (*41,53)
Olgun Odun %10-15 Teğet Yüzey	1117	62,24 (*47,07)	83,79 (*56,20)

Tablo 4.99 incelendiğinde BDS ilkbahar odunu tabakası karşılaşma yeri geçit (KYGa: 83,79 µm^2) ve poruslarında (KYGp:62,24 µm^2) en fazla bozunmanın olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen teğet yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de geçit alanı (KYGa) ve porus alanı (KYGp) arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.100).

Tablo 4.100: BDÖ karşılaşma yeri geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	9,79C	9,29D	9,54B
Geçit alanı	13,76B	15,32A	14,54A
Ortalama	11,77B	12,31A	Fodun: 15,28** Fgeçit kısmı:1342,13** Fgeçit kısmıxodun: 57,40**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaşma yeri geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (14,54 μm^2) porus alanı (9,54 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen olgun odun geçit alan değeri (12,31 μm^2) tespit edilen diri odun geçit alan değerine (11,77 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca olgun odun geçit alanı (15,32 μm^2) farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (13,76 μm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (9,79 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (9,29 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.100).

BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de karşılaşma yeri geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.101).

Tablo 4.101: BDS karşılaşma yeri geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	36,44D	41,45C	38,94B
Geçit alanı	44,64B	54,96A	49,80A
Ortalama	40,54B	48,20A	Fodun: 324,17** Fgeçit kısmı:650,48** Fgeçit kısmıxodun: 38,80**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaşma yeri geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (49,80 μm^2) porus alanı (38,94 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen olgun odun alan değeri (48,20 μm^2) tespit edilen diri odun alan değerine (40,54 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca olgun odun geçit alanı (54,96 μm^2) farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (44,64 μm^2) başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (41,45 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan diri odun porus alanı (36,44 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.101).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **farklı odun yüzeyleri** hem de karşılaşma yeri geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun yüzeyleri arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.102).

Tablo 4.102: BDS karşılaşma yeri geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Radyal Yüzey	Teğet Yüzey	Ortalama
Porus alanı	37,54D	39,91C	38,73B
Geçit alanı	47,00B	51,69A	49,35A
Ortalama	42,27B	45,80A	Fodun yüzeyi: 68,49** Fgeçit kısmı:620,16** Fgeçit kısmıxodun yüzeyi: 7,44**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun yüzey ortalama
	Geçit kısmı x Odun yüzey ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaşma yeri geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (49,35 μm^2) porus alanı (38,73 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen teğet yüzey alan değeri (45,80 μm^2) tespit

edilen radyal yüzey alan değerine (42,27 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca teğet yüzey geçit alanı (51,69 μm^2) farklı bir grupta yer alan radyal yüzey geçit alanı (47,00 μm^2) başka bir grupta yer alan teğet yüzey porus alanı (39,91 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan radyal yüzey porus alanı (37,54 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.102).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **farklı ağırlık kayıpları** hem de karşılaşma yeri geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve farklı ağırlık kayıpları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.103).

Tablo 4.103: BDS karşılaşma yeri geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
Porus alanı	28,99D	49,04B	39,01B
Geçit alanı	37,00C	62,29A	49,65A
Ortalama	32,10B	55,66A	Fağırlık kaybı: 3259,67** Fgeçit kısmı: 717,35** Fgeçit kısmıxağırlık kaybı:43,62**

	Geçit kısmı ortalama
	Ağırlık kaybı ortalama
	Geçit kısmı x Ağırlık kaybı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaşma yeri geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (49,65 μm^2) porus alanı (39,01 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen % 10-15 ağırlık kaybı alan değeri (55,66 μm^2) tespit edilen % 5-10 ağırlık kaybı alan değerine (32,10 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca % 10-15 ağırlık kaybı geçit alanı (62,29 μm^2) farklı bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı porus alanı (49,04 μm^2) başka bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı geçit alanı (37,00 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı porus alanı (28,99 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.103).

BDÖ ve BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Karşılaşma yeri geçit ve porus alanlarının biyolojik delme işlemine bağlı olarak karşılaştırılması çalışmalarında şu tespitler yapılmıştır; porus alanı ve geçit alanı esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS tespit edilen alanlar (μm^2) bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit

kısımlarında ölçülen alanlar hem de odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme*Geçit kısmı, Biyolojik delme*Odun kısmı ve Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.104 ve Tablo 4.105).

Tablo 4.104: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve karşılaşma yeri geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Biyolojik delme	1	4897103,1	6467,788	0,0000
Geçit kısmı	1	294515,4	388,9776	<,0001
Odun kısmı	1	78711,2	103,9568	<,0001
Biyolojik delme*Geçit kısmı	1	40169,0	53,0527	<,0001
Biyolojik delme*Odun kısmı	1	59556,0	78,6578	<,0001
Geçit kısmı*Odun kısmı	1	15910,8	21,0140	<,0001
Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı	1	3064,1	4,0469	0,0443

Tablo 4.105: Ladinde biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının karşılaşma yeri geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odun	ORTALAMA
BDÖ	Porus alanı	9,79f	9,29f	9,54D
	Geçit alanı	13,76e	15,32e	14,54C
ORTALAMA		11,77C	12,31C	12,04B
BDS	Porus alanı	36,44d	41,45c	39,94B
	Geçit alanı	44,64b	54,96a	49,80A
ORTALAMA		40,54B	48,20A	44,37A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	23,11D	25,37C	24,24B
	Geçit alanı	29,20B	35,14A	32,17A
GENEL ORTALAMA		26,16B	30,26A	

	Biyolojik delme ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Biyolojik delme x Odun kısmı interaksiyonu
	Biyolojik delme x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Biyolojik delme x Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS tespit edilen alan değeri (44,37 μm^2) BDÖ tespit edilen alan değerine (12,04 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber

olgun odunda tespit edilen alan değeri (30,26 μm^2) diri odunda tespit edilen alan değerine (26,16 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Geçit alanı (32,17 μm^2) porus alanına (24,24 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). BDS tespit edilen olgun odun alan değeri (48,20 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS diri odun (40,54 μm^2) ve aynı grupta yer alan BDÖ olgun odun (12,31 μm^2) ve BDÖ tespit edilen diri odun alan değeri (11,77 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Yine BDS geçit alanı (49,80 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS porus alanı (39,94 μm^2) başka bir grupta yer alan BDÖ geçit alanı (14,54 μm^2) yine başka bir grupta yer alan BDÖ porus alanı (9,54 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca olgun odun geçit alanı (35,14 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (29,20 μm^2) başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (25,37 μm^2) yine başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (23,11 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Diğer bir taraftan BDS olgun odun geçit alanı (54,96 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS diri odun geçit alanı (44,64 μm^2) ve başka bir grupta yer alan BDS olgun odun porus alanı (41,45 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDS diri odun porus alanı (36,44 μm^2), aynı grupta yer alan BDÖ olgun odun geçit alanı (15,32 μm^2) ve BDÖ diri odun geçit alanı (13,76 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun porus alanı (9,79 μm^2) ve BDÖ olgun odun porus alanı (9,29 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Tablo 4.105).

4.17.2.2. Enine Traheid Kenarlı Geçitleri ile İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri

BDS ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakasında enine traheid kenarlı geçitlerinin çapı (ETKG) ve porus çapına (ETKGp) (µm) ait ölçümler Tablo 4.106'da verilmiştir.

Tablo 4.106: BDÖ ve BDS enine traheid kenarlı geçit boyutlarına ait veriler.

Örnek grupları	Örnek sayısı	Ortalama (µm)	
		ETKGp	ETKG
Diri Odun Kontrol	1083	1,70 (*0,369)	7,06 (*0,89)
Olgun Odun Kontrol	1404	1,70 (*0,43)	7,14 (*0,96)
Diri Odun % 5-10 Radyal Yüzey	1291	2,79 (*0,83)	7,92 (*0,90)
Diri Odun % 5-10 Teğet Yüzey	1219	3,49 (*1,17)	7,83 (*1,04)
Diri Odun % 10-15 Radyal Yüzey	1246	3,68 (*0,91)	8,95 (*1)
Diri Odun % 10-15 Teğet Yüzey	1615	3,72 (*1,05)	8,15 (*1,03)
Olgun Odun % 5-10 Radyal Yüzey	1241	2,59 (*1,08)	7,40 (*0,97)
Olgun Odun % 5-10 Teğet Yüzey	1035	2,57 (*0,71)	7,07 (*1,19)
Olgun Odun % 10-15 Radyal Yüzey	1334	4,13 (*1,11)	7,61 (*1,24)
Olgun Odun % 10-15 Teğet Yüzey	1311	3,75 (*1,10)	7,35 (*1,24)

*Standart sapma.

Tablo 4.106 incelendiğinde BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit porusunda en fazla bozunmanın (ETKGp:4,13 µm) olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Enine traheid kenarlı geçitinde en fazla bozunmanın (ETKG: 8,95 µm) olduğu grup ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

BDS ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçitlerinin alanları (ETKGa) ve porus alanları (ETKGp) belirlenerek sonuçlar Tablo 4.107'de verilmiştir.

Tablo 4.107: BDÖ ve BDS enine traheid kenarlı geçitlerinde alan hesaplamalarına ait veriler.

Örnek grupları	Örnek sayısı	Ortalama (µm)	
		ETKGp	ETKGa
Diri Odun Kontrol	1083	2,70 (*1,17)	35,08 (*10,46)
Olgun Odun Kontrol	1404	2,52 (*1,23)	40,86 (*10,34)
Diri Odun % 5-10 Radyal Yüzey	1291	7,71 (*5,36)	54,13 (*13,89)
Diri Odun % 5-10 Teğet Yüzey	1219	8,17 (*6,07)	52,41 (*13,44)
Diri Odun % 10-15 Radyal Yüzey	1246	12,27 (*14,43)	60,16 (*26,49)
Diri Odun % 10-15 Teğet Yüzey	1615	10,91 (*6,12)	50,90 (*13,15)
Olgun Odun % 5-10 Radyal Yüzey	1241	6,09 (*5,60)	43,68 (*12,59)
Olgun Odun % 5-10 Teğet Yüzey	1035	8,22 (*7,36)	45,30 (*16,65)
Olgun Odun % 10-15 Radyal Yüzey	1334	12,57 (*9,28)	47,32 (*17,09)
Olgun Odun % 10-15 Teğet Yüzey	1311	12,21 (*9,48)	46,50 (*17,51)

Tablo 4.107 incelendiğinde BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit porusunda en fazla bozunmanın (ETKGp: 12,57 μm^2) olduğu grup ladin olgun odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir. Enine traheid kenarlı geçitinde en fazla bozunmanın (ETKGa: 60,16 μm^2) olduğu grup ladin diri odun kısmına ait % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen radyal yüzeyi üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de enine traheid kenarlı geçit alanı (ETKGa) ve porus alanı (ETKGp) arasında istatistiki anlamda fark

bulunmuştur (p<0,01). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.108).

Tablo 4.108: BDÖ ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	2,70C	2,52C	2,61B
Geçit alanı	35,08B	40,86A	37,97A
Ortalama	18,89B	21,69A	Fodun: 174,64** Fgeçit kısmı:27952,16** Fgeçit kısmıxodun: 198,81**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (37,97 μm^2) porus alanı (2,61 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Bununla beraber tespit edilen olgun odun alan değeri (21,69 μm^2) tespit edilen diri odun alan değerine (18,89 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir (p<0,01). Ayrıca olgun odun geçit alanı (40,86 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (35,08 μm^2) ve başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (2,70 μm^2) ve olgun odun porus alanı (2,52 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir (p<0,01) (Tablo 4.108).

BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **ladin diri ve olgun odun kısımları** hem de enine traheid kenarlı geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur (p<0,01). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun kısımları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur (p<0,01) (Tablo 4.109).

Tablo 4.109: BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Ladin Diri Odunu	Ladin Olgun Odunu	Ortalama
Porus alanı	9,84C	9,93C	9,88B
Geçit alanı	54,17A	45,76B	49,97A
Ortalama	32,00A	27,84B	Fodun: 486,40** Fgeçit kısmı:45206,54** Fgeçit kısmıxodun: 508,35**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısmı x Odun kısmı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (49,97 μm^2) porus alanı (9,88 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen diri odun alan değeri (32,00 μm^2) tespit edilen olgun odun alan değerine (27,84 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca diri odun geçit alanı (54,17 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun geçit alanı (45,76 μm^2) ve başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (9,93 μm^2) ve diri odun porus alanı (9,84 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.109).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **farklı odun yüzeyleri** hem de enine traheid kenarlı geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit kısımlarına ait alanlar ve odun yüzeyleri arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.110).

Tablo 4.110: BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve farklı odun yüzeylerine bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	Radyal Yüzey	Teğet Yüzey	Ortalama
Porus alanı	9,70C	10,06C	9,88B
Geçit alanı	51,29A	49,02B	50,16A
Ortalama	30,49A	29,54B	Fodun yüzeyi: 24,50** Fgeçit kısmı:43773,97** Fgeçit kısmıxodun yüzeyi: 46,60**

	Geçit kısmı ortalama
	Odun yüzey ortalama
	Geçit kısmı x Odun yüzey ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (50,16 μm^2) porus alanı (9,88 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen radyal yüzey alan değeri (30,49 μm^2) tespit edilen teğet yüzey alan değerine (30,49 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca radyal yüzey geçit alanı (51,29 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan teğet yüzey geçit alanı (49,02 μm^2) ve başka bir grupta yer alan teğet yüzey porus alanı (10,06 μm^2) ve radyal yüzey porus alanı (9,70 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.110).

Yapılan çoklu karşılaştırma testinde hem **farklı ağırlık kayıpları** hem de enine traheid kenarlı geçit alanı ve porus alanı arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur ($p<0,01$). Farklı geçit

kısımlarına ait alanlar ve farklı ağırlık kayıpları arasındaki etkileşimde önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.111).

Tablo 4.111: BDS ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımları ve farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak tespit edilen geçit alan ölçümlerine ilişkin çoklu karşılaştırma test sonuçları.

	%5-10 Ağırlık Kaybı	%10-15 Ağırlık Kaybı	Ortalama
Porus alanı	7,52D	11,93C	9,73B
Geçit alanı	49,08B	51,08A	50,08A
Ortalama	28,30B	31,51A	Fağırlık kaybı: 279,37** Fgeçit kısmı:44249,92** Fgeçit kısmıxağırlık kaybı:39,46**

	Geçit kısmı ortalama
	Ağırlık kaybı ortalama
	Geçit kısmı x Ağırlık kaybı ortalama

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit kısımlarına bağlı olarak tespit edilen geçit alanı (50,08 μm^2) porus alanı (9,73 μm^2) ölçümlerine nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bununla beraber tespit edilen % 10-15 ağırlık kaybı alan değeri (31,51 μm^2) tespit edilen % 5-10 ağırlık kaybı alan değerine (28,30 μm^2) nazaran daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca % 10-15 ağırlık kaybı geçit alanı (51,08 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı geçit alanı (49,08 μm^2) ve başka bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı porus alanı (11,93 μm^2) ve farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı porus alanı (7,52 μm^2) arasında fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.111).

BDÖ ve BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Enine traheid kenarlı geçit ve porus alanlarının biyolojik delme işlemine bağlı olarak karşılaştırılması çalışmalarında şu tespitler yapılmıştır; porus alanı ve geçit alanı esas alınarak yapılan çoklu karşılaştırma testinde BDÖ ve BDS tespit edilen alanlar (μm^2) bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımlarında ölçülen alanlar arasında hem de odun kısımlarına bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Biyolojik delme*Geçit kısmı, Biyolojik delme*Odun kısmı ve Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.112 ve Tablo 4.113).

Tablo 4.112: İlkbahar odunu tabakasında biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve enine traheid kenarlı geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Biyolojik delme	1	366536,9	2324,634	0,0000
Geçit kısmı	1	5621401,9	35651,8	0,0000
Odun kısmı	1	1834,4	11,6338	0,0006
Biyolojik delme*Geçit kısmı	1	22037,3	139,7642	<,0001
Biyolojik delme*Odun kısmı	1	47743,5	302,7968	<,0001
Geçit kısmı*Odun kısmı	1	1589,1	10,0786	0,0015
Biyolojik delme*Geçit kısmı*Odun kısmı	1	51665,6	327,6710	<,0001

Tablo 4.113: Biyolojik delme işlemi, odun kısmı ve geçit kısımlarının enine traheid kenarlı geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		Ladin Diri odunu	Ladin Olgun Odunu	ORTALAMA
BDÖ	Porus alanı	2,70F	2,52F	2,61D
	Geçit alanı	35,08D	40,86C	37,97B
ORTALAMA		18,89D	21,69C	20,29B
BDS	Porus alanı	9,84E	9,93E	9,88C
	Geçit alanı	54,17A	45,76B	49,97A
ORTALAMA		32,00A	27,84B	29,92A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	6,27C	6,22C	6,25B
	Geçit alanı	44,63A	43,31B	43,97A
GENEL ORTALAMA		25,45A	24,77B	

	Biyolojik delme ortalama
	Odun kısmı ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Biyolojik delme x Odun kısmı interaksiyonu
	Biyolojik delme x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Biyolojik delme x Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; BDS tespit edilen alan değeri (29,92 μm^2) BDÖ tespit edilen alan değerine (20,29 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber diri odunda tespit edilen alan değeri (25,45 μm^2) olgun odunda tespit edilen alan değerine (24,77 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Geçit alanı (43,97 μm^2) porus alanına (6,25 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). BDS tespit edilen diri odun alan değeri (32,00 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS tespit edilen olgun odun alan değeri (27,84 μm^2) başka bir grupta yer alan BDÖ tespit edilen olgun odun alan değeri (21,69 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan BDÖ tespit edilen diri odun alan değeri (18,89 μm^2) arasında fark olduğu

görülmüştür ($p < 0,01$). Yine BDS geçit alanı (49,97 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ geçit alanı (37,97 μm^2) ve başka bir grupta yer alan BDS porus alanı (9,88 μm^2) yine başka bir grupta yer alan BDÖ porus alanı (2,61 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca diri odun geçit alanı (44,63 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun geçit alanı (43,31 μm^2) başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (6,27 μm^2) ve olgun odun porus alanı (6,22 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Diğer bir taraftan BDS diri odun geçit alanı (54,17 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDS olgun odun geçit alanı (45,76 μm^2) ve başka bir grupta yer alan BDÖ olgun odun geçit alanı (40,86 μm^2), farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun geçit alanı (35,08 μm^2), aynı grupta yer alan BDS olgun odun porus alanı (9,93 μm^2) ve BDS diri odun porus alanı (9,84 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan BDÖ diri odun porus alanı (2,70 μm^2) ve BDÖ olgun odun porus alanı (2,52 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.113).

4.17.3. İlkbahar Odunu Tabakası Farklı Geçit Tiplerinin Karşılaştırılması

4.17.3.1. BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

İlkbahar odunu tabakası kenarlı geçitler, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri ile bu geçitlere ait porusların esas alınarak yapıldığı çoklu karşılaştırma testinde ladin diri odun ve olgun odun kısımlarında tespit edilen alanlar (μm^2) bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımları arasında ölçülen alanlar arasında hem de farklı geçit tiplerine bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Odun kısmı*Geçit kısmı, Odun kısmı*Geçit tipi ve Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Odun kısmı*Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.114 ve Tablo 4.115).

Tablo 4.114: BDÖ odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Odun kısmı	1	252259	428,4979	<,0001
Geçit kısmı	1	40174891	68242,73	0,0000
Geçit tipi	2	75923624	64483,51	0,0000
Odun kısmı*Geçit kısmı	1	101245	171,9795	<,0001
Odun kısmı*Geçit tipi	2	896094	761,0708	0,0000
Geçit kısmı*Geçit tipi	2	59848277	50830,38	0,0000
Odun kısmı*Geçit kısmı*Geçit tipi	2	489752	415,9566	<,0001

Tablo 4.115: BDÖ odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		KG	KYG	ETKG	ORTALAMA
Diri odun	Porus alanı	24,48E	9,79H	2,70I	12,33C
	Geçit alanı	280,50A	13,76G	30,08D	109,78A
ORTALAMA		152,49A	11,77E	18,89D	61,05A
Olgun odun	Porus alanı	17,09F	9,29H	2,52I	9,63D
	Geçit alanı	237,12B	15,32FG	40,86C	97,77B
ORTALAMA		127,11B	12,31E	21,69C	53,70B
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	20,79C	9,54E	2,61F	10,98B
	Geçit alanı	258,81A	14,54D	37,97B	103,77A
GENEL ORTALAMA		139,80A	12,04C	20,29B	

	Odun kısmı ortalama
	Geçit tipi ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Odun kısmı x Geçit tipi interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Geçit tipi x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım x Geçit tipi alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; tespit edilen diri odun alan değeri (61,05 µm^2) tespit edilen olgun odun alan değerine (53,70 µm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber tespit edilen KG alan değeri (139,80 µm^2) tespit edilen ETKG alan değeri (20,29 µm^2) ve tespit edilen KYG alan değerine (12,04 µm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). KGa + ETKGa + KYGa geçit alanı (103,77 µm^2) KGp + ETKGp + KYGp porus alanına (10,98 µm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$) (Tablo 4.115).

Tespit edilen diri odun KGa alan değeri (152,49 µm^2) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun KGa alan değeri (127,11 µm^2) başka bir grupta yer alan olgun odun ETKGa alan değeri (21,69 µm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan diri odun ETKGa alan değeri (18,89 µm^2) ve başka bir grupta yer alan olgun odun KYGa alan değeri (12,31 µm^2) ve diri odun KYGa alan değeri (11,77 µm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Bununla beraber diri odun geçit alanı (109,78 µm^2) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun geçit alanı (97,77 µm^2) ve başka bir grupta yer alan diri odun porus alanı (12,33 µm^2) yine başka bir grupta yer alan olgun odun porus alanı (9,63 µm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca KGa geçit alanı (258,81 µm^2) ile farklı bir grupta yer alan ETKGa geçit alanı (37,97 µm^2) başka bir grupta yer alan KGp porus alanı (20,79 µm^2), farklı bir grupta yer alan KYGa geçit alanı (14,54 µm^2),

başka bir grupta yer alan KYGp porus alanı (9,54 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan ETKGp porus alanı (2,61 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.115).

Diğer bir taraftan diri odun KGa geçit alanı (280,50 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan olgun odun KGa geçit alanı (237,12 μm^2) ve başka bir grupta yer alan olgun odun ETKGa geçit alanı (40,86 μm^2), farklı bir grupta yer alan diri odun ETKGa geçit alanı (30,08 μm^2), başka bir grupta yer alan diri odun KGp porus alanı (24,84 μm^2), farklı bir grupta yer alan olgun odun KGp porus alanı (17,09 μm^2), başka bir grupta yer alan olgun odun KYGa geçit alanı (15,32 μm^2), farklı bir grupta yer alan diri odun KYGa geçit alanı (13,76 μm^2), aynı grupta yer alan diri odun KYGp porus alanı (9,79 μm^2) ve olgun odun KYGp porus alanı (9,29 μm^2) farklı bir aynı grupta yer alan diri odun ETKGp porus alanı (2,70 μm^2) ve olgun odun ETKGp porus alanı (9,29 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.115).

4.17.3.2. BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

İlkbahar odunu tabakası kenarlı geçitler, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri ile bu geçitlere ait porusların esas alınarak yapıldığı çoklu karşılaştırma testinde **ladin diri odun ve olgun odun kısımlarında tespit edilen alanlar (μm^2)** bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımları arasında ölçülen alanlar arasında hem de farklı geçit tiplerine bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Odun kısmı*Geçit kısmı, Odun kısmı*Geçit tipi ve Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca, Odun kısmı*Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.116 ve Tablo 4.117).

Tablo 4.116: BDS odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Odun kısmı	1	52743	17,3439	<,0001
Geçit kısmı	1	124678057	40998,55	0,0000
Geçit tipi	2	547641375	90041,91	0,0000
Odun kısmı*Geçit kısmı	1	51260	16,8561	<,0001
Odun kısmı*Geçit tipi	2	365448	60,0860	<,0001
Geçit kısmı*Geçit tipi	2	152768468	25117,83	0,0000
Odun kısmı*Geçit kısmı*Geçit tipi	2	411620	67,6777	<,0001

Tablo 4.117: BDS odun kısmı, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri (µm²) üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		KG	KYG	ETKG	ORTALAMA
Ladin diri odun	Porus alanı	102,18C	36,44H	9,83I	49,49C
	Geçit alanı	286,97B	44,64FG	54,17E	128,59B
ORTALAMA		194,58B	40,54D	32,00E	89,04B
Ladin olgun odun	Porus alanı	97,15D	41,45G	9,93I	49,51C
	Geçit alanı	294,96A	54,96E	45,76F	131,89A
ORTALAMA		196,05A	48,20C	27,84F	90,70A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	99,67B	38,94D	9,88E	49,50B
	Geçit alanı	290,97A	49,80C	49,97C	130,24A
GENEL ORTALAMA		195,32A	44,37B	29,92C	

	Odun kısmı ortalama
	Geçit tipi ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Odun kısmı x Geçit tipi interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Geçit tipi x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun kısmı x Geçit kısım x Geçit tipi alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; tespit edilen olgun odun alan değeri (90,70 µm²) tespit edilen diri odun alan değerine (89,04 µm²) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber tespit edilen KGa alan değeri (195,32 µm²) tespit edilen KYGa alan değeri (44,37 µm²) ve tespit edilen ETKGa alan değerine (29,92 µm²) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). KGa + ETKGa + KYGa geçit alanı (130,24 µm²) KGp + ETKGp + KYGp porus alanına (49,50 µm²) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Tespit edilen olgun odun KGa alan değeri (196,05 µm²) ile farklı bir grupta yer alan diri odun KGa alan değeri (194,58 µm²) başka bir grupta yer alan olgun odun KYGa alan değeri (48,20 µm²) ve yine farklı bir grupta yer alan diri odun KYGa alan değeri (40,54 µm²) ve başka bir grupta yer alan diri odun ETKGa alan değeri (32,00 µm²) yine farklı bir grupta yer alan olgun odun ETKGa alan değeri (27,84 µm²) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Bununla beraber olgun odun geçit alanı (131,89 µm²) ile farklı bir grupta yer alan diri odun geçit alanı (128,59 µm²) ve aynı grupta yer alan olgun odun porus alanı (49,51 µm²) ve diri odun porus alanı (49,49 µm²) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca KGa geçit alanı (290,97 µm²) ile farklı bir grupta yer alan KGp porus alanı (96,67 µm²), aynı grupta yer alan ETKGa geçit alanı (49,97 µm²) ve KYGa geçit alanı (49,80 µm²), başka bir grupta yer alan KYGp porus alanı

(38,94 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan ETKGp porus alanı (9,88 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.117).

Diğer bir taraftan olgun odun KGa geçit alanı (294,96 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan diri odun KGa geçit alanı (286,97 μm^2) ve başka bir grupta yer alan diri odun KGp porus alanı (102,18 μm^2), farklı bir grupta yer alan olgun odun KGp porus alanı (97,15 μm^2), aynı grupta yer alan olgun odun KYGa geçit alanı (54,96 μm^2) ve diri odun ETKGa geçit alanı (54,17 μm^2), başka bir grupta yer alan olgun odun ETKGa geçit alanı (45,76 μm^2), farklı bir grupta yer alan diri odun KYGa geçit alanı (44,64 μm^2), başka bir grupta yer alan olgun odun KYGp porus alanı (41,45 μm^2), farklı bir grupta yer alan diri odun KYGp porus alanı (36,44 μm^2), farklı bir aynı grupta yer alan olgun odun ETKGp porus alanı (9,93 μm^2) ve diri odun ETKGp porus alanı (9,83 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.117).

İlkbahar odunu tabakası kenarlı geçitler, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri ile bu geçitlere ait porusların esas alınarak yapıldığı çoklu karşılaştırma testinde **ladin radyal yüzey ve teğet yüzeylerinde tespit edilen alanlar (μm^2)** bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımları arasında ölçülen alanlar hem de farklı geçit tiplerine bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Odun yüzeyi*Geçit kısmı, Odun yüzeyi*Geçit tipi ve Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Odun yüzeyi*Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.118 ve Tablo 4.119).

Tablo 4.118: BDS odun yüzeyleri, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Odun yüzeyi	1	103044	33,8257	<,0001
Geçit kısmı	1	125007992	41035,55	0,0000
Geçit tipi	2	549125924	90128,97	0,0000
Odun yüzeyi*Geçit kısmı	1	47111	15,4650	<,0001
Odun yüzeyi*Geçit tipi	2	103271	16,9500	<,0001
Geçit kısmı*Geçit tipi	2	153073212	25124,17	0,0000
Odun yüzeyi*Geçit kısmı*Geçit tipi	2	147503	24,2099	<,0001

Tablo 4.119: BDS odun yüzeyleri, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		KG	KYG	ETKG	ORTALAMA
Radyal yüzey	Porus alanı	99,92C	37,54F	9,70G	49,05C
	Geçit alanı	286,20B	47,00E	51,29D	128,16B
ORTALAMA		193,06B	42,27D	30,49E	88,61B
Teğet yüzey	Porus alanı	99,44C	39,91F	10,06G	49,80C
	Geçit alanı	295,42A	51,69D	49,03DE	132,05A
ORTALAMA		197,43A	45,80C	29,54E	90,93A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	99,68B	38,73D	9,88E	49,43B
	Geçit alanı	290,81A	49,35C	50,16C	130,11A
GENEL ORTALAMA		195,25A	44,04B	30,02C	

	Odun yüzey ortalama
	Geçit tipi ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Odun yüzey x Geçit tipi interaksiyonu
	Odun yüzey x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Geçit tipi x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Odun yüzey x Geçit kısım x Geçit tipi alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; tespit edilen teğet yüzey alan değeri (90,93 µm^2) tespit edilen radyal yüzey alan değerine (88,61 µm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber tespit edilen KGa alan değeri (195,25 µm^2) tespit edilen KYGa alan değeri (44,04 µm^2) ve tespit edilen ETKGa alan değerine (30,02 µm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). KGa + ETKGa + KYGa geçit alanı (130,11 µm^2) KGp +ETKGp + KYGp porus alanı (49,43 µm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Tespit edilen Teğet yüzey KGa alan değeri (197,43 µm^2) ile farklı bir grupta yer alan radyal yüzey KGa alan değeri (193,06 µm^2) başka bir grupta yer alan teğet yüzey KYGa alan değeri (45,80 µm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan radyal yüzey KYGa alan değeri (42,27 µm^2) ve aynı grupta yer alan radyal yüzey ETKGa alan değeri (30,49 µm^2) ve tespit edilen teğet yüzey ETKGa alan değeri (29,54 µm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Bununla beraber teğet yüzey geçit alanı (132,05 µm^2) ile farklı bir grupta yer alan radyal yüzey geçit alanı (128,16 µm^2) ve aynı grupta yer alan teğet yüzey porus alanı (49,80 µm^2) ve radyal yüzey porus alanı (49,05 µm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Ayrıca KGa geçit alanı (290,81 µm^2) ile farklı bir grupta yer alan KGp porus alanı (99,68 µm^2), aynı grupta yer alan ETKGa geçit alanı (50,16 µm^2) ve KYGa geçit alanı (49,35 µm^2), başka bir grupta yer alan KYGp porus alanı (38,73 µm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan ETKGp porus alanı (9,88 µm^2) arasında fark

olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Diğer bir taraftan teğet yüzey KGa geçit alanı (295,42 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan radyal yüzey KGa geçit alanı (286,20 μm^2) ve aynı grupta yer alan radyal yüzey KGp porus alanı (99,92 μm^2) ve teğet yüzey KGp porus alanı (99,44 μm^2), farklı bir aynı grupta yer alan teğet yüzey KYGa geçit alanı (51,69 μm^2) ve radyal yüzey ETKGa geçit alanı (51,29 μm^2), başka bir grupta yer alan teğet yüzey ETKGa geçit alanı (49,03 μm^2), farklı bir grupta yer alan radyal yüzey KYGa geçit alanı (47,00 μm^2), başka aynı bir grupta yer alan teğet yüzey KYGp porus alanı (39,91 μm^2) ve radyal yüzey KYGp porus alanı (37,54 μm^2), farklı bir aynı grupta yer alan teğet yüzey ETKGp porus alanı (10,06 μm^2) ve radyal yüzey ETKGp porus alanı (9,70 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.119).

İlkbahar odunu tabakası kenarlı geçitler, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri ile bu geçitlere ait porusların esas alınarak yapıldığı çoklu karşılaştırma testinde **% 5-10 ağırlık kaybı ve % 10-15 ağırlık kaybında tespit edilen alanlar (μm^2)** bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Bununla beraber hem farklı geçit kısımları arasında ölçülen alanlar hem de farklı geçit tiplerine bağlı olarak tespit edilen alanlar arasında da istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ($p<0,01$). Ağırlık kaybı*Geçit kısmı, Ağırlık kaybı*Geçit tipi ve Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Ayrıca, Ağırlık kaybı*Geçit kısmı*Geçit tipi arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.120 ve Tablo 4.121).

Tablo 4.120: BDS meydana gelen ağırlık kayıpları, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

Gruplar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem derecesi
Ağırlık kaybı	1	3955289	1336,742	<,0001
Geçit kısmı	1	125967053	42572,22	0,0000
Geçit tipi	2	544384695	91990,98	0,0000
Ağırlık kaybı*Geçit kısmı	1	302738	102,3143	<,0001
Ağırlık kaybı*Geçit tipi	2	1081809	182,8057	<,0001
Geçit kısmı*Geçit tipi	2	154631416	26129,86	0,0000
Ağırlık kaybı*Geçit kısmı*Geçit tipi	2	1123045	189,7740	<,0001

Tablo 4.121: BDS meydana gelen ağırlık kayıpları, farklı geçit tipleri ve geçit kısımlarının geçit alan ölçümleri üzerine etkisine yönelik çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

		KG	KYG	ETKG	ORTALAMA
%5-10 Ağırlık kaybı	Porus alanı	83,48D	28,99H	7,52J	40,00D
	Geçit alanı	288,90B	37,00G	49,08F	124,99B
ORTALAMA		186,19B	33,00D	28,30E	82,49B
%10-15 Ağırlık kaybı	Porus alanı	114,01C	49,04F	11,93I	58,33C
	Geçit alanı	292,77A	62,29E	51,08F	135,38A
ORTALAMA		203,39A	55,66C	31,51D	96,85A
UYGULAMALAR ORTALAMA	Porus alanı	98,74B	39,01D	9,73E	49,16B
	Geçit alanı	290,83A	49,65C	50,08C	130,19A
GENEL ORTALAMA		194,79A	44,33B	29,90C	

	Ağırlık kaybı ortalama
	Geçit tipi ortalama
	Geçit kısım alan ortalama
	Ağırlık kaybı x Geçit tipi interaksiyonu
	Ağırlık kaybı x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Geçit tipi x Geçit kısım alan interaksiyonu
	Ağırlık kaybı x Geçit kısım x Geçit tipi alan interaksiyonu

Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre; tespit edilen % 10-15 ağırlık kaybı alan değeri (96,85 μm^2) tespit edilen % 5-10 ağırlık kaybı alan değerine (82,49 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber tespit edilen KGa alan değeri (194,79 μm^2) tespit edilen KYGa alan değeri (44,33 μm^2) ve tespit edilen ETKGa alan değerine (29,90 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). KGa + ETKGa + KYGa geçit alanı (130,19 μm^2) KGp + ETKGp + KYGp porus alanına (49,16 μm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Bununla beraber tespit edilen % 10-15 ağırlık kaybı KGa alan değeri (203,39 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı KGa alan değeri (186,19 μm^2) başka bir grupta yer alan %10-15 ağırlık kaybı KYGa alan değeri (55,66 μm^2) ve farklı fakat aynı grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı KYGa alan değeri (33,00 μm^2) ve % 10-15 ağırlık kaybı ETKGa alan değeri (31,51 μm^2), farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı ETKGa alan değeri (28,30 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.121).

Yine % 10-15 ağırlık kaybı geçit alanı (135,38 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı geçit alanı (124,99 μm^2) ve başka bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı porus alanı

(58,33 μm^2) ve farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı porus alanı (40,00 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür (Tablo 4.121).

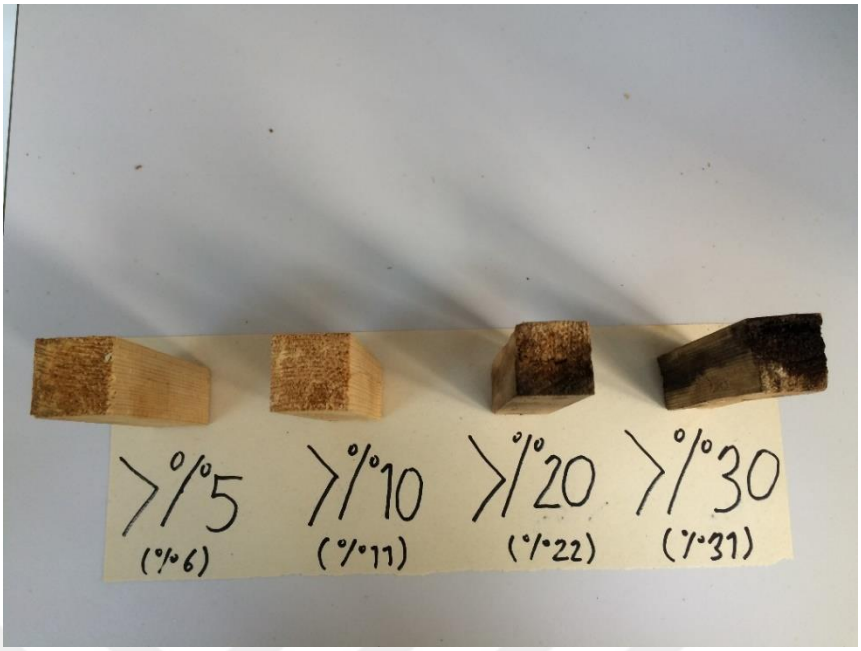
Ayrıca KGa geçit alanı (290,83 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan KGp porus alanı (98,74 μm^2), aynı grupta yer alan ETKGa geçit alanı (50,08 μm^2) ve KYGa geçit alanı (49,65 μm^2), başka bir grupta yer alan KYGp porus alanı (39,01 μm^2) ve yine farklı bir grupta yer alan ETKGp porus alanı (9,73 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.121).

Diğer bir taraftan % 10-15 ağırlık kaybı KGa geçit alanı (292,77 μm^2) ile farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı KGa geçit alanı (288,90 μm^2) ve başka bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı KGp porus alanı (114,01 μm^2), farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı KGp porus alanı (83,48 μm^2), farklı bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı KYGa geçit alanı (62,29 μm^2), farklı fakat aynı grupta yer alan %10-15 ağırlık kaybı ETKGa geçit alanı (51,08 μm^2) ve % 5-10 ağırlık kaybı ETKGa geçit alanı (49,08 μm^2) ve % 10-15 ağırlık kaybı KYGp porus alanı (49,04 μm^2), başka bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı KYGa geçit alanı (37,00 μm^2), farklı bir grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı KYGp porus alanı (28,99 μm^2), başka bir grupta yer alan % 10-15 ağırlık kaybı ETKGp porus alanı (11,93 μm^2), farklı bir aynı grupta yer alan % 5-10 ağırlık kaybı ETKGp porus alanı (7,52 μm^2) arasında fark olduğu görülmüştür ($p < 0,01$) (Tablo 4.121).

Bu tez çalışmasında kenarlı geçitlere yönelik gerçekleştirilen mikroskobik görsel değerlendirmeler ile farklı tip geçit ve porus alanlarının ölçülmesi kapsamında elde edilen tüm veriler bir arada tablolaştırılarak Ek-3 ve Ek-4'de verilmiştir.

4.18. FTIR- ATR ANALİZLERİNE DAYANILARAK ELDE EDİLEN BULGULAR

Burada farklı zaman periyotlarına bağlı olarak *P. vitreus* mantarına maruz bırakılan ladin diri ve olgun odunlarına ait farklı ağırlık kayıplarının meydana geldiği örneklerde enine (Şekil 4.114) ve boyuna yüzeylere ait fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Şekil 4.115).



Şekil 4.114: Ladin diri odununa ait farklı ağırlık kayıplarının meydana geldiği örneklerin enine kesitlerinin durumu.



Şekil 4.115: Ladin diri odununda ağırlık kayıpları arttıkça gözlenen çökmeler ve çarpılmalar ile boyuna kesitlerde gözlenen renk değişimleri.

Ağırlık kaybı % 20'nin üzerine çıktıktan sonra odun örneklerinde çökme ve şekil bozuklukları meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 4.116). Odun örneklerinin yüzeylerindeki daha koyu alanlar daha yoğun mantar aktivitesini işaret etmektedir (Lehringer ve diğ., 2011a).



Şekil 4.116: Ağırlık kaybı % 20'nin üzerine çıktıktan sonra odun örneklerinde görülen deformasyonlar ve renk değişiklikleri.

Bu çalışmada diri ve olgun odun yapısında meydana gelen değişikliklere ait FTIR analizleri ayrı ayrı yapılarak farklı başlıklar altında irdelenmiştir. Elde edilen IR spektrumlarının yorumlarının yapılmasında Harrington ve diğ. (1964); Faix (1991); Pandey ve Pitman (2003); Schwanninger ve diğ. (2004); Naumann ve diğ. (2005) referansları esas alınmıştır. Ancak bazı değerler bu referanslardan farklılık gösterebilmektedir. Burada örneğin farklı oluşu, kullanılan mantar türü ve uygulanma şekli gibi hususların etkili olduğu düşünülmektedir.

4.18.1. BDÖ ve BDS Ladin Olgun Odun Yapısında Meydana Gelen Değişikliklerin FTIR ile Tespiti

BDÖ ve BDS ladin olgun odun yapısında meydana gelen değişikliklere ait FTIR spektrumları ve referansları Tablo 4.122'de verilmiştir.

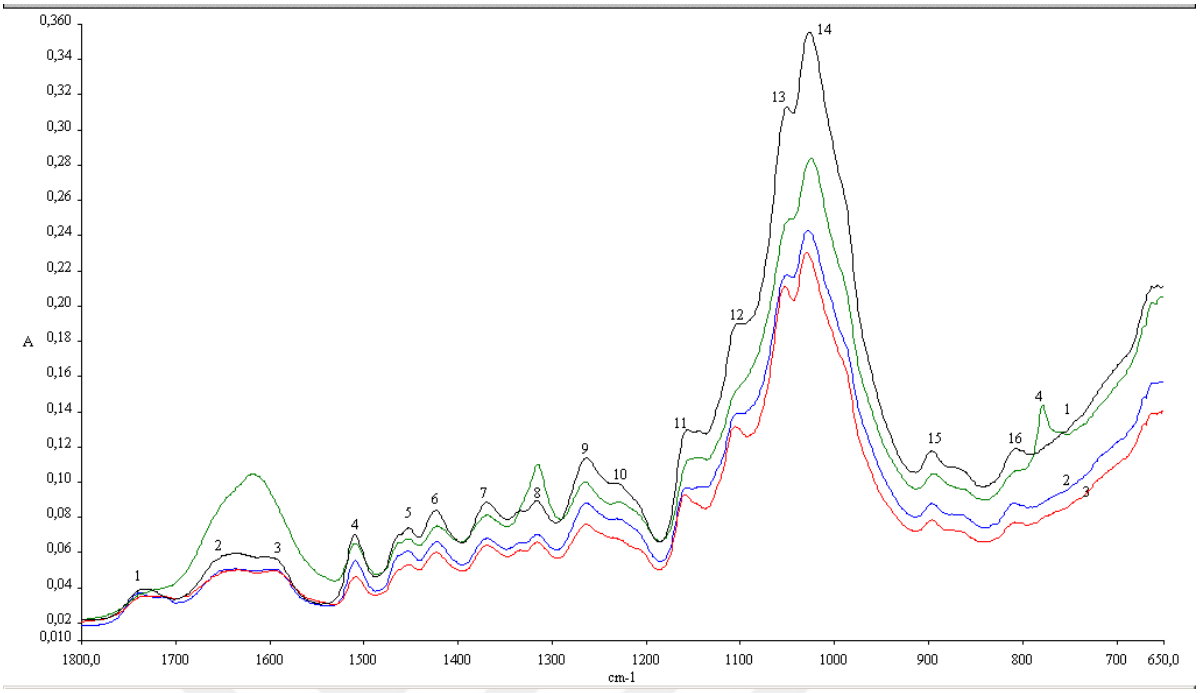
Tablo 4.122: Olgun odun spektrumları ve referansları.

Pik no	Absorpsiyon Frekansı (cm^{-1})	Fonksiyonel Gruplar ve Bağ Türü
	3336	Bağlı O-H gruplarından kaynaklanan gerilim (2, 4)
	2901	C-H gerilim vibrasyonu (2)
1	1732	C=O gerilimi (ksilanlarin bulunduğunu gösteriyor) Odun ve kabuk için karakteristik polyos spektrumu (1, 2, 4)
2	1633	H-O-H vibrasyonu (bağlı su moleküllerinden kaynaklanan) ve lignindeki C=O gerilimi (2, 4)
3	1595	Aromatik halka yapısından kaynaklanan vibrasyon + C=O gerilimi S≥ G (1, 4)
4	1507	Lignindeki aromatik iskeletten kaynaklanan vibrasyon (1, 3, 4)
5	1451	Lignin ve ksilanlardaki CH_2 deformasyonuna bağlı vibrasyon (2, 4)
6	1421	Aromatik iskeletteki vibrasyonla birlikte C-H deformasyonu ve lignin ve karbonhidratlardaki C-H deformasyonu (1, 3)
7	1367	C-H selüloz ve hemiselülozlardan kaynaklanan deformasyon (3, 4)
8	1315	Selülozda C-H vibrasyonu + C_1-O vibrasyonu siringil türevlerinden kaynaklı (4)
9	1261	Lignindeki Guayasil aromatik metoksil gruplarındaki C-O bağı ve lignindeki C-O gerilimi (4)
10	1226	Ksilanlardaki asetil ve karboksil vibrasyonu ve lignindeki C=O gerilimli vibrasyon (2)
11	1153	Selüloz ve hemiselülozlardaki C-O-C vibrasyonu (2, 4)
12	1100	Selüloz and hemisellülozlardaki O-H bağı (2, 5)
13	1046	Selüloz and hemisellülozlardaki C-O gerilimi (2, 4)
14	1026	Selüloz, hemiselüloz ve lignindeki C=O gerilimi kaynaklı vibrasyon (2, 5)
15	895	Selülozdaki C-H deformasyonu (3, 4)
16	804	Tanımlanamayan pik

1: Faix 1991 **2**: Harrington *et al.* 1964; **3**: Naumann *et al.* 2005;

4: Pandey and Pitman 2003; **5**: Schwanninger *et al.* 2004

Tablo 4.122, Tablo 4.123 ve aşağıdaki şekillerde numaralandırma parmak izi bölgesi olarak adlandırılan ve odundaki karakteristik piklerin bulunduğu bölge olan 1800 cm^{-1} ile 650 cm^{-1} aralığı referans alınarak yapılmıştır.



Şekil 4.117: Olgun odun spektrumları: 1) Kontrol örneği 2) % 5-10 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler 3) % 10-15 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler 4) % 20 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler.

Mantar bozunmasına maruz kalan bir odun örneğinde bozunmanın ilk gerçeklestiği yapıların başında hemiselülozlar özellikle de ksilanlar gelmektedir. Şekil 4.117'deki spektrumlara baktığımızda henüz mantar ile etkileştirilmemiş örnek olan ve kontrol örneği olarak adlandırılan spektruma baktığımızda ksilanlardaki C=O gerilimini temsil eden pikin 1732cm^{-1} dalga boyunda absorbans verdiği görülmektedir. Bu pikin % 5-10 ağırlık kaybının oluştuğu örnekte hafifçe yassılaşarak sola kaydığı (1737cm^{-1}), % 10-15 ağırlık kaybının gerçekleştiği örnekde iyice yassılaşarak sağa kaydığı (1726cm^{-1}) yapılan incelemelerde gözlenmiştir. En fazla bozunmanın gerçekleştiği (% 20 ağırlık kaybı) örnekde ise pik formunun bozularak bir omuza dönüştüğü görülmektedir. 1633cm^{-1}de yer alan odundaki bağlı suyun varlığını ifade eden ayrıca lignindeki C=O gerilimini gösteren pikin birbirini izleyen (% 5-10 ve % 10-15 ağırlık kayıplarına uğrayan örnekler) örneklerde 1646cm^{-1} dalga boyunda absorbans verdiği görülmektedir. Öte yandan ağırlık kaybının % 20' lere ulaştığı örnekde, bu pikin onu izleyen ligninin karakteristik piklerinden biri olan 1595cm^{-1} ile birleşerek tek bir pik haline geldiği ve 1615cm^{-1} dalga boyunda absorbans verdiği görülmektedir. 1507cm^{-1} dalga boyundaki pikin mantar etkileşmesi sonucunda herhangi bir değişime uğramadığı gözlenmektedir. 1451cm^{-1} ve 1421cm^{-1} piklerinde de mantar etkileşmesinden dolayı bir farklılaşma meydana gelmediği gözlenmektedir. Sadece % 20'nin meydana geldiği örnekde, 1421cm^{-1} dalga boyundaki pikte

bir formasyon bozukluğu gözlenmektedir. 1315cm^{-1} (8) de yer alan ve lignindeki siringil birimlerin varlığına ve selülozdaki C-H vibrasyonuna işaret eden pikin % 20 ağırlık kaybının oluştuğu örnekde güçlü bir absorbans verdiği görülmektedir. Bu durum bir önceki pik olan 1367cm^{-1} de selüloz ve hemiselülozdaki deformasyon nedeniyle güçlenmiş olsaydı, aynı örneğin 1367cm^{-1}'de zayıflaması beklenirdi. Oysa o pikin absorbansının kontrol örneğiyle hemen hemen eşleşiyor olması burada siringil birimlerinde mantar etkisiyle bir deformasyonun oluştuğunu göstermektedir. Bu durumda *Physisporinus vitreus* adlı beyaz çürüklük mantarının öncelikli olarak lignin bozunmasını gerçekleştirdiği söylenebilir. 1261cm^{-1} ve 1226cm^{-1} dalga boylarında mantar etkileşimleriyle piklerde önemli farklılıkların oluşmadığı gözlenmiştir. 1153cm^{-1} ve 1100cm^{-1} (11 ve 12) dalga boylarında oluşan pikler selüloz ve hemiselülozların varlığını işaret eden piklerdir ve normalde de tipik bir pikden daha çok omuz oluşturacak bir görüntü verirler. Bu dalga boylarında oluşan piklerin mantar etkileşimiyle çok fazla değişime uğramadıkları görülmektedir. Sadece % 20 lik ağırlık kaybının meydana geldiği örnekde 1100cm^{-1} (12) omuzun da kaybolduğu yapının düzleştiği gözlenmektedir. Burada 13, 14 ve 15 nolu piklerin de hemen hemen hiçbir değişikliğe uğramadığı gözlenmektedir. Ancak selülozdaki değişimi gösteren 16 nolu pike bakıldığında burada sadece % 20'lik ağırlık kaybının gerçekleştiği örnekde pikin sağa doğru kayarak yer değiştirdiği ve normale göre çok güçlü bir absorbans verdiği gözlenmektedir (Şekil 4.117).

4.18.2. BDÖ ve BDS Ladin Diri Odun Yapısında Meydana Gelen Değişikliklerin FTIR ile Tespiti

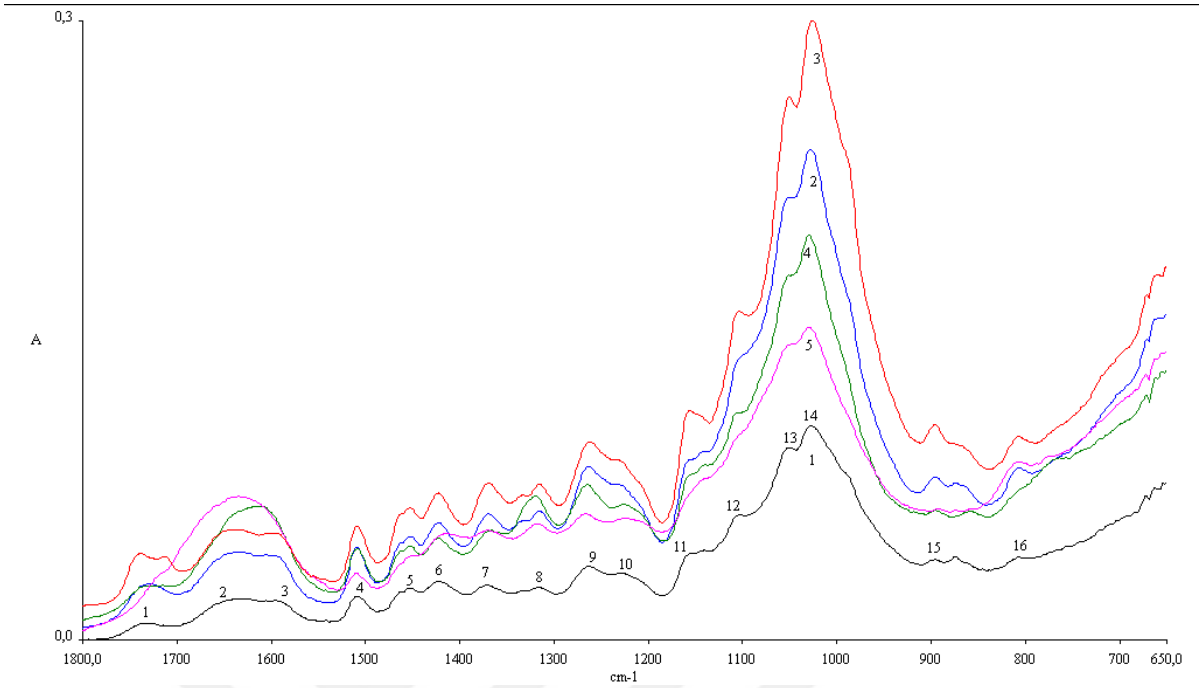
BDÖ ve BDS ladin diri odun yapısında meydana gelen değişikliklere ait FTIR spektrumları ve referansları Tablo 4.123'de verilmiştir.

Tablo 4.123: Diri odun spektrumları ve referansları.

Pik no	Absorpsiyon Frekansı (cm^{-1})	Fonksiyonel Gruplar ve Bağ Türü
	3336	Bağlı O-H gruplarından kaynaklanan gerilim (2, 4)
	2916	C-H gerilim vibrasyonu (2)
1	1737	C=O gerilimi (ksilanların bulunduğunu gösteriyor) Odun ve kabuk için karakteristik polyos spektrumu (1, 2, 4)
2	1643	H-O-H vibrasyonu (bağlı su moleküllerinden kaynaklanan) ve lignindeki C=O gerilimi (2, 4)
3	1592	Aromatik halka yapısından kaynaklanan vibrasyon + C=O gerilimi S≥ G (1, 4)
4	1504	Lignindeki aromatik iskeletten kaynaklanan vibrasyon (1, 3, 4)
5	1448	Lignin ve ksilanlardaki CH_2 deformasyonuna bağlı vibrasyon (2, 4)
6	1421	Aromatik iskeletteki vibrasyonla birlikte C-H deformasyonu ve lignin ve karbonhidratlardaki C-H deformasyonu (1, 3)
7	1367	C-H selüloz ve hemiselülozlardan kaynaklanan deformasyon (3, 4)
8	1312	Selülozda C-H vibrasyonu + C_1-O vibrasyonu siringil türevlerinden kaynaklı (4)
9	1259	Lignindeki Guayasil aromatic metoksil gruplarındaki C-O bağı ve lignindeki C-O gerilimi (4)
10	1223	Ksilanlardaki asetil ve karboksil vibrasyonu ve lignindeki C=O gerilimli vibrasyon (2)
11	1158	Selüloz ve hemiselülozlardaki C-O-C vibrasyonu (2, 4)
12	1100	Selüloz and hemisellülozlardaki O-H bağı (2)
13	1046	Selüloz and hemisellülozlardaki C-O gerilimi (2, 4)
14	1026	Selüloz, hemiselüloz ve lignindeki C=O gerilimi kaynaklı vibrasyon (2)
15	895	Selülozdaki C-H deformasyonu (3, 4)
16	804	Tanımlanamayan pik

1: Faix 1991 **2**: Harrington *et al.* 1964; **3**: Naumann *et al.* 2005;

4: Pandey and Pitman 2003; **5**: Schwanninger *et al.* 2004



Şekil 4.118: Diri odun spektrumları: 1) Kontrol örneği 2) % 5-10 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler 3) % 10-15 ağırlık kaybının oluştuğu örnekler 4) % 20 ağırlık kaybının oluştuğu örnekler 5) % 30 ağırlık kaybının oluştuğu örnekler.

Diri odunda odun örneklerinin mantara maruz bırakılması nedeniyle oluşan ağırlık kayıplarına göre meydana gelen değişiklikleri izlemek amacıyla, olgun odundan farklı olarak, % 30`luk kaybı sonrasında da inceleme yapılmıştır. FTIR spektrumlarına bakıldığında en büyük değişikliklerin 5 nolu örneklerde sonrasında ise 4 nolu örneklerde olduğu gözlenmektedir. Özellikle 2 nolu ve 3 nolu örneklerde pik absorbanslarında düşüşler ya da ortadan kalkmalar yerine piklerin sağa ya da sola kayarak yer değiştirdikleri gözlenmektedir. Odunun bütün temel polimerlerini bozundurma yeteneği bulunan beyaz çürüklük mantarları bunu bazen eş zamanlı olarak bazen de tercihli olarak yaparlar. Bu tür mantarları diğer mantarlardan ayıran en önemli özellikleri de lignin polimerlerini bozabilme yeteneklerinin oluşudur (Wang ve Zabel, 1990; Schwarze, 2007). Şekil 4.118'e baktığımızda en fazla ağırlık kaybının oluştuğu 5 nolu örnekde, 1592cm^{-1} ve 1504cm^{-1} dalga boyunda bulunan ve lignindeki aromatik yapıları temsil eden piklerin neredeyse kaybolduğu görülmektedir. Kontrol örneğinde 1737cm^{-1} de bulunan (1) ve mantar etkisinin en yoğun şekilde meydana gelmesi beklenen pikin absorbans değeri, 2 ve 3 nolu örneklerdeki söz konusu pike ait absorbans değerleriyle karşılaştırıldığında herhangi bir değişikliğe uğramadığı görülmektedir. Öte yandan 4 nolu örnekde bu pikin pik formunu kaybederek omuza dönüştüğü, 5 nolu örnekde ise tamamen düzleşerek kaybolduğu görülmektedir (Şekil 4.118). Ayrıca 4 ve 5 nolu örneklerde, 2 ve 3 nolu piklerin (1643cm^{-1} ve

1592cm^{-1}) birleşmesiyle tek bir büyük pikin oluştuğu görülmektedir. Bu yeni pikin 4 nolu örnekte oluştuğu dalga boyu 1620cm^{-1} olurken, 5 nolu örnekte daha da sola doğru kayarak 1630cm^{1}'de meydana geldiği gözlenmektedir. 1504cm^{-1}'de bulunan ve iğne yapraklı ağaç odununa ait ligninin varlığına işaret eden (Pandey, 1999) pikin mantar bozunmasına karşı oldukça dirençli olduğu ve bu dalga boyunda 5 nolu örnek dışındaki örneklerde önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Lignin ve karbonhidratlardaki deformasyonu gösteren 1448cm^{-1} de yer alan pikin tüm örneklerde varlığını sürdürdüğü ancak bozunmanın en fazla gerçekleştiği 5 nolu örnekde düzleştiği ve formunu kaybettiği açıkça görülmektedir. Aynı durum onu izleyen 6 nolu pik için de geçerlidir. Karbonhidratlardaki deformasyonu gösteren 1367cm^{-1} pikinin de 2 ve 3 nolu örneklerde durumunu koruduğu gözlenirken, 4 nolu örnekde iyice küçüldüğü ve 5 nolu örnekde ise neredeyse kaybolduğu gözlenmektedir. Bu pikin özellikle selüloz ve hemiselülozlardaki deformasyonlarla ilgili olduğu bilinmektedir (Tablo 4.124). 1259 cm^{-1}, 1223 cm^{-1}, 1158 cm^{-1}, 1100 cm^{-1}, 1046 cm^{-1}, 1026 cm^{-1}, 895 cm^{-1}, 804 cm^{-1} dalga boylarında yer alan piklere ve absorbans değerlerine bakıldığında, hemen hemen tümünde, 4 ve 5 nolu örneklerde, piklerin çok küçüldüğü ya da tamamen kaybolduğu gözlenmiştir (Şekil 4.118). Özellikle 1158 cm^{-1} ve 1100 cm^{-1} gibi selüloz ve hemiselülozlardaki deformasyonu temsil eden iki dalga boyunda meydana gelen önemli değişiklikler mantarın selüloz ve hemiselülozlardaki bozundurabilme etkinliğinin düzeyini göstermesi açısından önemlidir. Ancak bu söz konusu polimerlerdeki değişiklikler % 20 ağırlık kaybının ve daha fazla ağırlık kaybının oluştuğu durumlarda anlamlı hale gelmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. YILLIK HALKA GENİŞLİĞİ VE DİRİ- OLGUN ODUN AYIRIMI

Ladin ağacı hakkında yapılan tespitlerde diri odun kısmına ait yıllık halka genişliği ortalama (1,349 mm), yaz odunu tabakası genişliği (0,231 mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı ise (% 17,788) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Ladin olgun odun kısmına ait yıllık halka genişliği ise ortalama (2,645 mm), yaz odunu tabakası genişliği (0, 325 mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranı ise (% 12, 987) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.2). Usta ve Hale (2006) farklı odun kısımlarını dikkate almadan yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bu sonuçlara göre; Doğu ladini yıllık halka genişliğini ortalama (2,2 ± 0,61 mm), yaz odunu tabakası genişliğini (0,6 mm) ve yaz odunu tabakası katılım oranını ise (% 25,9) olarak tespit etmişlerdir.

BDÖ poliüretansız ladin diri ve olgun odun kısımlarında yapılan emprenye işlemleri neticesinde diri odun emprenye madde alınımı (7,07 g) olgun odun emprenye madde alınımına (2,98 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.11). Bununla beraber poliüretanlı ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki emprenye madde alınımında da aynı durum söz konusu olmuştur ($p<0,01$; diri odun: 2,42 g- olgun odun: 1,27 g) (Şekil 4.12). Öz odun diri oduna nazaran daha düşük bir rutubet içeriğine sahiptir (Ulvcrona, 2006; Sandberg, 2009). Yeni kesilen bir ladin ağacında olgun odunun ortalama rutubet içeriği % 34 ve % 40 arasında iken diri odun rutubet içeriği ise % 113 ila % 153 arasındadır (Sandberg, 2009). Öz odunun rutubet içeriğinin daha düşük olması buradaki kenarlı geçitlerin çoğunun aspirasyon halinde olduğu ve diri odundan daha az geçirgen olduğu anlamına gelmektedir (Ulvcrona, 2006; Moore, 2011). Görüldüğü gibi hem rutubet farkı (Şekil 4.2a) hem de saydamlık farkıyla (Şekil 4.2b) diri odun olarak tespit edilen örneklerdeki emprenye madde alınımı, olgun odun olarak tespit edilen odun örneklerine nazaran çok daha yüksek belirlenmiştir (Wang ve DeGroot, 1996; Messner ve diğ., 2003). BDÖ ladin farklı odun kısımlarında emprenye madde alınımına yönelik elde edilen bu sonuçlarda mevcut tez çalışmasındaki ladin diri ve olgun odun kısımlarını ayırt etme konusunda rutubet ve saydamlık farkından yararlanılmasının sağlıklı ve güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen hiçbir işleme maruz bırakılmamış Doğu ladini diri ve olgun odun kısımlarındaki ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit ve porus alanı (μm^2) ölçümlerinden elde edilen sonuçlarda (geçitlerin aspirasyona uğramadığı veya herhangi bir nedenden dolayı

tıkalı olmadıkları düşünülürse) diri odun kısmından alınan emprenye madde alınımının olgun oduna nazaran daha yüksek olmasını desteklemektedir (Tablo 4.82).

5.2. ODUN ÖRNEKLERİNDE ENİNE KESİTLERİN FARKLI KİMYASALLAR İLE KAPATILMASI

Yapılan çalışma sonucunda % 20'lik paraloidB72 ile enine kesitleri ve tüm yüzeyleri kapatılan odun numunelerinde kısmen de olsa emprenye madde alınımı gözlenmesine (Şekil 3.11a) rağmen poliüretan esaslı boya ile enine kesitleri ve tüm yüzeyleri kapatılan kapatılan örneklerde böyle bir durum gözlenmemiştir (Şekil 3.11b) (AWPA 69-12, 2012). Bu durumda yapılacak benzeri çalışmalarda odunun herhangi bir yüzeyinden emprenye madde alınımının istenmemesi durumunda poliüretan esaslı boyaların tercih edilerek kullanılmasının daha uygun olacağını göstermektedir. Yapılan çalışmalardan elde edilen istatistiksel analizlerde bu durumu desteklemektedir (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22).

5.3. BDÖ EMPRENYE ÇALIŞMA SONUÇLARI

5.3.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımları

5.3.1.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

Elde edilen emprenye madde alınım (g) verilerine göre aşağıdaki sonuçlar belirlenmiştir;

- Poliüretansız sarıçam diri odunu (12,68 g) > Poliüretansız ladin diri odunu (7,07 g) > Poliüretansız ladin olgun odunu (3,83 g) (Şekil 4.23),
- Poliüretanlı sarıçam diri odunu (7,1 g) > Poliüretanlı ladin diri odunu (2,42 g) > Poliüretanlı ladin olgun odunu (1,27 g) (Şekil 4.24).

Bu çalışmada ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren ve permeabilitesi düşük ağaç türlerinden biri olan Doğu ladini odununun emprenye edilebilirliğini biyolojik delme işlemiyle artırarak Orman Endüstrisinde en fazla tercih edilen sarıçam diri odununa yaklaştırmak hedeflenmiştir. Burada ladin diri odununun sarıçam diri odununa nazaran daha düşük bir permeabiliteye sahip olmasının nedenleri arasında aşağıdaki maddeler sayılabilir:

- Poliüretanlı örneklerde liflere dik yönde iletimi sağlayan enine traheidlerin sarıçam da ladine nazaran (%)'de olarak daha fazla bulunması, geçit sayı ve boyutlarının daha büyük olması sayılabilir (Wang ve DeGroot,1996). Bununla beraber öz ışınlarının sahip olduğu basit ve yarı kenarlı geçit zarlarının kalınlığı ve özellikle de sarıçamda bulunan pencere tip karşılaşma yeri geçitlerinin emprenye işlemi esnasında kimyasal çözeltilerin radyal yöndeki akışında en önemli faktör olması (Messner ve diğ., 2003),
- Poliüretanlı farklı ağaç türlerine ait örneklerde liflere dik yönde gerçekleşen iletimin öz ışınlarının boyu ve enine kesit alanlarının çevresel uzunluğuyla ilişkili olmakla beraber öz ışınlarının içerdiği depozitlerin yoğunluğu, öz ışını paranşimleri arası geçit sayısı ve çapıyla da ilişkili olması (Ahmed ve Chun, 2011) ve iğne yapraklı ağaç odununa ait primer çeperlerden meydana gelen öz ışını paranşim hücrelerinin çeperlerinin kenarlı geçitlerin torusundan çok daha kalın olması ve bu durumun akış direncini düşürmesi (Messner ve diğ., 2003),
- Poliüretansız farklı ağaç türlerine ait örneklerde liflere paralel yönde iletime yardımcı olan boyuna reçine kanallarının sıklığı ve tıkalı kanalların yüzdesi (Ahmed ve diğ., 2012),
- Ladin diri odun kısmının sarıçam diri odununa göre güç emprenye edilmesinin nedenleri arasında; ladinde özellikle yaz odunu tabakasına nazaran boyuna traheid hücre lümeni daha geniş olan, kenarlı geçit sayı ve boyutu daha fazla olan ilkbahar odunu tabakasındaki geçitlerin kurutma işlemi sonrasında rutubet kaybına bağlı olarak önemli derecede aspirasyona uğramış olmaları sayılabilir (Usta ve Hale, 2006; Ulvcrona, 2006; Lehringer, 2009a; Durmaz ve diğ., 2015). Mevcut tez kapsamında elde edilen sonuçlarda ilkbahar odunu tabakasındaki kenarlı geçit ve porus boyutunun yaz odunu tabakasına nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir (Tablo 4.84, Tablo 4.96 ve 4.97). Bununla beraber Usta ve Hale (2006) yaptıkları çalışmada yeni kesilen taze haldeki Doğu ladininde aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerin oranını {% 6,1}, kurutma işlemi sonrasında ise {% 59,2} olarak belirlemişlerdir.

Ayrıca ladin olgun odununun sarıçam diri odunu ve ladin diri odununa nazaran daha düşük bir permeabiliteye sahip olmasının nedenleri arasında da şu maddeler sayılabilir:

- Aynı ve farklı ağaç türlerine ait diri ve öz odunda bazı faktörlerin (yoğunluk, kenarlı geçitler, traheidler ve reçine kanalları gibi) odunun permeabilitesini etkilemesi,

- Aynı ve farklı ağaç türü ve odun kısımlarına ait geçit zarındaki açıklıkların sayısı ve boyutu (Messner ve diğ., 2003; Durmaz ve diğ., 2015),
- Aynı ve farklı ağaç türü ve odun kısımlarına ait odun örneklerinde reçine kanalları içerisinde bulunan yüksek reçine içeriğinin özellikle reçine kanalları öz odunda birincil akış yolları olarak görev yaptığı zaman sıvı akışına engel olması (Matsumura ve diğ., 1999),
- Bazı geçitlerin öz odun oluşumu esnasında aspirasyona uğramaları ve aspirasyona uğramış olan bu geçit zarlarınında lignanlar gibi bileşenler içeren inkrustasyonlardan dolayı kalınlaşması ve kapanması da öz odunda permeabiliteyi düşürmektedir. Geçit zarı kalınlığı akış direncini etkileyen önemli bir etkendir (Messner ve diğ., 2003). Ayrıca diri odunda geçit aspirasyonu, basınç uygulayarak emprenye etme veya daldırma gibi durumlarda kısmen geri dönebilirlik özelliği gösterirken öz odunda geçitlerin porusu ve aspire olmuş geçit zarı arasında ekstraktiflerin adezyonundan dolayı geriye dönebilirliğin kısıtlı olması sayılabilir (Wang ve DeGroot, 1996).

5.3.1.2. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem poliüretansız hem de poliüretanlı ladin farklı odun kısımları diri ve olgun odun penetrasyon alanı değerleri (cm^2) arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.40 ve Şekil 4.43). Bununla beraber tez kapsamında gerçekleştirilen Cu retensiyon miktarı (ppm) bakımından da ladin farklı odun kısımları arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.21). BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam diri odunu, ladin diri odunu ve ladin olgun odunu örneklerine ait penetrasyon alanı değerleri (cm^2) arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.52 ve Şekil 4.53). Fakat hem poliüretansız hem de poliüretanlı örneklerde kısmende olsa (Sarıçam diri odunu ≥ Ladin diri odunu ≥ Ladin olgun odunu) bir fark olduğu dikkat çekmektedir. Bu durumunda sarıçamda bulunan geçit aspirasyon oranının düşük olmasından ve pencere tip karşılaşma yeri geçitlerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca öz odunda bulunan geçitlerin diri oduna nazaran daha yüksek oranda aspire olması, inkrustasyon gibi olaylarda ladin diri odun kısmının olgun oduna nazaran kısmende olsa penetrasyonunun daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

5.3.1.3. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı ayırt edilmeden yapılan karşılaştırmada ladin diri ve olgun odun kısımlarında retensiyon miktarları (ppm) bakımından fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.21). Bununla beraber tez kapsamında gerçekleştirilen Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) bakımından da ladin farklı odun kısımları arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.40 ve Şekil 4.43). BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam diri odunu, ladin diri odunu ve ladin olgun odunu örneklerine ait Cu retensiyon miktarları (ppm) arasında da istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.28 ve Tablo 4.29).

Burada emprenyesi güç ladin diri odununda bulunan ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonundaki geçitlerin tıpkı öz odunu geçitlerinde olduğu gibi kurutma esnasında aspirasyona uğramaları her iki farklı odun kısmında da penetrasyonu güçleştirmektedir (Matsumura ve diğ., 2005). Oysa ki emprenye madde penetrasyonu, performans yönünden emprenye madde retensiyonuna nazaran daha kritik bir öneme sahiptir (Ahmed ve diğ., 2012). Enine yöndeki sıvı akışı olmazsa keresteler yeterince emprenye edilemez (Wang ve DeGroot, 1996; Ahmed ve diğ., 2012). Bu yüzden liflere dik yönde penetrasyonu artırıcı özelliğe sahip biyoteknolojik yöntemlere ihtiyaç vardır.

5.3.2. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanması

5.3.2.1. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

Bu çalışmada poliüretansız **ladin odununda** emprenye madde alınımı (5,45 g) poliüretanlı ladin odununa (1,85 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.21). Aynı şekilde poliüretansız **sarıçam odununda da** emprenye madde alınımı (12,68 g) poliüretanlı sarıçam odununa (7,10 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.22). Bununla beraber yapılan alana bağlı penetrasyon (cm^2) tespit çalışmalarında da ladin odunundan elde edilen alan penetrasyon (cm^2) sonuçları da benzer bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.50).

Poliüretanlı ve poliüretansız ladin ve sarıçam örneklerindeki ortalama emprenye madde alınım değerleri karşılaştırıldığında poliüretansız **sarıçam odununda** bu değer (12,68 g) poliüretanlı sarıçam odununda ise (7,10 g)'dir (Şekil 4.22). Yani yaklaşık olarak % 45'lik bir düşüş söz konusudur. Fakat poliüretansız ladin odununda bu değer (5,45 g), poliüretanlı ladin odununda

ise (1,85 g)'dir (Şekil 4.21). Yani yaklaşık olarak % 67'lik bir düşüş söz konusudur. Bu da ladin odununda emprenye madde alınımının sarıçam ile kıyaslandığında liflere dik yöne nazaran liflere paralel yönlerde daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bu sonuçlarda ladinde hem liflere dik hem de liflere paralel yönlerde emprenye madde veya sıvı iletiminin sarıçama nazaran daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum da ladin odununun permeabilitesinin Orman Endüstrisi Sektöründe en fazla tercih edilen ağaç türü olan sarıçama yaklaştırılması gerektiğini ve bunun için de biyolojik delme gibi metotlara ihtiyaç olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

5.3.2.2. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam örneklerine ait penetrasyon alanı değerleri arasında bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.51). Sarıçamda liflere paralel ve liflere dik yönde iletimi sağlayan odun hücre elemanlarının kullanılan farklı boyutlardaki ACQ ve MCQ emprenye maddelerinin kolayca geçebilmelerine olanak sağlaması ve enine kesitlere poliüretan uygulanmasının emprenye madde alınımını etkilemesine rağmen penetrasyon derinliğini çok fazla etkilememesi gibi sebeplerden dolayı poliüretanlı ve poliüretansız sarıçam örneklerinde bir fark bulunamadığı düşünülmektedir. Ayrıca mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen sarıçam örneklerinde Cu retensiyon miktarı (ppm) bakımından da enine kesitlere poliüretan uygulanması arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.27).

Diğer bir taraftan BDÖ ladin odununda poliüretansız örneklere ait penetrasyon alanı değerleri (1,294 cm^2) > poliüretanlı örneklere ait penetrasyon alanı değerlerine (0,421 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.50). Ladinde penetrasyon alanı değerinin enine kesitlere poliüretan uygulanması bakımından sarıçama nazaran değişiklik göstermesi bu emprenyesi güç odun türünde yeterli penetrasyonun elde edilmesinde sadece liflere dik yönde iletimi sağlayan odun hücre elemanlarının görev yapmasının yeterli olmadığını ve istenen penetrasyonun sağlanmasında hem liflere paralel yönde hem de liflere dik yönde iletimi sağlayan farklı odun hücre elemanlarının birlikte görev yapması gerektiğini ortaya koymaktadır. Usta ve Hale (2006) ladin ağaç türüne yönelik yaptıkları çalışmada kenarlı geçitlerin boyuna traheidler boyunca radyal çeperler üzerinde dağılım gösterdiğini fakat genellikle hücrelerin uç kısımlarında yoğunlaştıklarını belirtmişlerdir. Bu yoğunluğun olduğu yerde de iki traheidin boyuna akış yollarının çakıştığı düşünülürse enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile

kapatılmayan örneklerde penetrasyonun niçin kısmen veya tamamen yüksek çıktığı daha iyi anlaşılacaktır.

5.3.2.3. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem ladin hem de sarıçam kendi içinde değerlendirildiğinde enine kesitlere poliüretan uygulanması arasında fark bulunamamıştır. Yüzey derinliği ve enine kesitlere poliüretan uygulanması arasındaki etkileşim de her iki ağaç türünde önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Ladin: Tablo 4.24; Sarıçam: Tablo 4.27). Sarıçam odunundan elde edilen penetrasyon alan değeri (cm^2) sonuçlarında da benzer şekilde fark bulunamamıştır (Şekil 4.51). Fakat ladin odunundan elde edilen penetrasyon alan değeri (cm^2) sonuçlarında fark bulunmuştur ($p<0,01$; Poliüretansız: 1,294 cm^2 > Poliüretanlı: 0,421 cm^2) (Şekil 4.50). Bu çelişkinin sebebinin mevcut tez kapsamında yapılan alana bağlı penetrasyon (cm^2) tespit çalışmalarında alınan emprenye maddesinin kapladığı alan hesaplanırken, Cu retensiyon miktarı (ppm) tespitinde ise alınan emprenye maddesinin kapladığı alandan ziyade nüfuz derinliğinin dikkate alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü odunda hem liflere paralel yönde hem de liflere dik yönde bir penetrasyon söz konusudur. Poliüretanlı örneklerde genellikle liflere dik yönde bir penetrasyon söz konusuyken poliüretansız örneklerde ise hem liflere paralel yönde hem de liflere dik yönde bir penetrasyon söz konusu olduğundan bazı çelişkiler olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda ladin odununda emprenye madde alınımının sarıçam ile kıyaslandığında liflere dik yöne nazaran liflere paralel yönlerde daha fazla olduğunu ortaya koymuştur (Ladin: Şekil 4.21; Sarıçam: Şekil 4.22). Elde edilen bu sonuçlarda BDÖ ağaç türüne bağlı olarak enine kesitlere poliüretan uygulanması işleminin emprenye madde alınımını etkilemesine rağmen penetrasyonu pek fazla etkilemediğini düşündürmektedir. BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız hem sarıçam diri odunu hem de ladin diri ve olgun odun kısımları arasında Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2) (Şekil 4.52 ve Şekil 4.53) ve Cu retensiyon miktarı (ppm) (Tablo 4.28 ve Tablo 4.29) bakımından da fark bulunamamış olması bu düşünceyi destekler niteliktedir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalar ile ilişkilendirme yapıldığında ladin odununda liflere paralel yönde iletim söz konusu olduğunda öncelikli iletim elemanı olarak kenarlı geçitlerin dikkate alınmasının ikincil düzeyde iletim elemanı olarak da karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin dikkate alınmasının uygun olacağı

düşünülmüştür. Liflere dik yönde iletim söz konusu olduğunda ise öncelikli iletim elemanları olarak enine traheid kenarlı geçitleri ve karşılaşma yeri geçitlerinin dikkate alınmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu yüzden ladin odununda gerçekleştirilen emprenye madde alınımı, Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) ve Cu retensiyon miktarı (ppm) çalışmaları ile mikroskopik tespit ve ölçümler sonucu elde edilen veriler ilişkilendirildiğinde bu durumlar dikkate alınmıştır.

5.3.3. Uygulanan Emprenye Yöntemleri

5.3.3.1. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

Bu çalışmada hem poliüretanlı hem de poliüretansız **ladin** örneklerinde emprenye madde alınımında kullanılan emprenye yöntemi bakımından farklar görülmüştür ($p<0,01$) (Şekil 4.13 ve Şekil 4.15). Elde edilen sonuçlara göre vakum-basınç yönteminin uygulandığı yöntemlerde (Poliüretansız: 8,62 g; Poliüretanlı: 2,77 g) daldırma yöntemine (Poliüretansız: 2,39 g; Poliüretanlı: 0,7 g) nazaran daha fazla emprenye madde alınımı gerçekleşmiştir. Mevcut tez kapsamında poliüretansız ve poliüretanlı ladin örneklerinde farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak elde edilen alan hesaplanmasına bağlı penetrasyon (cm^2) sonuçları da benzer bulunmuştur (Şekil 4.41 ve Şekil 4.44).

Bu çalışmada hem poliüretanlı hem de poliüretansız **sarıçam** örneklerinde emprenye madde alınımında kullanılan emprenye yöntemleri arasında farklar görülmüştür ($p<0,01$). Elde edilen sonuçlara göre vakum-basınç yönteminin uygulandığı yöntemlerde (Poliüretansız: 22,48 g; Poliüretanlı: 12,12 g) daldırma yöntemine (Poliüretansız: 2,88 g; Poliüretanlı: 1,77 g) nazaran daha fazla emprenye madde alınımı gerçekleşmiştir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.19). Mevcut tez kapsamında sarıçam örneklerinde farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak elde edilen Cu penetrasyon alanı değerlerine (cm^2) ait sonuçlar da benzer bulunmuştur (Şekil 4.46 ve Şekil 4.48).

5.3.3.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDÖ poliüretanlı ve poliüretansız hem ladin hem de sarıçam esas alındığında uygulanan emprenye yöntemlerinde vakum-basınç emprenye yönteminde Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) {Poliüretansız: Ladin (1,85 cm^2)- Sarıçam (4,589 cm^2); Poliüretanlı: Ladin (0,698 cm^2)-

Sarıçam (2,677 cm^2)} > daldırma yöntemine {Poliüretansız: Ladin (0,739 cm^2)- Sarıçam (0,405 cm^2); Poliüretanlı: Ladin (0,144 cm^2)- Sarıçam (0,082 cm^2)} nazaran daha yüksek belirlenmiştir ($p<0,05$) (**Ladin:** Şekil 4.41 ve Şekil 4.44; **Sarıçam:** Şekil 4.46 ve Şekil 4.48).

5.3.3.3. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem ladin hem de sarıçam kendi içinde değerlendirildiğinde uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasında Cu retensiyon miktarları (ppm) bakımından fark bulunamasa da ($p>0,05$) vakum-basınç uygulanan yöntemlerde Cu retensiyon miktarının (Ladin: 3175,63 ppm; Sarıçam: 3763,38 ppm) daldırma yöntemine (Ladin: 2115,53 ppm; Sarıçam: 3504,69 ppm) nazaran ladin ve sarıçam da kısmen de olsa daha fazla olduğu dikkat çekmektedir (Ladin: Tablo 4.22; Sarıçam: Tablo 4.25). Bununla beraber ladinde yüzey derinliği ve uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Elde edilen sonuçlara göre; vakum-basınç Cu > daldırma Merkez Cu ≥ daldırma Cu ≥ vakum-basınç Merkez Cu olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.22).

Basınç uygulanması esnasında aspirasyon halindeki bazı geçitlerin deaspire olması, ince çeperli öz ışını paranşim hücrelerinde çatlaklar oluşması ve bu çatlaklardan içeriye emprenye maddelerinin daha fazla alınması (Drescher ve diğ., 2006; Ahmed ve diğ., 2012) gibi sebeplerden dolayı basınç uygulanan emprenye yöntemlerinde emprenye madde alınımı, Cu penetrasyon alanı değerleri ve Cu retensiyon miktarlarının daha fazla arttığı düşünülmüştür.

5.3.4. Kullanılan Emprenye Madde Tipleri

5.3.4.1. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

Bu çalışmada hem poliüretansız hem de poliüretanlı ladin örneklerinde emprenye madde alınımına ilişkin kullanılan emprenye madde tipleri bakımından fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.14 ve Şekil 4.16). Mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak tespit edilen Cu retensiyon miktarı (ppm) sonuçları da benzer bulunmuştur (Tablo 4.23).

Ladin odununda boyuna traheid kenarlı geçitlerinin çoğunun aspirasyon halinde olmasının ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit ve porusları (Tablo 4.98) ile enine traheid kenarlı geçit ve porus boyutlarının (Tablo 4.106) çok küçük olmasının beklenenin aksine hem MCQ hem de ACQ emprenye madde alınımını sınırlandırdığı düşünülmektedir. Partiküllerinin % 90 veya daha

fazlasının {< 1 µm} olarak hazırlandığı ifade edilen mikronize bakır partiküllerinin bir kenarlı geçit zarına ait por çapından (0,4 ila 0,6 µm) tam bir penetrasyonu ve uniform bir dağılım göstermesi beklenemez (Freeman ve McIntyre, 2008; Kartal ve diğ., 2009).

Bu çalışmada poliüretansız sarıçam örneklerinde emprenye madde alınımında, kullanılan emprenye madde tipleri bakımından fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.18). Fakat poliüretanlı sarıçam örneklerinde emprenye madde alınımının Saf su (9,71 g) > ACQ (5,64 g) şeklinde olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.20). Bu durumunda poliüretansız örneklerde özellikle liflere paralel yönde iletimi sağlayan hücre elemanlarının çalışmada kullanılan tüm farklı boyuttaki emprenye madde tiplerinin aynı kolaylıkla geçebileceği açıklık ve uygunlukta olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Poliüretanlı örneklerde ise durumun moleküler boyutlardaki saf suyun ve MCQ'nun kenarlı geçitlere nazaran daha küçük boyutlara sahip olan ve liflere dik yönde iletimi sağlayan enine traheid kenarlı geçit ve pencere tip karşılaşma yeri geçit poruslarından ACQ'ya nazaran daha kolay geçebilmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bazı araştırmacılar mikronize bakır esaslı koruyucular kullanmanın sarıçam gibi kolay emprenye edilen iğne yapraklı ağaç türlerinde yeterli penetrasyon elde etmede herhangi bir problem çıkarmadığını ifade etmişlerdir (Kartal ve diğ., 2009; Civardi ve diğ., 2016). Bu durumun da emprenye madde alınımının farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak ladin ve sarıçamda niçin değişiklik gösterdiğini açıkladığı düşünülmektedir.

Ancak moleküler boyutlara sahip bir emprenye madde tipi olarak kullanılan saf su alınımının sadece geçit çapı ve porus çapıyla ilişkili olmadığı odunda hücre çeperini meydana getiren makro–moleküllerin su tutma veya bağlama kapasiteleriyle de (pektin > hemiselüloz > selüloz > lignin) ilişkili olabileceği de unutulmamalıdır (Ek ve diğ., 2009). Çünkü bu makro–moleküllerin hücre çeper tabakalarındaki dağılışları farklı olmakla beraber hücre çeperinin her yerinde de aynı tarz bir düzenlenme göstermemektedirler (Rowell, 2005).

5.3.4.2. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDÖ poliüretansız ve poliüretanlı sarıçam örneklerinde kullanılan farklı emprenye madde tiplerine ait penetrasyon alanı değerleri arasında bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.47 ve Şekil 4.49). BDÖ poliüretansız ladin örneklerinde farklı emprenye madde tipleri arasında fark görülmezken ($p>0,05$) (Şekil 4.42) poliüretanlı ladin örneklerinde ACQ penetrasyon alanı değerleri (0,661 cm^2) > MCQ penetrasyon alanı değerlerine (0,181 cm^2) nazaran daha yüksek

belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.45). Poliüretansız sarıçam ve ladin örneklerinde özellikle liflere paralel yönde iletimi sağlayan hücre elemanlarının çalışmada kullanılan tüm farklı emprenye madde tiplerinin aynı kolaylıkla geçebileceği açıklık ve uygunlukta olmasından dolayı kullanılan farklı boyutlardaki emprenye maddelerinin penetrasyonu (cm^2) arasında fark olmadığı düşünülmektedir. Zahora (2011) yaptığı çalışmada MCQ ve ACQ ile emprenye ettiği güney sarıçamı kerestelerinde penetrasyona yardımcı olan reçine kanalları ve öz ışınları içerisinde her iki emprenye madde tipinde de yüksek konsantrasyonlarda Cu biriktiğini gözlemlemiştir. Aynı şekilde poliüretanlı sarıçamda liflere dik yönde iletimi sağlayan enine traheidlerin sarıçam da ladine nazaran (%)'de olarak daha fazla bulunması, geçit sayı ve boyutlarının daha büyük olması (Wang ve DeGroot, 1996) ve özellikle de sarıçamda bulunan pencere tip karşılaşma yeri geçitlerinin emprenye işlemi esnasında kimyasal çözeltilerin radyal yöndeki akışında en önemli faktör olması (Messner ve diğ., 2003) gibi nedenlerden dolayı tüm farklı emprenye madde tiplerinin aynı kolaylıkla geçebildiği düşünülmektedir. Bunun aksine poliüretanlı ladinde ACQ penetrasyon alanı değerinin MCQ penetrasyon alanı değerlerine nazaran daha yüksek çıkmasının nedenleri arasında mikronize bakır esaslı koruyucular kullanmanın sarıçam gibi kolay emprenye edilen iğne yapraklı ağaç türlerinin haricindeki türlerde özellikle liflere dik yönde yeterli penetrasyon elde etmede güçlük çıkarması sayılabilir (Kartal ve diğ., 2009; Civardi ve diğ., 2016).

5.3.4.3. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem ladin hem de sarıçam kendi içinde değerlendirildiğinde kullanılan farklı emprenye madde tipleri arasında Cu retensiyon miktarı bakımından (ppm) fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Yüzey derinliği ve kullanılan farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Ladin: Tablo 4.23; Sarıçam: Tablo 4.26).

Mevcut tez çalışmasında hem poliüretansız hem de poliüretanlı sarıçam odun örneklerinde farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak elde edilen penetrasyon alanı değerleri (cm^2) (Şekil 4.47 ve Şekil 4.49) ve Cu retensiyon miktarı (ppm) sonuçları da (Tablo 4.26) poliüretansız sarıçam örneklerinin emprenye madde alınımı üzerinde kullanılan emprenye madde tiplerinin etkisine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda olduğu gibi fark göstermemişlerdir ($p>0,05$) (Şekil 4.18).

5.4. BDS EMPRENYE ÇALIŞMA SONUÇLARI

5.4.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımları

5.4.1.1. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

BDS ladin olgun odun emprenye madde alınımı (8,46 g) > ladin diri odun emprenye madde alınımına (3,73 g) nazaran daha yüksek belirlenmiştir (P<0,01) (Şekil 4.34). Bununla beraber ladin odununda yapılan alana bağlı penetrasyon (cm^2) tespit çalışmalarında da benzer sonuçlar bulunmuştur (p<0,01) (Şekil 4.54). Mevcut doktora tezi kapsamında ladin farklı odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıpları göz önüne alınarak oluşturulan gruplara ait mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülerin geneli değerlendirildiğinde olgun odun mikroyapısında bulunan kenarlı geçitler ve karşılaşma yeri (piceoid tip) geçitlerinde meydana gelen bozunmaların diri oduna nazaran kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber diri odun boyuna traheid hücre çeper tahribatlarının ise olgun odun örneklerininkinden kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ladin farklı odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakalarında bulunan kenarlı geçitler, piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin boyutlarında BDS meydana gelen artışların tespitine yönelik gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda olgun odunda bulunan farklı tip geçitlerdeki bozunmaların daha fazla olduğunu dolayısıyla emprenye madde alınımınında olgun odunda daha fazla olacağını göstermektedir (Tablo 4.85, Tablo 4.101, Tablo 4.116 ve Tablo 4.117).

Biyolojik delme amacıyla kullanılan ve selektif delignifikasyon yapan *P. vitreus* mantarının odunda öncelikli olarak pektin içeren kenarlı geçitleri tercih ettiği bilinmektedir (Schwarze, 2007; Lehringer ve diğ., 2009b; Lehringer ve diğ., 2010; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Gilani ve Schwarze, 2014). BDS olgun odunda diri oduna nazaran daha fazla emprenye madde alınımının gerçekleşmesinin sebebinin *P. vitreus* mantarının olgun odunda daha fazla bulunan aspirasyon halindeki geçitleri bozundurması, inkrustasyon halinde bulunan geçit açıklıklarını açması ve aspire olmuş geçit zarlarının geçit porusuyla adezyonuna sebep olan ekstraktif maddeler ve fenolik bileşenleri (Matsumura ve diğ., 1996; Messner ve diğ., 2003; Durmaz ve diğ., 2015) ortamdan uzaklaştırabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Schwarze (2007) çalışmasında *P. vitreus* mantarı gibi koşullara bağlı olarak iki farklı çürüklük (beyaz çürüklük ve yumuşak çürüklük) yapabilen

Fistulina hepatica mantarının (esmer çürüklük ve yumuşak çürüklük) uzun kolonizasyon periyotlarında besinlerinin çoğunu öz odunda bulunan hücrelerin fenolik bileşenlerinden elde ettiğini belirtmektedir. Burada *P. vitreus* mantarının permeabiliteyi olgun odunda daha fazla artırması öz odun çürüklüğü de yapabileceğini akıllara getirmektedir. Öz odun çürüklüğü yapan mantarlarında özellikle yüksek oksijen içeriği ve önemli miktarda fenolik maddelerin olduğu odun bölgelerinde gelişim gösterebilmeleri de *P. vitreus* mantarının fenolik maddeleri tercih edebileceğini düşündürmektedir (Deflorio, 2006). Tüm bu sebeplere bağlı olarak arttığı düşünülen *P. vitreus* mantar aktivitesine bağlı olarak meydana gelen şiddetli geçit bozunmalarınında olgun odundaki emprenye madde alınımını diri oduna nazaran daha fazla artırdığı söylenebilir. Bu kapsamda Doğu ladini odununun kimyasal yapısının, ekstraktif madde tip, miktar ve içeriğinin tespit edilmesi ve bu kimyasal özelliklerin *P. vitreus* mantarıyla etkileşimine yönelik bir çalışmanın da gelecek de yapılması hedeflenmektedir.

BDS ladin olgun odununda emprenye madde alınımı (8,46 g) sarıçam diri odunundan (7,1 g) kısmen daha iyi hale getirilmiş olsa da veriler arasında istatistiki anlamda fark bulunamamıştır. Fakat ladin diri odunu emprenye madde alınım miktarı (3,73 g) aynı grupta yer alan sarıçam diri odunu (7,1 g) ve ladin olgun odununa (8,46 g) nazaran daha düşük bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.39). Bu tezin asıl amacı; ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren ve permeabilitesi düşük ağaç türlerinden biri olan Doğu ladini odununun emprenye edilebilirliğini biyolojik delme işlemiyle artırarak Orman Endüstrisinde en fazla tercih edilen sarıçam diri odununa yaklaştırmaktır. Burada elde edilen veriler biyolojik delme işleminin bu amaçla kullanılabileceğini göstermiştir.

5.4.1.2. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDS ladin olgun odununa ait Cu penetrasyon alanı değerleri (2,045 cm^2) > ladin diri odununa ait Cu penetrasyon alanı değerlerine (0,603 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.54). BDS ladin diri ve olgun odunlarının emprenye madde alınımı bakımından karşılaştırılması çalışmalarında da benzer sonuçlar bulunmuştur ($P<0,01$) (Şekil 4.34). BDS olgun odunda diri oduna nazaran daha fazla emprenye madde nüfuzunun yani penetrasyonunun gerçekleşmesinin diri ve öz odunun içerdiği bazı faktörler (depo maddeleri, geçitler, traheidler ve reçine kanalları) ve bu faktörlerin *P. vitreus* mantarıyla olan etkileşimlerinden kaynaklanabileceği de düşünülmektedir.

Mevcut doktora tezi kapsamında ladin farklı odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıpları göz önüne alınarak oluşturulan gruplara ait mikroskopik görüntüler ve ultra mikroskopik görüntülerin geneli değerlendirildiğinde olgun odun mikroyapısında bulunan karşılaşma yeri (piceoid tip) geçitlerinde meydana gelen bozunmaların diri oduna nazaran kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Bu durumunda olgun odunda liflere dik yöndeki iletimi yani penetrasyonu daha fazla artırdığı düşünülmektedir. Yine bu tez kapsamında odunda sıvı penetrasyonunda görev yapan diri ve olgun odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan geçitlerin boyutlarında biyolojik delme işlemi neticesinde bozunmaya bağlı olarak meydana gelen artışın tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda da genellikle benzer sonuçlar bulunmuştur ($p<0,01$; K.G: Tablo 4.85; KYG: Tablo 4.101).

5.4.1.3. Farklı Ağaç Türü ve Odun Kısımlarının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDS ladin diri ve olgun odun kısımları arasında Cu retensiyon miktarı (ppm) bakımından fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.31).

5.4.2. Uygulanan Emprenye Yöntemleri

5.4.2.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarında Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odunu (diri odun + olgun odun) esas alındığında uygulanan emprenye yöntemleri arasında (vakum-basınç: 11,71 g ve daldırma: 1,25 g) emprenye madde alınımı bakımından fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.37). Ladin diri odunu kendi içerisinde değerlendirildiğinde de vakum-basınç (6,81 g) ve daldırma (1,16 g) arasında emprenye madde alınımı açısından istatistiki olarak fark olduğu görülmüştür ($p<0,01$) (Şekil 4.28). Aynı şekilde ladin olgun odunu da kendi içerisinde değerlendirildiğinde vakum-basınç (16,83 g) ve daldırma (1,35 g) arasında emprenye madde alınımı açısından istatistiki olarak fark olduğu görülmüştür ($p<0,01$) (Şekil 4.32). Elde edilen sonuçlara göre emprenye madde alınımı; O.O vakum-basınç (16,84 g) > D.O vakum-basınç (6,81 g) > O.O daldırma (1,36 g) ≥ D.O daldırma (1,17 g) şeklinde belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.8). Yani BDS olgun odunda uygulanan vakum-basınç emprenye yöntemindeki emprenye madde alınımı diri odunda uygulanan vakum-basınç emprenye yöntemindeki emprenye madde alınımından daha fazladır. Fakat daldırma yöntemi

uygulamalarında bir değişiklik söz konusu değildir. Elde edilen bu sonuçların Lehringer ve diğ. (2009b) ve Schubert ve diğ. (2011) gibi araştırmacıların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

5.4.2.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odununda vakum-basınç emprenye yöntemine ait penetrasyon alanı değerleri (2,147 cm^2) > daldırma yöntemine ait penetrasyon alanı değerlerine (0,501 cm^2) nazaran yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.56). BDS ladin odununda uygulanan emprenye yöntemleri esas alınarak gerçekleştirilen emprenye madde alınım sonuçları da benzer bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.37).

5.4.2.3. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDS uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasında Cu retensiyon miktarı (ppm) bakımından fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.32).

5.4.3. Kullanılan Emprenye Madde Tipleri

5.4.3.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarında Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odunu (diri odun + olgun odun) esas alındığında farklı emprenye madde tipleri arasında (ACQ: 6,84 g > MCQ: 4,57 g) emprenye madde alınımı bakımından fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.38). Ladin diri odunu kendi içerisinde değerlendirildiğinde de saf su (5,07 g) > MCQ (2,67 g) arasında emprenye madde alınımı açısından istatistiki olarak fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Şekil 4.29). Diğer bir taraftan ladin olgun odunu kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise farklı emprenye madde tipleri arasında emprenye madde alınımı açısından istatistiki olarak fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$) (Şekil 4.33). Ayrıca ladin farklı odun kısımları ve farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.9).

Elde edilen sonuçlar ladin olgun odununda kenarlı geçitlerin büyük oranda bozunmasından dolayı meydana gelen açıklık ve boşluklardan çalışma kapsamında kullanılan farklı boyuttaki tüm emprenye maddelerinin aynı kolaylıkla geçebilmesinden dolayı aralarında bir fark tespit edilemediğini düşündürmektedir. Diri odun kısmında ise bozunmaların geçitlerden ziyade

boyuna traheid hücre çeperlerinde görüldüğü göz önüne alınırsa burada çalışma kapsamında kullanılan farklı boyuttaki tüm emprenye maddelerinin BDS meydana gelen açıklık ve boşluklardan aynı kolaylıkla geçemediği anlaşılmaktadır.

5.4.3.2. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odununda farklı emprenye madde tiplerine ait penetrasyon alanı değerleri arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.57).

5.4.3.3. Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odununda kullanılan farklı emprenye madde tipleri arasında fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve kullanılan farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.33).

5.4.4. Meydana Gelen Ağırlık Kayıpları

5.4.4.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Kısımlarında Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odunu (diri odun + olgun odun) esas alındığında meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak % 10-15 emprenye madde alınımı (6,79 g) > % 5-10 emprenye madde alınımına (5,17 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Şekil 4.36). Bununla beraber ladin diri odunu kendi içerisinde değerlendirildiğinde gruplar arasında fark olmadığı görülmüştür ($P>0,05$) (Şekil 4.27). Fakat ladin olgun odunu kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise % 5 - 10 emprenye madde alınımı (7,12 g) < % 10 - 15 emprenye madde alınımından (10,95 g) daha düşük belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.31). Ladin farklı odun kısımları ve *P. vitreus* mantarına maruz bırakılma neticesinde meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki etkileşim de emprenye madde alınımı; O.O % 10 - 15 > O.O % 5 – 10 > D.O % 10 - 15 ≥ D.O % 5 - 10 şeklinde belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.7). BDS ladin odunundan elde edilen alan penetrasyon (cm^2) sonuçlarında da ağırlık kaybı arttıkça Cu penetrasyon alanı değerinin arttığı belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.55). Ayrıca ladin farklı odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonunda bulunan kenarlı geçitler, ilkbahar odunu tabakasında bulunan piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinde BDS meydana gelen ağırlık kayıplarının karşılaştırılmasına yönelik gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda bu sonucu

desteklemektedir (İ.O KG: Tablo 4.89; G.Z KG: Tablo 4.90; İ.O KYG: Tablo 4.103; İ.O ETKG: Tablo 4.111).

Diğer bir taraftan olgun odunda *P. vitreus* mantarına maruz bırakılma neticesinde meydana gelen ağırlık kaybına bağlı olarak emprenye madde alınımının diri oduna nazaran daha fazla artış göstermesinin elde edilen mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülerde de görüldüğü üzere olgun odun mikroyapısında bulunan kenarlı geçitler ve karşılaşma yeri (piceoid tip) geçitlerinde meydana gelen bozunmaların diri oduna nazaran kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.4.4.2. Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Üzerindeki Etkileri

BDS ladin odununda % 10-15 ağırlık kaybına ait Cu penetrasyon alanı değerleri (1,896 cm^2) > %5-10 ağırlık kaybına ait Cu penetrasyon alanı değerlerine (0,752 cm^2) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Şekil 4.55). BDS meydana gelen % 5-10 ila % 10-15 ağırlık kaybı artışına bağlı olarak emprenye madde alınımında da benzer şekil de bir artış görülmüştür ($p<0,05$) (Şekil 4.36). Bakır penetrasyon alanı değerlerinde ağırlık kaybı artışına bağlı olarak belirlenen bu artma *P. vitreus* mantar aktivitesinin hem liflere paralel yönde hem de liflere dik yönde iletimi sağlayan odun hücre elemanlarında yoğun bir şekilde devam ettiğini göstermektedir. Elde edilen mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülere ait sonuçlar odun kısmı ayırt edilmeksizin değerlendirildiğinde; % 5-10 ağırlık kaybından % 10-15 ağırlık kaybına doğru bozunmaların kenarlı geçitler, karşılaşma yeri (piceoid tip) geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinde giderek şiddetlendiği ve boyuna traheid hücre çeperleri başta olmak üzere öz ışını paranşimi ve enine traheid hücre çeperlerine doğru hızla yayıldığı anlaşılmaktadır.

Bu tez kapsamında odunda sıvı penetrasyonunda görev yapan diri ve olgun odun ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonunda bulunan geçitlerin boyutlarında BDS farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak meydana gelen artışın tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda da genellikle benzer sonuçlar bulunmuştur ($p<0,01$; İ.O KG: Tablo 4.89; G.Z KG: Tablo 4.90; İ.O KYG: Tablo 4.103; İ.O ETKG: Tablo 4.111). Ayrıca BDS mikroskopik görüntülerde ladin diri ve olgun odun boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma dereceleriyle ilgili yapılan görsel değerlendirmelerde de genellikle benzer

sonuçlar tespit edilmiştir (D.O İ.O: Şekil 4.100; D.O G.Z: Şekil 4.101; O.O İ.O: Şekil 4.102; O.O G.Z: Şekil 4.103).

5.4.4.3. Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Cu Retensiyon Miktarı Üzerindeki Etkileri

BDS *P. vitreus* mantar aktivitesi sonucu meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasında fark bulunamamıştır. Ayrıca yüzey derinliği ve meydana gelen farklı ağırlık kayıpları arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.34). Bu durumda bize özellikle % 10 ağırlık kaybından sonra retensiyon değerlerinde pek bir değişiklik olmadığını göstermektedir. Bununla beraber SEM-EDX ile gerçekleştirilen bakır mikrodağılım grafiklerinden elde edilen bakır (Cu ve Merkez Cu) retensiyon yüzde dağılım oranı sonuçlarının geneli değerlendirildiğinde de biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen % 10 ağırlık kaybından sonra odunda çözücü alınımı artmasına rağmen emprenye madde tuzu alınımının değişiklik göstermediği anlaşılmaktadır.

Yukarıda BDS meydana gelen ağırlık kayıplarına yönelik elde edilen tüm bu veriler biyolojik delme işlemi uygulamalarında optimum süre olarak 6 haftayı esas almanın daha doğrusu % 10 ağırlık kaybına kadar kontrollü çürütme yapılmasının biyolojik delme işleminin başarı ölçütlerinden olan permeabilitenin yeterince artırılması ve mekanik direncin azalmaması hedeflerini gerçekleştirmede en önemli etken olduğunu göstermiştir (Schwarze ve diğ., 2006; Humar ve diğ., 2012; Fuhr ve diğ., 2013). Çünkü optimum inkübasyon süresinin verimliliği; *P. vitreus* mantarının iyi gelişebilmesi için tüm koşulların elverişli olmasına (Schubert ve diğ., 2009) ve homojen bir biyolojik delme olabilmesi için de misellerin tüm odun yüzeyini tamamen sarmasına bağlıdır. Bu yüzden biyolojik delme uygulamalarında (≤ % 10) ağırlık kaybını hedeflemenin daha doğru olacağı düşünülmektedir. Farklı odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları esas alınarak gerçekleştirilen **ışık mikroskobu görüntüleri** (**D.O % 5-10**: Şekil 4.78 ve Şekil 4.91; **D.O % 10-15**: Şekil 4.80 ve Şekil 4.93), (**O.O % 5-10**: Şekil 4.82 ve Şekil 4.95; **O.O % 10-15**: Şekil 4.84 ve Şekil 4.97) ve **SEM ultra-mikroskopik görüntüleri** (**D.O % 5-10**: Şekil 4.79 ve Şekil 4.92; **D.O % 10-15**: Şekil 4.81 ve Şekil 4.94), (**O.O % 5-10**: Şekil 4.83 ve Şekil 4.96; **O.O % 10-15**: Şekil 4.85 ve Şekil 4.98), FTIR- ATR analizleri (Şekil 4.117 ve Şekil 4.118) ile fiziksel (Şekil 4.73; Tablo 4.73 ve Tablo 4.74) ve mekanik testlerden elde edilen verilerin de (Şekil 4.74; Tablo 4.75 ve Tablo 4.76) bu sonucu tamamen destekler nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca BDS ladin odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları esas alınarak gerçekleştirilen ve çürüklük derecesini

tespit etmeye yönelik yapılan % 1'lik NaOH çözünürlük test sonuçları da kısmen bu sonuçlarla örtüşmektedir (Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77; Tablo 4.77 ve Tablo 4.78).

5.4.5. Odun Boyuna Yüzeyleri

5.4.5.1. Ladin Diri Odun ve Olgun Odun Boyuna Yüzeylerinin Emprenye Maddesi Alınımı Üzerindeki Etkileri

Bu çalışmada radyal yüzey üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerdeki emprenye madde alınımı teğet yönde gerçekleşen emprenye madde alınımını, teğet yüzey üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerdeki emprenye madde alınımı ise radyal yönde gerçekleşen alınımı ifade etmektedir. BDS ladin odunu (diri odun + olgun odun) esas alındığında odun boyuna yüzeyleri arasında emprenye madde alınımı bakımından fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Şekil 4.35). Bununla beraber ladin diri odun ve olgun odunu kendi içerisinde değerlendirildiğinde de radyal yüzey ve teğet yüzeyler arasında emprenye madde alınımı açısından istatistiki olarak fark olmadığı görülmüştür ($P>0,05$) (Şekil 4.26 ve Şekil 4.30). Ayrıca ladin farklı odun kısımları ve farklı odun boyuna yüzeyleri arasındaki etkileşimde önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.6). Ladinde ilkbahar odunu tabakasında (Tablo 4.87) ve geçiş zonunda (Tablo 4.88) bulunan kenarlı geçitler ile ilkbahar odunu tabakasında bulunan piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerinde (Tablo 4.102) BDS meydana gelen bozunmaların tespitine yönelik gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalar liflere dik yönde iletimi ifade eden teğet yüzeyde bozunmanın radyal yüzeye nazaran daha fazla olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Diğer bir taraftan ilkbahar odunu tabakasında bulunan enine traheid kenarlı geçitlerinde BDS meydana gelen bozunmaların tespitine yönelik gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalar ise liflere dik yönde iletimi ifade eden teğet yüzeyde bozunmanın radyal yüzeye nazaran daha düşük olduğunu göstermektedir (Tablo 4.110) ($p<0,01$). Tüm bunlara rağmen de BDS tüm örneklerin poliüretanlı olduğu yani liflere paralel iletimin sınırlı olduğu dikkate alınırsa emprenye maddesi alınımı bakımından teğet ve radyal yüzeyler arasında fark olmaması gerçekleşen liflere dik yöndeki emprenye madde alınımlarında enine traheid kenarlı geçitlerinin piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve boyuna traheid kenarlı geçitlerine nazaran daha aktif görev aldığını göstermektedir.

5.5. BDÖ VE BDS EMPRENYE ÇALIŞMA SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

5.5.1. Farklı Odun Kısımları

5.5.1.1. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarının Emprenye Madde Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Ladin diri ve olgun odun kısımlarına bağlı olarak gerçekleştirilen BDS emprenye madde alınımının (6,10 g) > BDÖ emprenye madde alınımına (2,80 g) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca biyolojik delme işlemi ve ladin diri ve olgun odun kısımları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Elde edilen etkileşim sonuçlarına göre; BDS O.O (8,46 g) > BDS D.O (4,32 g) ≥ BDÖ D.O (3,73) > BDÖ O.O (1,28) olarak belirlenmiştir. BDS emprenye madde alınımında meydana gelen artışın ladin olgun odununda çok daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 4.10). Mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen alana bağlı penetrasyon (cm^2) tespit çalışmalarında da ladin odunundan elde edilen alan penetrasyon (cm^2) sonuçları benzer bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.16). Ayrıca ladin farklı odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakalarında bulunan kenarlı geçitler ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit ve poruslarında biyolojik delme neticesinde meydana gelen boyut artışının tespitine yönelik gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda bu sonucu desteklemektedir (İ.O KG: Tablo 4.92 ve Tablo 4.93; İ.O KYG: Tablo 4.104 ve Tablo 4.105).

Burada asıl dikkat edilmesi gereken şey; biyolojik delme işleminde kullanılan *P. vitreus* mantarının emprenyesi güç odun türlerinde emprenye madde penetrasyonunu özellikle olgun odunda yoğunluk ve liflere paralel basınç direncinde önemli bir düşüşe neden olmadan artırmış olmasıdır (Şekil 4.73 ve Şekil 4.74). Bu durumun ne kadar önemli olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Schwarze ve Schubert, 2011; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2014). Elde edilen veriler, biyolojik delme işleminin olgun odun permeabilitesini diri oduna nazaran daha fazla artırmasına rağmen yoğunluk ve liflere paralel basınç direncindeki azalmaların olgun odunda kabul edilebilir seviyelerde olduğunu göstermektedir. Bu durumunda seçici beyaz çürüklük yapan yani selektif delignifikasyon özelliğine sahip *P. vitreus* mantarının (Lehringer ve diğ., 2010; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Gilani ve Schwarze, 2014) öz odun oluşumu esnasında eş zamanlı olarak geçit zarlarında gerçekleşen lignifikasyon olayına ve değişime uğrayan polifenolik bileşenlerin varlığına bağlı olarak (Bauch ve Berndt, 1973;

Schwarze, 2007) olgun odundaki geçitlerde daha fazla kontrollü çürüme meydana getirmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca olgun odunda *P. vitreus* mantarının aynı zaman da diğer odun bileşenleri yerine doğrudan yapısında pektin bulunduran ve diri oduna nazaran daha fazla sayıda bulunan aspirasyon halindeki geçitleri (Ulvcrona, 2006; Moore, 2011) bozundurabilme eğiliminde olmasınında burada etkili olmuş olabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber *P. vitreus* mantarı ile yapılan başka çalışmalar kolonizasyonun ilk aşamalarında pektince zengin geçit zarlarının tercihen bozunmasına ve selektif delignifikasyona karşı olan eğilimlerini ortaya çıkarmıştır (Lehringer ve diğ., 2010). Ayrıca *P. vitreus* mantarı tarafından öncelikli olarak tercih edilen lignin ve pektin miktarının olgun odunda diri oduna nazaran daha yüksek olmasının da (Bertaud ve Holmbom, 2004) olgun odundaki *P. vitreus* mantar aktivitesini artırmış olabileceğini de göz ardı etmemek gerektiği düşünülmektedir.

Diğer bir taraftan mevcut tez kapsamında BDÖ ladin gövde odunu üzerinde gerçekleştirilen yıllık halka çalışmalarında diri odun kısmında bir yıllık halka içerisindeki ortalama yaz odunu katılım oranının (% 17,788) olgun oduna (%12,987) nazaran daha yüksek olmasının da farklı odun kısımları arasında alınan emprenye madde alınım miktarını kısmende olsa etkilediği düşünülmektedir (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Kurutma işleminden sonra yaz odunu tabakası ilkbahar odunu tabakasına nazaran çok daha permeabildir. Yaz odunu tabakasına doğru hem geçit zarlarının kalınlaşması hem de geçit çaplarının küçülmesinden dolayı geçitlerin tıkanabilmesi için gereken adezyon kuvvetlerinin daha yüksek olması gerekir (Hansmann ve diğ., 2002). Doğu ladininde ilkbahar odunu tabakasında hem boyuna traheid hücre lümeni daha geniştir hem de kenarlı geçitler sayıca daha fazla ve daha büyüktür (Hansmann ve diğ., 2002; Usta ve Hale, 2006), (Tablo 4.80). Bu yüzden olgun odunda daha yüksek oranda bulunan ilkbahar odunu tabakasında yer alan hem sayıca daha fazla hem de daha büyük olan aspirasyon halindeki geçitlerin *P. vitreus* mantarı tarafından bozundurulmasının alınan emprenye madde miktarını kısmende olsa artırmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yaz odunu tabakasının ilkbahar odunu tabakasına nazaran daha az pektin içermesinin de (Bertaud ve Holmbom, 2004) bu tabakadaki *P. vitreus* mantar aktivitesini olumsuz etkilemiş olabileceği dolayısıyla da yaz odunu katılım oranı daha yüksek olan diri odundaki emprenye madde alınım miktarının da bu yüzden kısmen düşmüş olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler (Şekil 4.24 ve Şekil 4.39) değerlendirildiğinde BDS ladin diri odununun emprenye madde alınımı (3,73 g) her ne kadar sarıçam diri odunundan (7,1 g) düşük çıkmış olsa da BDÖ emprenye madde alınımına (2,42) nazaran yaklaşık % 54'lük bir artış söz konusudur. Aynı şekilde olgun odunu değerlendirdiğimizde de BDÖ ladin olgun odununun emprenye madde alınımı (1,27 g) iken BDS (8,46 g)'a yükselmiştir. Olgun odunda emprenye madde alınımında görülen bu artış yaklaşık % 560'lar civarında olmuştur. Bu da sarıçam diri odununun emprenye madde alınımından (7,1) kısmende olsa daha yüksek bir değerdir. Bu çalışmada *P. vitreus* mantar aktivitesi olgun odunda diri oduna nazaran daha yüksek tespit edilmesine rağmen Lehringer ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada sözü edilen mantarın Avrupa ladini öz odununda dikkate değer bir aktivite göstermediğini fakat diri odunda mantar aktivitesinin daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Schwarze (2006) ise Avrupa ladini ve Avrupa göknar odunları üzerinde 6 haftalık *P. vitreus* mantar aktivitesi sonucunda hem diri odun hem de öz odunda önemli bir permeabilite artışı olduğunu ortaya koymuştur.

5.5.1.2. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarının Cu Penetrasyon Alanı Değeri Bakımından Karşılaştırılması

Biyolojik delme işlemi neticesinde Cu penetrasyon alanı değerinin artması (Tablo 4.16, Tablo 4.17 ve Tablo 4.18) ladin odununda kenarlı geçitlerin ve özellikle karşılaşma yeri geçit (piceoid tip) ve enine traheid kenarlı geçit ve poruslarının bozunması ile ilgilidir. Mevcut tez kapsamında odun teğet ve radyal yüzeylerinde bulunan kenarlı geçit ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit ve porus boyutlarında biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda da özellikle odunda radyal yönde iletimi sağlayan teğet yüzeyde bulunan geçitlerin daha fazla bozunması da bu sonucu desteklemektedir ($p<0,05$; İ.O KG: Tablo 4.87; G.Z KG: Tablo 4.88; İ.O KYG: Tablo 4.102).

BDS Cu penetrasyon alanı değerinde (cm^2) meydana gelen artışın ladin olgun odununda çok daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 4.16). Mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen ladin diri ve olgun odun kısımlarına bağlı olarak elde edilen emprenye madde alınım sonuçları da benzer bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.10). Yine mevcut tez kapsamında odunda sıvı penetrasyonunda görev yapan diri ve olgun odun ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonunda bulunan geçitlerin boyutlarında BDÖ ve BDS meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda da genellikle benzer sonuçlar bulunmuştur ($p<0,05$; İ.O KG: Tablo 4.92 ve Tablo 4.93; İ.O KYG: Tablo 4.104 ve Tablo 4.105). Burada

asıl dikkat edilmesi gereken şey; biyolojik delme işleminde kullanılan *P. vitreus* mantarının emprenyesi güç odun türlerinde emprenye madde penetrasyonunu özellikle olgun odunda yoğunluk ve liflere paralel basınç direncinde önemli bir düşüşe neden olmadan artırmış olmasıdır (Şekil 4.73 ve Şekil 4.74). Bu durumun ne kadar önemli olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Schwarze ve Schubert, 2011; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2014). Mevcut verilerde *P. vitreus* mantarının olgun odun penetrasyonunu diri oduna nazaran daha fazla artırdığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ladin olgun odununda kenarlı geçitlerin ve özellikle de karşılaşma yeri geçit (piceoid tip) ve poruslarının diri oduna nazaran daha şiddetli olarak bozundurulmasından dolayı meydana gelen açıklık ve boşluklardan ACQ ve MCQ emprenye maddelerinin daha derinlere kolaylıkla nüfuz edebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.5.1.3. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarının Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Karşılaştırılması

BDÖ ladin örneklerinin dış yüzeylerinde tespit edilen (Cu: 3432 ppm) > orta kısmından tespit edilen (Merkez Cu: 1840,64 ppm) nazaran daha yüksek bulunmasına rağmen ($p<0,05$) (Tablo 4.21, Tablo 4.22, Tablo 4.23 ve Tablo 4.24) sarıçam örneklerinde Cu ≥ Merkez Cu olduğu yani aralarında fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.25, Tablo 4.26 ve Tablo 4.27). Bu durumda kolay emprenye edilen iğne yapraklı ağaçlardan olan sarıçam odununda yeterli penetrasyonun sağlandığını ladin gibi emprenyesi güç ağaç türlerinde ise yeterli penetrasyon sağlanamadığını göstermektedir.

Yine BDÖ ladin örneklerinin dış yüzeylerinde tespit edilen bakır miktarı (Cu: 3432 ppm) > orta kısmından tespit edilen bakır miktarına (Merkez Cu: 1840,64 ppm) nazaran daha yüksek bulunmasına rağmen ($p<0,05$) (Tablo 4.21, Tablo 4.22, Tablo 4.23 ve Tablo 4.24) BDS ladin örneklerinin dış yüzeylerinde tespit edilen bakır (Cu: 8479 ppm) ≥ ve orta kısmından tespit edilen bakır retensiyon miktarları (Merkez Cu: 3289,70 ppm) arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.31, Tablo 4.32, Tablo 4.33 ve Tablo 4.34). Bu durum BDS örneklerin hem dış yüzeyindeki (Cu) retensiyon miktarının hem de orta kısmındaki retensiyon miktarının (Merkez Cu) arttığını fakat orta kısmındaki retensiyon miktarındaki (Merkez Cu) artışın daha fazla olduğunu göstermektedir. Yani kısacası BDS Cu retensiyon miktarının (ppm) arttığı görülmektedir. Bu tez kapsamında odunda sıvı penetrasyonunda görev yapan diri ve olgun odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan geçitlerin boyutlarında BDS bozunmaya bağlı olarak

meydana gelen artışın tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalardan elde edilen sonuçlarda bu durumu desteklemektedir ($p<0,01$; İ.O K.G: Tablo 4.92 ve Tablo 4.93; G.Z K.G: Tablo 4.94 ve Tablo 4.95; İ.O KYG: Tablo 4.104 ve Tablo 4.105).

Biyolojik delme işlemi*odun kısımları*odun yüzey derinliği üçlü etkileşimleri arasında ise bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 4.35 ve Tablo 4.36).

5.5.2. Uygulanan Emprenye Yöntemleri

5.5.2.1. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Emprenye Madde Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Farklı emprenye yöntemlerine bağlı olarak BDS gerçekleşen emprenye madde alınımının (6,49 g) > BDÖ emprenye madde alınımına (2,60 g) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir, Bununla beraber Vakum-basınç uygulanan örneklerdeki emprenye madde alınımı (8,10 g) Daldırma uygulanan örneklerdeki emprenye madde alınımına (0,98 g) nazaran daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca biyolojik delme işlemi ile uygulanan emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.11). Elde edilen etkileşim sonuçlarına göre; BDS vakum-basınç (11,71 g) > BDÖ vakum-basınç (4,49 g) > BDS daldırma (1,26) ≥ BDÖ daldırma (0,71) olarak belirlenmiştir. Yani BDS uygulanan vakum-basınç emprenye yöntemindeki emprenye madde alınımı BDÖ uygulanan vakum-basınç emprenye yöntemindeki emprenye madde alınımından daha fazladır. Fakat BDÖ ve BDS uygulanan daldırma yöntemi uygulamalarındaki emprenye madde alınımları arasında bir değişiklik söz konusu değildir. Elde edilen bu sonuçların Lehringer ve diğ. (2009b) ve Schubert ve diğ. (2011) gibi araştırmacıların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

5.5.2.2. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Bakımından Karşılaştırılması

Biyolojik delme işlemi neticesinde oluşan açıklık ve çatlaklardan içeriye basınç uygulanması esnasında emprenye maddelerinin daha derinlere ulaşabilmesi gibi sebeplerden dolayı vakum-basınç uygulanan emprenye yöntemlerinde penetrasyonun daha fazla gerçekleştiği görülmüştür (Tablo 4.17).

5.5.2.3. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Karşılaştırılması

Biyolojik delme işlemi*emprenye yöntemleri*odun yüzey derinliği üçlü etkileşimleri arasında bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 4.37 ve Tablo 4.38).

5.5.3. Kullanılan Emprenye Madde Tipleri

5.5.3.1. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Emprenye Madde Alınımı Bakımından Karşılaştırılması

Farklı emprenye madde tiplerine bağlı olarak gerçekleşen BDS emprenye madde alınımının (6,06 g) > BDÖ emprenye madde alınımına (2,69 g) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca biyolojik delme işlemi ve farklı emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.12). Elde edilen etkileşim sonuçlarına göre; BDS ACQ (6,85 g) ≥ BDS Saf su (6,76 g) > BDÖ MCQ (4,08 g) ≥ BDÖ ACQ (2,03 g) ≥ BDÖ Saf su (1,96) olarak belirlenmiştir. BDS farklı emprenye madde boyutlarına sahip ACQ ve Saf su alınımlarında artış gözlenmesine rağmen MCQ alınımında önemli bir artış tespit edilememiştir (Tablo 4.12). BDS Saf su alınımının artmasının *P. vitreus* mantarının kontrollü çürütme esnasında hücre çeperlerinde meydana getirdiği kapiler boşluklarda suyun yoğunlaşmasıyla ve odun kimyasal bileşenlerinin seçici delignifikasyonuyla ilişkili olabileceği de düşünülmektedir.

5.5.3.2. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Penetrasyon Alanı Değeri Bakımından Karşılaştırılması

Bakır penetrasyon alanı değerinin BDS artması ve kullanılan farklı emprenye madde boyutlarına sahip koruyucuların penetrasyonları arasında da değişiklik olmamasının (Tablo 4.18) biyolojik delme işlemi neticesinde liflere dik yönde iletimi sağlayan ve iletime kısmen engel olan küçük geçit ve porusların genişletilmesiyle alâkalı olduğu düşünülmektedir. Yine iletime engel olduğu düşünülen özışını paranşim hücrelerindeki depozitlerin uzaklaştırılması neticesinde de farklı boyutlardaki emprenye maddelerinin kolaylıkla geçebileceği bir ortam oluşturulmasının BDS Cu penetrasyon alanı değerini artırmış olabileceği düşünülmektedir. Mevcut tez kapsamında odunda liflere dik yönde iletimi sağlayan diri ve olgun odun ilkbahar odunu tabakasında bulunan piceoid tip karşılaşma yeri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin boyutlarında BDÖ ve BDS meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda da genellikle benzer sonuçlar bulunmuştur ($p<0,05$; İ.O KYG: Tablo 4.104 ve Tablo 4.105; İ.O ETKG: Tablo 4.112 ve Tablo 4.113).

BDÖ poliüretanlı ladin odununda ACQ penetrasyon alanı değeri > MCQ penetrasyon alanı değeri arasında fark tespit edilirken ($p<0,05$) (Şekil 4.45), BDS poliüretanlı ladin odununda ACQ penetrasyon alanı değeri ≥ MCQ penetrasyon alanı değeri arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.57). Burada BDS penetrasyon alanı değerinin (1,32 cm^2) > BDÖ penetrasyon alanı değerine (0,42 cm^2) nazaran daha yüksek olduğu da ($p<0,05$) (Tablo 4.16, Tablo 4.17 ve Tablo 4.18) dikkate alınırsa bu durum biyolojik delme işlemi neticesinde hem ACQ penetrasyonunun hem de MCQ penetrasyonunun arttığını fakat MCQ'daki penetrasyon artışının daha fazla olduğunu göstermektedir. Kartal ve diğ. (2009) ile Civardi ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada ladin gibi emprenyesi güç olan türlerde mikronize bakır esaslı koruyucuların kullanımında yeterli penetrasyon elde etmenin güçlüğünden bahsetmişlerdir. Elde edilen bu sonuç biyolojik delme yöntemiyle bu güçlüğün minimize edilebileceğini akıllara getirmektedir.

5.5.3.3. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinin Cu Retensiyon Miktarı Bakımından Karşılaştırılması

Biyolojik delme işlemi*emprenye madde tipleri*odun yüzey derinliği üçlü etkileşimleri arasında bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 4.39 ve Tablo 4.40).

5.6. FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE ODUN KISIMLARINDAKİ BAKIR MİKRODAĞILIMINA YÖNELİK SONUÇLAR

Sarıçam örnekleri ile BDÖ ve BDS ladin örneklerinin dış yüzeylerinde (Cu) ve orta kısımlarında (Merkez Cu) tespit edilen en yüksek bakır retensiyon yüzde dağılım oranları dikkate alındığında {sarıçam Cu: % 15,85 ≤ BDÖ ladin Cu: % 17,61 ≤ BDS ladin Cu: % 20,75} ile {BDÖ ladin Merkez Cu: % 0,89 ≤ BDS ladin Merkez Cu: % 1,37 ≤ sarıçam Merkez Cu: % 1,96} şeklinde bir sonuç elde edilmiştir (Şekil 4.58, Şekil 4.60 ve Şekil 4.61). Bu durumda kolay emprenye edilen iğne yapraklı ağaçlardan olan sarıçam odununda emprenye maddelerinin yeterli penetrasyonunun sağlandığını ladin gibi emprenyesi güç ağaç türlerinde ise yeterli penetrasyon sağlanamadığını fakat biyolojik delme işlemi neticesinde penetrasyonda kısmende olsa bir artış olduğunu göstermektedir. BDÖ SEM-EDX çalışmalarında özellikle enine kesitlere yönelik bakır mikrodağılım görüntüleri incelendiğinde emprenye edilebilirliği olgun oduna nazaran daha yüksek olan diri odunda bakır dağılım oranının daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.59). Ayrıca, örneklerin farklı kesitlerinden elde edilen bakır dağılımına ait

mikroskop görüntüleri bakırın odun mikroyapısında homojen bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.59 ve Şekil 4.62).

Bu tez çalışmasında ladin diri ve olgun odun enine kesitlerinde lignin miktarının daha yoğun olduğu hücre köşeleri ve orta lamelde Cu mikrodağılım oranlarının daha yoğun olduğu (Petrič ve diğ., 2000; Matsunaga ve diğ., 2004; Cao ve Kamdem 2005; Stirling ve diğ., 2008) dikkat çekmektedir (Şekil 4.59). Ayrıca elde edilen Cu mikrodağılım görüntülerinin geneli incelendiğinde çözünebilir haldeki ACQ ve çözünemez haldeki MCQ odun koruyucu maddelerinin hücre lümenlerinde de dağılım gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 4.59). Stirling ve diğ. (2008)'de çalışmalarında ACQ ve MCQ emprenye maddelerinin hücre lümenlerinde de dağılım gösterdiğinden bahsetmişlerdir.

5.7. YIKANMA TESTLERİYLE İLGİLİ SONUÇLAR

5.7.1. BDÖ Farklı ve Toplam Yıkanma Süreleri Esas Alınarak Ladin ve Sarıçam Odunlarından Yıkanan Cu Miktarları (%) İle İlgili Elde Edilen Sonuçlar

BDÖ farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları göz önüne alındığında ladin odununda 1. günün sonunda yıkanan Cu miktarı (% $500x10^{-4}$) > 14. günün sonunda yıkanan Cu miktarına (% $140x10^{-4}$) nazaran daha yüksek olarak belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.63). Yapılan yıkanma testi çalışmaları ahşap malzemeden yıkanmanın ilk zamanlarda daha fazla olduğunu göstermektedir (Archer ve Preston, 1994). Sarıçam odununda da her ne kadar ilk zamanlarda yıkanan bakır miktarı fazla gibi gözükse de farklı sürelere bağlı olarak yıkanan bakır miktarları arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.64).

5.7.1.1. Farklı Odun Kısımlarının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDÖ farklı süre ve toplam süreler esas alındığında ladinde yıkanan Cu miktarı bakımından farklı odun kısımları arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Farklı süre: Tablo 4.42; Toplam süre: Tablo 4.47). Fakat farklı süreler ve ladin farklı odun kısımları arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Buna göre; 1 günde ladin diri odunundan yıkanan Cu miktarı (% 590 $x10^{-4}$) > 14 günde ladin diri odunundan yıkanan Cu miktarına (% $70x10^{-4}$) nazaran daha fazla belirlenmiştir. Ladin olgun odununda ise farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları arasında fark bulunamamıştır (Tablo 4.42). Bu durumunda ladin farklı odun kısımlarının anatomik yapısının farklı olmasından kaynaklanmakla beraber literatürde belirtildiği gibi ACQ ve MCQ ile

emprenye edilen farklı odun kısımlarından hangisinin Cu alınımı daha yüksek ise (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12) buna bağlı olarak Cu yıkanma miktarınında orantısal olarak artmış olabileceği düşünülmektedir (Wang ve Kamdem, 2012). Ayrıca BDÖ toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından ladin farklı odun kısımları arasında fark yok iken ($p>0,05$) (Tablo 4.47) farklı ağaç türü ve odun kısımları arasında ise fark olduğu belirlenmiştir. Buna göre; BDÖ en fazla yıkanma sarıçam diri odununda (% $570x10^{-4}$) en az yıkanma ise başka bir grupta yer alan ladin olgun odunu (% $170x10^{-4}$) ve ladin diri odununda (% $140x10^{-4}$) belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.66).

5.7.1.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem farklı hem de toplam süreler esas alındığında yıkanan Cu miktarlarının daldırma yönteminde vakum-basınç yöntemine nazaran daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (**farklı süre**: ladin: Tablo 4.43; sarıçam: Tablo 4.51; **Toplam süre**: ladin: Tablo 4.48; sarıçam: Tablo 4.55). BDÖ ladinde farklı süreler ve emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma daldırma yönteminde 1 günde (% $700x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise vakum-basınç 14 günde (% $120x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.43). Bununla beraber BDÖ sarıçamda farklı süreler ve emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre sarıçamda en fazla yıkanma daldırma yönteminde 1 günde (% $1180x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise vakum- basınç 6 saat (% $40x10^{-4}$) örneklerinde gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.51). Gezer ve diğ. (2004) farklı bir emprenye madde tipi olan CCA ile emprenye edilen ağaç malzemenin yıkanmasında uygulanan emprenye yönteminin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

5.7.1.3. Kullanılan Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem farklı hem de toplam süreler esas alındığında ladin ve sarıçam odunundan yıkanan Cu miktarının ACQ emprenye maddesinde MCQ emprenye maddesine nazaran daha fazla olduğu görülmüştür (**Ladin**: farklı süre-toplam süre: Tablo 4.44 - Tablo 4.49; **Sarıçam**: farklı süre-toplam süre: Tablo 4.52 - Tablo 4.56). Görüldüğü gibi en fazla yıkanan Cu miktarı ACQ emprenye madde tipinde belirlenmiştir. BDÖ ladinde farklı süreler ve emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma ACQ emprenye maddesinde 1 günde (% $800x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise MCQ 6 saat (% $120x10^{-4}$) örneklerinde gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.44). Bu durumunda mikronize

boyutlardaki emprenye maddelerinin yıkanmaya karşı daha dirençli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Freeman ve MyIntyre, 2008; Kartal ve diğ., 2009; Clausen ve diğ., 2010; Wang ve Kamdem, 2012).

5.7.1.4. Enine Kesitlere Poliüretan Uygulanmasının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDÖ hem farklı hem de toplam süreler esas alındığında enine kesitlere poliüretan uygulamasının ladinde yıkanma miktarını düşürdüğü belirlenmiştir ($p<0,01$) (farklı süre: Tablo 4.45; toplam süre: Tablo 4.47, Tablo 4.48 ve Tablo 4.49). BDÖ ladinde farklı süreler ve enine kesitlere poliüretan uygulaması arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma poliüretansız ladin odun örneklerinde 1 günde (% $780x10^{-4}$) tespit edilmiştir. En az yıkanma ise poliüretanlı ladin odun örneklerinde 14 günde (% $60x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.45). BDÖ sarıçam odununda ise farklı süreler ve toplam süreler esas alındığında enine kesitlere poliüretan uygulamasının yıkanma miktarını etkilemediği görülmüştür (farklı süre: Tablo 4.53; toplam süre: Şekil 4.65). Elde edilen bu sonuçlarda ladinde emprenye madde alınımının liflere paralel yönde daha fazla (Şekil 4.21) olmasından dolayı yıkanmanın da özellikle liflere paralel yönde liflere dik yöne nazaran daha fazla gerçekleştiğini düşündürmektedir.

BDÖ **ladinde toplam sürede** enine kesitlere poliüretan uygulaması ve farklı odun kısımları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma poliüretansız ladin diri odun örneklerinde (% $490x10^{-4}$), en az yıkanma ise poliüretanlı ladin diri odun örneklerinde (% $140x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.47).

BDÖ **ladinde toplam sürede** enine kesitlere poliüretan uygulaması ve emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma poliüretansız ladin örneklerinde uygulanan daldırma yönteminde (% $680x10^{-4}$) tespit edilmiştir. En az yıkanma ise poliüretanlı daldırma (% $150x10^{-4}$) yönteminde gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.48).

BDÖ **ladinde toplam sürede** enine kesitlere poliüretan uygulaması ve kullanılan emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma poliüretansız ladin örneklerinde kullanılan ACQ emprenye maddesinde (% $650x10^{-4}$) tespit

edilmiştir. En az yıkanma ise poliüretanlı ladin örneklerinde kullanılan MCQ emprenye maddesinde (% $30x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.49).

BDÖ **sarıçamda toplam sürede** enine kesitlere poliüretan uygulaması ve emprenye yöntemleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre en fazla yıkanma poliüretanlı sarıçam örneklerinde uygulanan daldırma yönteminde (% $1040x10^{-4}$) tespit edilmiştir. En az yıkanma ise poliüretansız vakum- basınç (% $60x10^{-4}$) yönteminde gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.55).

BDÖ **sarıçamda toplam sürede** enine kesitlere poliüretan uygulaması ve kullanılan emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre en fazla yıkanma poliüretanlı sarıçam örneklerinde ACQ emprenye maddesinde (% $780x10^{-4}$) tespit edilmiştir. En az yıkanma ise poliüretansız MCQ emprenye maddesinde (% $100x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.56).

5.7.2. BDS Farklı ve Toplam Yıkanma Süreleri Esas Alınarak Ladin Odunundan Yıkanan Cu Miktarları (%) İle İlgili Elde Edilen Sonuçlar

BDS ladin odununda farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.67).

5.7.2.1. Farklı Odun Kısımlarının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDS farklı ve toplam süreler esas alındığında ladinde yıkanan Cu miktarı diri odunda (% 610 $x10^{-4}$) olgun oduna (% $170x10^{-4}$) nazaran daha fazla belirlenmiştir ($p<0,01$) (Farklı süre: Tablo 4.58; Toplam süre: Şekil 4.68). Bununla beraber farklı süreler ve ladin farklı odun kısımları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre en fazla yıkanma ladin diri odununda ilk 6 saatte (% $900x10^{-4}$) tespit edilmiştir. En az yıkanma ise olgun odun 6 saat (% $100x10^{-4}$) örneklerinde gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.58). Ayrıca BDS toplam sürede yıkanan Cu miktarları bakımından farklı ağaç türü ve odun kısımları arasında ise fark olduğu belirlenmiştir. Buna göre; BDS en fazla yıkanma aynı grupta yer alan ladin diri odunu (% $610x10^{-4}$) ve sarıçam diri odununda (% $570x10^{-4}$) en az yıkanma ise farklı bir grupta yer alan ladin olgun odununda (% $170x10^{-4}$) belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.72). Elde edilen sonuçlar biyolojik delme işlemi neticesinde ladin diri odununda yıkanan Cu miktarında bir artma olduğunu ladin olgun odununda ise yıkanan Cu miktarının değişmediğini göstermiştir. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen liflere paralel basınç direnç testine ait sonuçlar, biyolojik delme işlemi neticesinde liflere paralel basınç direncindeki azalmanın ağırlık kaybı artışına bağlı olarak diri

odunda olgun oduna nazaran daha fazla olduğunu göstermiştir (Tablo 4.76 ve Şekil 4.74). Ladin diri odun kısmında liflere paralel basınç direncinde görülen azalmanın daha fazla olması burada ligninin daha fazla bozunduğunun bir göstergesidir. Odun içerisinde geçiş metal iyonları için öncelikli adsorpsiyon yerlerinin fonksiyonel lignin grupları olduğu (Petrič ve diğ., 2000; Stirling ve diğ., 2008) dikkate alınırsa biyolojik delme işlemi neticesinde ladin diri odununda yıkanmanın niçin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, literatürde yıkanmanın bakır alınımının daha yüksek olmasına bağlı olarak orantısal olarak arttığı belirtilmiştir (Wang ve Kamdem, 2012). BDS ladin diri odun kısmında alınan emprenye madde miktarının olgun oduna nazaran çok daha az olması buradaki durumun emprenye madde alınımıyla ilgili olmadığını da göstermektedir.

5.7.2.2. Uygulanan Emprenye Yöntemlerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDS hem farklı hem de toplam süreler esas alındığında ladinde yıkanan Cu miktarı uygulanan emprenye yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermemiştir ($p>0,05$) (Farklı süre: Tablo 4.59; Toplam süre: Şekil 4.69). Burada biyolojik delme işlemi uygulanması yıkanan Cu miktarı bakımından uygulanan farklı emprenye yöntemleri arasında fark bulunamamasına neden olmuştur.

5.7.2.3. Kullanılan Farklı Emprenye Madde Tiplerinin Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDS hem farklı hem de toplam süreler esas alındığında ladin odununda yıkanan ACQ Cu miktarının (% $500x10^{-4}$) > MCQ Cu miktarına (% $280x10^{-4}$) nazaran daha fazla olduğu görülmüştür (Farklı süre: Tablo 4.60; Toplam süre: Şekil 4.70). BDS ladinde farklı süreler ve emprenye madde tipleri arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur. Buna göre ladinde en fazla yıkanma ACQ emprenye maddesinde 6 saatte (% $750x10^{-4}$) tespit edilmiştir. En az yıkanma ise MCQ emprenye maddesinde 14 günde (% $110x10^{-4}$) belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.60). Bu durumunda mikronize boyutlardaki emprenye maddelerinin yıkanmaya karşı daha dirençli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Freeman ve MyIntyre, 2008; Kartal ve diğ., 2009; Clausen ve diğ., 2010; Wang ve Kamdem, 2012).

5.7.2.4. Meydana Gelen Ağırlık Kayıplarının Yıkanan Cu Miktarları Üzerindeki Etkileri

BDS farklı süre ve toplam süreler esas alındığında ladinde yıkanan Cu miktarı % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde (% $540x10^{-4}$) > % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklere

(% 240x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Farklı süre: Tablo 4.61; Toplam süre: Şekil 4.71). Yapılan Cu mikrodağılım çalışmalarında bakır mikrodağılım bölgeleri olarak traheidlerdeki sekonder çeperler, orta lameller, kenarlı geçitler ve torusların önemine vurgu yapılmış ve elde edilen sonuçlarda da torusun koruyucu madde fiksasyonunda önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir (Matsunaga ve diğ., 2004). Yine yapılan çalışmalarda taşıyıcı çözeltiye bakılmaksızın odun içerisinde geçiş metal iyonları için öncelikli adsorpsiyon yerlerinin fonksiyonel lignin grupları olduğu ifade edilmiştir (Petrič ve diğ., 2000; Stirling ve diğ., 2008). Burada biyolojik delme amacıyla kullanılan ve selektif delignifikasyon özelliğine sahip olan *P. vitreus* mantarının odunda öncelikli olarak pektin içeren kenarlı geçitleri ve torusu tercih ettiği bilinmektedir (Schwarze, 2007; Lehringer ve diğ., 2009b; Lehringer ve diğ., 2010; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Gilani ve Schwarze, 2014). Bu yüzden biyolojik delme neticesinde *P. vitreus* mantarının Cu mikrodağılım bölgeleri olarak belirtilen ve çoğunlukla lignin ve pektin içeren anatomik yapıları bozundurması sonucu Cu mikrodağılım bölgelerinin oransal olarak azalacağı bununla beraber de Cu fiksasyon ve bağlanma kalitesinin de düşeceği tahmin edilmektedir. Bütün bunlardan dolayı mikroyapıda mantarsal aktivite neticesinde oluşabilecek kapiler boşluklarda Cu partikülleri çökelme veya zayıf fiksasyonlarla odun yapısında tutunmuş olacaktır. Bu nedenle kaliteli bir fiksasyon gerçekleşmemiş olabilme ihtimalinden dolayı BDS yıkanan Cu miktarının artmış olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen tüm bu veriler bir kez daha biyolojik delme işlemi uygulamalarında optimum süre olarak 6 haftayı esas almanın daha doğrusu % 10 ağırlık kaybına kadar kontrollü çürütmenin yapılmasının biyolojik delme işleminin başarı ölçütlerinden olan permeabilitenin yeterince artırılması ve mekanik direncin azalmaması hedeflerini gerçekleştirmede en önemli etken olduğunu göstermiştir (Schwarze ve diğ., 2006; Humar ve diğ., 2012; Fuhr ve diğ., 2013).

5.7.3. BDÖ ve BDS Farklı ve Toplam Sürelerde Ladin Odunundan Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılmasıyla İlgili Sonuçlar

Ladin odununda farklı süre ve toplam süreler esas alındığında yıkanan Cu miktarı biyolojik delme işlemi uygulanmasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. BDS yıkanan Cu miktarı (% 390x10^{-4}) > BDÖ yıkanan Cu miktarına (% 150x10^{-4}) nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.63) (**Farklı süre**: Tablo 4.64 - Tablo 4.65; Tablo 4.66 - Tablo 4.67; Tablo 4.68 - Tablo 4.69) (**Toplam süre**: Tablo 4.70, Tablo 4.71 ve Tablo 4.72). Wang ve Kamdem (2012) kızılçam ve güney sarıçamı odununun ACQ ve MCQ ile emprenyesi esnasında

emprenye madde alınımındaki artışın yıkanan Cu miktarıyla orantılı olduğunu belirtmişlerdir. Burada da biyolojik delme işlemine bağlı olarak Cu emprenye maddesi alınımının artmasıyla (Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12) orantılı olarak yıkanma miktarınında BDS artmış olabileceği düşünülmektedir.

5.7.3.1. BDÖ ve BDS Farklı Odun Kısımlarında Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılması

Ladin odununda farklı süre ve toplam süreler esas alındığında BDÖ + BDS yıkanan Cu miktarı diri odunda (% $370x10^{-4}$) olgun oduna (% $170x10^{-4}$) nazaran daha yüksek belirlenmiştir ($p<0,01$) (**Farklı süre**: Tablo 4.64 - Tablo 4.65; **Toplam süre**: Tablo 4.70). Farklı sürelere bağlı olarak hem BDÖ hem de BDS yıkanan Cu miktarları bakımından fark bulunamamıştır. Biyolojik delme*Odun kısmı etkileşimi dikkate alındığında en fazla yıkanma BDS diri odunda (% $610x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise BDÖ diri odunda (% $140x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,01$). Odun kısmı*Süre etkileşimi dikkate alındığında en fazla yıkanma ladin diri odununda ilk 6 saatte (% $520x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise ladin olgun odununda 14. günde (% $90x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$). Biyolojik delme*Süre*Odun kısmı etkileşimi dikkate alındığında ise en fazla yıkanma BDS ladin diri odununda ilk 6 saatte (% 900 $x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise BDÖ ladin diri odununda 14. günde (% $50x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.64 - Tablo 4.65).

5.7.3.2. BDÖ ve BDS Uygulanan Emprenye Yöntemlerinde Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılması

Ladin odununda farklı süre ve toplam süreler esas alındığında BDÖ + BDS yıkanan Cu miktarı bakımından emprenye yöntemleri arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (**Farklı süre**: Tablo 4.66 ve Tablo 4.67; **Toplam süre**: Tablo 4.71). Farklı sürelere bağlı olarak hem BDÖ hem de BDS yıkanan Cu miktarları bakımından fark bulunamamıştır. Biyolojik delme*Emprenye yöntemi etkileşimi dikkate alındığında en fazla yıkanma BDS vakum-basınç yönteminde (% $430x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise BDÖ daldırma yönteminde (% $150x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.66 ve Tablo 4.67).

5.7.3.3. BDÖ ve BDS Kullanılan Emprenye Madde Tiplerinde Yıkanan Cu Miktarlarının Karşılaştırılması

Ladin odununda farklı süre ve toplam süreler esas alındığında BDÖ + BDS yıkanan Cu miktarı ACQ emprenye maddesinde (% $390x10^{-4}$) MCQ emprenye maddesine (% $150x10^{-4}$) nazaran

daha yüksek belirlenmiştir ($p<0,01$) (**Farklı süre**: Tablo 4.68 - Tablo 4.69; **Toplam süre**: Tablo 4.72). Farklı sürelere bağlı olarak hem BDÖ hem de BDS yıkanan Cu miktarları bakımından fark bulunamamıştır. Biyolojik delme*Emprenye madde etkileşimi dikkate alındığında en fazla yıkanma BDS ACQ emprenye maddesinde (% $500x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise BDS ve BDÖ MCQ emprenye maddesinde (% $270x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$). Emprenye madde*Süre etkileşimi dikkate alındığında en fazla yıkanma ACQ 6 saatte (% $550x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise MCQ 14 günde (% $70x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$). Biyolojik delme*Süre*Emprenye madde etkileşimi dikkate alındığında ise en fazla yıkanma BDS ACQ 6 saatte (% $750x10^{-4}$) gerçekleşmiştir. En az yıkanma ise BDÖ MCQ 6 saat (% $10x10^{-4}$) gerçekleşmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.68 - Tablo 4.69).

5.8. FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL TESTLERLE İLGİLİ ELDE EDİLEN SONUÇLAR

5.8.1. Yoğunluk Değişimine Ait Sonuçlar

Bozkurt ve Erdin (1990) ağaçlarda yoğunluk sınıflarını çok hafif ağaçlar (< 0,29 g/cm^3), hafif ağaçlar (0,30–0,49 g/cm^3), orta ağırlıktaki ağaçlar (0,50–0,69 g/cm^3), ağır ağaçlar (0,70–0,99 g/cm^3) ve çok ağır ağaçlar (> 1,00 g/cm^3) olarak sınıflandırmışlardır. Burada ladin diri ve olgun odun kısımlarına ait elde edilen yoğunluk değerlerinin (0,40 g/cm^3) hafif ağaçlar sınıfında yer alan ladin (0,30 – 0,49 g/cm^3) ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 4.73). Yine bazı araştırmacılar da mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen ladin kontrol örneklerine ait yoğunluk değerlerine yakın sonuçlar bulmuşlardır (Bozkurt ve diğ., 1993; Bektaş, 1995; Keskin, 2009).

Biyolojik delme işlemi sonunda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak yoğunluk değerlerinde bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın diri odunda kısmen daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.73) (Tablo 4.73 ve Tablo 4.74). Ladin diri ve olgun odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak % 5-10 ağırlık kaybında olgun odunda meydana gelen yoğunluktaki % azalış (% -5,43) > diri oduna (% -2,71) nazaran daha yüksek belirlenmiştir. Fakat % 10-15 ağırlık kaybında ise diri odunda meydana gelen yoğunluktaki % azalış (% -8,62) > olgun oduna (% -6,42) nazaran daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 4.74). Bu durumda *P. vitreus* mantarının % 10 ağırlık kaybına kadar tükettiği kimyasal bileşen ve maddelerin olgun odunda farklı diri odunda farklı olduğunu akıllara getirmektedir. Mevcut tez çalışmasında gerçekleştirilen FTIR-ATR analizleri (Şekil 4.117 ve Şekil 4.118),

liflere paralel basınç direnç değişimi (Tablo 4.75 ve Tablo 4.76; Şekil 4.74) ve alkali çözünürlük derecelerinin tespitine yönelik gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlarda (Tablo 4.77 ve Tablo 4.78; Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77) *P. vitreus* mantarının % 10 ağırlık kaybına kadar tükettiği kimyasal bileşen ve maddelerin olgun odunda farklı diri odunda farklı olduğu görüşünü desteklemektedir.

5.8.2. Liflere Paralel Basınç Direncine (LPBD) Ait Sonuçlar

Bazı araştırmacılarda (Bozkurt ve diğ., 1993; Aydın ve Çolak, 2003; Keskin, 2009; Yıldız ve diğ., 2012; Çetin ve Gündüz, 2017) yaptıkları çeşitli çalışmalarda bu tez kapsamında gerçekleştirilen ladin kontrol örneklerine ait liflere paralel basınç direnç değerlerine yakın sonuçlar bulmuşlardır (Şekil 4.74). Mevcut tez çalışmasında biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak liflere paralel basınç direnç değerlerinde bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanında diri odunda farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak önemli bir şekilde azaldığı, olgun odunda ise böyle bir durumun söz konusu olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.74). Yani liflere paralel basınç direnç değerlerinde tespit edilen yüzde azalışın ladin diri odununda daha yüksek çıktığı görülmektedir (Tablo 4.76). Bu durumda *P. vitreus* mantarının % 10-15 ağırlık kaybına kadar olgun odunda çoğunlukla odunun mekanik direncinde önemli rol oynamayan kenarlı geçitlerdeki ve hücre çeperlerindeki pektin gibi kimyasallar ile fenolik bileşenler gibi maddeleri daha fazla bozundurduğunu göstermektedir. Ayrıca, ladin diri odun kısmında biyolojik delme işlemi neticesinde liflere paralel basınç direncinde görülen azalmanın daha fazla olması burada ligninin daha fazla bozundurulduğunun bir göstergesidir.

Elde edilen ladin olgun odun mekanik test sonuçlarına benzer olarak Gilani ve diğ. (2014) ile Gilani ve Schwarze (2014) yaptıkları çalışmada *Physisporinus vitreus* (Pers,) P. Karst ve *Xylaria longipes* Nitschke beyaz çürüklük mantarlarının bir müzik aleti olan keman yapımında kullanılan Avrupa ladini ve dağ akçaağacı gibi emprenyesi güç odun türlerinin yoğunluğunda bir düşüşe neden oldukları halde odunun mekanik özellikleri ve ses iletim hızı üzerinde önemli değişikliklere sebep olmadıklarından bahsetmişlerdir.

5.8.3. BDÖ ve BDS Odun Örneklerinde % 1'lik NaOH Çözünürlüğüyle İlgili Elde Edilen Sonuçlar

Bazı araştırmacılarda (Balaban, 2000) yaptıkları çeşitli çalışmalarda bu tez kapsamında gerçekleştirilen Doğu ladini alkali çözünürlük derecesine yakın sonuçlar bulmuşlardır (Tablo 4.77 ve Tablo 4.78; Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77). Mevcut tez çalışmasında biyolojik delme işlemi sonunda meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak odunun kimyasal bileşenlerinin bozunduğu belirlenmiştir. Bu bozunmaya bağlı olarak da hem diri odun hem de olgun odun örneklerinin alkali çözünürlüklerinde periyodik bir artış olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.77 ve Tablo 4.78; Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77).

BDS meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak alkali çözünürlük derecelerinin ladin olgun odununda daha yüksek çıktığı görülmektedir. Özellikle % 5 ila % 10 ağırlık kaybı arasında alkali çözünürlük derecesi olgun odunda (% 112,17) > diri oduna (% 66,20) nazaran çok daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 4.78). Bu durumda söz konusu olan ağırlık kayıpları arasında olgun odunda pektin, nişasta, polyozlar ve lignin parçalanma ürünlerinin I. Tip beyaz çürüklük mantarı olan *P. vitreus* tarafından daha fazla bozunmaya uğratıldığını göstermektedir. Bununla beraber *P. vitreus* mantarının % 10 ağırlık kaybına kadar bozunmaya uğrattığı kimyasal bileşenlerin olgun odunda farklı diri odunda farklı olduğu da anlaşılmaktadır. Bu durum % 20 ağırlık kaybına kadar devam etmekte sonrasında ise ladin diri ve olgun odun kısımları arasındaki alkali çözünürlük farkı daha düşük düzeylere inmektedir (Tablo 4.78).

Bu tez çalışmasında ışık mikroskobundan elde edilen görüntülerin geneli değerlendirildiğinde olgun odunda pektin içeren kenarlı geçitlerin diri oduna nazaran daha fazla bozunması ve olgun odun ilkbahar odunu tabakasındaki boyuna traheidlerin radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler ile karşılaşma yeri geçit ve poruslarının diri oduna nazaran daha fazla bozunmuş olması da bu sonucu desteklemektedir (KG: Tablo 4.85, Tablo 4.92 ve Tablo 4.93; KYG: Tablo 4.101, Tablo 4.104 ve Tablo 4.105). Ayrıca mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen yoğunluk değişimi (Şekil 4.73), liflere paralel basınç direnç değişimi (Şekil 4.74) ve alkali çözünürlük derecelerinin belirlenmesi çalışmaları (Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77) birlikte değerlendirildiğinde ladin olgun odununun biyolojik delme işlemine maruz bırakılma sürecinin uzatılabileceği yani % 20 ağırlık kaybına kadar *P. vitreus* mantarına maruz bırakılmasının olgun odunda permeabiliteyi artırmasına rağmen mekanik dirençleri diri odundaki kadar etkilemeyeceği de düşünülmektedir.

5.9. MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK İNCELEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

5.9.1. Kenarlı Geçitler, Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitleri

5.9.1.1. Kontrol ve % 5-10 Ağırlık Kaybı Görülen Örneklerde Elde Edilen Sonuçlar

Biyolojik delme işlemine maruz bırakılma neticesinde hem diri odun hem de olgun odunda % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerin ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonundaki orta şiddetli bozunmaların sadece farklı geçit tiplerinde değil kısmen hücre çeperlerinde de gözlenmesi (**D.O**: Şekil 4.78, Şekil 4.91 ve Şekil 4.104; **O.O**: Şekil 4.82, Şekil 4.95 ve Şekil 4.108) bir seçici beyaz çürüklük yapan *P. vitreus* mantarının öncelikle yapısında pektin içeren kenarlı geçitleri hedef aldığını ve bu bozunmayla eş zamanlı olarak veya hemen sonrasında ise hücre çeperlerindeki lignin ve hemiselülozları hedef aldığını göstermektedir (Schmidt ve diğ., 1997; Schwarze ve Landmesser, 2000; Schwarze, 2007; Lehringer ve diğ., 2009b). BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerden elde edilen tüm bu gözlemlerin SEM ile elde edilen ultramikroskopik görüntülerle (**D.O**: Şekil 4.79, 4.92 ve 4.105; **O.O**: Şekil 4.83, Şekil 4.96 ve Şekil 4.109) ve FTIR-ATR sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Çünkü FTIR-ATR verilerine göre diri ve olgun odunda tüm odun polimerlerinin % 10 ağırlık kaybına kadar genellikle kendini koruduğu ağır ve şiddetli bozunmaların ise % 20 ağırlık kaybı ve sonrasında meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.117 ve Şekil 4.118).

5.9.1.2. Kontrol ve % 10-15 Ağırlık Kaybı Görülen Örneklerde Elde Edilen Sonuçlar

Biyolojik delme işlemine maruz bırakılma neticesinde hem diri odun hem de olgun odunda % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen örneklerde selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve fenolik bileşiklerden oluşan geçitlerin (Durmaz ve Yıldız, 2016) tamamen bozunması (**D.O**: Şekil 4.93 ve Şekil 4.106; **O.O**: Şekil 97 ve Şekil 4.110) I.Tip beyaz çürüklük mantarı olan *P. vitreus* mantar kolonizasyonun ilk aşamalarında pektince zengin geçit zarlarını bozundurduğunu sonra ise lignin ve hemiselülozu ardından da selülozu tükettiğinin bir göstergesidir (Lehringer ve diğ., 2010; Schubert ve Schwarze, 2011; Fuhr ve diğ., 2013; Schubert ve diğ., 2013; Gilani ve Schwarze, 2014). Pektin hücre çeperinde, hücre köşelerinde, öz ışını paranşim hücrelerinde ve reçine kanalını çevreleyen epitel hücrelerinde de bulunur ve farklı dağılımlar gösterirler (Green III ve diğ., 1997). Örneğin; hücre tabakaları içerisinde lignince en zengini olan birleşik orta lamel, yüksek seviyelerde pektin içerirken sekonder hücre çeperinde pektin çok düşük

seviyelerdedir (Ek ve diğ., 2009). Selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektin gibi odun bileşenlerinin aynı zamanda hücre çeper bileşenleri olması ve geçitler büyük oranda bozunduktan sonra mevcut bozunmaların çeperlerde de devam etmesinin (**D.O**: Şekil 4.80, Şekil 4.93 ve Şekil 4.106; O.O: Şekil 4.84, Şekil 4.97 ve Şekil 4.110) mekanik direnci olumsuz etkileyeceği bir gerçektir. BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerden elde edilen tüm bu gözlemlerin SEM ile elde edilen ultramikroskopik görüntülerle (**D.O**: Şekil 4.81, Şekil 4.94 ve Şekil 4.107; **O.O**: Şekil 4.85, Şekil 4.98 ve Şekil 4.111), FTIR-ATR analizleriyle (Şekil 4.117 ve Şekil 4.118), fiziksel ve mekanik testlerden elde edilen verilerle (Şekil 4.73 ve Şekil 4.74) birbirini destekler nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut tez kapsamında verilen mikroskopik ve ultramikroskopik görüntüler ladin farklı odun kısımlarına biyolojik delme işlemi uygulandıktan sonra meydana gelen farklı ağırlık kayıpları göz önüne alınarak oluşturulan gruplara ait olmakla beraber mantarın mikroskopik yapıda oluşturduğu en şiddetli bozunmaların görüldüğü görüntüler arasından seçilmiştir. Bunun amacı; *P. vitreus* mantar inkübasyon süresinin arttıkça mikroskopik yapıda artan bozunmalara bağlı olarak direnç özelliklerinde meydana gelebilecek düşüşleri daha iyi yorumlayabilmekdir. Bu çalışmada diri odun ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik (yaklaşık 7.200 adet) ve ultramikroskopik görüntülerin geneli (yaklaşık 240 adet) değerlendirildiğinde kenarlı geçitler veya diğer karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinde meydana gelen bozunmaların olgun odundaki kadar fazla ve şiddetli olmadığı fakat hücre çeper tahribatlarının olgun odun örneklerininkinden daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber epitel hücreleri ve boyuna reçine kanallarında kayda değer bir bozunma tespit edilememiştir. Olgun odun mikroyapısında bulunan farklı tip geçitlerin diri odun mikroyapısında bulunan farklı tip geçitlere nazaran daha fazla bozunmasının sebepleri arasında kenarlı geçit zarlarının kimyasal bileşenlerindeki değişkenlik ve içerdikleri bazı ekstraktifler ile aromatik bileşenlerin *P. vitreus* mantarı tarafından özellikle tercih edilmesinin olduğu düşünülmektedir. Kenarlı geçit zarlarındaki lignifikasyonun öz odun oluşumu esnasında meydana gelmesi dolayısıyla diri odun kenarlı geçit zarlarının bu yapıdan yoksun olması ve bu esnada polifenolik bileşenlerin de önemli derecede farklılaşmasının (Bauch ve Berndt, 1973) selektif delignifikasyon özelliği olan *P. vitreus* mantar aktivitesini etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber öz odunda inkrustasyonlardan dolayı kalınlaşan ve kapalı

olan geçit zarlarındaki lignanlar gibi fenolik bileşenlerin varlığınında (Messner ve diğ., 2003) *P. vitreus* mantar aktivitesini bu anlamda etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Diri odun boyuna traheid hücre çeper tahribatlarının ise olgun odun örneklerininkinden kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olmasının da selektif delignifikasyon özelliği gösteren *P. vitreus* mantarının lignifikasyon oluşumu görülmeyen diri odun kenarlı geçit zarlarında bulunan pektin varlığından dolayı başlayan bozunmayla eş zamanlı olarak yapısında lignin bulunduran boyuna traheid hücre çeperlerinde de boşluklar, oyuklar ve çentikler meydana getirmesi neticesinde boyuna traheid hücre çeperlerinde şiddetli bozunmalara sebep olduğu düşünülmüştür (Lehringer ve diğ., 2009b; Lehringer ve diğ., 2010). Bununla beraber ladin diri odununda reçine miktarının olgun oduna nazaran yüksek olmasına rağmen boyuna traheid hücre çeper bozunmasının diri odun kısmında daha fazla ve daha şiddetli görülmesi reçinenin *P. vitreus* mantarına karşı sınırlayıcı veya engelleyici bir etki göstermediğini düşündürmektedir. Olgun odun boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan ektraktif madde tip ve miktarınında olgun odundaki boyuna traheid hücre çeper dayanıklılığını artırmış olabileceği de dikkate alınmalıdır. Ayrıca olgun oduna nazaran daha düşük miktarlarda lignin ve pektin içeren diri odunun aynı zamanda da daha yüksek selüloz miktarına sahip olması (Bertaud ve Holmbom, 2004) göstermektedir ki diri odunun hem yapısında lignin miktarı az hem de kenarlı geçit zarlarında lignifikasyon meydana gelmediği için buralardaki lignin oranı da düşüktür. Dolayısıyla selektif delignifikasyon yapan *P. vitreus* mantarının diri odunda düşük seviyelerde bulunan pektin ve lignini bozundurduktan hemen sonra selülozu bozundurmaya başlamış olmasından dolayı ağırlık kaybı artışına da bağlı olarak çeperlerde aşırı bir bozunmanın meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada biyolojik delme işleminde kullanılan *P. vitreus* mantarına yönelik elde edilen ve birbirine zıt gibi görünen bazı veriler aşağıda verilmiştir;

- Biyolojik delme işlemi neticesinde permeabilitenin diri oduna nazaran olgun odunda daha fazla artmış olması (Şekil 4.24 ve Şekil 4.39),
- BDS permeabilite artışının daha düşük belirlendiği diri odun kısmından elde edilen mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülerde hücre çeper bozunmasının daha fazla ve daha şiddetli olmasına bağlı olarak yoğunluk ve liflere paralel basınç direncindeki düşüşün diri odunda daha fazla görülmesi (Şekil 4.73 ve Şekil 4.74),

Tüm bu çelişkili gibi görünen veriler olgun odunda özellikle geçit zar ve yapısında bulunan bulunan bazı ekstraktifler ile bazı aromatik bileşenlerin *P. vitreus* mantar gelişimini olumlu etkileyebileceğini, diri odunda ise özellikle boyuna traheid hücre çeperlerinde bulunan bazı ekstraktifler ile bazı aromatik bileşenlerin mantar gelişimini olumlu etkileyebileceği ihtimallerini akıllara getirmektedir. Bu amaçla; *P. vitreus* mantarıyla reçineler, ektraktif maddeler ve aromatik bileşenlerin etkileşimine yönelik odun kimyası analizlerinin gelecek çalışmalara konu olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada kenarlı geçitlerde gözlenen farklı bozunma tipleri (Şekil 4.87) ile ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid kenarlı geçitlerinin özellikle porus ve toruslarında yırtılmalar, çatlamalar ve ayrılmalar şeklinde kendini gösteren bozunma tipleri (Şekil 4.89) seçici beyaz çürüklük yapan *P. vitreus* mantarının genellikle bozundurma işlemine yüzeyi pektin ile kaplı torustan başladığını göstermektedir (Schwarze, 2007; Durmaz ve Yıldız, 2016). Ayrıca biyolojik delme işleminde uygulanan *P. vitreus* mantarının odunda yapmış olduğu I.Tip ve II. Tip beyaz çürüklük özellikleri taşıyan bozunmalarla beraber yumuşak çürüklük Tip I özelliği gösteren bozunmalar da tespit edilmiştir (Lehringer, 2011b) (Şekil 4.86 ve Şekil 4.113). Benzer bulgulara *Fistulina hepatica* ve *Coniophora puteana* mantarlarıyla ilgili yapılan bazı çalışmalarda da rastlanmıştır (Schwarze, 2007).

5.9.2. Mikroskopik Görsel Değerlendirmeler

Biyolojik delme işlemi sonunda ladin diri ve olgun odun örneklerine ait mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma dereceleriyle ilgili yapılan görsel değerlendirmelere yönelik elde edilen sonuçlar aşağıda verildiği gibidir.

5.9.2.1. Diri Odun İlkbahar Odunu Tabakası ve Geçiş Zonu Boyuna Traheid Radyal Çeperlerinde Bulunan Kenarlı Geçitlerin Bozunma Dereceleri

Diri odun ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumu ve şiddetinin ağırlık kayıplarına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Radyal ve teğet yüzeyler göz önüne alındığında ise aralarında kayda değer bir farklılık tespit edilememiştir. Yüzey farkı gözetilmeksizin diri odun ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumları karşılaştırıldığında şu sonuçlar tespit edilmiştir; BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen diri

odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 81) > BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin geçiş zonundaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 78,5) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 62) < BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin geçiş zonundaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 82,5) nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.100 ve Şekil 4.101).

BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 13,5) ≥ BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin geçiş zonundaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 12,5) nazaran kısmen daha yüksek olduğu belirlenmiştir. BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 37) > BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen diri odun örneklerinin geçiş zonundaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 15,5) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.100 ve Şekil 4.101). Bu sonuçlar birarada değerlendirildiğinde biyolojik delme işlemi neticesinde diri odun ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin geçiş zonunda bulunan kenarlı geçitlere nazaran daha fazla bozunmaya uğradıkları söylenebilir.

5.9.2.2. Olgun Odun İlkbahar Odunu Tabakası ve Geçiş Zonu Boyuna Traheid Radyal Çeperlerinde Bulunan Kenarlı Geçitlerin Bozunma Dereceleri

Olgun odun ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumu ve şiddetinin ağırlık kayıplarına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Radyal ve teğet yüzeyler göz önüne alındığında ise genellikle aralarında kayda değer bir farklılık tespit edilememiştir. Fakat geçiş zonunda teğet yüzeylerdeki bozunmanın radyal yüzeylere nazaran daha fazla olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 4.103). Yüzey farkı gözetilmeksizin olgun odun ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma durumları karşılaştırıldığında şu sonuçlar tespit edilmiştir; BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 79) < BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin geçiş zonundaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 85,5) nazaran daha düşük olduğu belirlenmiştir. BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 84) > BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin geçiş zonundaki

bozunmuş kenarlı geçit oranına (% 70,5) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.102 ve Şekil 4.103).

BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 4) < BDS % 5-10 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin geçiş zonundaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 8) nazaran daha düşük olduğu belirlenmiştir. BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin ilkbahar odunu tabakasındaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranının (% 11,5) < BDS % 10-15 ağırlık kaybı meydana gelen olgun odun örneklerinin geçiş zonundaki **aşırı bozunmuş** kenarlı geçit oranına (% 29,5) nazaran daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.102 ve Şekil 4.103). Bu sonuçlar birarada değerlendirildiğinde olgun odunda biyolojik delme işlemi neticesinde geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçitlere nazaran daha fazla bozunmaya uğradıkları söylenebilir.

Burada yapılan çalışmada BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında yer alan ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerdeki bozunma derecesinin meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında meydana gelen ağırlık kayıplarına bağlı olarak emprenye madde alınımı tespiti çalışmaları (Şekil 4.36), alana bağlı olarak tespit edilen penetrasyon (cm^2) çalışmaları (Şekil 4.55) ve SEM ultramikroskopik görüntülerinden elde edilen sonuçlarda bu sonucu desteklemektedir (**D.O % 5-10**: Şekil 4.92 ve Şekil 4.105; **D.O % 10-15**: Şekil 4.94 ve Şekil 4.107), (**O.O % 5-10**: Şekil 4.96 ve Şekil 4.109; **O.O % 10-15**: Şekil 4.98 ve Şekil 4.111).

5.9.3. BDÖ ve BDS Geçitlerle İlgili Boyutsal ve Alan Ölçümleri

Bazı araştırmacılarda (Ay ve Şahin, 1998; Usta ve Hale, 2006) yaptıkları çeşitli çalışmalarda hiçbir işlem uygulanmamış Doğu ladininin anatomik yapısıyla ilgili mikroskopik incelemelerde bu tez kapsamında gerçekleştirilen boyuna traheid kenarlı geçit ve porus çaplarına yakın değerler bulmuşlardır.

5.9.3.1. İlkbahar Odunu Tabakası

Bu çalışmada boyuna traheid kenarlı geçitleri, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri olmak üzere ilkbahar odunu tabakasındaki tüm geçitlere ait boyut ve alan değerlerine yönelik sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Bu doktora tezi kapsamında **geçit ve porus alanlarının (µm^2) farklı odun kısımlarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; ladin farklı odun kısımlarında BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıpları göz önüne alınarak oluşturulan gruplara ait mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülerin geneli değerlendirildiğinde olgun odun mikroyapısında bulunan kenarlı geçitler ve karşılaşma yeri (piceoid tip) geçitlerinde meydana gelen bozunmaların diri oduna nazaran kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Bu bozunmalar neticesinde de olgun odun boyuna traheid kenarlı geçit ve porus alanları (Tablo 4.85, Tablo 4.92 ve Tablo 4.93) ile karşılaşma yeri geçit ve porus alanlarında diri oduna nazaran daha fazla bir artış olması da (Tablo 4.101, Tablo 4.104 ve Tablo 4.105) beklenen bir sonuçtur. Bunun aksine olgun odun enine traheid kenarlı geçit ve porus alanlarındaki artış ise diri odun enine traheid kenarlı geçit ve porus alanlarındaki artışa nazaran daha düşük belirlenmiştir (Tablo 4.109, Tablo 4.112 ve Tablo 4.113).

Burada **geçit ve porus alanlarının (µm2) farklı odun yüzeylerine bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; biyolojik delme işleminin ilkbahar odunu tabakası farklı odun yüzeylerinde bulunan geçitlere etkisine yönelik yapılan çalışmalarda teğet yüzeylerde bulunan kenarlı geçit ve porusları (Tablo 4.87) ile karşılaşma yeri geçit ve porusları (Tablo 4.102) üzerinde radyal yüzeye nazaran çok daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Bu da radyal yönde iletimi sağlayan geçitlerde daha fazla bozunma meydana gelmesinden dolayı BDS penetrasyonun artacağının bir göstergesidir. Bu tez kapsamında BDÖ ve BDS karşılaştırmaya yönelik gerçekleştirilen alana bağlı Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2) çalışmaları bu sonucu desteklemektedir (Tablo 4.16, Tablo 4.17 ve Tablo 4.18). Bu durumun aksine teğet yüzey enine traheid kenarlı geçit ve porus alanlarındaki artış ise radyal yüzey enine traheid kenarlı geçit ve porus alanlarındaki artışa nazaran daha düşük belirlenmiştir (Tablo 4.110).

Diğer bir taraftan **geçit ve porus alanlarının (µm^2) meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; BDS meydana gelen farklı ağırlık kaybı artışına bağlı olarak elde edilen ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid

kenarlı geçit ve porus alan sonuçları (Tablo 4.89), ilkbahar odunu tabakası karşılaşma yeri kenarlı geçit ve porus alan sonuçları (Tablo 4.103) ile ilkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit ve porus alan sonuçlarının da (Tablo 4.111) arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülere ait sonuçlar odun kısmı ayırt edilmeksizin değerlendirildiğinde % 5 - 10 ağırlık kaybından % 10 - 15 ağırlık kaybına doğru kenarlı geçitlerdeki bozunmaların arttığını buna bağlı olarak da geçit ve porus çaplarınında büyüdüğünü göstermektedir (D.O % 5-10: Şekil 4.91; D.O % 10-15: Şekil 4.93), (O.O % 5-10: Şekil 4.95; O.O % 10-15: Şekil 4.97) ve SEM ultramikroskopik görüntüleri (D.O % 5-10: Şekil 4.92; D.O % 10-15: Şekil 4.94), (O.O % 5-10: Şekil 4.96; O.O % 10-15: Şekil 4.98). Biyolojik delme işlemi sonunda mikroskopik görüntülerde ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma dereceleriyle ilgili yapılan görsel değerlendirmelerde bu sonucu desteklemektedir (Şekil 4.100 ve Şekil 4.102).

Yine elde edilen mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülere ait sonuçlar odun kısmı ayırt edilmeksizin değerlendirildiğinde % 5 - 10 ağırlık kaybından % 10 - 15 ağırlık kaybına doğru piceoid tip karşılaşma yeri ve enine traheid kenarlı geçitlerindeki bozunmaların arttığını buna bağlı olarak da geçit ve porus çaplarınında büyüdüğünü göstermektedir (D.O % 5-10: Şekil 4.104; D.O % 10-15: Şekil 4.106), (O.O % 5-10: Şekil 4.108; O.O % 10-15: Şekil 4.110) ve SEM ultramikroskopik görüntüleri (D.O % 5-10: Şekil 4.105; D.O % 10-15: Şekil 4.107), (O.O % 5-10: Şekil 4.109; O.O % 10-15: Şekil 4.111).

Ladin diri ve olgun odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçitler, piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile enine traheid kenarlı geçit ve porus çaplarında biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen artışlar mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen emprenye madde alınımları, Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) ve Cu retensiyon miktarlarında (ppm) gözlenen artışların sebebini açıklamaktadır. Burada emprenye madde alınımlarında çoğunlukla kenarlı geçitler ve kısmende piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin görev aldığı söylenebilir. Liflere dik yönde iletimin önem kazandığı penetrasyon çalışmalarında ise çoğunlukla piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin ve kısmende kenarlı geçitlerin görev aldığı dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada olgun odunda bulunan piceoid tip karşılaşma yeri geçit ve porus çaplarında biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen artışların diri oduna nazaran daha

yüksek olması alana bağlı olarak gerçekleştirilen Cu penetrasyon alanı değerlerinin (cm^2) olgun odunda daha yüksek çıkma sebebini de bir nevi açıklamaktadır (Şekil 4.54).

Diğer bir taraftan penetrasyon çalışmalarında birincil akış yolları olarak liflere dik yönde iletimi sağlayan piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerine yönelik gerçekleştirilen BDS geçit ve porus alanlarının (μm^2) hesaplanması ile ilgili elde edilen sonuçların geçit tiplerine bağlı olarak değiştiği görülmüştür (KYG: Tablo 4.104 ve Tablo 4.105; ETKG: Tablo 4.112 ve Tablo 4.113). Karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçit tipleri arasındaki bu farklılıkların da genellikle liflere dik yönde iletimin önem kazandığı Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) (Şekil 4.54, Şekil 4.55, Şekil 4.56; Tablo 4.16 ve Tablo 4.17) ve Cu retensiyon miktarlarının (ppm) tespiti çalışmalarından elde edilen sonuçlarda (Tablo 4.31, Tablo 4.32, Tablo 4.34, Tablo 4.35, Tablo 4.36, Tablo 4.37 ve Tablo 4.38) bazı değişkenliklere neden oldukları düşünülmektedir.

5.9.3.2. Geçiş Zonu

Bu çalışmada sadece geçiş zonu boyuna traheid kenarlı geçitlerine ait boyut ve alan değerleri tespit edildiği için sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir.

Mevcut doktora tezi kapsamında **geçit ve porus alanlarının (μm^2) farklı odun kısımlarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; BDS geçiş zonu farklı odun kısımları esas alındığında hem diri odun hem de olgun odun boyuna traheid kenarlı geçit ve porus alanlarında artışlar olduğu fakat diri odun boyuna traheid kenarlı geçit alanındaki artışın daha fazla olduğu görülmüştür (Tablo 4.94 ve Tablo 4.95).

Burada **geçit ve porus alanlarının (μm^2) farklı odun yüzeylerine bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; biyolojik delme işleminin geçiş zonu farklı odun yüzeylerinde bulunan kenarlı geçitlere etkisine yönelik yapılan çalışmalarda teğet yüzeylerde bulunan boyuna traheid kenarlı geçit ve porusları üzerinde radyal yüzeye nazaran çok daha fazla etkili olduğu görülmektedir (Tablo 4.88). Bu da liflere dik yönde iletimi sağlayan geçitlerde daha fazla bozunma meydana gelmesinden dolayı BDS penetrasyonun artacağının bir göstergesidir. Mevcut tez kapsamında BDÖ ve BDS karşılaştırmaya yönelik gerçekleştirilen alana bağlı Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2) çalışmaları bu sonucu desteklemektedir (Tablo 4.16, Tablo 4.17 ve Tablo 4.18).

Diğer bir taraftan **geçit ve porus alanlarının (µm^2) meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak elde edilen geçiş zonu boyuna traheid kenarlı geçit ve porus alan sonuçlarıyla (Tablo 4.90) biyolojik delme işlemi neticesinde boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma dereceleriyle ilgili yapılan görsel değerlendirmeler birbirini desteklemektedir (Şekil 4.101 ve Şekil 4.103).

5.9.3.3. Boyuna Traheid Kenarlı Geçit ve Porus Alanlarının (µm^2) Farklı Yıllık Halka Tabakalarına Bağlı Olarak Karşılaştırılması

Odun kısımları ayırt edilmeksizin hem BDÖ hem de BDS farklı yıllık halka tabakaları karşılaştırıldığında **ilkbahar odunu tabakası** kenarlı geçit ve porus alanından elde edilen sonuçların **geçiş zonu** kenarlı geçit ve porus alanı sonuçlarına nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.84, Tablo 4.91, Tablo 96 ve Tablo 97). Usta ve Hale (2006) yaptıkları çalışmada hiçbir işleme maruz bırakılmamış ladin odununda ilkbahar odunu tabakası ile yaz odunu tabakasını kıyaslarken boyuna traheid lümenlerinin daha geniş, kenarlı geçit sayılarının daha fazla ve çaplarınında daha büyük olduğundan bahsetmişlerdir. Burada hem BDÖ hem de BDS ilkbahar odunu tabakasında bulunan kenarlı geçit boyutlarının geçiş zonuna nazaran daha büyük olması biyolojik delme işlemi neticesinde *P. vitreus* mantar aktivitesinin ilkbahar odunu tabakasındaki kenarlı geçitlerde daha yoğun olduğunu göstermektedir (Tablo 4.96 ve Tablo 4.97). Ladin diri ve olgun odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonundaki kenarlı geçit ve porus çaplarında biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen artışlar mevcut tez kapsamında gerçekleştirilen emprenye madde alınımları, Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) ve Cu retensiyon miktarlarında (ppm) gözlenen artışların sebebini açıklamaktadır.

5.9.4. İlkbahar Odunu Tabakası Farklı Geçit Tiplerinin Karşılaştırılması

5.9.4.1. BDÖ Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Bu tezde **tüm geçit ve porus alanlarının (µm^2) farklı odun kısımlarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; emprenye madde alınımlarında çoğunlukla kenarlı geçitler ve kısmende piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin görev aldığı söylenebilir. Liflere dik yönde iletimin önem kazandığı penetrasyon çalışmalarında ise çoğunlukla piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheidlerin kısmende kenarlı geçitlerin görev aldığı dikkate alınmalıdır. BDÖ ladin diri ve olgun odun kısımlarında bulunan geçitlerin (KG + KYG + ETKG) özellikle emprenye madde

alınımında birarada görev aldıkları göz önüne alınarak farklı geçit tiplerinin etkileşimlerine yönelik yapılan tespit çalışmaları ile emprenye madde alınımları arasında ilişkilendirmelerin yapılması daha uygun görülmüştür. Enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile kapatılan örneklerde özellikle liflere dik yönde iletimin, enine kesitleri poliüretan esaslı boya ile kapatılmayan örneklerde ise genellikle liflere paralel yönde iletimin kısmende liflere dik yönde iletimin önem kazanacağı göz önüne alınmalıdır. Bu kapsamda Tablo 4.114 ve Tablo 4.115'de elde edilen sonuçların BDÖ alınan emprenye madde miktarının (g) ladin farklı odun kısımlarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi çalışmalarıyla uyumlu olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24).

5.9.4.2. BDS Elde Edilen Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Mevcut tezde **tüm geçit ve porus alanlarının (μm^2) farklı odun kısımlarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; BDS emprenye madde alınımlarında tüm örneklerin enine kesitlerinin poliüretan esaslı boya ile kapatıldığı göz önüne alınırsa iletimin çoğunlukla liflere dik yönde kısmen de liflere paralel yönlerde gerçekleşeceği söylenebilir. Liflere dik yönde iletimin önem kazandığı bu gibi durumlarda çoğunlukla piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerinin ve kısmende kenarlı geçitlerin görev aldığı dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda Tablo 4.116 ve Tablo 4.117'de elde edilen sonuçların BDS alınan emprenye madde miktarının (g) ladin diri ve olgun odun kısımlarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi çalışmalarıyla uyumlu olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.34).

Burada **tüm geçit ve porus alanlarının (μm^2) farklı odun yüzeylerine bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; biyolojik delme işleminin teğet yüzeylerde bulunan kenarlı geçitler ve piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri üzerindeki etkisinin radyal yüzeylerde bulunan kenarlı geçitler ve piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerine nazaran çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu da radyal yönde iletimi sağlayan geçitlerde daha fazla bozunma meydana gelmesinden dolayı BDS penetrasyonun artacağının bir göstergesidir. Bu kapsamda Tablo 4.118 ve Tablo 4.119'da elde edilen sonuçların BDS alınan emprenye madde miktarının (g) ladin boyuna yüzeylerine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi çalışmalarıyla kısmen uyumlu olduğu fakat aralarında fark olmadığı gözlenmektedir (Şekil 4.35 ve Tablo 4.6). Bu tez kapsamında BDÖ ve BDS karşılaştırmaya yönelik gerçekleştirilen alana bağlı Cu

penetrasyon alanı değeri (cm^2) çalışmaları da bu sonucu desteklemektedir (Tablo 4.16, Tablo 4.17 ve Tablo 4.18).

Diğer bir taraftan **tüm geçit ve porus alanlarının (μm^2) meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak karşılaştırılması** çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir; biyolojik delme işleminin ağırlık kaybı artışına bağlı olarak piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerinde diğer geçit tiplerine nazaran çok daha etkili olduğu görülmektedir. Çünkü BDÖ farklı geçit tiplerinin boyutları arasındaki ilişki (Kg > Etkg > Kyg) şeklindeyken (Tablo 4.114 ve Tablo 4.115) BDS bu durum (Kg > Kyg > Etkg) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.116 ve Tablo 4.117). Bu da radyal yönde iletimi sağlayan geçitlerde daha fazla bozunma meydana gelmesinden dolayı BDS penetrasyonun artacağının bir göstergesidir. Farklı odun kısımlarında meydana gelen farklı ağırlık kayıpları esas alınarak gerçekleştirilen ışık mikroskobu görüntüleri (**D.O % 5-10**: Şekil 4.91 ve Şekil 4.104; **D.O % 10-15**: Şekil 4.93 ve Şekil 4.106), (**O.O % 5-10**: Şekil 4.95 ve Şekil 4.108; **O.O % 10-15**: Şekil 4.97 ve Şekil 4.110) ve SEM ultramikroskopik görüntüleri (**D.O % 5-10**: Şekil 4.79, Şekil 4.92, Şekil 4.105; **D.O % 10-15**: Şekil 4.81, Şekil 4.94 ve Şekil 4.107), (**O.O % 5-10**: Şekil 4.83, Şekil 4.96 ve Şekil 4.109; **O.O % 10-15**: Şekil 4.85, Şekil 4.98 ve Şekil 4.111) biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak geçit ve porus alanlarında önemli artışlar olduğunu (Tablo 4.120 ve Tablo 4.121) ortaya koymaktadırlar. Bu kapsamda Tablo 4.120 ve Tablo 4.121'den elde edilen sonuçların BDS alınan emprenye madde miktarının (g) meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesi çalışmalarıyla uyumlu olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.36 ve Tablo 4.7).

5.10. FTIR- ATR ANALİZLERİNDEN ÇIKAN SONUÇLAR

Bir beyaz çürüklük mantarı olan *P. vitreus* ile biyolojik delme işlemi uygulanan olgun odunda ağırlık kayıplarının % 5 düzeyinde gerçekleştiği örneklerde bozunmaların ihmal edilecek kadar az olduğu, % 10 ağırlık kaybının gerçekleştiği örneklerde ise piklerde deformasyonların olduğu ama asıl önemli değişikliklerin % 20 ve üzeri ağırlık kaybına uğrayan örneklerde meydana geldiği görülmüştür. Olgun odun örneklerinde *P. vitreus* beyaz çürüklük mantarının öncelikli olarak lignin bozunmasını gerçekleştirdiği söylenebilir. Hemiselülozlardaki bozunma % 10 ağırlık kaybından sonra kısmen başlıyor. Asıl bozunmanın ise % 20 ağırlık kaybı ve sonrasında meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.117).

Diri odunda FTIR spektrumlarına bakıldığında en büyük değişikliklerin % 30 ağırlık kaybına uğrayan örneklerde olduğu görülmektedir. Bu durumu % 20 ağırlık kaybının meydana geldiği örnekler izlemektedir. Özellikle % 5 ve % 10 ağırlık kayıplarının meydana geldiği örneklerde pik absorbanslarında düşüşler ya da ortadan kalkmalar yerine piklerin sağa ya da sola kayarak yer değiştirdikleri gözlenmektedir. Bu da demek oluyor ki odunda tüm odun polimerlerinin % 10 ağırlık kaybına kadar kendini koruduğu ağır ve şiddetli bozunmaların ise % 20 ağırlık kaybı ve sonrasında meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.118). Ayrıca hem diri odun hem de olgun odun örneklerinde % 20 ve üzeri ağırlık kaybı tespit edilen örneklerde görsel olarak da şiddetli deformasyonlar ve odun yüzey renginde bozulmalar (koyulaşma ve kararmalar) gözlenmiştir (Şekil 4.114, Şekil 4.115 ve Şekil 4.116). Yapılan inceleme ve gözlemler neticesinde ağırlık kaybı birbirine yakın olan örnekler kendi aralarında kıyaslandığında odun renginde koyulaşmanın daha yoğun olduğu örneklerin ‘’emprenye madde alınım’’ değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebininde daha koyu alanların daha yüksek mantar aktivitesini işaret etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Lehringer ve diğ., 2011a).

5.11. SONUÇ VE ÖNERİLER

- BDÖ ladin gövde odunu üzerinde gerçekleştirilen yıllık halka çalışmalarında diri odun kısmında bir yıllık halka içerisindeki ortalama yaz odunu katılım oranının (% 17,788) olgun oduna (% 12,987) nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

- Biyolojik delme işlemi uygulamaları neticesinde permeabilitesi güç yerli ağaç türlerimizden olan Doğu ladini odununda emprenye madde alınımındaki artışa bağlı olarak hem penetrasyon hem de retensiyon değerlerinde artışlar tespit edilmiştir. Bu artışın da olgun odunda daha fazla meydana geldiği ve hedeflenen sarıçam diri odununa yaklaşıldığı belirlenmiştir.

- BDÖ ladin ve sarıçamda enine kesitlere poliüretan uygulanması işleminin emprenye madde alınımını her iki ağaç türünde de düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca, ladinde enine kesitlere poliüretan uygulanması işleminin penetrasyonu düşürdüğü fakat sarıçamda penetrasyonun bu uygulamadan pek fazla etkilenmediği görülmüştür.

- BDS uygulanan vakum-basınç emprenye yöntemindeki emprenye madde alınımı BDÖ uygulanan vakum-basınç emprenye yöntemindeki emprenye madde alınımından daha

fazladır. Fakat BDÖ ve BDS uygulanan daldırma yöntemi uygulamalarındaki emprenye madde alınımları arasında bir değişiklik söz konusu değildir.

- Biyolojik delme işlemi uygulamaları neticesinde meydana gelen ağırlık kayıplarındaki (% 5-10 ve % 10-15) artışa bağlı olarak emprenye madde alınımı ve penetrasyon alanı değerlerinde artışlar tespit edilmiştir. Ladin farklı odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu kısımlarında bulunan kenarlı geçitler, piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerine ait geçit ve porus alanları üzerinde BDS meydana gelen ağırlık kayıplarının karşılaştırılmasına yönelik gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarında bu sonucu desteklediği görülmüştür. Ayrıca BDS mikroskopik görüntülerde ladin diri ve olgun odun boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerin bozunma derecelerinin tespitine yönelik gerçekleştirilen görsel değerlendirmeler de aynı sonucu vermektedir.

- BDS ladinde farklı emprenye madde boyutlarına sahip ACQ ve Saf su alınımlarında artış gözlenmesine rağmen MCQ alınımında ciddi bir artış tespit edilememiştir. Fakat alana bağlı olarak tespit edilen Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2) çalışma sonuçları biyolojik delme işlemi neticesinde MCQ penetrasyonunda önemli bir artış olduğunu göstermektedir.

- BDÖ ve BDS poliüretanlı ve poliüretansız hem ladin hem de sarıçam esas alındığında vakum-basınç emprenye yönteminde Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) > daldırma yöntemindeki Cu penetrasyon alanı değerlerine (cm^2) nazaran daha yüksek belirlenmiştir.

- BDS olgun odunda diri oduna nazaran daha fazla emprenye madde penetrasyonunun (cm^2) gerçekleştiği belirlenmiştir.

- Odunun teğet yüzeyleri ve radyal yüzeyleri üzerinde bulunan kenarlı geçit ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit ve poruslarında biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen mikroskopik çalışmalarda gözlenen odunda radyal yönde iletimi sağlayan ve teğet yüzeyde bulunan piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerinin daha fazla bozunması mevcut çalışmada gerçekleştirilen penetrasyon alanı değerlerindeki artışta piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerinin daha aktif bir rol aldığını göstermektedir.

- Burada biyolojik delme işlemi neticesinde radyal yüzey üzerinde inkübasyona bırakılan örneklerde teğet yönde gerçekleşen emprenye madde alınımında enine traheid kenarlı geçitlerinin, boyuna traheid kenarlı geçitleri ve piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerine nazaran daha aktif bir rol aldığı belirlenmiştir.

- BDS Cu retensiyon miktarında (ppm) kısmende olsa bir artış olduğu belirlenmiştir.

- BDÖ farklı sürelerde yıkanan Cu miktarları göz önüne alındığında ladin odununda ilk zamanlarda yıkanmanın daha fazla olduğu fakat BDÖ sarıçam odunu ve BDS ladin odununda böyle bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Bununla beraber BDÖ farklı ve toplam sürelerde ladin farklı odun kısımlarından yıkanan Cu miktarı bakımından ladin diri ve olgun odunu arasında fark bulunamamıştır. Ayrıca BDÖ ladinde farklı odun kısımları göz önüne alındığında da ladin diri odununda ilk zamanlarda yıkanmanın daha fazla olduğu fakat ladin olgun odununda böyle bir farkın olmadığı belirlenmiştir. BDS ise farklı ve toplam sürelerde ladin diri odununda yıkanan Cu miktarı ladin olgun odununa nazaran daha fazla belirlenmiştir. **Elde edilen sonuçlara göre**; farklı ve toplam sürelerde BDS ladin diri odunundan yıkanan Cu miktarı BDÖ ladin diri odunundan yıkanan Cu miktarına nazaran daha fazla olmasına rağmen olgun odunda böyle bir durum söz konusu değildir.

- BDÖ ladin ve sarıçam odununda hem farklı hem de toplam sürelerde yıkanan Cu miktarı daldırma emprenye yönteminde > vakum-basınç emprenye yöntemine nazaran daha yüksek bulunmuştur. BDÖ daldırma yöntemi uygulanan ladin örneklerinde 1 günde yıkanan Cu miktarı > 14 günde yıkanan Cu miktarına nazaran daha fazla olmasına rağmen vakum-basınç emprenye yöntemi uygulanan ladin örneklerinde böyle bir durum söz konusu değildir. BDS ise farklı ve toplam sürelerde yıkanan Cu miktarının uygulanan emprenye yöntemine bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir. **Elde edilen sonuçlara göre**; farklı ve toplam sürelerde BDS vakum-basınç emprenye yöntemi uygulanan ladin odunundan yıkanan Cu miktarı BDÖ vakum-basınç emprenye yöntemi uygulanan ladin odunundan yıkanan Cu miktarına nazaran daha fazla olmasına rağmen daldırma emprenye yöntemi uygulanan ladin odununda böyle bir durum söz konusu değildir.

- BDÖ ve BDS kendi içinde değerlendirildiğinde hem farklı hem de toplam süreler esas alındığında ladin ve sarıçam odunundan en fazla yıkanan emprenye madde tipinin ACQ olduğu tespit edilmiştir. BDÖ ACQ emprenye maddesi kullanılan ladin örneklerinde 1 günde yıkanan ACQ miktarı > 14 günde yıkanan ACQ miktarına nazaran daha fazla olmasına rağmen MCQ emprenye maddesi kullanılan ladin örneklerinde böyle bir durum söz konusu değildir. **Elde edilen sonuçlara göre**; farklı ve toplam sürelerde BDS ACQ ve MCQ emprenye maddesi kulanılan ladin odunundan yıkanan Cu miktarları ile BDÖ ACQ ve MCQ emprenye maddesi kulanılan ladin odunundan yıkanan Cu miktarları karşılaştırıldığında aralarında herhangi bir fark olmadığı belirlenmiştir.

- BDÖ ladin odununda hem farklı hem de toplam sürelerde yıkanan Cu miktarı poliüretansız örneklerde > poliüretanlı örneklere nazaran daha fazla bulunmuştur. BDÖ poliüretansız ladin örneklerinde 1 günde yıkanan Cu miktarı > 14 günde yıkanan Cu miktarına nazaran daha fazla olmasına rağmen poliüretanlı ladin örneklerinde böyle bir durum söz konusu değildir. BDÖ poliüretanlı ile poliüretansız sarıçam odunlarında ise hem farklı hem de toplam sürelerde yıkanan Cu miktarı bakımından fark bulunamamıştır.

- Ladin odununda farklı süre ve toplam sürelerde yıkanan Cu miktarı biyolojik delme işlemi uygulanmasından sonra artmıştır. Bu artışın da BDS emprenye madde alınımındaki artışla paralellik gösterdiği görülmüştür.

- BDÖ toplam sürelerde yıkanan Cu miktarı bakımından en fazla yıkanma sarıçam diri odunu > ladin olgun odunu ≥ ladin diri odunu olarak tespit edilmiştir. BDS ise toplam sürelerde yıkanan Cu miktarı bakımından en fazla yıkanma ladin diri odunu ≥ sarıçam diri odunu > ladin olgun odunu olarak tespit edilmiştir. Bu durumda, BDS emprenye madde alınımı diri oduna nazaran çok daha fazla artan olgun odunda bu artmaya bağlı olarak yıkanmada herhangi bir artış olmadığını, diri odunda ise alınan emprenye madde miktarına oranla daha fazla bir yıkanma gerçekleştiğini göstermektedir.

- BDÖ - BDS yapılan yoğunluk ve liflere paralel basınç direnç testleri, alkali çözünürlük testleri ve elde edilen mikroskopik görüntüler *P. vitreus* mantarının % 10 ağırlık kaybına kadar tükettiği kimyasal bileşen ve maddelerin olgun odunda ve diri odunda farklı olma ihtimalinin yüksek olduğunu göstermiştir.

- Liflere paralel basınç direnç değerlerinde tespit edilen yüzde azalışın ladin olgun odununda daha düşük çıkması, *P. vitreus* mantarının % 10-15 ağırlık kaybına kadar olgun odunda çoğunlukla odunun mekanik direncinde önemli rol oynamayan kenarlı geçitlerdeki ve hücre çeperlerindeki pektin ve lignanlar gibi fenolik bileşenleri daha fazla bozundurduğunu göstermektedir. Bununla beraber liflere paralel basınç direnç değerlerinde tespit edilen yüzde azalışın ladin diri odununda çok daha yüksek çıkması ise *P. vitreus* mantarının % 10-15 ağırlık kaybına kadar diri odunda lignini daha fazla bozundurduğunu göstermektedir.

- Biyolojik delme amacıyla uygulanan *P. vitreus* mantarının odunda I.Tip ve II. Tip beyaz çürüklük özellikleri taşıyan bozunmalarla beraber yumuşak çürüklük Tip I özelliği gösteren bozunmalar da yaptığı tespit edilmiştir.

- BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarında yer alan ilkbahar odunu tabakası ve geçiş zonu boyuna traheid radyal çeperlerinde bulunan kenarlı geçitler, ilkbahar odunu tabakası piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerindeki bozunma derecelerinin meydana gelen ağırlık kaybı artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

- BDS *P. vitreus* mantar aktivitesinin ilkbahar odunu tabakasındaki kenarlı geçitlerde geçiş zonundaki kenarlı geçitlere nazaran daha yoğun olduğu tespit edilmiştir.

- Biyolojik delme işleminin ağırlık kaybı artışına bağlı olarak piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerinde diğer geçit tiplerine nazaran çok daha etkili olduğu görülmüştür. Çünkü BDÖ farklı geçit tiplerinin boyutları arasındaki ilişki (Kg > Etkg > Kyg) şeklindeyken BDS (Kg > Kyg > Etkg) olarak belirlenmiştir. Ayrıca hem diri odun hem de olgun odun farklı tip geçit ve porus alanlarında biyolojik delme işlemi neticesinde ciddi artışlar tespit edilmiştir.

- Elde edilen mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülere ait sonuçlar, odun kısmı ayırt edilmeksizin değerlendirildiğinde % 5-10 ağırlık kaybından % 10-15 ağırlık kaybına doğru bozunmaların kenarlı geçitlerden boyuna traheid hücre çeperlerine doğru hızla yayıldığını ve bu yayılmanın da diri odun kısmında daha erken başladığını göstermektedir.

- BDS meydana gelen farklı ağırlık kayıpları göz önüne alınarak oluşturulan gruplara ait mikroskopik ve ultramikroskopik görüntülerin geneli değerlendirildiğinde olgun odun mikroyapısında bulunan kenarlı geçitler ve karşılaşma yeri geçitlerinde meydana gelen bozunmaların diri oduna nazaran kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca diri odun boyuna traheid hücre çeper tahribatlarının ise olgun odun örneklerininkinden kısmen de olsa daha fazla ve daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir.

- BDÖ ve BDS ladin diri ve olgun odun kısımlarından emprenye madde alınımlarının hücre içi akış yolları ile ilişkilendirilmesinde, geçit tipi ayırt edilmeksizin ilkbahar odunu tabakası (KG + KYG + ETKG) geçit ve porus alan (µm2) ölçümlerinden elde edilen sonuçların (geçitlerin aspirasyona uğramadığı veya herhangi bir nedenden dolayı tıkalı olmadıkları düşünülürse) bir arada değerlendirilmesinin daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

- Penetrasyon çalışmalarında birincil akış yolları olarak liflere dik yönde iletimi sağlayan piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitlerine yönelik gerçekleştirilen BDS geçit ve porus alanlarının (μm^2) hesaplanması ile ilgili elde edilen sonuçların geçit tiplerine bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu farklılıkların da genellikle liflere dik yönde iletimin önem kazandığı Cu penetrasyon alanı değerleri (cm^2) ve Cu retensiyon miktarları (ppm) tespit çalışmalarından elde edilen sonuçlarda bazı değişkenliklere neden oldukları görülmüştür.

- FTIR-ATR spektrumlarına bakıldığında odunda tüm odun polimerlerinin % 10 ağırlık kaybına kadar kendini koruduğu ağır ve şiddetli bozunmaların ise % 20 ağırlık kaybı ve sonrasında meydana geldiği tespit edilmiştir.

- SEM-EDX çalışmalarından elde edilen Cu dağılım mikroskop görüntüleri ve mikrodağılım grafiklerinin geneli değerlendirildiğinde farklı emprenye madde tipine bağlı olmaksızın BDÖ ve BDS bakırın odun mikroyapısında homojen bir dağılım gösterdiği görülmüştür.

- Bu çalışmada biyolojik delme işlemi neticesinde meydana gelen farklı ağırlık kayıplarına bağlı olarak emprenye madde alınımı (g) ve Cu penetrasyon alanı değerinin (cm^2) arttığı fakat Cu retensiyon miktarı (ppm) ve Cu retensiyon yüzde dağılım oranı

(%) çalışma sonuçlarının değişmediği tespit edilmiştir. Bu durumda bize özellikle % 10 ağırlık kaybından sonra odunda çözücü alınımı artmasına rağmen bakır emprenye madde tuzu alınımında herhangi bir değişiklik olmadığını göstermektedir.

Yukarıda elde edilen sonuçlar neticesinde aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir;

- ❖ Biyolojik delme işlemi uygulamalarında kullanılan *P. vitreus* mantarının olgun odunda permeabiliteyi diri oduna nazaran daha fazla artırmasının daha net bir şekilde anlaşılabilmesi için yerli ağaç türlerimizden Doğu ladini odununun kimyasal yapısının, ekstraktif madde tip, miktar ve içeriğinin tespit edilmesi ve bu kimyasal özelliklerin *P.vitreus* mantarıyla etkileşimine yönelik bir çalışmanın gelecek de yapılması faydalı olacaktır.
- ❖ Ayrıca farklı ağaç türü ve odun kısımlarına yönelik geçitlerin nano-kimyasal yapısının tespitine yönelik gelecek çalışmalara da ihtiyaç olduğu bir gerçektir.
- ❖ Bu tez kapsamında elde edilen tüm veriler, biyolojik delme işlemi uygulamalarında optimum süre olarak 6 haftayı esas almanın daha doğrusu % 10 ağırlık kaybına kadar kontrollü çürütme yapılmasının biyolojik delme işleminin başarı ölçütlerinden olan permeabilitenin yeterince artırılması ve mekanik direncin azalmaması hedeflerini gerçekleştirmede en önemli etken olduğunu göstermiştir. Çünkü optimum inkübasyon süresinin verimliliği ve *P. vitreus* mantarının iyi gelişebilmesi; tüm koşulların elverişli olmasına ve homojen bir biyolojik delme olabilmesi için de misellerin tüm odun yüzeyini tamamen sarmasına bağlıdır. Bu yüzden biyolojik delme uygulamalarında (≤ % 10) ağırlık kaybını hedeflemenin daha doğru olacağı önerilmektedir.
- ❖ Odunun heterojen bir malzeme olduğu da dikkate alınırsa emprenye işlemine tabi tutulan farklı ağaç türleri ve odun kısımları esas alınarak oluşturulan gruplar arasında yapılacak emprenye madde penetrasyon tespit çalışmaları ve karşılaştırmalarında çalışmanın güvenilirliği ve hassasiyeti açısından birden fazla teknik ve yöntem kullanılmasının ve elde edilen penetrasyon sonuçlarının da birlikte yorumlanmasının daha uygun olacağı önerilmektedir.
- ❖ Bu doktora tez çalışmasında laboratuvar ortamında elde edilen bulgular, biyolojik delme işleminin endüstriyel uygulamalarda da kullanımına olanak sağlanması amacıyla bir üniversite–endüstri işbirliği projesinin hayata geçirilmesinin gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Ahmed, A. S., Sehlstedt-Persson, M., Karlsson, O. and Morén, T., 2012, Uneven distribution of preservative in kiln-dried sapwood lumber of Scots pine: Impact of wood structure and resin allocation, *Holzforschung*, Vol. 66, 251-258.

Ahmed, S.A. and Chun, S.K., 2011, Permeability of *Tectona grandis* L. as affected by wood structure, *Wood Sci Technol*, 45:487-500 DOI 10.1007/s00226-010-0335-5.

Akgül, E., 1975, *Türkiye'de Doğu ladininin* (*Picea orientalis* Link. ve Carr.) *yayılış sahası topraklarında tespit edilen başlıca özelliklerle bunlar arasındaki ilişkiler*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:71.

Anonim, 1989, *Doğu ladini*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, El Kitapları Dizisi: 5, Muhtelif Yayınlar Serisi: 58, 257.

Archer, K. and Preston, A., 1994, Depletion of wood preservatives after four years marine exposure in Mt. Maunganui Harbour, Nz, *The International Research Group on Wood Preservation*, (IRG/WP94-50036), Stockholm.

Arisi, J.A., 2006, *Leaching of copper, chromium and arsenic from utility poles treated with chromated copper arsenate (CCA) in Newfoundland and Labrador*, Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland, PhD Thesis, Canada, 2-11, 15-26.

Atalay, İ., 1984, *Doğu ladini* (*Picea orientalis* L.) *tohum transfer rejiyonlaması*, Orman Genel Müdürlüğü Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Enstitüsü, Yayın no:2, Ankara.

AWPA Standards E-11, 1997, *Standard method of determining the leachability of wood preservatives*.

AWPA Standards A69-12, 2012, *Standard method to determine penetration of copper containing preservatives*.

AWPA Standards A21-08, 2012, *Standard method for the analysis of wood and wood treating solutions by Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry*.

AWPA Standards A7-12, 2012, *Standard wet ashing procedures preparing wood for chemical analysis*.

Ay, N. ve Şahin, H., 1998, Doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] öz odun ve diri odununun iç morfolojik özelliklerinin incelenmesi, *Tr. J of Agriculture and Forestry ZZ*, 203-207.

Aydın, İ. ve Çolak, S., 2003, Buharlama işlemi yapılmış ladin (*Picea orientalis* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişmeler, *Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (2003) : 1-2 (63-67).

Bakır, D., 2012, *Artvin yöresindeki tel direklerinde kusur ve hasarların tespiti*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Trabzon, 2-3, 11-12-13, 15-16-17, 20, 23, 26 ve 34.

Balaban, M., 2000, Summative analysis of main components in common hardwoods and softwoods of Turkey, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A 50:2 (157-165).

Bamber, R.K., 1987, *Sapwood and heartwood*, Forestry commission of new south wales, Technical publication Number.2, ISBN 0 7240 2067 5, ISSN 0155-7548 ODC 811.5.

Bauch, J. and Berndt, H., 1973, Variability of the chemical composition of pit membranes in bordered pits of gymnosperms, *Wood Science and Technology* Vol. 7, 6-19.

Bektaş, İ., 1995, *Pinus radiata* B.Bon'nın bazı mekanik özellikleri ve diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması, *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 45, Sayı: 2, 135-151.

Benoit, Y. and Sandoz, J.-L., 2005, The importance of the nondestructive technologies for wooden poles network asset management, *14th International Symposium on Non-destructive Testing of Wood*, University of Applied Sciences, Germany, ISBN 3-8322-3949-9.

Bertaud, F. and Holmbom, B., 2004, Chemical composition of earlywood and latewood in Norway spruce heartwood, sapwood and transition zone wood, *Wood Science and Technology*, 38(4), 245-256.

Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 1990, Ticarette kullanılan ağaçlarda fiziksel ve mekanik özellikler, *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, Cilt: 40, Sayı: 1, 6-24.

Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1991, Belgrad ormanında suni olarak yetiştirilmiş Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.)'in bazı anatomik özellikleri, *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 41, Sayı: 2, 3-4-6-10-12-13.

Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993, Belgrad ormanında suni olarak yetiştirilmiş Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.)'in fiziksel ve mekanik özellikleri, *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 43, Sayı: 1, 33-37-41-42-44-45-47-48-55.

Buğahan, B., 2013, *Borçka - Balcı yöresinde montan zonda yapılan Doğu ladini* (*Picea orientalis* L. Link.) *yaz sonu dikimlerinin başarısının araştırılması*, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Artvin, 1.

Cao, J. and Kamdem, D.P., 2005, Microdistribution of copper in copper-ethanolamine (Cu-EA) treated southern yellow pine (*Pinus spp.*) related to density distribution, *Holzforschung*, Vol.59, 82-89.

Chun, S.K. and Ahmed, S.A., 2009, Observation of liquid permeability related to anatomical characteristics in Samanea saman, *Turk J Agric For 33*, 155-163.

Civardi, C., Bulcke, J.V., Schubert, M., Michel, E., Butron, M.I., Boone, M.N., Dierick, M., Acker, J.V., Wick, P. ve Schwarze, F.W.M.R., 2016, Penetration and effectiveness of micronized copper in refractory wood species, PLOS ONE DOI:10.1371 / *journal. pone.* 0163124.

Clausen, C.A., 1995, Bacterial associations with a review, *International Biodetertoration & Biodegradation*, 37 (1-2), 101-107.

Clausen, C.A. and Kartal, S.N., 2003, Accelerated detection of brown-rot decay: Comparison of soil block test, chemical analysis, mechanical properties, and immunodetection, *Forest Prod. J.* 53 (11/12): 90-94.

Clausen, C.A., Green III, F. and Kartal, S.N., 2010, Weatherability and leach resistance of wood impregnated with nano-zinc oxide, *Springer Nanoscale Res Lett* DOI 10.1007/s11671-010-9662-6.

Comstock, G.L., 1965, Longitudinal permeability of green Eastern hemlock, *Forest products journal*, 15(10), 441-449.

Cooper, P.A., 1991, Leaching of CCA from treated wood: pH effects, *Forest Prod. J.* 41(1), 30-32.

Cooper, P.A., (1994), Leaching of CCA: Is it a problem? Environmental considerations in the manufacture, use and disposal of pressure treated wood, *Forest Products Society*, Madison, WI.

Costanza, V. and Miyara, A. J., 2000, Dynamics of hardwood impregnation , *Holzforschung*, 54/ 2000/ No.2, 183-188.

Côté, W.A., JR., 1963, Structural factors affecting the permeability of wood, *Journal of polymer science*: Part C No:2, 231-242.

Curling, S., Clausen, C.A. and Winandy, J.E., 2001, The effect of hemicellulose degradation on the mechanical properties of wood during brown rot decay, *IRG/WP 01-20219, Paper prepared for the 32nd Annual Meeting Nara, Japan, May 20-25th, 2001.*

Çetin, F ve Gündüz, G., 2017, Türkiye'deki bazı ağaç türü odunlarının mekanik özellikleri üzerine yapılan araştırmaların değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 161-181.

Daniel, G. and Nilsson, T., 1987, Comparative studies on the distribution of lignin and CCA elements in birch using electron microscopic X-ray microanalysis, *IRG/WP/1328* 12-17 May.

Danihelová, A., Reinprecht, L., Spišiak, D. and Hrčka, R., 2018, Impact of the Norway spruce sapwood treatment with the staining fungus *Sydowia polyspora* on its permeability and dynamic modulus of elasticity, *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 60(1): 13−18.

Dashti, H., Tarmian, A., Faezipour, M., Hedjazi, S. and Shahverdi, M., 2012, Effect of pre-steaming on mass transfer properties of fir wood (*Abies alba* L.); a gymnosperm species with torus margo pit membrane, *BioResource*, 7(2), 1907-1918.

Davidson, A. ve Brown, G. T., 2012, Paraloid B-72: Pratical tips fort he vertable fosil preparator, *Collection forum*, 26(1-2), 99-119.

Deflorio, G., 2006, *Wood decay dynamics in the sapwood of trees - in vitro and in vivo studies on the role of the wood substrate in decay development*, Cuvillier verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075, Göttingen, Freiburg Germany.

Dhyani, S. and Kamdem, D.P., 2012, Bioavailability and form of copper in wood treated with copper-based preservative, *Wood Sci Technol* 46: 1203-1213.

Drescher, M., Jokisch, A., Korte, H., Peek, R.D and Steiner, R., 2006, Differential pressure characteristics of wood impregnated with compressed gases, liquids and supercritical fluids, *Holz als Roh- und Werkstoff* 64: 178-182.

Durmaz, S., Yıldız, U.C and Yıldız, S., 2015, Alkaline enzyme treatment of spruce wood to increase permeability, *BioResources* 10(3), 4403-4410.

Durmaz, S. ve Yıldız, Ü.C., 2016, Enzimatik muamele ile Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) diri odununun geçirgenliğinin arttırılması, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X, Cilt: 17, Sayı:1, 32-37.

Eckelman, C.A., 1997, Wood moisture calculations, *Forestry & Natural Resources Furniture manufacturing* FNR-156, 1-18.

Ek, M., Gellerstedt, G. and Henriksson, G., 2009, *Wood chemistry and pulp technology fibre and polymer technology*, School of Chemical Science and Engineering KTH - Royal Institute of Technology 100 44 Stockholm Sweden, ISBN 978-3-11-021339-3, 274.

Ercanlı, İ. ve Yavuz, H., 2006, Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) meşcereleri için yöresel (Artvin Merkez İşletme Şefliği) sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A, Sayı: 1, ISSN: 1302-7085, 11-25.

European Standard EN-113, 1997, *Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes - determination of the toxic values*.

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H. ve Küçük, M., 1998, *Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu ladini* (*Picea orientalis* L.) *orijin denemesi*, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No:8 ISSN 1301-800.

Faix, O., 1991, Classification of lignins from different botanical origins by FTIR Spectroscopy, *Holzforschung* 45, 21-27.

Fengel, D. and Wegener, G., 1989, *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, Walter de Gruyter. Berlin, New York.

Freeman, H. M. and McIntyre, C. R., 2008, A comprehensive review of copper-based wood preservatives with a focus on new micronized or dispersed copper systems, *Forest products journal*, Vol.58, No.11, 6-27.

Fuhr, M.J., Stührk, C., Münch, B., Schwarze, F. WMR. and Schubert, M., 2012a., Automated quantification of the impact of the wood decay fungus *Physisporinus vitreus* on the cell wall structure of Norway spruce by tomographic microscopy, *Wood Sci Technol* 46:769–779.

Fuhr, M.J., Schubert, M., Stührk, C., Schwarze, F. WMR. and Herrmann, H.J., 2012b, Modelling the effect of environmental factors on the hyphal growth of the Basidiomycete *Physisporinus vitreus*, *Journal of Basic Microbiology*, 52, 523–530.

Fuhr, M.J., Schubert, M., Stührk, C., Schwarze, F. WMR. and Herrmann, H.J., 2013, Penetration capacity of the wood-decay fungus *Physisporinus vitreus, a Springer open journal*, Complex Adaptive Systems Modeling, 1:6.

Gargiulo, P.C., 2000, *Utility poles, preservatives and soil contamination*, The City University of New York, A dissertation submitted to the Graduate Faculty in Earth and Environmental Sciences in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, PhD Thesis, New York, 8-14, 81-89.

Gezer, E.D., Yıldız, Ü.C., Temiz, A., Yıldız, S. ve Dizman, E., 2004, CCA emprenye maddesinin yıkanma mekanizması, *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2 (9-17).

Gilani, M.S., Boone, M.N., Mader, K., Schwarze, F.W.M.R., 2014, Synchrotron X-ray micro-tomography imaging and analysis of wood degraded by *Physisporinus vitreus* and *Xylaria longipes*, *Journal of Structural Biology*, DOI: 10.1016/j.jsb.2014.06.003.

Gilani, M.S. and Schwarze, F.W.M.R., 2014, Hygric properties of Norway spruce and sycamore after incubation with two white rot fungi, *Holzforschung*; aop, DOI: 10.1515/hf-2013-0247.

Gönültaş, O ve Uçar, M.B., 2017, Chemical composition of oriental spruce (*Picea orientalis*) and oak (*Quercus spp*.) barks, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, Cilt: 18, Sayı: 4, 321-327.

Green III, F., Kuster, T. A., Ferge, L. & Highley, T. L., 1997, Protection of Southern pine from fungal decay and termite damage with N, N-Naphthaloylhy-droxylamine, *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol. 39. No. 2-3, 103-111.

Günlü, A., Yılmaz, M., Altun, L., Ercanlı, İ ve Küçük, M., 2006, Artvin Genya Dağı bölgesinde saf Doğu ladini (*Picea orientalis* (L) Link.) meşcerelerinin verimliliği ile bazı edafik ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 1, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 1-10.

Gülsoy, S.K., 2009, *Beyaz çürüklük mantarı* (*Ceriporiopsis subvermispora*) *ile muamele edilen Pinus nigra Arnold.'dan $NaBH_4$ ilaveli biyolojik-kraft kağıt hamuru üretimi,* Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 45.

Halverson, S. and Lebow, S., 2011, Observed relationships between wood density and solution uptake during pressure treatment, *Proceedings one hundred seventh annual meeting of the American Wood Protection Association*, Fort Lauderdale, Florida, May 15-17, 2011: Volume 107. Birmingham, Ala, American Wood Protection Association, c2011: 93-98.

Hansmann, C., Gindl, W., Wimmer, R. and Teischinger, A., 2002, Permeability of wood- A review, *WOOD RESEARCH – DREVÁRSKY VÝSKUM*, 47(4), 1-16.

Harrington, K.J., Higgins, H.G., Michell, A. J., 1964, Infrared spectra of *Eucalyptus regnans* F. Muell. and *Pinus radiata* D. Don, *Holzforschung* 18, 108-113.

Highley, T. L., 1999, Biodeterioration of wood, Chapter 13. *In*: Wood Handbook: *Wood as an engineering Material*. Gen. Tech. Rept. FPL-GTR-113. USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab., Madison, WI.

Hingston, J.A., Collins, C.D., Murphy, R.J., Lester, J.N., 2001, Leaching of chromated copper arsenate wood preservatives: a review, *Environmental Pollution* 111: 53-66.

Humar, M., Karič, M., Thaler, N., Lesar B., 2012, Bioincising of Norway spruce wood using wood inhabiting fungi, *International Biodeterioration & Biodegradation* volume 68 March, 51-55.

Ibach, R. E., and Lebow, P. K., 2014, Strength loss in decayed wood, *McGraw-Hill Yearbook of Science & Technology*, ISBN 978-0-07-183106-2, MHID 0-07-183106-1, ISSN 0076-2016.

Iida, I., Yusuf, S. and Watanabe, U., 2002, Liquid penetration of precompressed wood VII: combined treatment of precompression and extraction in hot water on the liquid penetration of wood, *J Wood Sci.* 48: 81-85.

Inglis, P.J., 2001, *A life cycle assessment of utility poles, A comparative analysis of Western red cedar treated with copper chromated arsenate (CCA), untreated Western red cedar, and concrete*, Royal Road University, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER of ARTS in Environment and Management, PhD Thesis, Canada, 97-98.

Islam, Md. N., Ando, K., Kobayashi, H. Y. Y. and Hattori, N., 2007, Passive impregnation of liquid in impermeable lumber incised by laser, *J Wood Sci*, 53: 436 – 441.

İlhan, R., 1973, *Türkiye'nin ekonomik bakımdan önemli bazı ağaç türlerinin emprenyesine ait araştırmalar,* İstanbul üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mahsüllerini Değerlendirme Kürsüsü, Doktora tezi, 8.

Jansen, S., Pletsers, A. and Sano, Y., 2008, The effect of preparation techniques on sem-imaging of pit zares, *IAWA Journal*, Vol. 29 (2), 161–178.

Jansen, S., Lamy, J.-B., Burlett, R., Cochard, H., Gasson, P. and Delzon, S., 2012, Plasmodesmatal pores in the torus of bordered pit zares affect cavitation resistance of conifer xylem, *Plant Cell and Environment* 35, 1109–1120.

Jinman, W., Chengyue, D. and Yixing, L., 1991, Wood permeability, *Journal of Northeast Forestry University*, 2:91, ISSN: 1007-662X (Print) 1993-0607 (Online).

Jutte, S. M. and Levy, J. F., 1971, *The structure and degradation of bordered pits in gymnosperm tracheids as revealed by the scanning reflection electron microscope*, Acta Bot. Need. 20(5), October.

Kartal, S.N., 1998, *CCA ve CCB emprenye maddeleri ile korunan ağaç malzemenin dayanıklılık, yıkanma ve direnç özellikleri*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 33.

Kartal, S. N., Green III, F. and Clausen, C. A., 2009, Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites?, *International Biodeterioration & Biodegradation* 63, 490-495.

Keskin, H., 2009, Lamine edilmiş Doğu ladini (*Picea orientalis* Lipsky) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı:1, ISSN: 1302-7085, 139-151.

Kim, H., Kim, D-J., Koo, J-H., Park, J-G. and Jang, Y-C., 2007, Distribution and mobility of chromium, copper, and arsenic in soils collected near CCA-treated wood structures in Korea, *Science of the Total Environment* 374, 273-281.

Kobayashi, Y., Iida, I. ve Imamura, Y., 1998a, Improvement of penetrability of sugi wood by impregnation of bacteria using sap – flow method, *J Wood Sci* 44: 482-485.

Kobayashi, Y., Iida, I., Imamura, Y. and Watanabe, U., 1998b, Drying and anatomical characteristics of sugi wood attacked by bacteria during pond storage, *J Wood Sci* 44:432-437.

Köse, C., 2000, *Esmer çürüklük mantarlarının (Basidiomycetes) odunun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 63.

Lebow, S.T., Winandy, J.E., Bender, D., 2004, Treated wood in transition: A look at CCA and the candidates to replace it, *Wood Design Focus*, Summer, 4-8.

Lehringer, C., Richter, K., Schubert, M., Schwarze, F.W.M.R. and Militz, H. 2009a, A review on promising approaches for liquid permeability improvement in softwoods, *Wood and fiber science*, october, v. 41(4).

Lehringer, C., Arnold, M., Richter, K., Schubert, M., Schwarze, F.W.M.R. and Militz, H. 2009b, Bioincised wood as substrate for surface modifications, *European Conference on Wood Modification*.

Lehringer, C., Hillebrand, K., Richter, K., Arnold, M., Schwarze, F.W.M.R. ve Militz, H. 2010, Anatomy of bioincised Norway spruce wood, *International Biodeterioration & Biodegradation* 64, 346-355

Lehringer, C., Koch, G., Adusumalli, R-B., Mook, W.M., Richter, K. ve Militz, H., 2011a, Effect of *Physisporinus vitreus* on wood properties of Norway spruce. Part 1: Aspects of delignification and surface hardness, *Holzforschung*, Vol. 65, pp. xxx-xxx.

Lehringer, C., 2011b, *Permeability improvement of Norway spruce wood with the white rot fungus Physisporinus vitreus*, In Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctoral Degree (Dr. rer. nat.) of the Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology Georg-August-University Göttingen, 1.

Malakani, M., Khademieslam, H., Hosseinihashemi, S.K. and Zeinaly, F., 2014, Influence of fungal decay on chemi-mechanical properties of beech wood (*Fagus orientalis*), *Cellulose Chem. Technol*., 48 (1-2), 97-103.

Maschek, D., Goodell, B., Jellison, J., Lessard, M. and Militz, H., 2013, A new approach for the study of the chemical composition of bordered pit zares: 4pi And Confocal Laser Scanning Microscopy, *American Journal of Botany* 100(9): 1751–1756.

Massara, H., Mulligan, C.N., Hadjinicolaou, J., 2004, Innovative treatment for Cr contaminated sites, *57th Canadian Geotechnical Conference*, Montreal, QC.

Matsumoto, K., Ishiguri, F., Iizuka, K., Yokota, S., Habu, N. and Yoshizawa, N., 2010, Evaluation of compressive strength of decayed wood in Magnolia obovata, *Arboriculture & Urban Forestry*, 36(2): 81–85.

Matsumura J, Tsutsumi J, Oda K 1996, Effect of water storage and methanol extraction on longitudinal gas permeability of karamatsu heartwood. *Mokuzai Gakkaishi* 42:115-121.

Matsumura, J., Booker, R. E., Donaldson, B. G. R. L. A., Mikajiri, N., Matsunaga, H. and Oda, K., 1999, Impregnation of Radiata pine wood by vacuum treatment II: effect of pre-steaming on wood structure and resin content, *J Wood Sci* 45: 456-462.

Matsumura, J., Yamasaki,Y., Oda, K. and Fujisawa, Y., 2005, Profile of bordered pit aspiration in *Cryptomeria japonica* using confocal laser scanning microscopy: pit aspiration and heartwood color, *Journal of Wood Science* 51(4) 328-333.

Matsunaga, H., Matsumura, J. and Oda, K., 2004, X-Ray microanalysis using thin sections of preservative – treated wood, relationship of wood anatomical features to the distribution of copper, *IAWA Journal*, Vol. 25 (1), 79-90.

Matsunaga, H., Kiguchi, M., Roth, B. and Evans, P.D., 2008, Visualiation of metals in pine treated with preservative containing copper and iron nanoparticles, *IAWA Journal*, Vol.29 (4), 387-396.

Matsunaga, H., Kiguchi, M., Evans, P.D., 2009, Microdistribution of copper-carbonate and iron oxide nanoparticles in treated wood, *J. Nanopart. Res.* 11, 1087-1098.

Matsunaga, H., Kataoka, Y., Kiguchi, M., Evans, P., 2011, Copper nanoparticles in Southern pine wood treated with a micronized preservative: Nanodistribution of copper in the pit zare and border of an early wood bordered pit, *Proceedings International Research Group on Wood Protection Annual Meeting*, IRG/WP 11-30566.

McIntyre, C.R. ve Freeman, M.H., 2009, Micronized copper, *Proceedings American Wood Protection Association*, 105: 114 – 127.

Merev, 2003, *Odun anatomisi ve odun tanıtımı*, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. KTÜ. Basımevi, Trabzon.

Messner, K., Bruce, A., Bongers, H.P.M., 2003, Treatability of refractory wood species after fungal pre-treatment, *European Conference on Wood Modification*, 389-401.

Moore, J., 2011, Research report, *Wood properties and uses of Sitka spruce in Britain*, Forestry Commission: Edinburgh, ISBN 978-0-85538-825-6.

Mohebby, B., 2005, Attenuated total reflection infrared spectroscopy of white-rot decayed beech wood, *International Biodeterioration & Biodegradation* 55, 247–251.

Muhcu, D., 2015, *Ahşap konservasyon ve konsolidasyonunda nano partiküller*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 36, 46.

Naryanappa, D. and Sharma, S.N., 1990, Longitudinal gas permeability of refractory *Casuarina equisetifolia* as affected by steaming and ponding pre-treatment, *Journal of Indian Academy of wood science*, 21(1): 5-11.

Naumann, A., Gonzales, M.N., Peddireddi, S., Kues, U., Polle, A., 2005, Fourier transform infrared microscopy and imaging: Detection of fungi in wood, *Fungal Genetics and Biology* 42, 829-835.

Pandey, K.K., 1999, A study of chemical structure of soft and hardwood and wood polymers by FTIR Spectroscopy, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 71, 1969–1975.

Pandey, K.K. and Pitman, A.J., 2003, FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi, *International Biodeterioration & Biodegradation* 52, 151 – 160.

Panigrahi, S., Kumar, S., Panda, S. and Borkataki, S., 2018, Effect of permeability on primary processing of wood, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4): 2593-2598.

Peters, G.A. and Parameswaran, N., 1980, Transmission electron microscopical localization of salt preservative components in wood cell walls, *Wood Sci. Technol*. 14:81-88.

Petrič, M., Murphy, R.J. and Morris, I., 2000, Microdistribution of some copper and zinc containing waterborne and organic solvent wood preservatives in spruce wood cell walls, *Holzforschung* 54, 23-26.

Raiskila, S., 2008, The effect of lignin content and lignin modification on Norway spruce wood properties and decay resistance, *Dissertationes Forestales* 68., 34.

Rowell, R.M., 2005, *Handbook of wood chemistry and wood composites*, CRC Press, ISBN 0-8493-1588-3 (alk. paper), 53,58, 59, 78.

Sandberg, K., 2009, *Norway spruce heartwood properties related to outdoor use*, Doctoral thesis, Lulea University of Technology, Skelleftea Division of Wood science and technology, ISSN: 1402-1544 ISBN 978-91-86233-60-0.

Saraswathy, G., Shanmugapriya, A. and Sudha, P.N., 2010, Speciation and determination of heavy metals in polluted soils of ranipet industrial area, INDIA, *The Ecoscan (An International Quarterly Journal of Environmental Sciences)* 4(2&3): 221-223.

Schmidt, O., Schmitt, U., Moreth, U. and Potsch, T. 1997, Wood decay by the white-rotting Basidiomycete *Physisporinus vitreus* from a cooling tower, *Holzforschung*, 51 193-200.

Schubert, M., Dengler, V., Mourad, S. and Schwarze, F.W.M.R., 2009, Determination of optimal growth parameters for the bioincising fungus *Physisporinus vitreus* by means of response surface methodology, *Journal of Applied Microbiology* ISSN 1364-5072.

Schubert, M., Wolkmer, T., Lehringer, C and Schwarze, F.W.M.R., 2011, Resistance of bioincised wood treated with wood preservatives to blue-stain and wood-decay fungi, *International Biodeterioration & Biodegradation* 65, 108-115.

Schubert, M. and Schwarze, F.W.M.R., 2011, Evaluation of the interspecific competitive ability of the bioincising fungus *Physisporinus vitreus*, *Journal of Basic Microbiology*, 51, 80–88.

Schubert, M., Stührk, C., Fuhr, M.J. and Schwarze, F.W.M.R., 2013, Agrobacterium-mediated transformation of the white-rot fungus *Physisporinus vitreus*, *Journal of Microbiological Methods* 95, 251-252.

Schubert, M., Stührk, C., Fuhr, M.J. and Schwarze, F.W.M.R., 2014, Imaging hyphal growth of *Physisporinus vitreus* in Norway spruce wood by means of confocal laser scanning microscopy (CLSM), *Holzforschung* 68(6): 727–730.

Schwanninger, M., Rodrigues., J. C., Pereira, H., Hinterstoisser, B. 2004, Effects of short-time vibratory ball milling on the shape of FT-IR spectra of wood and cellulose, *Vibrational Spectroscopy* 36, 23–40.

Schwarze, F. W.M.R. and Landmesser, H., 2000, Preferential degradation of pit zares within tracheids by the basidiomycete *Physisporinus vitreus*, *Holzforschung short note*, 54 461–462.

Schwarze, F. W.M.R., Landmesser, H., Zgraggen, B. and Heeb, M., 2006, Permeability changes in heartwood of *Picea abies* and *Abies alba* induced by incubation with *Physisporinus vitreus*, *Holzforschung*, Vol. 60, 450–454.

Schwarze, F. W.M.R., 2007, Wood decay under the microscope, *Fungal biology reviews* xxx I-38, 9-13-27-28.

Schwarze, F. W.M.R. and Schubert, M., 2011, *Physisporinus vitreus*: a versatile white rot fungus for engineering value-added wood products, *Appl Microbiol Biotechnol*, 92:431–440 DOI 10.1007/s00253-011-3539-1.

Stirling, R., Drummond, J., Zhang, J. and Ziobro, R.J., 2008, Micro-distribution of micronized copper in Southern pine, *IRG/WP 08-30479, 39th Annual Meeting*, Istanbul, Turkey.

TAPPI 1984, *Standard Methods in Pulp and Paper Industry*.

Teesdale, C.H. and Mackean, J.D., 1918, Relative resistance of various hard-woods to injection with creosote, *USDA Bulletin* professional paper No.606.

Trăistaru, A-A.T, Sandu, I.C.A, Tımar, M.C, Dumitrescu, G.L and Sandu, I., 2013, SEM-EDX, water absorption, and wetting capability studies on evaluation of the influence of nano-zinc oxide as additive to paraloid B72 solutions used for wooden artifacts consolidation, *Microscopy Research And Technique* 76:209–218.

Ulvcrona, T., 2006, *Impregnation of Norway spruce (Picea abies L. Karst.) wood with hydrophobic oil*, Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umea.

URL-1, Orman Genel Müdürlüğü, Yıllık tomruk üretimi, https://www.ogm.gov.tr /ekutuphane/ Tomruk cinslerine göre AAS emvallerin fiyatları / Forms / AllItems.aspx, Son erişim tarihi: 25 Nisan 2019.

URL-2, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, *İhaleler*, http://artvinobm.ogm.gov.tr / SitePages / OGM / OGMDefault.aspx Son erişim tarihi: 26 Eylül 2016.

Usta, İ., 2005, A review of the configuration of bordered pits to stimulate the fluid flow, *Maderas. Ciencia y tecnología* 7(2): 121-132.

Usta, İ. and Hale, M.D., 2006, Comparison of the bordered pits of two species of spruce (*Pinaceae*) in a green and kiln-dried condition and their effects on fluid flow in the stem wood in relation to wood preservation, *Forestry*, Vol. 79, No. 4, 2006. Doi: 10.1093 / forestry / cpl011.

Volkmer, T., Landmesser, H., Genoud, A., Schwarze, F.W.M.R. 2010, Penetration of 3-iodo-2-propynyl butylcarbamate (IPBC) in coniferous wood pre-treated with *Physisporinus vitreus*, *J. Coat. Technol. Res*., 7 (6) 721–726.

Wang, C.J.K and Zabel, R.A. , 1990, *Identification manual for fungi from utility poles in the Eastern United States*: 2-9.

Wang, J. Z. and DeGroot, R. 1996, *Treatability and durability of heartwood*, National conference on wood transportation structures, Forest Products Laboratory, 252-260.

Wang, L. and Kamdem, D.P., 2011, Copper migration from micronized copper preservatives treated wood in soil contact: Effect of soil pH, *IRG/WP 11-50280 42nd Annual Meeting, Queenstown*, New Zealand, 8-12 May.

Wang, L. and Kamdem, P., 2012, Copper leached from micronized copper quaternary (MCQ) treated wood: Influence of the amount of copper in the formulations, *Proceedings of the 55th International Convention of Society of Wood Science and Technology*, August 27-31 - Beijing, CHINA.

Wang, M. and Stewart, J.D., 2012, Determining the transition from juvenile to mature wood microfibril angle in lodgepole pine: a comparison of six different two-segment models, *Annals of Forest Science*, 69: 927 – 937.

Watanabe, U., Imamura, Y. and Iida, I., 1998, Liquid penetration of precompressed wood VI: Anatomical characterization of pit fractures, *J Wood Sci*, 44: 158- 162.

Wilcox, W.W., 1964, *Preparation of decayed wood for microscopical examination*, Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Madison,WIS.

Wolcott, M.P., Shepard, R.K. and Shottafer, J.E., 1987, *Age and thinning effects on wood properties of red spruce* (*Picea rubens* Sarg), Maine Agricultural Experiment Station University of Maine Orono, Maine 04469, Technical bulletin 127.

Yılgör, N., 1993, *Üçyüz yıl su altında kalmış odunun kimyasal ve teknolojik özelliklerinde değişmeler*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 51.

Yılgör, N., Doğu, A.D., Moore, R., Terzi, E. ve Kartal, S.N., 2013, Evaluation of fungal deterioration in *Liquidambar orientalis* Mill. Heartwood by FT-IR and Light Microscopy, *Bioresources* 8 (2), 2805-2826.

Yıldız, S., Dizman, E. and Yıldız, Ü.C., 2008, Effects of acetic and nitric acid pre-treatment on copper content of spruce wood treated with CBA-A and CCA, *International Research Group on Wood Preservation 39. Annual Conference*, At Istanbul, Turkey, Volume: IRG/WP 08-40406.

Yıldız, S., Çanakçı, S., Yıldız, Ü.C., Özgenç, Ö. and D.Tomak, E., 2012, Improving of the impregnability of refractory spruce wood by *Bacillus licheniformis* pretreatment, *BioResources* 7(1), 565-577.

Zhang, Y., Cai, L. ve Xu, Y. 2006, Aspirated pits in wetwood and micromorphology of microbial degradation in Subalpine fir, *Frontiers of Forestry in China*, December 2006, Volume 1, Issue 4, pp 449–452. |

Zahora, A., 2011, Further studies on the distribution of copper in treated wood using an XRF microscope technique, *Paper prepared for the 42nd IRG Annual Meeting Queenstown*, New Zealand, 8-12 May 2011.

EKLER

EK-1. BDÖ ve BDS ladin odununda tespit edilen emprenye madde alınımı (g), Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2), Cu retensiyon miktarı (ppm) ve bakır yıkanma testlerine (%) yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

EK-2. BDÖ sarıçam odununda tespit edilen emprenye madde alınımı (g), Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2), Cu retensiyon miktarı (ppm) ve bakır yıkanma testlerine (%) yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

EK-3. BDÖ ve BDS mikroskopik incelemeler sonucu farklı geçit tiplerinde geçit ve porus alanlarının ($m\mu^2$) hesaplanması ile ilgili elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

EK-4. BDÖ ve BDS mikroskopik incelemeler sonucu ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit, piceoid karşılaşma yeri geçit ve enine traheid kenarlı geçitlerine ait geçit ve porus alanlarının ($m\mu^2$) karşılaştırılmasına yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Davut BAKIR
Doğum Yeri	ELAZIĞ
Doğum Tarihi	15.02.1980
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05323834278
E-Posta Adresi	davut.bakir23@gmail.com
Web Adresi	-------



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Elazığ Fırat Üniversitesi
Fakülte	Fen-Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	20.06.2008

Yüksek Lisans	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Orman Endüstri Mühendisliği
Programı	Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi
Mezuniyet Yılı	25.05.2012

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programı

Makale ve Bildiriler
Bakir D., Terzi E., Kartal S.N., "An Experimental Study on Determination of Optimal Growth Conditions of *Physisporinus vitreus* for Biotechnology", International Conference On Advance And Innovations In Engineering ICAIE , ELAZIĞ, TÜRKİYE, 10-12 Mayıs 2017, pp.2-2

EK-1. BDÖ ve BDS ladin odununda tespit edilen emprenye madde alınımı (g), Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2), Cu retensiyon miktarı (ppm) ve bakır yıkanma miktarına (%) yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

İŞLEM AŞAMALARI		Emprenye Madde Alınımı (g) LADİN ODUNU	Cu Yıkanma (%) LADİN ODUNU		Cu Penetrasyon Alanı Değeri (cm2) LADİN ODUNU	Cu Retensiyon Miktarı (ppm) LADİN ODUNU	
			Farklı süre	Toplam süre		Dış yüzey	Merkez
BDÖ	P+Emp.Yöntem	Vakum-basınç > Daldırma	Daldırma > Vakum-basınç	Daldırma > Vakum-basınç	P+Vakum-basınç > Daldırma	Vakum-basınç ≥ Daldırma	
	P+Emp.Boyut	ACQ ≥ Saf su ≥ MCQ	ACQ > MCQ	ACQ > MCQ	P+ACQ > MCQ	MCQ ≥ ACQ	
	P-Emp.Yöntem	Vakum-basınç > Daldırma			Vakum-basınç > Daldırma		
	P-Emp.Boyut	Saf su ≥ ACQ ≥ MCQ			ACQ ≥ MCQ		
	Poliüretan uyg.	Poliüretansız ladin > Poliüretanlı ladin	Poliüretansız ladin > Poliüretanlı ladin	Poliüretansız ladin > Poliüretanlı ladin	Poliüretansız ladin > Poliüretanlı ladin	Poliüretansız ladin ≥ Poliüretanlı ladin	
Poliüretanlı Ladin D.O > Ladin O.O			1 gün > 14 gün		Poliüretanlı Ladin D.O ≥ Ladin O.O	Dış yüzey > Merkez	
Poliüretansız Ladin D.O > Ladin O.O			Ladin O.O ≥ Ladin D.O	Ladin O.O ≥ Ladin D.O	Poliüretansız Ladin D.O ≥ O.O	Ladin O.O ≥ Ladin D.O	
BDS	P+Odun yüzey	Teğet ≥ Radyal					
	P+Ağırlık kaybı	% 10-15 > % 5-10	% 10-15 > % 5-10	% 10-15 > % 5-10	% 10-15 > % 5-10	% 5-10 ≥ % 10-15	
	P+Emp.Yöntem	Vakum-basınç > Daldırma	Vakum-basınç ≥ Daldırma	Vakum-basınç ≥ Daldırma	Vakum-basınç > Daldırma	Daldırma ≥Vakum	
	P+Emp.Boyut	ACQ > MCQ	ACQ > MCQ	ACQ > MCQ	ACQ ≥ MCQ	ACQ ≥ MCQ	
			6 saat ≥ 14 gün		Ladin O.O > Ladin D.O	Ladin D.O ≥ Ladin O.O	
Poliüretanlı ladin Olgun odun >Diri odun			P+Ladin D.O > Ladin O.O	P+Ladin D.O > Ladin O.O	BDS Cu > BDÖ Cu	Dış yüzey ≥ Merkez	
BDÖ ETKİLEŞİM			*D.O 1 gün > D.O 14 gün	*-P D.O ≥ -P O.O > +P O.O ≥ +P D.O		*Önemsiz	
			**Daldırma 1 gün >Vakum 2 gün ≥Vakum 6 saat ≥ Daldırma 14 gün ≥Vakum 14 gün	**-P Daldırma > -P vakum ≥ +P vakum ≥ +P Daldırma		**Dış Vakum > MerkezDaldırma ≥ Dış Daldırma ≥ Merkez Vakum	
			***ACQ 1gün >MCQ 2 gün ≥ ACQ 14 gün ≥MCQ 14 gün≥MCQ 6 saat	***-P ACQ > -P MCQ ≥ +P ACQ ≥ +P MCQ		***Önemsiz	
			****-P 1 gün > -P 14 gün ≥ +P 1 gün ≥ +P 14 gün	BDÖ Sarıçam>Ladin O.O≥ D.O		****Önemsiz	
BDS-ETKİLEŞİM	Odun kısmı x Boyuna yüzey	Önemsiz	*D.O 6 saat > O.O 2 gün≥ O.O 1 gün ≥ O.O 6 saat			*Önemsiz	
	Odun kısmı x Ağırlık kaybı	% 10-15 O.O > %5-10 O.O > %10-15 D.O ≥ %5-10 D.O	**Önemsiz			**Önemsiz	
	Odun kısmı x Emprenye yöntem	O.O Vakum > D.O Vakum > O.O Daldırma ≥ D.O Daldırma	***ACQ 6 saat > MCQ 14 gün			***Önemsiz	
	Odun kısmı x Emprenye madde	Önemsiz	*****Önemsiz	BDS Ladin D.O ≥ Sarıçam > Ladin O.O		*****Önemsiz	
	BDS Ladin O.O ≥ Sarıçam D.O > Ladin D.O						
BDÖ-BDS ETKİLEŞİM	Biyolojik delme x Odun kısmı	BDS O.O> BDS D.O ≥ BDÖ D.O > BDÖ O.O	BDS D.O 6 saat > BDS O.O 2 gün ≥ BDÖ D.O 14 gün≥	BDS D.O > BDS O.O ≥ BDÖ O.O ≥ BDÖ D.O	BDS O.O > BDS D.O ≥ BDÖ D.O ≥ BDÖ O.O	Önemsiz	
	Biyolojik delme x Emprenye yöntemi	BDS Vakum > BDÖ Vakum > BDS Daldırma ≥ BDÖ Daldırma	Önemsiz	BDS vakum > BDÖ vakum ≥ BDÖ daldırma	Önemsiz	Önemsiz	
	Biyolojik delme x Emprenye madde	BDS ACQ ≥ BDS Saf su > BDÖ MCQ ≥ BDÖ ACQ ≥ BDÖ Saf su	BDS ACQ 6 saat > BDS MCQ 14 gün ≥ BDÖ MCQ 14 gün ≥ BDÖ MCQ 6 saat	BDS ACQ > BDS MCQ ≥ BDÖ MCQ	Önemsiz	Önemsiz	
	BDS emprenye madde alınımı > BDÖ emprenye madde alınımı (g)		BDS yıkanan Cu > BDÖ yıkanan Cu (%)	BDS yıkanan Cu > BDÖ yıkanan Cu (%)	BDS > BDÖ Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2)	BDS ≥ BDÖ Cu retensiyon miktarı (ppm)	

(≥ ve ≤): fark anlamsız (> ve <): fark anlamlı -P: Poliüretansız +P: Poliüretanlı

EK-2. BDÖ sarıçam odununda tespit edilen emprenye madde alınımı (g), Cu penetrasyon alanı değeri (cm^2), Cu retensiyon miktarı (ppm) ve bakır yıkanma miktarına (%) yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

İŞLEM AŞAMALARI		Emprenye madde alınımı (g)	Cu Yıkanma (%)		Cu Penetrasyon alanı değeri (cm^2)	Cu Retensiyon miktarı (ppm)	
		SARIÇAM ODUNU	SARIÇAM ODUNU		SARIÇAM ODUNU	SARIÇAM ODUNU	
			Farklı süre	Toplam süre		Dış yüzey	Merkez
BDÖ	P+Emp.Yöntem	Vakum-basınç > Daldırma	Daldırma > Vakum-basınç	Daldırma > Vakum-basınç	Vakum-basınç > Daldırma	Vakum-basınç ≥ Daldırma	
	P+Emp.Boyut	Saf su > ACQ	ACQ > MCQ	ACQ > MCQ	MCQ ≥ ACQ	MCQ ≥ACQ	
	P-Emp.Yöntem	Vakum-basınç > Daldırma			Vakum-basınç > Daldırma		
	P-Emp.Boyut	ACQ ≥ Saf su ≥ MCQ			ACQ ≥ MCQ		
	Poliüretan uyg.	Poliüretansız > Poliüretanlı	Poliüretanlı ≥ Poliüretansız	Poliüretanlı ≥ Poliüretansız	Poliüretansız ≥ Poliüretanlı	Poliüretanlı ≥ Poliüretansız	
BDÖ Poliüretansız Sarıçam D.O > Ladin D.O > Ladin O.O			1 gün ≥ 6 saat		BDÖ Poliüretansız Sarıçam D.O ≥ Ladin D.O ≥ LadinO.O	BDÖ Poliüretanlı Sarıçam D.O ≥ Ladin D.O ≥ Ladin O.O	
BDÖ Poliüretanlı Sarıçam D.O > Ladin D.O > Ladin O.O			BDÖ Sarıçam D.O > Ladin O.O ≥ Ladin D.O		BDÖ Poliüretanlı Sarıçam D.O ≥Ladin D.O ≥ Ladin O.O	BDÖ Poliüretansız ladin O.O ≥ Ladin D.O ≥ Sarıçam D.O	
BDS Poliüretanlı Ladin O.O ≥ Sarıçam D.O > Ladin D.O			BDS Ladin D.O ≥ Sarıçam D.O > Ladin O.O			Dış yüzey ≥ Merkez	
BDÖ-ETKİLEŞİM			**Daldırma 1 gün ≥ Daldırma 2 gün > Vakum 14 gün≥ Vakum 6 saat	**+P Daldırma > +P Vakum ≥ -P Vakum		*Önemsiz	
			***Önemsiz	***+P ACQ > -P MCQ		**Önemsiz	
			****Önemsiz			***Önemsiz	
						****Önemsiz	

ETKİLEŞİM (YIKANMA Farklı süre) (%)

*Süre x Odun kısmı
**Süre x Emprenye yöntemi
***Süre x Emprenye madde
****Süre x Poliüretan uygulama
*****Süre x Ağırlık kaybı

ETKİLEŞİM (YIKANMA Toplam süre) (%)

*Poliüretan uygulama x Odun kısmı
** Poliüretan uygulama x Emprenye yöntemi
*** Poliüretan uygulama x Emprenye madde

ETKİLEŞİM (Penetrasyon miktarı) (ppm)

ETKİLEŞİM (Penetrasyon yüzde oranı) (%)

*Yüzey derinliği x Odun kısmı
** Yüzey derinliği x Emprenye yöntemi
*** Yüzey derinliği x Emprenye madde
**** Yüzey derinliği x Poliüretan uygulama
***** Yüzey derinliği x Ağırlık kaybı

Etkileşim önemli

(≥ ve ≤) : fark anlamsız (> ve <): fark anlamlı -P: Poliüretansız +P: Poliüretanlı

EK-3. BDÖ ve BDS mikroskopik incelemeler sonucu farklı geçit tiplerinde geçit ve porus alanlarının ($m\mu^2$) hesaplanması ile ilgili elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

İŞLEM AŞAMALARI		Kenarlı Geçit		Karşılaşma Yeri Geçidi	Enine Traheid Kenarlı Geçidi
		İLKBAHAR ODUNU	GEÇİŞ ZONU	İLKBAHAR ODUNU	İLKBAHAR ODUNU
BDÖ	Ga ve Gp x Odun kısmı	Diri odun > Olgun odun	Olgun odun > Diri odun	Olgun odun > Diri odun	Olgun odun > Diri odun
		Geçit alanı > Geçit porus alanı		Geçit alanı > Geçit porus alanı	Geçit alanı > Geçit porus alanı
	Ga ve Gp x Odun tabakaları	İlkbahar odunu tabakası > Geçiş zonu			
		Geçit alanı > Geçit porus alanı			
BDS	Ga ve Gp x Odun kısım	Olgun odun > Diri odun	Diri odun > Olgun odun	Olgun odun > Diri odun	Diri odun > Olgun odun
	Ga ve Gp x Odun yüzey	Teğet yüzey > Radyal yüzey	Teğet yüzey > Radyal yüzey	Teğet yüzey > Radyal yüzey	Radyal yüzey > Teğet Yüzey
	Ga ve Gp x Ağırlık kaybı	%10-15 > %5-10	%10-15 > %5-10	%10-15 > %5-10	%10-15 > %5-10
	Ga ve Gp x Odun tabakaları	İlkbahar odunu tabakası > Geçiş zonu			
		Geçit alanı > Geçit porus alanı		Geçit alanı > Geçit porus alanı	Geçit alanı > Geçit porus alanı
BDÖ ETKİ	Ga ve Gp x Odun kısmı	D.O Ga > O.O Ga >D.O Gp > O.O Gp	O.O Ga > D.O Ga > O.O Gp > D.O Gp	O.O Ga > D.O Ga > D.O Gp > O.O Gp	O.O Ga > D.O Ga >D.O Gp ≥ O.O Gp
	Ga ve Gp x Odun tabakaları	İ.O Ga > G.Z Ga > G.Z Gp > İ.O Gp			
BDS-ETKİLEŞİM	Ga ve Gp x Odun kısım	O.O Ga > D.O Ga > D.O Gp > O.O Gp	D.O Ga > O.O Ga > D.O Gp > O.O Gp	O.O Ga > D.O Ga > O.O Gp > D.O Gp	D.O Ga > O.O Ga > O.O Gp ≥ D.O Gp
	Ga ve Gp x Odun yüzey	T.Y Ga > R.Y Ga > R.Y Gp ≥ T.Y Gp	T.Y Ga ≥ R.Y Ga > T.Y Gp > R.Y Gp	T.Y Ga > R.Y Ga > T.Y Gp > R.Y Gp	R.Y Ga > T.Y Ga > T.Y Gp ≥ R.Y Gp
	Ga ve Gp x Ağırlık kaybı	%10-15 Ga > %5-10 Ga > %10-15 Gp > %5-10 Gp	Önemsiz	%10-15 Ga > %10-15 Gp > %5-10 Ga > %5-10 Gp	%10-15 Ga > %5-10 Ga > %10-15 Gp > %5-10 Gp
	Ga ve Gp x Odun tabakaları	İ.O Ga > G.Z Ga > İ.O Gp > G.Z Gp			
BDÖ-BDS ETKİLEŞİM	Biyolojik delme x Geçit kısmı x Odun kısmı	*BDS Ga≥ BDÖ Ga > BDS Gp > BDÖ Gp	*BDS Ga>BDÖ Ga>BDS Gp>BDÖ Gp	*BDS Ga > BDS Gp > BDÖ Ga >BDÖ Gp	*BDS Ga > BDÖ Ga > BDS Gp > BDÖ Gp
		**BDS O.O ≥ BDS D.O > BDÖ D.O > BDÖ O.O	**BDS D.O>BDS O.O>BDÖ O.O>BDÖ D.O	**BDS O.O > BDS D.O >BDÖ O.O ≥ BDÖ D.O	**BDS D.O > BDS O.O > BDÖ O.O > BDÖ D.O
		***D.O Ga > O.O Ga > D.O Gp > O.O Gp	***O.O Ga >D.O Ga>D.O Gp>O.O Gp	***O.O Ga > D.O Ga > O.O Gp > D.O Gp	***D.O Ga >O.O Ga > D.O Gp >O.O Gp
	BDS O.O Ga > BDS D.O Ga> BDÖ D.O Ga > BDÖ O.O Ga > BDS D.O Gp > BDS O.O Gp> BDÖ D.O Gp > BDÖ O.O Gp **(İ.O Tabakası)** BDS D.O Ga > BDS O.O Ga > BDÖ O.O Ga > BDÖ D.O Ga > BDS D.O Gp > BDS O.O Gp > BDÖ O.O Gp > BDÖ D.O Gp **(Geçiş Zonu)**			BDS O.O Ga>BDS D.O Ga>BDS O.O Gp>BDS D.O Gp> BDÖ O.O Ga ≥ BDÖ D.O Ga > BDÖ D.O Gp ≥BDÖ O.O Gp	BDS D.O Ga>BDS O.O Ga > BDÖ O.O Ga > BDÖ D.O Ga >BDS O.O Gp≥BDS D.O Gp >BDÖ D.O Gp ≥BDÖ O.O Gp
	Biyolojik delme x Geçit kısmı x Odun tabakası	*BDS Ga > BDÖ Ga > BDS Gp > BDÖ Gp			
		**BDS İ.O > BDÖ İ.O > BDS G.Z > BDÖ G.Z			
		***İ.O Ga > G.Z Ga > İ.O Gp > G.Z Gp			
	BDS İ.O Ga > BDÖ İ.O Ga > BDS G.Z Ga > BDÖ G.Z Ga > BDS İ.O Gp > BDS G.Z Gp > BDÖ G.Z Gp ≥ BDÖ İ.O Gp				
	Biyolojik delme sonrası > Biyolojik delme öncesi			Biyolojik delme sonrası > Biyolojik delme öncesi	BDS> BDÖ

(≥ ve ≤): fark yok; (> ve <): fark var (Biyolojik delme x Geçit kısmı)* (Biyolojik delme x Odun kısmı-tabakası)** (Geçit kısmı x Odun kısmı-tabakası)***

Ga: Geçit alanı Gp: Geçit porus alanı

EK-4. BDÖ ve BDS mikroskopik incelemeler sonucu ilkbahar odunu tabakası kenarlı geçit, piceoid karşılaşma yeri geçit ve enine traheid kenarlı geçitlerine ait geçit ve porus alanlarının ($m\mu^2$) karşılaştırılmasına yönelik elde edilen tüm bulguların bir arada verilmesi.

İŞLEM AŞAMALARI (3'lü Etkileşimler)		Kenarlı Geçitler, Karşılaşma Yeri Geçitleri ve Enine Traheid Kenarlı Geçitleri İLKBAHAR ODUNU TABAKASI	BOYUNA TRAHEİD RADYAL ÇEPERLERİNDE BULUNAN KENARLI GEÇİTLERİN 1 mm^2 ALAN İÇİNDEKİ BOZUNMA DURUMLARI			
BDÖ ETKİLEŞİM	Odun kısmı x Geçit tip x Geçit kısmı	*D.O Kg > O.O Kg > O.O Etkg > D.O Etkg > O.O Kyg ≥ D.O Kyg				
		**D.O Ga > O.O Ga > D.O Gp > O.O Gp				
		***Kg Ga > Etkg Ga > Kg Gp > Kyg Ga > Kyg Gp > Etkg Gp				
	(Kg > Etkg >Kyg) (Ga > Gp) (Diri odun > Olgun odun)					
	D.O Kg Ga > O.O Kg Ga > O.O Etkg Ga > D.O Etkg Ga > D.O Kg Gp > O.O Kg Gp ≥ O.O Kyg Ga ≥ D.O Kyg Ga > D.O Kyg Gp ≥ O.O Kyg Gp > D.O Etkg Gp ≥ O.O Etkg Gp					
BDS ETKİLEŞİM	Odun kısmı x Geçit tip x Geçit kısmı	*O.O Kg > D.O Kg > O.O Kyg > D.O Kyg > D.O Etkg > O.O Etkg		OLGUN ODUN	GEÇİŞ ZONU	İ.O %5-10 bozunmuş (% 79) < G.Z %5-10 bozunmuş (%85,5)
		**O.O Ga > D.O Ga > O.O Gp ≥ D.O Gp			İLKBAHAR ODUNU	İ.O %10-15 bozunmuş (% 84) > G.Z %10-15 bozunmuş (%70,5)
		***Kg Ga > Kg Gp > Etkg Ga ≥ Kyg Ga > Kyg Gp > Etkg Gp				İ.O %5-10 aşırı bozunmuş (% 4) < G.Z %5-10 aşırı bozunmuş (%8)
	(Kg > Kyg > Etkg) (Ga > Gp) (Olgun odun > Diri odun)					İ.O %10-15 aşırı bozunmuş (% 11,5) < G.Z %10-15 aşırı bozunmuş (%29,5)
	O.O Kg Ga > D.O Kg Ga > D.O Kg Gp > O.O Kg Gp > O.O Kyg Ga ≥ D.O Etkg Ga > O.O Etkg Ga ≥ D.O Kyg Ga ≥ O.O Kyg Gp > D.O Kyg Gp > O.O Etkg Gp ≥ D.O Etkg Gp					GEÇİŞ ZONU > İLKBAHAR ODUNU %10-15 > %5-10
	Odun yüzeyleri x Geçit tip x Geçit kısmı	*T.Y Kg > R.Y Kg > T.Y Kyg > R.Y Kyg > R.Y Etkg ≥ T.Y Etkg		DİRİ ODUN	GEÇİŞ ZONU	İ.O %5-10 bozunmuş (% 81) > G.Z %5-10 bozunmuş (%78,5)
		**T.Y Ga > R.Y Ga > T.Y Gp ≥ R.Y Gp			İLKBAHAR ODUNU	İ.O %10-15 bozunmuş (% 62) < G.Z %10-15 bozunmuş (%82,5)
		***Kg Ga > Kg Gp > Etkg Ga ≥ Kyg Ga > Kyg Gp > Etkg Gp				İ.O %5-10 aşırı bozunmuş (% 13,5) ≥ G.Z %5-10 aşırı bozunmuş (%12,5)
	(Kg > Kyg > Etkg) (Ga > Gp) (Teğet yüzey > Radyal yüzey)					İ.O %10-15 aşırı bozunmuş (% 37) > G.Z %10-15 aşırı bozunmuş (%15,5)
	T.Y Kg Ga > R.Y Kg Ga > R.Y Kg Gp ≥ T.Y Kg Gp > T.Y Kyg Ga ≥ R.Y Etkg Ga ≥ T.Y Etkg Ga ≥ R.Y Kyg Ga > T.Y Kyg Gp ≥ R.Y Kyg Gp > T.Y Etkg Gp ≥ R.Y Etkg Gp					İLKBAHAR ODUNU > GEÇİŞ ZONU %10-15 > %5-10
	Ağırlık kayıpları x Geçit tip x Geçit kısmı	*%10-15 Kg > %5-10 Kg > %10-15 Kyg > %5-10 Kyg ≥ %10-15 Etkg > %5-10 Etkg				
		**%10-15 Ga > %5-10 Ga > %10-15 Gp > %5-10 Gp				
		***Kg Ga > Kg Gp > Etkg Ga ≥ Kyg Ga > Kyg Gp > Etkg Gp				
	(Kg > Kyg > Etkg) (Ga > Gp) (%10-15 Ağırlık kaybı > %5-10 Ağırlık kaybı)					
	%10-15 Kg Ga > %5-10 Kg Ga > %10-15 Kg Gp > %5-10 Kg Gp > %10-15 Kyg Ga > %10-15 Etkg Ga ≥ %5-10 Etkg Ga≥ %10-15 Kyg Gp > %5-10 Kyg Ga > %5-10 Kyg Gp > %10-15 Etkg Gp > %5-10 Etkg Gp					

(≥ ve ≤): fark yok; (> ve <): fark var (Odun kısmı x Geçit tipi)* (Odun kısmı x Geçit kısmı)** (Geçit tipi x Geçit kısmı)***

Kg: Kenarlı geçit

Kyg: Karşılaşma yeri geçidi Ga: Geçit alanı

Gp: Geçit porus alanı T.Y: Teğet yüzey (Odun yüzey x Geçit tipi)* (Odun yüzey x Geçit kısmı)** (Geçit tipi x Geçit kısmı)***

R.Y: Radyal yüzey Etkg: Enine traheid geçidi (Ağırlık kaybı x Geçit tipi)* (Ağırlık kaybı x Geçit kısmı)** (Geçit tipi x Geçit kısmı)***