

57862

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RUTUBET ORANI VE BAZI ORGANİK ÇÖZÜCÜLERİN DOĞU LADİNİ
(Picea orientalis (L.) Link.) ODUNU GAZ PERMEABİLİTESİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Orman End. Yük.Müh. Mehmet KESKİNKOL

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Doktor"

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye verildiği Tarih : 26.02.1996

Tezin Savunma Tarihi : 10.05.1996

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Nurgül AY

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Fazlı ARSLAN

Şubat 1996

TRABZON

ÖNSÖZ

Farklı rutubet oranlarının ve organik çözücülerle yapılan kurutma yönteminin Doğu İladini (*Picea orientalis* (L.)Link.) odunu gaz permeabilitesi üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışma, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmış ve çalışmanın tüm deneysel aşamaları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çalışmanın başlangıcından itibaren üniversitemizden ayrılanaya kadar olan süreç içerisinde, tez danışmanlığımı üstlenen ve řu ana kadar gerek tezin yönlendirilmesinde ve gerekse diğer bilimsel konulardaki değerli katkılarını hiç bir zaman esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Yalçın ÖRS' e sonsuz teşekkürlerimi sunmayı zevkli bir görev bilirim.

Çalışmanın son aşamasında danışmanlığımı kabul ederek değerli katkılarda bulunan sayın Yrd.Doç.Dr.Nurgül AY'a ve yapıcı eleştirilerinden yararlandığım sayın Yrd.Doç.Dr. Kemal ÜÇÜNÇÜ' ye teşekkür ederim.

Ayrıca, örnek ağaçların temini sırasında her türlü kolaylığı sağlayan Maçka Orman İşletme Müdürlüğü sayın yetkilileri ve çalışanları ile örneklerin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen teknisyen sayın Mustafa KOÇ' a teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, şubat 1996

Mehmet KESKİNKOL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
ÖZET	III
SUMMARY	IV
ŞEKİL LİSTESİ	V
TABLO LİSTESİ	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Doğu Ladini (<i>Picea orientalis</i> L.Link.)	2
1.2.1. Yayılış alanı	2
1.2.2. Botanik Özellikleri	3
1.2.3. Anatomik Özellikleri	3
1.2.3.1. Makroskopik Özellikler	3
1.2.3.2. Mikroskopik Özellikler	3
1.2.4. Kullanım Yerleri	5
1.3. Permeabilite	5
1.3.1. Gaz Permeabilitesi	7
1.3.2. Sıvı Permeabilitesi	10
1.4. Kapilarite	15
1.4.1. Yüzey Gerilim	15
1.4.2. Temas Açısı	16
1.4.3. Kapilar Basınç	17
1.4.4. Kapilar Borularda Sıvı Hareketi	18
1.5. Odunda Akış Tipleri	23
1.6. İYA Odunlarında Boyuna Yönde Akış Modeli	27
1.7. Odun Anatomisinin Permeabilite Bakımından Önemi	31
1.8. Geçit Aspirasyonu	34
1.8.1. Tek Yönlü Kavisli Yüzey	34
1.8.2. Çift Yönlü Kavisli Yüzey	35
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	40
2.1. Örnek Ağaçların Seçimi	40
2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması	40
2.3. Yıllık Halka Genişliği İle İlgili Ölçümler	42
2.3.1. Yıllık Halka Genişlikleri	42

2.3.2. Yıllık Halka Genişliği ile Yaz Odunu Katılım Oranı Arasındaki İlişki	42
2.4. Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi	42
2.4.1. Hava Kuru Özgül Ağırlık	42
2.4.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık	44
2.4.3. Hücre Çeper Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı	44
2.5. Mikroskopik Ölçümler	45
2.5.1. Anatomik Özelliklerin Belirlenmesi	45
2.5.1.1. Preparatların Hazırlanması	45
2.5.1.2. Radyal Kesitte Yapılan Ölçümler	46
2.5.1.3. Traheidlere Ait Ölçümler	46
2.5.1.4. Ultramikroskopik İncelemeler	47
2.6. Örneklerin Kurutulması	47
2.7. Permeabilite Deney Düzenineğinin Hazırlanması	48
2.7.1. Sistem Kalibrasyonu	51
2.7.2. Kapilar Kalibrasyon	52
2.8. Permeabilite Ölçme Yöntemi	53
3. BULGULAR	55
3.1. Makroskopik Özellikler	55
3.1.1. Yıllık Halka Genişlikleri	55
3.1.2. Yıllık Halka Genişliği İle Yaz Odunu Genişliği Arasındaki İlişki	57
3.1.3. Yıllık Halka Genişliği İle Yaz Odunu Katılımı Arasındaki İlişki	59
3.2. Mikroskopik Özellikler	61
3.2.1. Traheid ve Kenarlı Geçitlere Ait Ölçümler	61
3.3. Fiziksel Özellikler	66
3.3.1. Hava Kuru Özgül Ağırlık	66
3.3.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık	75
3.3.3. Hücre Çeperi Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı	83
3.4. Permeabilite Ölçümleri	86
3.4.1. Kapilar Kalibrasyon	86
3.4.2. Geniş Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri	87
3.4.3. Normal Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri	95
3.4.4. Dar Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri	103
3.4.5. Organik Çözücü Değişimi Uygulanan Ağaçların Permeabilite Ölçümleri	111
3.4.5.1. Geniş Yıllık Halka Grubu Ağaçların Permeabiliteleri	111
3.4.5.2. Normal Yıllık Halka Grubu Ağaçların Permeabiliteleri	118
3.4.5.3. Dar Yıllık Halka Grubu Ağaçların Permeabiliteleri	125

4. TARTIŞMA	131
4.1. YıllıkHalka Genişlikleri	131
4.2. Mikroskopik Özellikler	131
4.3. Fiziksel Özellikler	132
4.3.1. Hava Kuruşu Özgöl Ağırlık	132
4.3.2. Tam Kuru Özgöl Ağırlık	133
4.3.3. Hücre Çeperi Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı	134
4.4. Permeabilite Sonuçları	135
4.4.1. Rutubet Farklılığı ve Gövde Yüksekliğine Göre Permeabilite Değerleri	135
4.4.2. Kullanılan Çözücü Türüne Göre Permeabilite Değerleri	138
5. SONUÇLAR	144
6. ÖNERİLER	146
7. KAYNAKLAR	147
8. ÖZGEÇMİŞ	157

ÖZET

Bu çalışmada, sahip olduğu teknolojik özellikleri nedeni ile ülkemiz Orman Ürünleri Endüstrisinde önemli bir yer tutan Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.)Link.) odununun gaz permeabilitesi üzerine rutubet oranı ve organik çözücülerin etkisi araştırılmıştır.

Örnek ağaçlar, Maçka Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Karahava bölgesi saf ladin meşçerelerinden alınmış ve deneyler ilgili standartlara göre hazırlanan örnekler üzerinde yapılmıştır.

Örneklerin yıllık halka genişlikleri, yaz odunu katılım oranları, hücre çeperi maddesi oranı, traheid ve kenarlı geçit boyutları ile hava kurusu ve tam kuru özgül ağırlıkları belirlendikten sonra, tam yaş, hava kurusu ve tam kuru rutubet derecelerindeki gaz permeabilite değerleri, gövde yüksekliğinin 2, 7 ve 12 m' leri için incelenmiştir. Örnekler daha sonra yüzey gerilim kuvveti düşük bazı organik çözücüler ile muamele edilerek, serbest suyun çözücü ile yer değiştirmesi esasına dayanan özel bir kurutma işlemine tabii tutulmuş ve permeabilite değerleri tekrar ölçülerek çözücünün etkisi araştırılmıştır.

Sonuç olarak, ağaç malzemenin gaz permeabilitesi üzerinde rutubet oranının, iletim elemanlarının morfolojik yapılarının ve kullanılan çözücü türünün etkisi önemli bulunmuştur. Taze halde iken maksimum permeabilite değerine sahip olan örneklerin serbest suyun buharlaşmasına bağlı olarak ortaya çıkan kenarlı geçit aspirasyonu nedeni ile, permeabilite değerlerinde %76-82 oranında bir azalma tesbit edilmiştir. Lif doygunluk noktasından itibaren ise kapilar akış yollarındaki daralmalar nedeni ile permeabilite değerleri doymun hale göre %6-9 oranında daha düşük bulunmuştur.

Odundaki serbest su ile yer değiştirerek kapilar kuvvetlerin etkisini azaltmak amacı ile kullanılan aseton, benzen ve pentan uygulamaları sonucunda ise, yüzey gerilim kuvvetlerinin büyüklüğüne bağlı olarak en iyi sonuçlar aseton ile muamele edilen örneklerden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Picea orientalis* (L.)Link., gaz permeabilitesi, kenarlı geçit çiftleri, geçit aspirasyonu, kapilarite, yüzey gerilim kuvveti, viskozite, aseton, benzen, pentan

SUMMARY

THE EFFECTS OF MOISTURE CONTENT AND SOLVENT EXCHANGE ON THE GAS PERMEABILITY OF ORIENTAL SPRUCE (*Picea orientalis*(L.)Link.) WOOD

The main purpose of this study is to investigate the effects of moisture content and solvent exchange drying by using organic solvents with low surface tension force on the gas permeability of Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.)Link.) wood.

All trees used for experiments were obtained from Karahava region of Maçka Forest Enterprise, and samples were then transported to laboratories in Wood Science Department to prepare in accordance with the related standards.

Gas permeability of samples in green, air-dry and oven-dry conditions were measured for different lengths of stem after their width of annual rings, the ratio of latewood in annual rings, the specific gravity in air-dry and oven-dry conditions size of tracheids and bordered pits, and porosity were determined.

According to data obtained from this study, it may be concluded that width of the annual rings, moisture content, height in stem, and type of organic solvent used for solvent exchange drying are found to be statistically important.

Key Words: Oriental spruce, gas permeability, solvent exchange drying, viscosity, bordered pits, pit aspiration, capillarity, surface tension forces, acetone, benzene, pentane

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.** Bir su yarımküresindeki kuvvet bileşenleri
- Şekil 2.** Islatan ve ıslatmayan sıvıların katı yüzeyler üzerindeki temas açıları
- Şekil 3.** Bir su damlasına etki eden kuvvetlerin vektörel dağılımı
- Şekil 4.** Kapilar borularda sıvıların hareketi
- Şekil 5.** İYA odunlarında teorik akış modeli
- Şekil 6.** Bir kenarlı geçit çiftinin şematik yapısı
- Şekil 7.** Tek yönlü kavisli yüzeye sahip bir kenarlı geçit çiftinde aspirasyon oluşumu
- Şekil 8.** Çift yönlü kavisli yüzeye sahip bir kenarlı geçit çiftinde aspirasyon oluşumu
- Şekil 9.** Alıcı ve verici guruplara sahip bazı solventlerin kenarlı geçit çiftleri ile yaptıkları hidrojen bağları
- Şekil 10.** Gaz permeabilitesi deney düzeneği
- Şekil 11.** Geniş yıllık halka grubuna ait ağaçlarda yıllık halka genişlikleri varyans grafiği
- Şekil 12.** Normal yıllık halka grubuna ait ağaçlarda yıllık halka genişlikleri varyans grafiği
- Şekil 13.** Dar yıllık halka grubuna ait ağaçlarda yıllık halka genişlikleri varyans grafiği
- Şekil 14.** Farklı yıllık halka gruplarına göre ilkbahar ve yaz odunu genişlikleri
- Şekil 15.** Farklı yıllık halka gruplarına göre yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranları
- Şekil 16.** Tam kuru haldeki diri odunda aspirasyon sonrası kenarlı geçit çiftlerinin görünümü
- Şekil 17.** Aseton ile muamele edilmiş ladin öz odunundaki kenarlı geçit çiftleri
- Şekil 18.** Aseton ile muamele edilmiş ladin diri odunundaki kenarlı geçit çiftleri
- Şekil 19.** Pentan ile muamele edilmiş ladin diri odunundaki kenarlı geçit çiftleri
- Şekil 20.** Tamamen aspirasyona uğramış bir diri odun kenarlı geçit çifti
- Şekil 21.** Benzen ile muamele edilmiş bir öz odun kenarlı geçit çiftinde kısmi aspirasyon oluşumu
- Şekil 22.** Mekanik bir etki sonucu hasar görmüş diri odun kenarlı geçit çifti
- Şekil 23.** Diri odunda piceoid tip kenarlı geçitlerin görünümü
- Şekil 24.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri varyans grafiği

- Şekil 25.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 26.** Normal yıllık halka grubu diri odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 27.** Normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 28.** Dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 29.** Dar yıllık halka grubu öz odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 30.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerine ait varyans grafiği
- Şekil 31.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 32.** Normal yıllık halka grubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerine ait varyans grafiği
- Şekil 33.** Normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 34.** Dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 35.** Dar yıllık halka grubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerleri varyans grafiği
- Şekil 36.** Yıllık halka guruplarına göre diri odun örneklerinde ortalama tam kuru özgül ağırlık, boşluk ve hücre çeper maddesi hacmi oranları
- Şekil 37.** Yıllık halka guruplarına göre öz odun örneklerinde ortalama tam kuru özgül ağırlık, boşluk ve hücre çeper maddesi hacmi oranları
- Şekil 38.** Gaz permeabilitesi deney düzeneği kapılar kalibrasyon eğrisi
- Şekil 39.** Geniş yıllık halka grubu tam yaş haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 40.** Geniş yıllık halka grubu tam yaş haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 41.** Geniş yıllık halka grubu hava kurusu haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 42.** Geniş yıllık halka grubu hava kurusu haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 43.** Geniş yıllık halka grubu tam kuru haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi

- Şekil 44.** Geniş yıllık halka grubu tam kuru haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 45.** Normal yıllık halka grubu tam yaş haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 46.** Normal yıllık halka grubu tam yaş haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 47.** Normal yıllık halka grubu hava kurusu haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 48.** Normal yıllık halka grubu hava kurusu haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 49.** Normal yıllık halka grubu tam kuru haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 50.** Normal yıllık halka grubu tam kuru haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 51.** Dar yıllık halka grubu tam yaş haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 52.** Dar yıllık halka grubu tam yaş haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 53.** Dar yıllık halka grubu hava kurusu haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 54.** Dar yıllık halka grubu hava kurusu haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 55.** Dar yıllık halka grubu tam kuru haldeki diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 56.** Dar yıllık halka grubu tam kuru haldeki öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi
- Şekil 57.** Aseton ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 58.** Aseton ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 59.** Pentan ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 60.** Pentan ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.

- Şekil 61.** Benzen ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 62.** Benzen ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 63.** Aseton ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 64.** Aseton ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 65.** Pentan ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 66.** Pentan ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 67.** Benzen ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 68.** Benzen ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 69.** Aseton ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 70.** Aseton ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 71.** Pentan ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 72.** Pentan ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.
- Şekil 73.** Benzen ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.

Şekil 74. Benzen ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin gövde yüksekliğine göre değişimi.

TABLO LİSTESİ

- Tablo 1.** Bazı ağaç türlerinin gaz permeabilite değerleri
- Tablo 2.** Bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde ölçülmüş por çapları
- Tablo 3.** Bazı solventlerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak geçit aspirasyonu oluşturabilme kapasiteleri
- Tablo 4.** Örnek gruplarına göre yıllık halka genişlikleri
- Tablo 5.** Yıllık halka genişliği ile yaz odunu arasındaki regresyon analizi
- Tablo 6.** Yıllık halka genişliği ile yaz odunu katılım oranı arasındaki ilişkiye regresyon analizi.
- Tablo 7.** Yıllık halka grupları ve gövde yüksekliğine göre diri odundaki traheid ve kenarlı geçit boyutları
- Tablo 8.** Yıllık halka grupları ve gövde yüksekliğine göre öz odundaki traheid ve kenarlı geçit boyutları
- Tablo 9.** Yıllık halka gruplarına göre hava kurusu özgül ağırlık değerleri
- Tablo 10.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerlerinin gövde yüksekliğine olan etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 11.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre hava kurusu özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı.
- Tablo 12.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 13.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre hava kurusu özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 14.** Normal yıllık halka grubu Diri odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine Ait varyans analizi
- Tablo 15.** Normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre hava kurusu özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı

- Tablo 16.** Normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 17.** Normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre hava kurusu özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 18.** Dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 19.** Dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri gövde yüksekliğine göre hava kurusu özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 20.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin hava kurusu özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 21.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre hava kurusu özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Table 22.** Yıllık halka gruplarına göre tam kuru özgül ağırlık değerleri
- Tablo 23.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 24.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre tam kuru özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı.
- Tablo 25.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 26.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre tam kuru özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 27.** Normal yıllık halka grubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 28.** Normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre tam kuru özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 29.** Normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 30.** Normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre tam kuru özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 31.** Dar Yıllık halka grubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi
- Tablo 32.** Dar yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre tam kuru özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 33.** Dar yıllık halka grubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerlerinde gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi

- Tablo 34.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gövde yüksekliğine göre tam kuru özgül ağırlıkları homojenlik dağılımı
- Tablo 35.** Yıllık halka gruplarına bağlı olarak tam kuru özgül ağırlık değerlerinde göre hücre çeper maddesi ve hava boşluğu oranları
- Tablo 36.** Permeabilite deney sistemi kapilar kalibrasyon ortalama değerleri
- Tablo 37.** Uygulama basıncı ile kapilar akış eğimi arasındaki varyans analizi
- Tablo 38.** Geniş yıllık halka grubu tam yaş haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 39.** Geniş yıllık halka grubu hava kurusu haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 40.** Geniş yıllık halka grubu tam kuru haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 41.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerleri üzerine Rutubet oranının etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 42.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerleri ile rutubet oranı arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 43.** Geniş yıllık halka grubu diri odun örnekleri permeabilite değerleri üzerine gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 44.** Geniş yıllık grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri ile gövde yüksekliği arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 45.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine Rutubet oranının etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 46.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri ile rutubet oranı arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 47.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 48.** Geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri ile gövde yüksekliği arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 49.** Normal yıllık halka grubu tam yaş haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 50.** Normal yıllık halka grubu hava kurusu haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 51.** Normal yıllık halka grubu tam kuru haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri

- Tablo 52.** Normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine rutubet oranının etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 53.** Normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri ile rutubet oranı arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 54.** Normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine gövde yüksekliği etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 55.** Normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri ile gövde yüksekliği arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 56.** Normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine rutubet oranının etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 57.** Normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri ile rutubet oranı arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 58.** Normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine gövde yüksekliğinin etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 59.** Normal yıllık halka grubu öz odun örnekleri permeabilite değerleri ile gövde yüksekliği arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 60.** Dar yıllık halka grubu tam yaş haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 61.** Dar yıllık halka grubu hava kurusu haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 62.** Dar yıllık halka grubu tam kuru haldeki odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 63.** Dar yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri rutubet oranının etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 64.** Dar yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri ile rutubet oranı arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 65.** Dar yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine gövde yüksekliği etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 66.** Dar yıllık halka grubu diri odun örneklerinin permeabilite değerleri ile gövde yüksekliği arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 67.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine rutubet oranının etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 68.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri ile rutubet oranı arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı

- Tablo 69.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine gövde yüksekliği etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 70.** Dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin permeabilite değerleri ile gövde yüksekliği arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 71.** Aseton ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu odun örnekleri gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 72.** Pentan ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu odun örnekler gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 73.** Benzen ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu odun örnekleri gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 74.** Organik solventler ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri üzerindeki solvent etkisine ait varyans analizi
- Tablo 75.** Organik solventler ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri ile kullanılan solventler arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 76.** Organik solventler ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri üzerindeki solvent etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 77.** Organik solventler ile muamele edilmiş geniş yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri ile kullanılan solventler arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 78.** Aseton ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 79.** Pentan ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 80.** Benzen ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 81.** Organik solventler ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri üzerindeki solvent etkisine Ait varyans analizi
- Tablo 82.** Organik solventler ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri ile kullanılan solventler arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 83.** Organik solventler ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin Gaz permeabilitesi değerleri üzerindeki solvent etkisine ait varyans analizi.

- Tablo 84.** Organik solventler ile muamele edilmiş normal yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri ile kullanılan solventler arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 85.** Aseton ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 86.** Pentan ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 87.** Benzen ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu odun örneklerinin gaz permeabilitesi ortalama değerleri
- Tablo 88.** Organik solventler ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu diri odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri üzerindeki solvent etkisine ait varyans analizi
- Tablo 89.** Organik solventler ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu diri odun örnekleri gaz permeabilitesi değerleri ile kullanılan solventler arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 90.** Organik solventler ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu öz odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri üzerindeki solvent etkisine ait varyans analizi.
- Tablo 91.** Organik solventler ile muamele edilmiş dar yıllık halka grubu öz odun odun örneklerinin gaz permeabilitesi değerleri ile kullanılan solventler arasındaki homojenlik gruplarının dağılımı
- Tablo 92.** Bazı ladin türlerinde diri odun hava kurusu özgül ağırlık değerleri
- Tablo 93.** Bazı ladin türlerinde diri odun tam kuru özgül ağırlık değerleri
- Tablo 94.** Geniş yıllık halka grubu ağaçlarda rutubet oranı ve gövde yüksekliğine göre gaz permeabilitesi değerleri
- Tablo 95.** Normal yıllık halka grubu ağaçlarda rutubet oranı ve gövde yüksekliğine göre gaz permeabilitesi değerleri
- Tablo 96.** Dar yıllık halka grubu ağaçlarda rutubet oranı ve gövde yüksekliğine göre gaz permeabilitesi değerleri
- Tablo 97.** Kullanılan organik solventlerin bazı kimyasal özellikleri.
- Tablo 98.** Geniş yıllık halka grubu ağaçlarda kullanılan solvent türüne göre gaz permeabilitesi değerleri
- Tablo 99.** Normal yıllık halka grubu ağaçlarda kullanılan solvent türüne göre gaz permeabilitesi değerleri
- Tablo 100.** Dar yıllık halka grubu ağaçlarda kullanılan solvent türüne göre gaz permeabilitesi değerleri

Tablo 101. Bazı ladin türlerinin gaz permeabilitesi değerleri

Tablo 102. Yıllık halka guruplarına göre gaz permeabilitesi ortalama değerleri

Tablo 103. Organik çözücü türüne göre yıllık halka guruplarına ait gaz permeabilitesi ortalama değerleri



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ağaç malzeme içinde akışkanların akışı esas itibarı ile dikili ağaçlardaki su, mineral madde, organik madde ve hava akışını sağlayan yollardan olmaktadır. Bu nedenle liflere paralel yöndeki permeabilite, radyal ve teğet yöne oranla daha büyüktür. Yapılan araştırmalar, iğne yapraklı ağaçlarda (İYA) boyuna yöndeki permeabilitenin enine yöndeki permeabiliteye oranla yaklaşık 20.000 kat daha büyük olduğunu göstermektedir.

Permeabilite bakımından ağaç türleri arasında önemli farklar bulunduğu gibi aynı ağaç türleri arasında da farklılıklar olabilmektedir. Örneğin, yapraklı ağaç türlerinden Kırmızı meşe, büyük traheleri ve tül oluşumu bulunmayışı nedeni ile en geçirgen türler arasında bulunurken, Ihlamur dağınık traheleri, Beyaz meşe tül oluşumu ve Kayın ise kollapsa olan hassasiyeti nedeni ile düşük permeabilite değeri gösterir.

İğne yapraklı ağaç türlerinde de durum aynıdır. Örneğin, Sarıçam geniş ve pencere şeklindeki kenarlı geçit çiftleri ile permeabilitesi yüksek türler arasında yer alırken, Ladin odunu, geçit çaplarının çok küçük olması nedeni ile permeabilitesi düşük türler arasında yer almaktadır.. Bunun yanısıra, sahilde yetişen bir Douglas öz odunu, dağlık bölgelerde yetişenlere oranla daha geçirgen bir yapıda olabilmektedir.

Sıvı akışkanların ağaç malzeme içindeki akışları, özellikle kurutma, emprenye ve kimyasal modifikasyon işlemleri ile kağıt, selüloz ve levha üretimi gibi orman endüstri kollarında çok iyi anlaşılması gereken konulardan biridir. Bu konunun anlaşılması için ise permeabilite ve kapılar sıvı hareketinin incelenerek, permeabilite oranları düşük olan türlerin bu özelliklerini arttırıcı yöntemlerin geliştirilmesi orman ürünleri endüstrisinin bir çok kullanım alanı için alternatif türler ortaya koyacaktır.

1. 2. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L) Link.)

1.2.1. Yayılış Alanı

Doğu ladini yaklaşık 350.000 ha' lık bir alanda yayılış gösteren asli orman ağacı türlerimizden birisidir. Doğal yayılışında Sovyetler Birliği sınırı ile Ordu - Melet ırmağı arasında, dağların denize bakan yamaçlarında saf ve karışık meşcereler oluşturur (1).

Doğuda Posof havzasına, Çoruh vadisi ile de Yusufeli'nin doğusundaki yüksek kesimlere kadar sokulur. şavşat - Ardanuç - Meydancık -Veliköy civarında geniş sahalarda saf meşcereler halinde bulunur. Trabzon civarında ise saf meşcereleri 900 - 1000 m' lerden sonra başlamakta, Meryemana yöresinde de 1500 - 1600 metreye kadar çıkmaktadır (1).

Doğu ladini, **Artvin** (Hatila - Genye - Saçınka - Lekta, Ardanuç - Dudumet, Uçsu - Sarolluk, Hotboğazı, Uçkünün, Karanlık meşe, Melet ormanları), **Rize** (Cimil, Karayiseba, Palovit, Kaçkar ormanları), **Trabzon** (Hamsiköy, Karahava, Meryemana, Sürmene ormanları) ve **Giresun** (Taflandere, Kesek, Sofulu, Bicik, Hasaçal, Kemezer, Kızılev, Keçilik, Anbardağı, Boncuk,Kümbet, Dereli ormanları) illerinin tümünde, **Gümüşhane** ilinin bir kısmında, **Kars** ve **Erzurum** illerinin çok az bir kesiminde, **Ordu** (Gebeme, Tekmezar, Yokuşbaşı, Ulubey, Keşelan, Avrupara ormanları) ilinde ise Melet ırmağının doğusunda saf ve Doğu Kayını, Doğu Karadeniz Göknarı, Sarıçam, Kızılağaç, Gürgen, Kestane, ve Akçaağaç ile karışık meşcereler oluşturur. Dikey yayılış olarak sahil kesimlerinde görölürse de esas itibarı ile 1000 - 2400 m' ler arasında yayılış gösterir. Genellikle yağışlı, bağıl nem oranı yüksek, sisli ve su açığı olmayan bölgeleri seven bir ağaçtır. Karadeniz ardında özellikle güney yamaçlardan kaçınmakta, kuzey yamaçlarda ise Sarıçam ve Göknar ile karışık meşcerler halinde bulunmaktadır. Toplam yayılış alanının yaklaşık 136.000 hektarı saf meşceredir (1).

1.2.2. Botanik Özellikleri

Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L)Link.) Gymnospermae' lerin Coniferae sınıfı, Pinaceae familyasına dahildir. 40 - 50 metre, bazen de 60 metre boylara ulaşan, 1.5 - 2 metre çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli, sivri tepeli önemli bir ağaçtır (2).

Kabuk genç gövdelerde genelde açık renkli ve düzgün, yaşlı gövdelerde ise koyu renkli ve çatlaklıdır. Dallar genelde sık bir halde tüm gövdeye yerleşmiş ve genç yaşlarda yukarı doğru düz veya aşağı doğru sarkmış durumdadır. Genç sürgünler ince, açık renkli ve tüylüdür. Tomurcuklar, kahverengi, sivri ve reçinesizdir. Bilinen ladin taksonlarının en kısa iğne yapraklısıdır. Yaprak uzunlukları 6 -11 mm olup uçları kör veya küt olarak sonuçlanır (2).

1.2.3. Anatomik Özellikler

1.2.3.1. Makroskopik Özellikler

Doğu ladini odunu Gökmar odununa oranla daha açık renkli ve sarımsı beyaz renktedir. Koyu renkli öz odunu yoktur. Gövdenin iç kısmında ölü, faaliyetini yitirmiş ve diri odun ile aynı renkte olan olgun odun yer alır. Reçine kanalları seyrek ve dardır. Liflerin gidişi düzgün, teğet kesitteki koyu renkli şeritler düzenlidir. Budaklar genel olarak küçük ve ovaldir (3).

1.2.3.2. Mikroskopik Özellikler

Diğer iğne yapraklı taksonlarda olduğu gibi Doğu ladini odununun yapısında da hacimsel olarak en büyük oranı traheidler oluşturur. Ladin odunu toplam hacminin % 91.39' nu boyuna traheidler ile boyuna reçine kanalları ve epitel hücreleri oluşturmaktadır (4).

Ladin odununda bulunan hücre dokusu elemanları boyuna ve enine yönde olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Boyuna elemanlar

İlkbahar odunu traheidleri
 Yaz odunu traheidleri
 Boyuna dizi traheidler
 Boyuna reçine kanalları
 Epitel hücreleri

Enine elemanlar

Öz ışını paranzim hücreleri
 Enine reçine kanalları
 Epitel hücreleri

Yerli ağaçlar içerisinde en uzun traheidlere sahip türler arasında olan Doğu ladini odununda traheid uzunlukları genelde 1.1 - 6.3 mm arasında değişim göstermektedir (3). Boyuna traheidlerin iç yüzeylerinde ise oldukça belirgin çıkıntılar oluşturarak hücre çeperinin iç kısımlarına doğru çentikli bir görünüm veren spiral kalınlaşmalar da görülür.

Boyuna dizi traheidler, boylarının daha kısa ve uçlarının düz oluşu ile boyuna traheidlerden ayrılmakla birlikte Doğu ladini odununda çok ender rastlanır.

Öz ışınlarının genel hacme katılım oranı % 8.61 civarında olup hem tek sıralı hem de çok sıralı yapıdadırlar. Tek sıralı öz ışınları bazen tek sıralı hücreden oluşmakla birlikte hücre yüksekliği genelde birden fazla hücreden meydana gelir. Çok sıralı olanlar ise enine reçine kanallarının çevresinde bulunur (4).

Boyuna reçine kanallarının dağılımı belirgin bir kural göstermemekle birlikte tek sıralı veya gruplar halinde sadece yaz odununda bulunabildikleri gibi, hem yaz odununda hem de ilkbahar odununda da bulunabilirler. Dış çapları genelde 67-68 μ ' dur. Enine reçine kanallarının etrafı daima fusiform öz ışınları ile çevrilidir ve çapları da boyuna reçine kanallarına oranla daha küçüktür.

Boyuna traheidler kendi aralarında kenarlı geçit çiftlerini oluştururlar. Anulus çapları genelde 17.95 - 25.64 μ , torus çapları da 5.13 - 10.77 μ arasında değişir. Boyuna traheidler ile öz ışını traheidleri arasındaki kenarlı geçit çiftlerinin çapları ise boyuna traheidlerdeki kenarlı geçitlere oranla çok daha küçüktür. İlkbahar odunu traheidlerinin ışınsal yüzeyleri ile paranzim

hücreleri arasındaki basit geçitler piceoid tipte olup anulus çapları 4.86 - 7.69 μ , porus uzunlukları ise 5.13 - 9.42 μ arasındadır.

1.2.4. Kullanım Yerleri

Doğu Karadeniz bölgesinde geniş bir yayılım alanı olan Doğu Ladini odunundan, gerek doğrudan ve gerekse bünyesinde yapılan değişiklikler sonucunda çok çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır. Bunların başlıcaları, odun hamuru, selüloz üretimi, direk ve kalıp tahtası imalatı, bina yapımı, taşıt araçları yapımı, marangoz aletleri, mobilya, yonga levha ve kaplama sanayii, müzik aletleri yapımı ve kibrit çöpü imalatıdır.

Doğu ladini liflerinin runkel oranınının 1'in altında olması da özellikle kaliteli kağıt yapımı için çok uygun olduğunu göstermiştir (5). Kabuğunun ihtiva ettiği sepi maddesi, iğne yapraklarından elde edilen eterik yağlar ve özellikle reçinesi pek çok alanda yararlanılan yan ürünleri arasındadır (92).

1.3. Permeabilite

Permeabilite, uygulanan basınç farkı ile akışkanın porozif (gözenekli) bir ortamdaki akış kolaylığını karakterize eden bir özelliktir. Porozif maddelerdeki akışkan permeabilitesini karakterize eden parametreler nümerik olarak ilk kez 1856 yılında Darcy tarafından gösterilmiştir (6).

Darcy kanununa göre akış ve eğim, yer ve zaman bakımından sabit olduğu takdirde devamlı bir akış oranı mevcuttur. Akış, birim zamanda birim kesitten akan sıvı hacmi, eğim ise birim uzunluktaki basınç farkı olarak adlandırılır.

$$\text{Akış} = \frac{V}{tA} \quad (1)$$

$$\text{Eğim} = \frac{\Delta P}{L} = \frac{P_2 - P_1}{L} \quad (2)$$

$$K = \frac{\text{Akış Oranı}}{\text{Eğim}} = \frac{V.L}{t.A.\Delta P} \quad (3)$$

Burada :

K : Permeabilite ($\text{cm}^3/\text{cm}.\text{Atm}.\text{sn}$ veya $\text{cm}^3/\text{dyne}.\text{sn}$)

V : Akan sıvı hacmi (cm^3)

t : Akış yönündeki uzunluk (cm)

A : Akış yönüne dik enine kesit alanı (cm^2)

ΔP : Örnek uzunluğu boyunca uygulanan basınç farkı (atm veya dyne/cm^2)

Permeabilite için en fazla kullanılan birim Darcy' dir. Bir darcy permeabiliteli bir madde, 1 atm'lik basınç farkı altında kenarları 1 cm olan bir küpten 1 centipois (cp) viskoziteli bir sıvının saniyede 1 cm^3 debi ile akışını gösterir.

$$1 \text{darcy} = \frac{1(\text{cm}^3/\text{sn}) \cdot 1(\text{cp})}{(\text{cm}^2 \cdot 1(\text{atm}/\text{sn}))} \quad (4)$$

Darcy kanunu gaz akışkanlar için kullanıldığında, gazın genleşmesinin ve buna bağlı olarak eğimde oluşan değişimin de dikkate alınması gerekir. Bu tür akışlarda Darcy kanunu aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$K_g = \frac{V.L}{t.A.\Delta P} \cdot \frac{P}{P^0} \quad (5)$$

Burada;

K_g : Gaz permeabilitesi ($\text{cm}^3/\text{cm} \cdot \text{Atm} \cdot \text{sn}$ veya $\text{cm}^3/\text{dyne} \cdot \text{sn}$)

P° : Ortalama basınç (atm) veya (dyne/cm^2)

P : V hacminde ölçülen basınç (atm veya dyne/cm^2)

V : Akışkan hacmi (cm^3)

Birçok porozif madde, anizotropik bir yapı gösterir ve bu tür maddelerin yüzeyine dik olan bir akışta ölçülen permeabilite değerleri birbirinden farklıdır.

Permeabilitenin yaklaşık olarak istatistiksel bir yolla porozif yapının geometrisi yardımı ile de belirlenebileceği 1927 yılında Kozeny tarafından gösterilmiştir (6). Kozeny teorisi, porozif ortamı eşit boylu ancak farklı dairesel kesitli kılcal tüpler olarak ele alır. Bu tür bir sistemdeki yavaş ve kararlı akış için klasik hidrodinamik denklemlerinin çözümü yapıldığında, Kozeny sistem permeabilitesi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$K = \frac{c \cdot \Phi^3}{\Sigma^2} \quad (6)$$

Burada :

Φ : Maddenin porozitesi

Σ : Özgül yüzey alanı

K : Uzunluğun karesi biriminde permeabilite değeri

c : Kılcal tüp kesitinin geometrik yapısına bağlı boyutsuz bir sabit olup daire için 0.50, kare için 0.5619 ve eşkenar üçgen için ise 0.5974 olarak alınır.

Örnekten örneğe değişim gösteren Kozeny sabiti (c) amprik bir faktör olmakla birlikte Kozeny teorisi, porozite, özgül yüzey alanı ve permeabilitenin birbirleri ile orantılı olduklarını da göstermektedir.

1.3.1. Gaz Permeabilitesi

Odunların gaz permeabilitesi ölçümleri genel olarak aşağıdaki nedenlerden biri veya bir kaçını için yapılır. Bunlar,

1. Kapilar akış yolu çaplarının hesaplanması ile, odunun doğal veya teknik yöntemlerle kurutulması sonrasında uygulanacak impregnasyon veya emprenye işlemleri için gerekli uygulama basıncını belirlemek,
2. Kurutma yönteminin permeabilite üzerindeki etkisini araştırmak,
3. Doygun haldeki odunların permeabilite özelliklerini belirlemek

Yukarıda sayılan nedenler doğrultusunda uzun yıllar birçok ağaç türü üzerinde farklı gaz permeabilitesi ölçümleri yapılmıştır.

Resch ve Ecklund (7), odundaki moleküler akışı inceledi. Azot ve oksijen gazı kullanarak yaptıkları araştırmalar sonucunda, normal atmosfer basıncı altında, viskoz akış sırasında meydana gelebilecek moleküler akış etkisinin çok küçük olması nedeni ile pratik amaçlı gaz permeabilitesi deneylerinde Darcy eşitliğinin kullanılabileceğini savundular.

Sebastian ve arkadaşları (8) *Picea engelmannii* 'nin boyuna yöndeki oksijen gazı permeabilitesi deneyleri sonucunda hem diri odun hem de öz odun permeabilitesinin örnek uzunluğu ile ters orantılı olarak değiştiğini gösterdi.

Comstock (9), viskoz akışın bozularak moleküler akışa geçiş yaptığı ara fazında meydana gelen slip akış etkisinin, kullanılan gazın ortalama serbest akış yolu uzunluğu ile doğru orantılı arttığını ve bunun da permeabiliteyi azalttığını buldu. Fogg (10), kuru hava kullanarak yapılan denemelerde, gazın rutubeti akış sırasında odunun rutubeti ile dengeye ulaştığı için ölçümlerde hata olabileceğini açıkladı. Ayrıca, gerek açık havada ve gerekse fırında %6' dan daha düşük rutubet derecesine kadar kurutulan odunlarda kenarlı geçit çiftlerinin deaspirasyon imkânının da kaybolduğunu belirtti.

Comstock (11), farklı ağaç türlerinin gaz permeabiliteleri üzerine yaptığı teorik bir çalışmada, boyuna ve teğet yönlerdeki permeabilite değerleri arasındaki oranın 520-81,600 arasında, boyuna ve radyal yönde ise 15-547,000 arasında değiştiğini saptadı.

Bramhall ve Wilson (12), kurutma yöntemlerinin *Pseudotsuga menziessi* öz odununun gaz permeabilitesi üzerine olan etkisini inceledi. Öz odunu traheidlerine ait kenarlı geçitlerinin daha sağlam ve kararlı bir yapı göstermesi nedeni ile kurutma sırasındaki kapilar basınçlardan fazla etkilenmediğini ve bu nedenle de kullanılan tüm kurutma yöntemleri için gaz permeabilite değerlerinin yaklaşık 0.2 Darcy civarında olduğunu gösterdi.

Bazı ağaç türlerinin gaz permeabilite değerleri Tablo 1' de verilmiştir (11).

Tablo 1: Bazı ağaç türlerinin gaz permeabilitesi değerleri

Ağaç Türü (—)	Kaynak Çalışma (—)	Rutubet Oranı (%)	Permeabilite Oranları					
			Boyuna Yönde (—)	Teğet Yönde ($\times 10^4$)	Radyal Yönde ($\times 10^4$)	Boy./Teğ (—)	Boy./Rad (—)	Teğ./Rad (—)
P.nigra (Öz)	Smith	9	1.53	12.7	256.	1,200	60	0.049
P.sitch. (Diri)	Osnach	9	0.58	0.079	0.76	73,400	7,600	0.104
P.sitch. (Öz)	Smith	9	0.82	0.073	0.0015	22,200	547,000	24.7
P.sylvs. (Diri)	Choong	14	14.2	125.	4.	1,100	35,500	31.3
P.sylvs. (Öz)	Choong	14	5.45	6.	4.	9,100	13,600	1.5
Thuja (Diri)	Choong	14	1.65	20.	2.	820	8.250	10.0

Choong ve arkadaşları (13), yüzey düzgünlüğünün boyuna yöndeki gaz akışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve bu nedenle de, gaz permeabilite deneylerinden daha sağlıklı sonuçların alınabilmesi için kullanılacak tüm örneklerin akış yönündeki her iki yüzeyinde kesinlikle mikrotom ile düzgünleştirilmesi gerektiğini vurguladı. Ayrıca akış yüzeyinin dışında kalan yüzeylerden akışkan kaybının engellenmesi için bu yüzeylerin de mum, epoksi reçine...vb hidrofobik maddeler ile kaplanmasını da tavsiye etti.

Booker (14), gaz permeabilite sonuçlarının aynı türün doygun haldeki su permeabilitesi değerleri ile karşılaştırılabilmesi için Comstock' un yorumlarına benzer şekilde olmak üzere aşağıdaki üç önemli faktörün yerine getirilmesi gerektiğini açıkladı. Bunlar,

1. Örneklerin akışa açık yüzeyleri mikrotom ile düzeltilmeli
2. Örnek uzunlukları en az 20 mm olarak seçilmeli,
3. Örnekleri açık havada veya fırında kurutmadan önce, ekstraktifler odundan uzaklaşmayacak şekilde su ile yüzey gerilimi düşük bir çözücü değişimi yapılmalı.

1.3.2. Sıvı permeabilitesi

Sıvıların odun içerisindeki akışları veya daha genel bir anlamda sıvı penetrasyonu özellikle kurutma, emprenye ve impregnasyon işlemleri ile kağıt ve levha üretimi gibi orman endüstrisinde çok iyi anlaşılması gereken temel bir kavramdır.

İğne yapraklı ağaç (İYA) odunlarında boyuna yöndeki sıvı akışı sırası ile traheid lümenleri, gecit boşluğu ve geçit zarı açıklıklarında meydana gelir. Akışa direnç gösteren en önemli faktörün kenarlı geçit çiftleri olduğu saptanmıştır (15).

Buchman, Schmitz ve Gartner (16), permeabilite ile ilgili ilk çalışmaları yapanlar arasındadır. 1935 yılında yaptıkları ilk çalışmada, odundaki su permeabilitesinin kurutma sonrası türler arasında önemli bir fark göstermediğini ve organik çözücülerin kullanılması halinde ise polaritenin artması ile akış oranında belirgin bir azalmanın olduğunu gösterdiler.

Erickson ve Crawford (17), buharlamanın hava kurusu haldeki *Pseudotsuga mensiessi* ve *Tsuga heterophylla* diri ve öz odunlarından alınan örneklerin permeabilitesi üzerinde olumlu etki yaptığını gösterdi.

Erickson (18), *Pseudotsuga mensiessi* ve *Tsuga heterophylla* diri odun örneklerini 6 ayrı depolama şartlarında 4 ay beklettikten sonra permeabilite ölçümlerini yaptı. Bu çalışma sonucunda, 5°C sıcaklığa sahip su da bekletilerek doymun hale getirilen örneklerin permeabilitesi ile taze halde iken denenen örneklerin permeabiliteleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak, fırında kurutulduktan veya dondurulduktan sonra 5° C'lik bir ortamda bekletilen örneklerin permeabilitesinde doymun halde olanlara oranla belirgin bir azalma görülmüştür. En iyi sonuç ise % 50' lik alkol içinde bekletilen örneklerden elde edilmiştir.

Lutz ve arkadaşları(19), çam örneklerinin sıcak su içerisinde uzun süre depolanması ile öz ışını paranzim hücrelerinin ve torusun bakteri degradasyonu sonucunda boyuna ve radyal permeabilite oranlarında önemli bir artış buldu.

Bauch ve arkadaşları (20), *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Picea sitchensis*, *Abies alba* ve *Pseudotsuga taxifolia* örneklerinin 3, 8 ve 16 haftalık süreler içerisinde su içinde depolanarak enzim degradasyonuna uğratılması ile yaptıkları denemelerde, enzim degradasyonunun permeabilite üzerinde olumlu bir etki yaptığını buldular.

Ünlügil (21), *Picea glauca* örneklerini 5 hafta su altında depoladıktan sonra Lowry yöntemini kullanarak uyguladığı 8 saatlik emprenye işlemi ile kontrol örneklerine oranla %155 daha fazla bir absorpsiyon elde etti. Benzer örneklerin Temmuz ve Ekim ayları arasında gölde depolanması sonucunda kreozot kullanılarak yapılan emprenye işleminde ise %179 daha iyi sonuçlar alındı (22).

Chen ve Hossfeld (23), gliserin-su karışımı kullanarak yaptıkları çalışmalarda, boyuna yöndeki laminer akışın Darcy kanununa uyum gösterdiğini ve akış yönünün değiştirilmesi durumunda da sabit basınç altında aynı akış oranının elde edilebileceğini buldu.

Resh ve Ecklund (7), *Pinus sylvestris* odunundan alınan örneklerin sıvı ve gaz permeabilitelerini karşılaştırdı. Sıvı hekzan kullanılarak yaptıkları

deneylerde, sıvı içerisindeki toz ve hava zerreciklerinin geçit açıklıklarını tıkaması ve buna bağlı olarak akış oranında meydana gelen azalma nedeni ile, sıvı permeabilitesinin genelde gaz permeabilitesinden daha dūřuk olduğunu gōsterdiler.

Comstock (24) *Tsuga canadensis* 'den alınan örneklerin su permeabilitesini inceledi. Doygun haldeki diri odun permeabilitesinin öz oduna oranla 100 kat daha fazla olması ve permeabilitenin ze yaklařtıķa azalırken gōvdenin st kısımlarına doğru azalma gōstermesi bu araştırmanın temel bulguları arasındadır.

Hackbarth ve Liese (25), ladin örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda, diri odun permeabilitesinin öz oduna oranla boyuna yōnde 2.8, teğet yōnde 1.5 ve radyal yōnde ise 1.3 kat daha büyük olduğunu açıkladı.

Benvenuto (26), taze haldeki lobbly pine örneklerinin 4 saat süre ile atmosfer basıncı altında buharlama işlemine tabii tutulması sonucu, boyuna yōndeki permeabilite değerlerinin kontrol örneklerine oranla 30 kat daha iyi sonuç verdiğini buldu. Permeabilite değerindeki bu artışın, buharlamanın geçit zarları üzerinde yaptėı degradasyonun bir sonucu olabileceği bir çok çalışmada ortak bir yaklaşım olarak kabul edildi (27,28,29),

Comstock (30), higroskopik sınırlar içinde odunun rutubetinin artması ile permeabilitesinin azaldėını gōsterdi. Permeabilitedeki bu azalmanın, hücre çeperinin şişmesi ile geçit zarı açıklıklarında oluşan daralmalardan kaynaklandėı vurgulandı.

Edwards ile Jarvis (31) ve Booker ile Kininmonth (32), am odunlarından alınan diri odun örnekleri üzerinde rutubet oranının permeabiliteye olan etkisini inceledi ve rutubet oranı ile permeabilite arasında negatif yōnde kuvvetli bir korelasyon olduğunu açıkladı.

Booker (33), CCA ile emprenye edildikten sonra doygun hale getirilen örnekler ile hava kurusu halden doygun hale getirilen kontrol örneklerinin permeabiliteleri arasında önemli bir fark bulunmadığını belirledi.

Comstock ve Cote (34), kurutma sıcaklığının artması ile *Tsuga canadensis* 'in su permeabilitesinde belirgin bir azalma olduğunu ve bu azalmanın, 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda daha hızlı geliştiğini açıkladı.

Palin ve Petty (35), 10-55°C arasındaki sıcaklık kademelerinin teğet yöndeki permeabilite değerlerine olan etkisinin araştırılması amacı ile çam ve ihlamur üzerinde yaptıkları çalışmada, permeabilitenin sıcaklık ile doğru orantılı olarak arttığını buldu.

Bailey ve Preston (36), ekstraktif maddelerin gerek kapilar akış yollarını tıkaması ve gerekse sıvı ile kapilar yüzey arasındaki temas açısını artırıcı etki yapması nedeni ile, özellikle emprenye maddelerinin öz odunun boyuna ve teğet yönlerdeki penetrasyonunu azalttığını ve daha fazla uygulama basıncına ihtiyaç olduğunu açıkladı.

Hartmann (37), Rak (38) ve Bauch ve Liese (39), genel olarak organik çözücülerin ve amonyak katkılı emprenye maddelerinin, geçit zarı açıklıklarının tıkanmasına neden olan ekstraktif partiküllerini çözdüğü için, odunun kapilar boşluklarında suya oranla daha hızlı bir akış gösterdiğini belirtti.

Tesoro ve arkadaşları (40), akışkan olarak su ve yağ kullanarak *Salix nigra* ve *Liquidamber styraciflua* örneklerinin permeabiliteleri üzerinde yaptıkları çalışmada, örneklerin su veya yağ ile olan doygunluk derecesindeki az bir azalmanın bu sıvılara karşı olan permeabiliteyi de azalttığını belirlediler.

Tesoro ve arkadaşları (41) ile Cooper ve arkadaşları (42), teğet yöndeki hava permeabilitesi ile kreozot absorpsiyonu ve penetrasyon derinliği baz alınarak yaptıkları korelasyon analizlerinde, önemli düzeyde

doğrusal bir ilişki tesbit ederek, bu tür verilerin empenye işlemlerinde referans veriler olarak kullanılabilceğini açıkladı.

Lin ve arkadaşları (43), *Tsuga heterophylla* diri odununun boyuna yöndeki su permeabilitesinin öz oduna oranla yaklaşık 200 kat daha fazla olduğunu gösterdi.

Bolton ve Petty (44), hava kurusu haldeki Sitka ladini üzerinde yaptıkları çalışmalar sonunda, teorik olarak da olsa sıvı akışına olan toplam direncin %81'inin geçit zarı açıklıklarında, %16'sının traheid lümenlerinde ve %3'ünün de kenarlı geçitlerin giriş kısmında meydana geldiğini hesapladılar.

Booker (45), 1963 yılına kadar permeabilite üzerinde yapılan tüm çalışmalarda sıvıların filtrasyon ve degazifikasyonunun yapılmadan kullanılmaları nedeni ile deney sonuçlarında önemli hataların olabileceğini açıkladı. Suyun degazifikasyonu ve filtrasyonu yapıldıktan sonra *Pinus resinosa* örnekleri üzerinde yapılan bu çalışmada, gerekli önlemlerin alınması halinde sabit bir akışın elde edilebileceği ve Darcy kanununun odundaki laminer akışlar için kullanılabilceği bir kez daha vurgulandı.

Banks ve Levy (46), Comstock'un 1968'de, odunun higroskopik sınırlar içerisinde su alması ile hücre çeperinde meydana gelen şişmenin permeabiliteye etkisi üzerine yaptığı çalışmanın bir benzerini, bu kez *Abies grandis* 'den alınan örneklerde su ve n-hekzan kullanarak denediler. Açık havada %12 rutubete kadar önceden kurutulmuş örneklerin tekrar doymun hale getirilmesi ile permeabilitenin %60 oranında azalması bu çalışmanın temel bulguları arasındadır.

Markstrom ve Hann (47), *Picea engelmannii* örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda ağaçların kesim mevsimlerinin, su ve gaz permeabilitesi üzerinde önemli bir etki göstermediğini açıkladı.

Prak (48), farklı türlerin boyuna, radyal ve teğet yönlerinde yaptığı denemelerde, entasyonel akış oranının stasyonel akışa oranla daha büyük

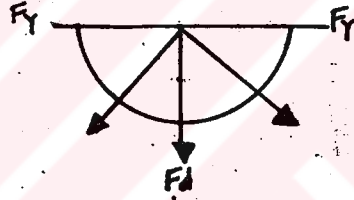
ancak stasyoner akışlardaki boyuna ve teğet yönlü permeabilite oranlarının ise entasyonel akışa göre daha küçük olduğunu belirledi.

Bramhall (49), *Duglas Göknaından* alınan örnekler üzerinde yaptığı denemelerde, örnek uzunluğunun artması ile permeabilitenin azaldığını ve 8 mm ile 64 mm uzunluklar arasında bu azalmanın daha belirgin olduğunu gösterdi.

1.4. Kapilarite

1.4.1. Yüzey Gerilim

Yüzey gerilim, sıvı-gaz veya civa-gaz arasında olduğu gibi sıvı ve gaz ara fazının karakteristik bir özelliğidir.



Şekil 1. Bir Su Yarımküresindeki Kuvvet Bileşenleri
Örs. (50).

Bir su molekülüne etki eden kohezyon kuvvetleri, bu molekül çevresinde bir etki küresi oluşturur. Suyun serbest yüzeyindeki bir molekül için bu bir yarımküredir.

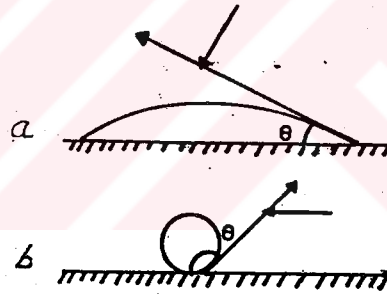
Yarımkürenin sağında ve solundaki kuvvetlerin bileşkesi dikey bileşenlerine ayrılırsa, (Şekil 1) yüzeye dik olan F_D bileşeni, molekülün yüzeyi terk etmemesini sağlar ve buna iç basınç adı verilir. (50). F_y yatay bileşenleri ise molekülün çevresindeki komşu moleküllere bağlanmasını gerçekleştirdiği için yüzey gerilim veya kapilar gerilim olarak adlandırılır.

Yüzey gerilimin birim uzunluktaki değeri ise "yüzey gerilim sabiti" (σ) olup birimi dyne/cm' dir.

Yüzey gerilim sabiti aynı zamanda, yüzeyin büyüklüğünü 1 cm^2 küçültmek için yüzey gerilim kuvvetinin yaptığı iş olarak da tanımlanır.

1.4.2. Temas Açısı

Sıvılar, katı yüzeyler üzerindeki konumuna göre "ıslatan veya ıslatmayan sıvı" olarak adlandırılır. Sıvı damlacığı katı yüzey üzerinde küresel ve sabit bir konumda ise ıslatmayan sıvıdır. Islatan veya ıslatmayan sıvıların temas halinde oldukları yüzey ile yaptıkları açı (Şekil 2) ıslatma veya temas açısı olarak bilinir ve θ ile gösterilir. Temas açısı, ıslatan sıvılar için 90° den küçük, ıslatmayan sıvılar için ise her zaman 90° den büyüktür. Sıvının temas yüzeyini tam ıslatma durumunda $\theta=0^\circ$, ıslatmayan konumda olması halinde de $\theta=180^\circ$ olarak kabul edilir.

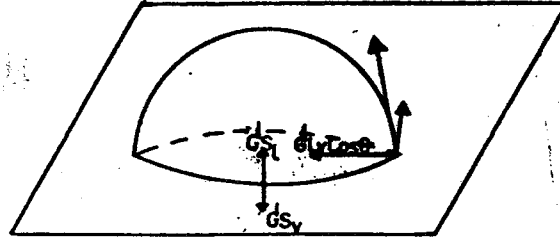


Şekil 2. Islatan ve ıslatmayan Sıvıların Katı Yüzeyler Üzerindeki Temas Açıları. a) Islatan sıvılarda, b) ıslatmayan sıvılarda. Örs, (50).

Katı bir yüzey üzerindeki su damlacığı (Şekil 3) üç farklı gerilimin etkisi altındadır (51). Bunlar:

1. Sıvı damlacığının katı ile olan temas yüzeyini küçültmeye zorlayan katı-sıvı (σ_{SD}) gerilimi,

2. Sıvının iç basıncı nedeni ile yüzeyini büyötmeye zorlayan katı-buhar (σ_{SV}) gerilimi,
3. Temas açısına bağlı olarak temas yüzeyini damlacığın merkezine çekmeye zorlayan sıvı-buhar ($\sigma_{LV}\cos\theta$) gerilimi.



Şekil 3. Bir Su Damlacığına Etki Eden Kuvvetlerin Vektörel Dağılımı.
Lowell, Shields, (51).

Mekanik denge halinde bu kuvvetler,

$$\sigma_{SV} = \sigma_{SL} + \sigma_{SL}\cos\theta \quad (7)$$

eşitliği ile gösterilir. Temas açısı da bu üç kuvvetin durumuna göre belirlenir. σ_{SV} geriliminin σ_{SL} 'den büyük olması halinde $\cos\theta$ pozitif ($\theta < 90^\circ$), küçük olması halinde ise $\cos\theta$ negatif ($\theta > 90^\circ$) değerler alır.

1.4.3. Kapilar Basınç

Sıvı içerisinde bulunan küresel bir hava kabarcığının dış basınç ile yarıçapını arttırmak için yapılan iş miktarı, basınç farkı ile artan hacmin çarpımına eşittir. Hava basıncı P_1 ve sıvı basıncı P_2 olarak alındığında, yüzey enerjisi tanımına göre kapilar basınç eşitliği aşığıdaki şekilde ifade edilir:

$$dW = (P_1 - P_2) dV$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow dV = 4\pi r^2 dr \quad A = 4\pi r^2 \Rightarrow dA = 8\pi r dr$$

$$\sigma = \frac{dW}{dA} \Rightarrow \sigma = \frac{(P_1 - P_2) 4\pi r^2 dr}{8\pi r dr}$$

$$P_1 - P_2 = 2\sigma/r$$

$$\Delta P = 2\sigma/r \quad (8)$$

Kapilar basıncının büyüklüğü üzerinde lümen boyutlarının önemli bir etkisi vardır. Özellikle teğet akış sırasında oluşan kapilar basınç, kenarlı geçitlerden çok lümenlerdeki su sütununun iç bükey eğimine bağlıdır (52).

1.4.4. Kapilar Borularda Sıvı Hareketi

Kapilar borularda sıvıların yükselmesi veya alçalması, yüzey gerilim kuvvetinin bir sonucudur. Çok küçük yarıçaplı bir kapilar borunun sıvı içerisine batırılması halinde, kapilar boru içerisindeki sıvı dış cidar ile temas halinde bulunan sıvı seviyesinin üzerindeki veya altındaki bir seviyeye kadar yükselme gösterir. Şekil 4' de ıslatan ve ıslatmayan sıvıların kapilar borulardaki hareketi ve buna etki eden kuvvetler gösterilmektedir. Böyle bir sistemde, sıvının kapilar borunun iç cidarı ile temas halinde olan kısımları ve sıvının üst yüzeyi, bu sıvının serbest yüzeyini oluşturur. Genel olarak, sıvılar yüzey gerilim kuvvetinin etkisi ile serbest yüzeylerini minimuma indirme eğiliminde olduklarından kapilar borularda yükselme gösterirler ve bu yükselme, yüzey geriliminin dikey bileşeni sıvının ağırlığına eşit oluncaya kadar sürer (50).

Kapilar bir borudaki sıvı üzerinde meydana gelen ve yukarı yönlü olan kuvvet sıvı ve gaz arasındaki yüzey gerilimi ile sınırlandırılmıştır. Temas açısı (θ) nedeni ile yüzey gerilimin yukarı yönlü bileşeninin değeri $2\pi r\sigma \cos\theta$ kadardır. Yüzey gerilim kuvvetinin yukarı yönlü olan bu bileşeni, aynı zamanda kapilar borunun çevresine eşit bir uzunluğa sahip olan temas hattında da etkilidir. Buna göre, yüzey gerilimin yukarı ve aşağı yönlü bileşenleri için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$\text{Yukarı yönlü kuvvet} = 2\pi r\sigma \cos\theta$$

$$\text{Aşağı yönlü kuvvet} = mg = \rho Vg = \pi r^2 \rho gh \quad (9)$$

Burada :

m : Kapilar borudaki sıvı ağırlığı (gr)

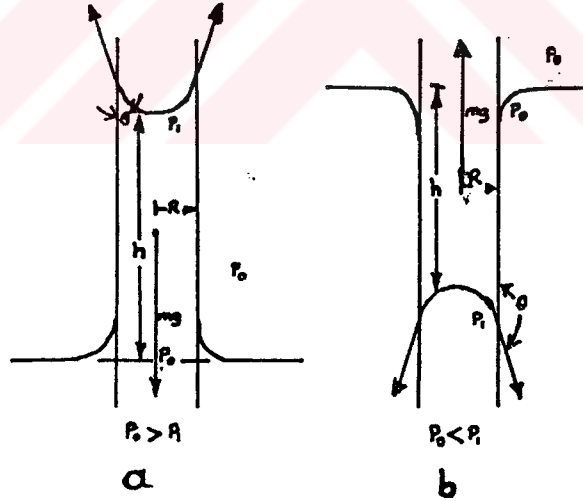
V : Kapilar borudaki sıvı hacmi ($\pi r^2 h = \text{cm}^3$)

g : Yer çekimi kuvveti sabiti (m^2/sn)

ρ : Sıvı ve gaz arasındaki özgül ağırlık farkı (gr/cm^3)

h : Yükseklik (cm)

r : Kapilar yarıçap (cm) olarak alınır.



Şekil 4. Kapilar Borularda Sıvıların Hareketi

a) İleten sıvılar, b) İletmeyen Sıvılar

Siau (53).

Pratikte ρ genellikle sıvının özgül ağırlığı olarak alınmaktadır. Yukarı ve aşağı yönlü kuvvet bileşenlerinin dengede olması halinde,

$$2\pi r\sigma \cos\theta = \pi r^2\rho gh$$

$$\sigma = \frac{r\rho gh}{2\cos\theta} \quad (10)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik de genel olarak yüzey gerilim katsayısının belirlenmesinde kullanılır. Sıvının kapilar boruda yükselmesi kavisli yüzey altındaki sıvı basıncı ile (Şekil 4a) yüzey arasındaki hava basıncı farkından oluşur. Hava basıncı P_1 , kapilar borudaki sıvı yüzeyinin sıvı tarafındaki basıncı P_2 ise sıvı yüzeyinden Δh kadar derinlikteki yatay bir düzlem için,

$$P_1 + \Delta h\rho g = P_2 + (\Delta h + h) \cdot \rho g$$

$$P_1 - P_2 = h\rho g$$

eşitlikleri yüzey gerilim denkleminde yerine yazılırsa,

$$\sigma = \frac{r(P_1 - P_2)}{2\cos\theta} \Rightarrow P_1 - P_2 = \frac{2\sigma\cos\theta}{r} \quad (11)$$

eşitliği yüzey gerilim sabiti ve temas açısı bilinen sıvıları, çapları bilinen kapilar borulardan geçirmek için uygulanması gerekli basıncın hesaplanmasında kullanılır.

Kapilar boru cidarlarını ıslatmayan sıvılarda sıvı basıncı hava basıncından ve temas açısı da 90° den büyüktür. Bu nedenle, bu tür

sıvılarda (P_1-P_2) değerinin pozitif olarak hesaplanabilmesi için yukarıdaki denklem,

$$P_2 - P_1 = \frac{2\sigma \cos\theta}{r} \quad (\text{Atm}) \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir.

Bir akışkanın odun içersine penetrasyonunu sağlamak için kılcal boşluklardaki kapilar basıncı yenmek gerekir. Poiseuille ve Jurin kanunlarının matematiksel ifadelerini veren 11, 12, ve 16 no'lu eşitliklerden de görülebileceği gibi, odunda sıvıların akış hızı geçit açıklığı yarıçapının 4. dereceden üssü ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, por çapında meydana gelen küçük bir değişme bile akış hızı üzerinde büyük bir etki yapmaktadır. Odun gibi porozif bir yapıya sahip katı maddeler içindeki kapilar yarıçapların dağılımının ölçülmesinde, ultramikroskopik ölçümler, elektro-osmatik basınç yöntemleri veya penetrasyonu pozitif basınç gerektiren ıslatmayan akışkanlar kullanılır (54). Bu amaçla genelde en yaygın olarak kullanılan sistem civa porozimetresidir (55-63).

Bazı ağaç türlerinin diri ve öz odundaki kenarlı geçit çiftlerinin por çapları Tablo 2' de verilmiştir (64,65,66).

Tablo 2: Bazı İYA Ağaç Türlerinde Ölçülmüş Por Çapları

Ağaç Türü	Diri Odun (μm)	Öz Odun (μm)
<i>Pseudotsuga menziessi</i>	0.170	0.025
<i>Sequia sempervirens</i>	0.100	0.047
<i>Juniperus virginiana</i>	0.120	0.013
<i>Libocedrus deccurens</i>	0.085	0.012
<i>Thuja occidentalis</i>	0.170	0.017
<i>Picea sitchensis</i>	0.900	0.300
<i>Larix laricana</i>	0.500	0.008

Kapilar borulardaki buhar basıncı genel olarak aşağıdaki eşitlik ile verilir.

$$\ln \left[\frac{P_{bd}}{P_b} \right] = \frac{2\sigma \cos\theta}{r\rho RT} \quad (13)$$

Burada :

P_{bd} : Doymuş buhar basıncı (mm Hg)

P_b : Kısmi buhar basıncı (mm Hg)

M : Molekül ağırlığı (gr)

T : Mutlak sıcaklık ($^{\circ}K$)

olarak alınır. Buna göre yukarıdaki eşitlik su için ele alınırsa,

$$P_b = P_{bd} e^{-36\sigma/rRT} \quad (14)$$

denklemini elde edilir. Kapilar borulardaki buhar basıncını veren eşitlikten de görülebileceği gibi, kapilar yarıçap azaldıkça kavisli su yüzeyi üzerindeki kısmi buhar basıncı da azalır. Ayrıca, $r=\infty$ için $P_b=P_{bd}$ olacağı için bağıl nem artar. Kapilar çapların küçülmesi aynı zamanda kapilar kuvvetlerin etkisini arttırarak kavisli yüzeydeki buharlaşmayı engelleyeceği için kapilar yoğunlaşmaya da neden olur. Odunda %15 - %28 rutubet dereceleri arasında, hücre çeperinde su toplanması bu tür bir kapilar yoğunlaşmanın sonucudur.

Odunun kapilar akış yollarının çapları birbirinden farklı olmakla birlikte, kapilar akış yollarındaki buhar basıncı iki farklı yarıçap için aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$\ln \left[\frac{P_{bd}}{P_b} \right] = \frac{\sigma M(r_1+r_2)}{\rho R T r_1 r_2} \quad (15)$$

1.5. Odunda Akış Tipleri

Mekanik akışların türü, akışa konu olan maddenin mikroskobik özelliğine, uygulama basıncına ve örnek uzunluğunca meydana gelen basınç farkına bağlıdır. Genel olarak odun içerisinde üç çeşit mekanik akış meydana gelir.

Bunlar :

1. Viskoz (Laminer) akış
2. Türbülans (anaforlu) akış
3. Moleküler (Knudsen veya Kayma) akış

Bu akışların hepsi gazlar için geçerli olup sadece viskoz ve türbülans akış sıvılarda görülür. Viskozite, akışkanların bir iç sürtünme olayı olup hem sıvının hem de gazların ortak bir özelliğidir. İdeal bir viskoz akışkan, katı bir yüzey üzerinde akarken bu yüzeye yapışır. Katı yüzeyindeki akışkan hızı sıfırdır. Akışkanın bu yapışması ve viskozitesi sonucunda katıya akışkan tarafından bir çekme kuvveti uygulanır. Bunun tersi olarak, katı sabitse, sıvıya katı tarafından zıt yönde karşı bir kuvvet uygulanır. Bu viskoz direniş katıdaki çekme kuvvetine eşit ve zıt yönde bir kuvvettir. Viskoz kuvvetler engellendiği zaman meydana gelen akışa laminer akış adı verilir (53). Odunda laminer akış, viskoz kuvvetlerin engellendiği ve akış hızının oldukça düşük olarak gerçekleştiği için kapılar boşluklarda görülür.

Odunda sıvı permeabilitesinin ölçümüne yönelik yapılan araştırmalarda, akış hızının zamana bağlı olarak bir azalma gösterdiği ve bu nedenle akışın Darcy kanununa tam olarak uyum göstermediği sonucu bulunmuştur. Geçit zarı açıklıklarının sıvı içerisindeki mevcut hava kabarcıkları ve toz zerrecikleri tarafından tıkanarak akışın engellenmesi, akış hızındaki bu azalmanın temel nedenidir. Odundaki sıvı akışının Darcy

kanununa uyum gösterebilmesi için üç temel faktörün sağlanması gerekir (24). Bunlar,

1. Akış hızı basınç ile doğru orantılı olmalı
2. Sabit basınç altında akış hızı sabit olmalı
3. Akış yönünün değiştirilmesi akış hızı üzerinde etki yapmamalı

Yukarıdaki açıklanan her üç faktörün de sağlanması koşulu ile Darcy kanunu kapilar ortamdaki bir laminer akış için uyum gösterebilmektedir, Ancak kapilar boşluklardaki laminer sıvı akışı miktarı, literatürde genellikle Hagen-Poiseuille eşitliği ile ifade edilir.

Buna göre ;

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta L} \quad (16)$$

Burada :

- Q : Hacmen saniyedeki akış miktarı (cm^3/sn)
r : Kapilar boru yarıçapı (cm)
 ΔP : Basınç farkı (dyne/cm^2)
 η : Sıvı viskozitesi ($\text{dyne sn} / \text{cm}^2$)
L : Kapilar boru uzunluğudur (cm).

Hagen-Poiseuille eşitliği laminer sıvı akışları için daha spesifik bir ifade olmakla birlikte Resh ve Ecklund' a göre Hagen-Poiseuille eşitliğinin odundaki akışlar için geçerliliği ise aşağıdaki etkenlere bağlıdır (7).

1. Akış tamamen laminer olmak zorundadır. Akış hızının artması halinde akış kararsız hale gelerek turbulanslı akışa dönebilir.
2. Akışkan gaz ise, gazın moleküler etkisi dikkate alınmalıdır
3. Akışkanın viskozite katsayısı, akış hızındaki değişimlerden etkilenmemelidir

4. Akışkanın türü ne olursa olsun, akış süresince kapilar sistemin yapısı aynı kalmalı, özellikle şişme, çekme veya tıkanma olmamalıdır.

Akış hızının artırılması halinde laminer akış bozulur ve sıvı içerisinde bir takım karışıklıklar oluşur. Bunun nedeni sürtünme kuvvetinin akış hızının karesi ile doğru orantılı olmasıdır. Bu tip akışlar türbülanslı akış olarak adlandırılır ve odunda olduğu zaman, akış hızındaki artış basınç farkındaki artıştan daha fazla olduğu için Darcy kanununa uyum göstermez. Bu tip akışlar, odunda genelde akış hızının büyük olduğu kenarlı geçit çiftlerinde görülür. Çaplarının geçitlere oranla daha büyük ve akış hızının daha küçük olması nedeni ile traheid ve lümenlerde türbülanslı akışlar görülmez.

Moleküler difüzyon veya Knudsen akışı genel olarak gazlarda meydana gelen bir akış türüdür. Akış laminer olduğu zaman kapilar boruların çeperlerinde hız sıfır olup Poiseuille kanununa göre kapilar çapın ortasına doğru belirgin bir artış gösterir (67). Gaz akışlarında ise, gaz molekülleri yüzey boyunca hareket edebilme özelliğindedir. Gaz moleküllerinin ortalama serbest akış yolu, akışın gerçekleştiği kapilar çapın büyüklüğüne yaklaştıkça laminer rejimden moleküler rejime bir geçiş fazı oluşur ve moleküllerin ortalama serbest akış yolu, kapilar çapı geçtiği zaman akış moleküler difüzyona dönüşür. Gaz moleküllerinin kendi içindeki çarpışmaları sırasında oluşan bu ortalama serbest akış yolu, Maxwell dağılımı kullanılarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir (8).

$$\lambda = \frac{2\eta}{P'} (RT/M)^{1/2} \quad (17)$$

Burada :

λ : Gazın ortalama serbest akış yolu (cm)

R : Üniversal gaz sabiti

T : Mutlak sıcaklık (°K)

M : Gazın molekül ağırlığı (gr).

Geçiş fazındaki akış genel olarak "Slip akış" olarak adlandırılır ve pratikte bu akış "x" olarak bilinen boyutsuz bir katsayınının 0.014 ile 1.0 arasında bulunduğu bölgede meydana gelir.

$$x = \frac{\lambda}{2r} (8/\pi)^{1/2} \quad (18)$$

Burada r gözenek yarıçapı olup birimi cm'dir. Katsayı 1'den büyükse moleküler difüzyon, 0.014'den küçükse viskoz akış söz konusudur. Poiseuille ve Knudsen akışlarını birlikte vermesi ve sıkıştırılabilir akışkanların porozif malzemelerdeki akışı için daha spesifik bir ifade olması nedeni ile literatürde bazen Adzumi eşitliği kullanılır. Buna göre toplam akış oranı, eşitliğin ilk kısmı Poiseuille akışı ve ikinci kısmı Knudsen veya slip akışı verecek şekilde aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\frac{QP}{\Delta P} = \frac{\pi}{8\eta} \left[EP' + 1.2(2\pi RT/M)^{1/2} F \right] \quad (19)$$

Burada E ve F malzemedeki kapilar akış yolu sayısı ve ölçülerine bağlı olarak alınan boyutsal faktörler olup amprik ifadeleri ;

$$E = (n/L)r^4$$

$$F = (n/L)r^3 \quad (20)$$

olarak verilir.

Burada :

n : Belli bir kesitteki paralel kapilar akış yolu sayısı

L : Kapilar akış yolu uzunluğu (cm)

r : Kapilar yarıçap (cm)

olarak alınır. E ve F aynı zamanda $QP/\Delta P$ 'nin ortalama basınca göre çizilecek regrasyon eğrisinden de elde edilebilir. Buna göre P sabit atmosferik basıncında akış yolu uzunluğu, akış alanı ve akış süresi birim büyüklük olarak alındığında eğrinin eğimi (s) ve kesim noktası (i) aşağıdaki şekilde gösterilebilir (7) :

$$s = \frac{\pi E}{8\eta}$$

$$i = 1.2 (2\pi RT/M)^{1/2} F$$

(21)

1.6. İYA Odunlarında Boyuna Yönde Akış Modeli

İYA odunlarında akışa direnç gösteren en önemli faktör kenarlı geçit çiftleridir. Boyuna yöndeki akış kenarlı geçit çiftleri yardımı ile olurken, radyal yöndeki akış çoğunlukla öz ışını hücreleri arasında meydana gelir. Geçit zarları üzerindeki açıklıklar traheid çapına göre çok küçük olduğundan dolayı akışa önemli bir direnç oluşturmakta ve dolayısı ile permeabilite geçit çiftlerinin sayısına ve durumuna bağlı bulunmaktadır.

İYA odunlarındaki akış yollarının teorik bir modeli Şekil 5'de gösterilmiştir. Comstock (11) tarafından önerilen bu akış modelinde, konunun basitleştirilmesi bakımından her traheid de 4 adet geçit olduğu varsayılarak traheid uzunluğu L_t , traheid çapı D, üst üste gelen ve geçitlerin bulunduğu traheid uzunluğu oranı α ile gösterilirse, 1 cm² enine kesit alanındaki paralel akış yolu sayısı (N_{AI})

$$N_{AL} = \frac{2}{D^2} \quad (22)$$

kadardır.

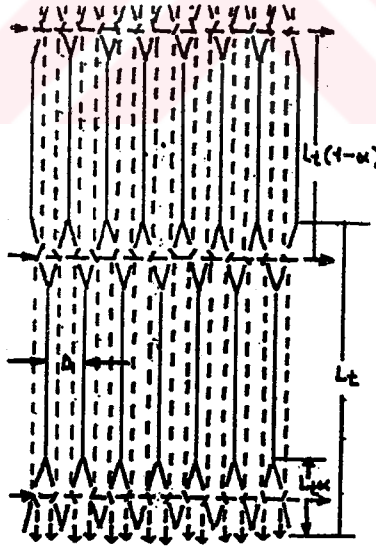
Birim uzunluktaki geçit çiftlerinin sayısı N_{SL} ise,

$$N_{SL} = \frac{1}{L_t(1-\alpha)} \quad (23)$$

olup buradan boyuna yöndeki permeabilite için,

$$K_L = \frac{N_{AL}}{N_{SL}} \Rightarrow K_L = \frac{2 L_t(1-\alpha)}{D^2} \quad (24)$$

eşitliği yazılabilir.



Şekil 5. İYA Odunlarında Teorik Akış Modeli
Comstock (11).

Aynı model üzerinde teğet yöndeki permeabilite için 1cm^2 enine kesit alanındaki paralel akış yolu sayısı (N_{AL}) ;

$$N_{AL} = \frac{1}{D L_t(1-\alpha)} \quad (25)$$

geçit çiftlerinin sayısı (N_{SL}) ;

$$N_{SL} = \frac{2}{D} \quad (26)$$

alınarak teğet yöndeki permeabilite için ;

$$K_T = \frac{N_{AL}}{N_S} \Rightarrow K_T = \frac{1}{2 L_t(1-\alpha)} \quad (27)$$

eşitliği elde edilir. Traheid çapı ile uzunluğu arasındaki oran yaklaşık $1/100$ olarak alınırsa (53), boyuna ve teğet yöndeki permeabilite arasında,

$$\frac{K_L}{K_T} = 40,000(1-\alpha)^2 \quad (28)$$

oranı elde edilir. α değeri 0 ve 0.5 arasında değerler alacağından K_L/K_T oranı 10,000 - 40,000 arasında değişir.

Poiseuille kanununa bağılı olarak saniyedeki hacmen akış miktarını veren (16) no'lu eşitlik birbirine paralel olan "N" adet kapilar boru için aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Q = \frac{N\pi r^4 \Delta P}{8\eta L} \quad (29)$$

Darcy ve Poiseuille kanununu ifade eden eşitliklere göre 1cm^2 enine kesit alanındaki kapilar akış yolu sayısı $n=N/A$ kabul edilirse, boyuna yöndeki permeabilite için,

$$K_L = \frac{N\pi r^4 \Delta P}{8\eta L} \cdot 1.013 \times 10^6 \quad (30)$$

eşitliği bulunur. Lümenlerdeki akışa karşı olan direnç dikkate alınmazsa (50), 1cm^2 enine kesit alanındaki kapilar akış yolu sayısını ifade eden "n" yerine $n_T n_G L_t / L_G$ yazılarak İYA odununda boyuna yöndeki permeabilite için,

$$K_L = \frac{n_T n_G \pi r^4 L_t}{8\eta L_G} \cdot 1.013 \times 10^6 \quad (31)$$

yazılabilir.

Burada :

- n_T ; 1cm^2 enine kesitteki traheid sayısı
- n_G ; Her traheidteki geçit açıklığı sayısı
- L_T ; Traheid uzunluğu
- L_G ; Geçit içindeki akış yolu uzunluğudur.

1cm² enine kesit alanındaki boyuna yönde traheid sayısı $n_T=1/D^2$ ve $L_t/D \cong 100$ alınırsa,

$$K_L = \frac{100n_G\pi r^4}{8\eta DL_G} \cdot 1.013 \times 10^6 \quad (32)$$

eşitliği elde edilir. Yukarıdaki eşitliklerin kullanımı ile debi ölçümlerinden geçit açıklıklarının tam olarak belirlenebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle yapılan araştırmalar, İYA odunlarının boyuna yöndeki sıvı ve hava permeabilitelerinin yaklaşık olarak aşağıdaki eşitliklerle ifade edilebilmektedir (53).

$$K_{Lsıvı} = \frac{3.6 \times 10^{14} r^4}{\eta} \quad (33)$$

$$K_{Lhava} = 200r^4 \quad (34)$$

Burada ;

$K_{Lsıvı}$: Boyuna yöndeki sıvı permeabilitesi (cm³(sıvı)/cm.atm.sn)

K_{Lhava} : Boyuna yönde hava permeabilitesi (cm³(hava)/cm.atm.sn)

r : Geçit açıklığı yarıçapı (μm)' dir.

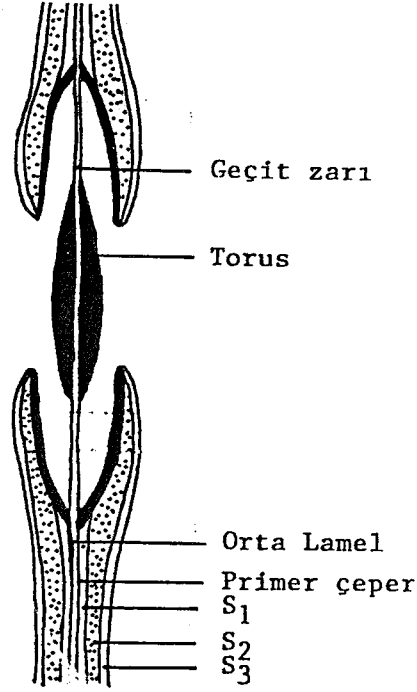
1.7. Odun Anatomisinin Permeabilite Bakımından Önemi

İğne yapraklı ağaçlarda iletim elemanları prozenşimatik hücreler olan boyuna traheidler ile öz ışını traheidleridir. Boyuna paranzim hücreleri, reçine kanallarını çevreleyen epitel hücreleri ve öz ışını paranzimleri paranzimatik hücreler olup dikili ağaçlarda genellikle karbonhidratların depolanması işlevini görürler.

Boyuna traheidler İYA odunlarının büyük bir kısmını oluşturan uzun, dar ve uçları kapalı hücrelerdir. İlkbahar odununda hücre lümenleri geniş ve çeperler ince olup yaz odununda çeperler kalın lümenler oldukça dardır.

Ağaç türlerine göre değişim göstermekle birlikte, hesaplamalarda ortalama traheid boyu 3500 mikron, traheid çapı ise 33 mikron olarak kabul edilmektedir (67). Boyuna traheidler arasında ve boyuna traheidlerle öz ışını traheidleri arasında kenarlı geçit çiftleri, bu hücrelerle paransim hücreleri arasında yarı kenarlı geçit çiftleri ve boyuna paransim ile öz ışını hücrelerinin kendi aralarında da basit geçit çiftleri bulunur.

Kenarlı geçit çiftleri traheidlerin radyal çeperleri üzerinde belirgin bir şekilde yerleşmiş olarak bulunurlar (Şekil 6) ve İlkbahar odunu traheidlerinde çok sayıda ve büyük çaptadırlar. Bunların şekli yuvarlak olup dış daire geçit alanının, ortadaki daire ise porusun belirtisidir. İlkbahar odununda kenarlı geçit çapı yaklaşık olarak 10-20 mikron kadardır (66). Yaz odununda radyal çeperlerdeki geçitler ise daha az sayıda ve yaz odununa doğru gidildikçe radyal çeper genişliği azaldığı için daha küçük çaplıdır. Bu geçitlerde geçit boşluğu izi oval veya elips şeklindedir. Porusun izi oval, elips veya yarık şeklinde olabilir. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde enine yöndeki geçit sayısı radyal çeperlerin genişliğine bağlıdır. Traheidlerin radyal çapı arttıkça enine yöndeki geçit sayısı da artar. Radyal çeperlerdeki bu geçitler enine yönde yatay sıralar oluştururlar. Traheidlerin teğet çeperleri üzerindeki kenarlı geçitler, radyal çeperdekilere oranla daha küçüktür. Genel olarak, teğet çeperdeki geçitler yaz odununun son traheidleri ile yıllık halka başlangıcındaki traheidlerde bulunur. İYA' ların birçok türünde, geçitlerdeki torus izi arada üçüncü bir halka şeklinde belirgin olarak görülebilmektedir.



Şekil 6. Bir Kenarlı Geçit Çiftinin Şematik Yapısı
Bailey (68).

Geçitlerin şekilleri, hücre çeperinin ince veya kalın oluşuna göre değişir. İYA odunlarında nispeten ince çeperli hücrelerin basit geçitlerinde geçit boşluğu lümene doğru genişleme gösterirken, yapraklı ağaç odunlarında kalın çeperli hücrelerde basit geçitler lümene doğru çapı değişmeyen bir kanal şeklindedir. Kenarlı geçitlerde ise geçit boşluğu geçit odası şeklindedir (69). Hücrelerin radyal yüzeylerinde görülen iç içe geçmiş halkalardan ibaret bir geçitin iz düşümünde, orta halka torusu temsil eder. Geçit kenarı ile torus arasındaki kısma margo adı verilir. Margoda, primer çeper ağından oluşmuş torustan geçit kenarına kadar yarıçap yönünde uzanan ve torusu kenarlara bağlayan ipliksi bir yapı bulunur. Hücre gelişim evreleri sırasında enzimlerle dolu olan bu kısımda 0.1-1.0 mikron çapında mikrofibril demetleri oluşmakta ve buradan sıvı akışları olabildiği gibi çok küçük katı taneciklerin akışları da sağlanabilmektedir (70).

İYA odununda boyuna yönde akış, bir traheidten diğerine kenarlı geçit çiftlerinin yardımı ile gerçekleşir. Traheid lümeninden geçerek geçit girişine gelen akışkan sırası ile geçit boşluğu ve geçit zarı açıklıklarından geçerek diğer hücre lümenine ulaşır. Radyal yöndeki akış ise genel olarak öz ışını hücreleri arasında meydana gelir. Öz ışınlarının İYA odunundaki

oranı ise ortalama %3 - %12 arasındadır. Reçine kanallarının odunda hacmen yaklaşık %1 oranında bulunduğu kabul edilirse gerek öz ışınlarının ve gerekse reçine kanallarının tüm akışa olan katkıları ikincil bir önem taşımaktadır.

İYA odunlarında kenarlı geçit çiftlerinde özellikle öz odununda permeabilityyi azaltan üç önemli faktör vardır. Birinci faktör akışa direnç gösteren en önemli faktör olarak kabul edilen geçit aspirasyonu olup torusun geçit girişini kapatacak şekilde emilmesi olayıdır. İkinci faktör, geçit zarı açıklıklarının ekstraktiflerle tıkanmasıdır. Ancak bu tıkanmalar odunun sıcak su ve alkol ile muamele edilmesi sonucunda giderilebilmektedir. Üçüncü faktör ise yine geçit zarı açıklıklarının lignine benzer maddelerle kabuk şeklinde tıkanmasıdır. Bu kabuklaşma odunun sulu asetik asit içindeki sodyum klorit ile çözündürülebilmektedir (53).

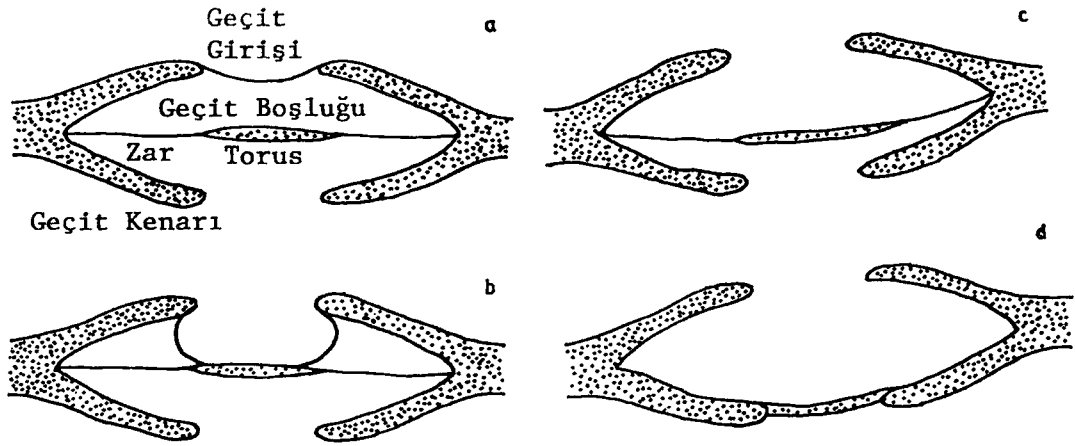
1.8. Geçit Aspirasyonu

Gelişimini tamamlamış bir kenarlı geçit çiftinde geçit zarı (margo) geçit boşluğunun tam ortasında bulunur ve akış bir lümeninden diğerine margo'dan geçerek sağlanır. Bu şekildeki bir geçit zarının statik konumu çevresindeki su fazının basıncına bağlıdır. Basıncıta oluşan değişimler sonucunda, torus mevcut konumundan kayarak basınç yönündeki geçit girişine doğru yönelmekte ve kısmen veya tamamen geçit girişini kapatarak aspirasyona neden olmaktadır.

Genel olarak, geçit aspirasyonu, İYA odunlarında su fazının kenarlı geçit çiftlerinin geçit girişinde oluşturduğu kavisli yüzeyin tek yönlü veya çift yönlü oluşuna göre iki farklı konumda meydana gelir.

1.8.1. Tek yönlü kavisli yüzey

Kenarlı geçit çiftinin bir tarafı kapalı bir su fazında ise diğer taraftaki kavisli yüzeyde buharlaşma nedeni ile bir gerilim oluşur (Şekil 7a). Kavis çapı geçit boşluğundan margoya doğru artar (Şekil 7b).



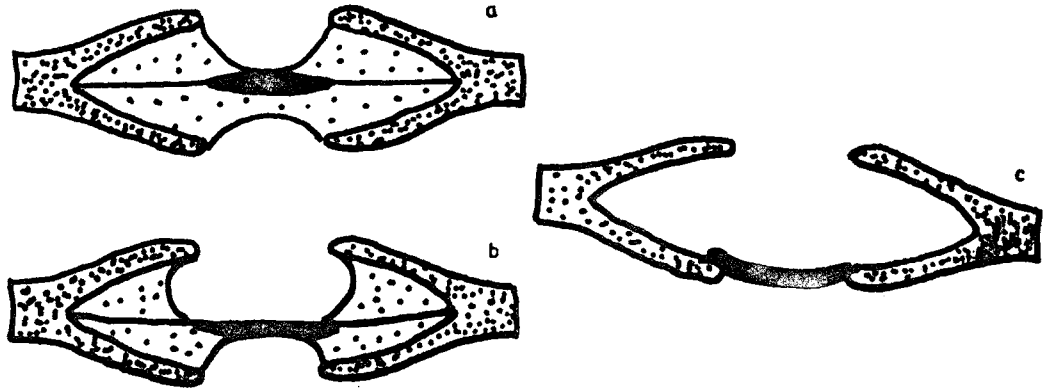
Şekil 7. Tek Yönlü Kavisli Yüzeye Sahip Kenarlı Geçit Çiftinde Aspirasyon Oluşumu
Hart ve Thomas (71).

Başlangıçta su fazındaki düşük yüzey gerilimi nedeni ile margo geçit boşluğunda düz bir konumdadır. Buharlaştırmanın devam ederek su fazındaki basıncın çekme etkisi ve hava fazındaki basıncın artması ile geçit zarı su tarafındaki geçit girişine doğru çekilir (Şekil 7c). Kavisli yüzey çapı ve yüzey gerilimindeki bu sürekli artış torusun geçit girişini tamamen kapatmasına kadar sürer. Bu şekildeki bir aspirasyon olayında geçit tıkanması her zaman su fazı tarafında oluşur. (Şekil 7d). Genel olarak bu aspirasyon oluşumu, serbest suyun buharlaşması sırasında, bir lümendeki serbest su tamamen buharlaşırken kenarlı geçit ile bağlantılı olan diğer lümenin henüz serbest su ile dolu olduğu durumlarda görülür.

1.8.2. Çift yönlü kavisli yüzey

Kurutma sırasında odun rutubeti lif doygunluk noktasına yaklaştıkça özellikle ilkbahar odunu traheidlerindeki kenarlı geçitlerin büyük bir bölümü, serbest suyun lümenlerden buharlaşması sırasında geçitin her iki tarafında oluşan kavisli yüzey etkisi ile aspirasyona uğrar (Şekil 8a). Serbest suyun buharlaşmaya devam etmesi sonucu hidrostatik basıncın diğerine oranla daha fazla olan kavisli yüzeyi ile torus bir süre sonra temas haline gelir (Şekil 8b). Kavisli yüzey çapının giderek arttığı taraftaki hidrostatik

gerilimin çekme etkisi ile torus geçit girişini tamamen kapatarak aspirasyona neden olur (Şekil 8c).



Şekil 8. Çift Yönlü Kavisli Yüzeye Sahip Kenarlı Geçit Çiftinde Aspirasyon Oluşumu
Hart ve Thomas (71).

Yukarıda açıklanan her iki aspirasyon mekanizması gerek dikili ağaçlarda ve gerekse kurutma sırasındaki serbest suyun buharlaşması sırasında görülebilmektedir.

Hart ve Thomas'a göre (71), geçit aspirasyonu tamamen mevcut yüzey gerilim kuvvetleri ve kapilar basıncın büyüklüğüne bağlı bir olaydır. Ancak bununla birlikte ilkbahar odunu geçit zarının ince ve gevşek yapısı nedeni ile torusun ve margoyu saran selülozik fibrillerin statik dirençlerinin zayıflığı da bilinmektedir. Bu nedenle, gerek yüzey gerilim kuvvetleri ve gerekse buharlaşma sonucu ortaya çıkan kapilar basınç etkisi ile daha kolay aspirasyona maruz kalırlar. Buna karşın, yaz odunu traheidlerinin daha kalın çeperli ve geçit zarlarının sık dokulu yapısı nedeni ile torusun bu kuvvetlere karşı olan direnci çok daha fazladır. Dolayısı ile, kuruma sırasında odun rutubeti lif doygunluk noktasına yaklaştıkça, ilkbahar odunu kenarlı geçitlerinin büyük bir bölümü aspirasyona maruz kalırken aynı yüzey gerilim kuvvetleri ve kapilar basınç altındaki yaz odunu traheidlerinin bazı kenarlı geçitlerinde aspirasyon görülür. Bu nedenle, yüzey gerilim kuvveti ve kapilar basınç etkisinin yanısıra kenarlı geçit çiftlerinin morfolojik yapılarının ve doğal dirençlerinin de aspirasyon oluşumunda etkin bir faktör

olarak ele alınması gerekir. Nitekim, Thomas ve Kringstad (72) ve Banks (73) yaptıkları çalışmalar sonucunda, aspirasyon oluşumu ve dolayısı ile permeabilitenin azalmasında, geçitlerin doğal yapısının ve akışkanın higroskopik özelliklerinin de en az yüzey gerilim kuvvetleri ve kapılar basınç kadar önemli bir etken olduğunu göstermiştir. Comstock ve Cote'ye göre ise (34), üç önemli faktör geçit aspirasyonu oluşumunun kontrol edilmesinde etkin rol oynamaktadır. Bunlar :

1. Geçit zarını mevcut konumundan çekerek aspirasyona neden olan yüzey gerilim kuvveti
2. Geçit zarının yüzey gerilim kuvvetlerine ters yönde etki gösteren kendi doğal direnci ve
3. Aspirasyon sonrası geçit zarının geçit kenarlarına olan yapışma direncidir.

Yapılan araştırmalar (12,17,34,74-76,80-82), odunun bir süre yüzey gerilimi düşük organik bir çözücü içerisinde bekletilerek serbest suyun çözücü ile yer değiştirmesi sağlandıktan sonra kurutulması halinde geçit aspirasyonunun bir miktar önlenebileceğini göstermiştir. Geçitlerin aspirasyona uğraması halinde ise, odunun su ile tam doygun hale getirildikten sonra çözücü değişimi yapılarak tekrar kurutulması durumunda da bazı geçitlerin açılması (Deaspirasyon) sağlanabilmektedir. Liese ve Bauch'a göre (76), serbest su ile yer değiştirmek amacı ile kullanılan çözücünün 26 dyne/cm' den daha düşük bir yüzey gerilimine sahip olması halinde aspirasyon bir miktar daha fazla önlenabilmektedir.

Lin ve arkadaşları (77), polietilenglikol 1000 ile *Tsuga heterophylla*'dan alınan diri odun örneklerinde yaptıkları çözücü değişimi çalışmalarında, normal kurutma yöntemi uygulanan kontrol örneklerine oranla %23 daha az aspirasyon olduğunu tesbit etti.

Dey ve arkadaşları (78), fazla ekonomik bir çözücü olmamakla birlikte, düşük yüzey gerilimi ve odundaki serbest hidroksil Grupları ile reaksiyon vermemesi nedeni ile tetrametilsilan kullanımı ile de aspirasyon oluşumunun önemli oranda azaltılabileceğini vurguladı.

Suolahti ve Wallen (79) ile Nicholas ve Thomas (80), torus ve geçit zarlarının pektin degradasyonuna maruz bırakılması ile permeabilitenin artırılabilirliğini gösterdi.

Farklı çözücüler için yüzey gerilim kuvvetlerinin ve buna bağlı olarak oluşan kapilar kuvvetlerin büyüklüğünün karşılaştırılması ancak temas açılarının eşit olması halinde mümkündür. Çünkü aspirasyona neden olan kapilar kuvvetler sıvının yüzey gerilimine ve kavisli yüzeyin temas açısına bağlıdır. Dolayısı ile yüzey gerilimi farklı iki ayrı çözücü ile odundaki suyun yer değiştirilmesi esasına göre yapılan bir kurutma işleminin birinde aspirasyon olurken diğerinde olmayabilir. Thomas ve Kringstand (72)'in bu yaklaşımla yaptıkları çalışmalarda elde edilen sonuçların bir özeti Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Bazı Çözücülerin Kimyasal Özelliklerine Bağlı Olarak geçit Aspirasyonu Oluşturabilme Kapasiteleri

Çözücü (—)	Formül (—)	A veya V Gruplar (—)	σ (Dyne/cm)	Suya Göre Şişme Özelliği	Aspirasyon + (Evet) - (Hayır)
Amonyak	NH ₃	A ve V	18	116	+
Dietilamin	(C ₂ H ₅) ₂ NH	A ve V	16	108	+
Pirol	C ₄ H ₄ NH	A ve V	34	---	+
Su	H ₂ O	A ve V	72	100	+
Metanol	CH ₃ OH	A ve V	22	95	+/-
Etanol	C ₂ H ₅ OH	A ve V	23	83	-
Piridin	C ₅ H ₅ N	A	38	118	-
Furfurol	C ₄ H ₃ CHO	A	44	68	-
Aseton	C ₃ H ₆ O	A	23	63	-
Quinolin	C ₉ H ₇ N	A	45	0	-
Benzene	C ₆ H ₆	---	29	0	-
Toluen	C ₇ H ₈	---	29	1.6	-
Pentan	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	---	16	3	-

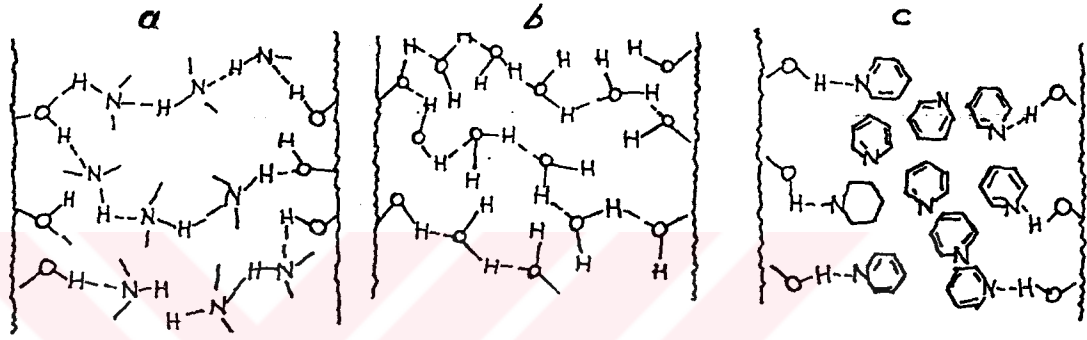
σ : Yüzey Gerilim Sabiti,

A : Hidrijen Bağı Oluşturabilen Alıcı Gruplar

V : Hidrojen Bağı Oluşturabilen Verici Gruplar

Buna göre, yüzey gerilim kuvveti Liese ve Bauch (76) tarafından verilen sınır değer (26 dyne/cm) üzerinde olan piridin, quinolin, toluen ve benzen gibi çözücülerin kullanımında aspirasyon olmadığı halde bu değer

altında bir yüzey gerilime sahip olan metanol ve dietilamin gibi çözücüler kullanıldığında aspirasyon kaçınılmaz bir sonuçtur. Tablo 3'den elde edilen bir diğer sonuç ise, kuvvetli hidrojen bağı oluşturma kapasitesinin aspirasyona neden olan çözücülerin ortak bir özelliği olmasıdır. Kimyasal bağ oluşturmak için molekül yapısında hem verici hemde alıcı Grupları olan organik çözücüler sadece serbest hidroksil Grupları ile değil aynı zamanda kendi içlerinde de bağ oluşturarak geçit zarı ve geçit kenarları arasında çapraz bağlar yapabilirler (Şekil 9). Bu bağlar da kapilar gerilimin iletimini arttırarak aspirasyon oluşumunu kolaylaştırır.



Şekil 9. Alıcı ve Verici Gruplara Sahip Bazı Çözücülerin Kenarlı Geçit Çiftleri ile Yaptıkları Hidrojen Bağları
a) Su, b) Dietilamin, c) Piridin

Bağ yapabilen alıcı ve verici Gruplardan birine veya her ikisine de sahip olmayan organik çözücülerde kuvvetli çapraz bağlar oluşmadığı için aspirasyon etkisi de o oranda azalabilmektedir. Hidrojen bağı oluşturma kapasitesi ile yüzey gerilim kuvveti arasında kesin bir ilişki henüz bulunmamakla birlikte, odunun higroskopik sınırlar içerisinde adsorpsiyon halinde şişmesi hidrojen bağı oluşumu ile doğrudan ilişkilidir. Margodaki fibrillerin selülozik yapıda oldukları kabul edilirse adsorpsiyon halinde hücre çeperinde meydana gelen şişme, margodaki selülozik fibrilleri de genişleterek geçit açıklarının daralmasına neden olur (83). Bu mekanizma ise aspirasyona neden olup akışı engellediği için permeabiliteyi azaltan önemli bir etkidir (46).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Örnek Ağaçların Seçimi

Araştırma için kullanılan ağaçlar, Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Hamsiköy işletme şefliğine bağlı 3. bonitet ve 2 kapalılık özelliğindeki Karahava mevkiinin saf ladin meşcerelerinden seçilmiştir. Kuzey bakı ve 1600 m yükseklikten, 36-44 cm gövde çapında ve ortalama 80-85 yaş kademesinde bulunan budaksız, çatlaksız ve anormal tepe formu göstermeyen düzgün gövdeli ağaçlar seçilmiştir.

Gövde yapısı bakımından uygunluğu belirlenen ağaçlardan artım burgusu yardımı ile örnek alınarak yıllık halka yapılarına göre araştırma amacına uygunlukları değerlendirilmiştir.

2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Seçilen 10 ağaçtan alınan örnekler kambiyumdan sonraki 12. yıllık halkadan itibaren 12 mm'lik uzunluğa net olarak düşen yıllık halka sayısına göre 3 ana Grup altında toplanmıştır. Buna göre, bu uzunluk içerisinde 3-4 yıllık halka sayısına sahip olanlar "*Geniş yıllık halka Grubu*", 8-10 yıllık halka sayısına sahip olanlar "*Normal yıllık halka Grubu*" ve 12 ve daha fazla yıllık halka sayısına sahip olanlar ise "*Dar yıllık halka Grubu*" olarak kabul edilmiştir.

Gövde formu ve yıllık halka yapısının uygunluğu belirlenen ağaçlar, kuzey yönleri işaretlendikten sonra dipten itibaren 0.2 m gövde yüksekliğinden kesilmiştir. Kesim sonrası gövde kısımları dallardan temizlenmiş, dip kısımdan itibaren 2, 7 ve 12 m gövde yüksekliklerinden 30 cm uzunluğunda toplam 30 adet tekerlek alınarak, kuzey yön çizgisi, ağaç no, kesit ve yıllık halka grubuna ait numaralandırmaları yapılmıştır.

Tekerlekler halinde çıkarılan 30 kesit, K.T.Ü Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarlarına getirilmiştir. Her kesitin kuzey yönündeki 12.

yıllık halkasından başlamak üzere kesitin tüm çevresi boyunca yine aynı yıllık halkaları kapsayacak şekilde 14x14 mm boyutlarındaki kare kesitli çizimler yapılarak diri odun örneklerinin kesim şablonları hazırlanmıştır.

Ladinde öz odun ve diri odun ayrımının net olmaması nedeni ile öz odun örneklerinin kesim şablonları da aynı çizim sistemi ile özden itibaren çevreye doğru 7. yıllık halkadan başlamak üzere hazırlanmıştır.

Tüm kesitlerdeki çizimler tamamlandıktan sonra, tekerlekler önce şerit testerede örnek çizimleri zedelemeyecek şekilde kesilmiş ve daha sonra kalan diri odun ve öz odun kesitleri standartlara göre hazırlanan kesim şablonuna uygun olarak daire testerede 14x14x300 mm boyutlarında örnek parçalara ayrılmıştır. Her parçanın ağaç ve kesit numarası, yıllık halka grubu, öz odun, diri odun ve deney türünü belirten işaretlemeleri yapılarak permeabilite ölçümleri için hazırlanacak silindir örnek kesimi aşamasına kadar olan süre boyunca rutubet kaybının önlenmesi için su içinde depolanmıştır.

Örnek parçaların kesiminden hemen sonra tüm örnekler kavela makinesinde 12 mm çaplı yivsiz silindir örneklerle kesilmiştir. Her çubuğun kavela kesimi tamamlandıktan sonra tüm parçalar tekrar 20 mm uzunlukta kesilerek numaralandırılmış ve önceden kesit, yıllık halka grubu ve deney türüne göre ayrı ayrı etiketlenerek hazırlanan su dolu kavanozlara konulmuştur. Su altında bekletme süresince mantar enfeksiyonlarına karşı önlem olmak üzere her kavanoza bir miktar fenol kristali ilave edilmiştir.

Silindir örnek kesiminin tamamlanmasından hemen sonra laboratuara getirilen örneklerin enine kesitleri kızaklı mikrotom ile düzeltilerek permeabilite ölçümlerine hazır hale getirilmiştir.

2.3. Yıllık Halka Genişliği ile İlgili Ölçümler

2.3.1. Yıllık Halka Genişlikleri

Yıllık halka ölçümleri, permeabilite deneyleri için ağaçların 2, 7 ve 12. m yüksekliklerinden alınan kesitlerden elde edilen örnekler üzerinde yapılmıştır. Örneklerin enine kesitleri parlatılarak yıllık halkaların daha net bir şekilde görünmeleri sağlanmış ve merkezden geçen bir çizgi çizilerek ölçümler bu çizgi üzerinden yapılmıştır.

Ölçümler yıllık halka ölçüm mikroskobu ile gerçekleştirilerek her örnek üzerinde yıllık halka genişliği ve yaz odunu genişliği ölçülmüştür. Daha sonra yıllık halka genişliğinden yaz odunu genişliği çıkarılarak ilkbahar odunu genişliği hesaplanmıştır.

2.3.2. Yıllık Halka Genişliği ile Yaz Odunu Katılım Oranı Arasındaki İlişki

Yıllık halka genişliklerine göre belirlenen yıllık halka grupları apsis eksenine, yaz odunu katılım oranları da ordinat eksenine işaretlenerek her üç yıllık halka grubuna ait grafik elde edilmiştir.

2.4. Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi

2.4.1. Hava Kuruğu Özgül Ağırlık

Deney örnekleri klimatize edilerek rutubetlerinin %12 olması sağlanmıştır. Daha sonra tüm örneklerin ağırlıkları ± 0.001 gr ve boyutları da ± 0.01 mm duyarlıkta ölçülerek aşağıdaki eşitlik kullanılarak hava kuruğu özgül ağırlıklar hesaplanmıştır (50).

$$\rho_r = \frac{m_r}{V_r} \quad (35)$$

Burada,

ρ_r : r rutubetindeki özgül ağırlık, gr/cm^3

m_r : r rutubetindeki örnek ağırlığı, gr

V_r : r rutubetindeki örnek hacmi, cm^3

Örneklerin rutubetleri, tam kuru haldeki ağırlıkları (m_0) tartıldıktan sonra ;

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 \quad (36)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır (50).

Hesaplanan rutubet oranları %8 - %15 arasında değerler aldığı için, farklı rutubet oranlarındaki özgül ağırlık değerlerinin %12 rutubetindeki özgül ağırlık değerlerine dönüştürülmesi amacı ile aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (84).

$$\rho_{12} = \rho_r \left[1 - \frac{(1-0.85\rho_r).(r-12)}{100} \right] \quad (37)$$

Burada,

ρ_{12} : %12 rutubetindeki özgül ağırlık, gr/cm^3

ρ_r : r rutubetindeki özgül ağırlık, gr/cm^3

r : Örnek rutubeti, %

2.4.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık

Tam kuru özgül ağırlık değerlerinin belirlenmesi için hava kurusu özgül ağırlık örneklerinden yararlanılmıştır. Örnekler, kurutma dolabında $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta sabit bir ağırlığa ulaşınca kadar bekletildikten sonra, içerisinde P_2O_5 bulunan bir desikatörde soğutularak ağırlıkları ve boyutları belirlenmiştir. Daha sonra aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak tam kuru özgül ağırlık değerleri hesaplanmıştır (50).

$$\rho_0 : \frac{m_0}{V_0} \quad (38)$$

Burada,

ρ_0 : Tam kuru özgül ağırlık, gr/cm^3
 m_0 : %0 rutubetindeki örnek ağırlığı, gr
 V_0 : %0 rutubetindeki örnek hacmi, cm^3

Tam kuru özgül ağırlık değerlerinin yıllık halka Grupları ve gövde yüksekliklerine göre dağılımları için ortalama özgül ağırlık değerleri hesaplanmıştır.

2.4.3. Hücre Çeper Maddesi ve Hava Boşluğu Oranları

Tam kuru özgül ağırlık değerlerinden yararlanarak, tam kuru odun hacmi içindeki hücre çeperi ve hava boşluğu oranları aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır (50).

$$V_{\text{ç}} = \frac{\rho_0}{\rho_{\text{ç}}} \times 100 \quad (39)$$

Burada,

V_{ϕ} : Hücre çeperi oranı, %

ρ_0 : Tam kuru özgül ağırlık, gr/cm^3

ρ_{ϕ} : Hücre çeperi özgül ağırlığı, $1.5 gr/cm^3$

Tam kuru haldeki odunun hava boşluğu oranı (b), aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$b = 1 - \frac{\rho_0}{V_{\phi}} \times 100, (\%) \quad (40)$$

2.5. Mikroskopik Ölçümler

2.5.1. Anatomik Özelliklerin Belirlenmesi

Anatomik özelliklerin belirlenmesi, deneme ağaçlarının 2 m yüksekliğindeki tekerleklerden alınan ve aynı yıllık halkaları kapsayan $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ cm boyutlarındaki örnekler üzerinde yapılmıştır.

Elde edilen parçalar ilk işlem olarak damıtık su içerisinde kabın dibine çökünceye kadar kaynatılmıştır. Daha sonra 1 hacim % 96'lık alkol, 1 hacim gliserin ve 1 hacim damıtık su karışımında 15-20 gün bekletilmiştir. Olası bir mantar enfeksiyonunun önlenmesi için karışıma kristal asit-fenol ilave edilmiştir.

2.5.1.1. Preparatların hazırlanması

Her yükseklik kademesinden seçilmiş 10 adet örnek üzerinden mikrotom ile lifler yönü ve radyal yönde olmak üzere $15-20 \mu m$ kalınlığında üçer kesit alınmıştır. Alınan kesitler 15-20 dakika sodyumhipoklorit

içerisinde bırakıldıktan sonra damıtık suyla yıkanmıştır. Daha sonra 1-2 dakika asetik asitle ortam nötrale edilmiştir. Kesitler saf su ile iyice yıkandıktan sonra safraninle boyanmıştır.

Safraninle boyanan kesitler su ile yıkanarak %50' lik alkol içerisine batırılmıştır. Son işlem olarak kesitler lam ve lamel arasına lifler yönü, radyal ve teğetsel sıraya göre gliserin jelatinle kapatılarak ölçümlere hazır hale getirilmiştir.

2.5.1.2. Radyal Kesitte Yapılan Ölçümler

Radyal kesitte kenarlı geçitlerin çapları, porusların enine ve boyuna yöndeki çapları, piceoid tipi geçitlerin boyutları x 100 objektifde ölçülmüştür (1taksimat = 2.66 μm).

2.5.1.3. Traheidlere Ait Ölçümler

Anatomik araştırmalarda odunu oluşturan elemanları incelemek için uygulanan yöntemlerden biri de maserasyon yöntemidir. Maserasyon için Asetik asit-Sodyum klorit, Franklin ve Schultze yöntemi gibi çeşitli yöntemler vardır. Maserasyon işleminde odun elemanları, odun dokusundan ayrılarak serbest hale gelir. Serbest duruma gelmiş elemanların hücre uzunlukları, genişlikleri, lümen genişlikleri ve çeper kalınlıkları ölçülebilir.

Çalışmanın bu aşamasında odun elemanlarına en az zarar vermesi ve kolay uygulanabilirliği bakımından Schultze maserasyon yöntemi kullanılmıştır.

Maserasyon işleminden önce, örnekler kibrit çöpü büyüklüğünde parçacıklara ayrıldıktan sonra elde edilen parçacıklar, beher içerisine konularak biraz su ilave edilmiş ve daha sonra nitrik asit ve sodyum ile klorit ile muamele edilmiştir. Bu ortamda ağaç malzeme reaksiyon başlayacak kadar ısıtılarak ışıktan uzak bir ortamda traheidler serbest hale gelinceye

kadar bekletilmiştir. Malzeme beyazlaştıktan sonra manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak elemanlar serbest hale getirilmiş, süzme işlemi ile de sudan tamamen arındırılarak küçük şişelerde gliserin içerisinde saklanmıştır.

Ölçümler araştırma mikroskobunda yapılmış, traheidlerin uzunluğu için obj x 4 (1 taksimat = 24.76 μm), trahied genişliği için ise x 40 obj. (1 taksimat = 2.66 μm) kullanılmıştır.

2.5.1.4. Ultramikroskopik İncelemeler

Ultramikroskopik incelemeler, *Jeol JSM 6400 Taramalı Elektron Mikroskop* ile yapılmıştır. Tam kuru hale getirilen örnekler, 9x9x5 mm boyularında hazırlanıp radyal yüzeyleri mikrotom ile temizlendikten sonra vakum altında tekrar kurumaya bırakılmış ve 1.5 mA akımda 45 saniye süre ile radyal yüzeyleri altın ile kaplanmıştır. Hazırlanan örnekler daha sonra elektron mikroskobuna yerleştirilerek kenarlı geçit çiftlerinin incelenmesi yapılmış ve farklı açılardaki en uygun görüntüler tesbit edilerek fotoğrafları çekilmiştir.

2.6. Örneklerin Kurutulması

Örneklerin hava kuru ve tam kuru rutubet kademelerine ulaştırılması için, %65 \pm 5 bağıl nem ve 20 \pm 2°C sıcaklık derecesine ayarlanmış iklim odası ile 103 \pm 2°C sıcaklıktaki etüv kullanılmıştır. Organik çözücüler ile odadaki suyun yer değiştirmesi esasına bağlı olarak uygulanan kurutma yöntemi için ise yüzey gerilim kuvveti suya göre çok daha az olan aseton, benzen ve pentan kullanılmıştır. Literatüre uygun olarak (85-88) günlük değişimler halinde %20, %40, %60 ve %100'lük karışımlar içerisinde bekletilen örnekler, çözücü değişimini takiben hem çözücünün tamamen buharlaşmasının sağlanması hem de örneklerin tam kuru hale getirilmesi için 103°C sıcaklık derecesine ayarlanmış bir etüvde bir gece bekletildikten sonra ölçüme alınmıştır.

Örneklerin kesiminden hemen sonra yapılan tam yaş haldeki permeabilite ölçümlerinden sonra tüm örnekler %65 \pm 5 bağıl nem ve 20 \pm 2° C sıcaklıktaki bir ortamda hava kurusu hale gelene kadar bekletilerek ortalama %12 rutubet derecesindeki permeabilite değerleri ölçülmüştür. Aynı örnekler daha sonra 103 \pm 2°C sıcaklıktaki bir etüvde tam kuru hale getirilmiş ve bu durumdaki permeabilite değerleri de belirlenerek rutubet oranının permeabilite üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2.7. Permeabilite Deney Düzenekinin Hazırlanması ve Kalibrasyonu

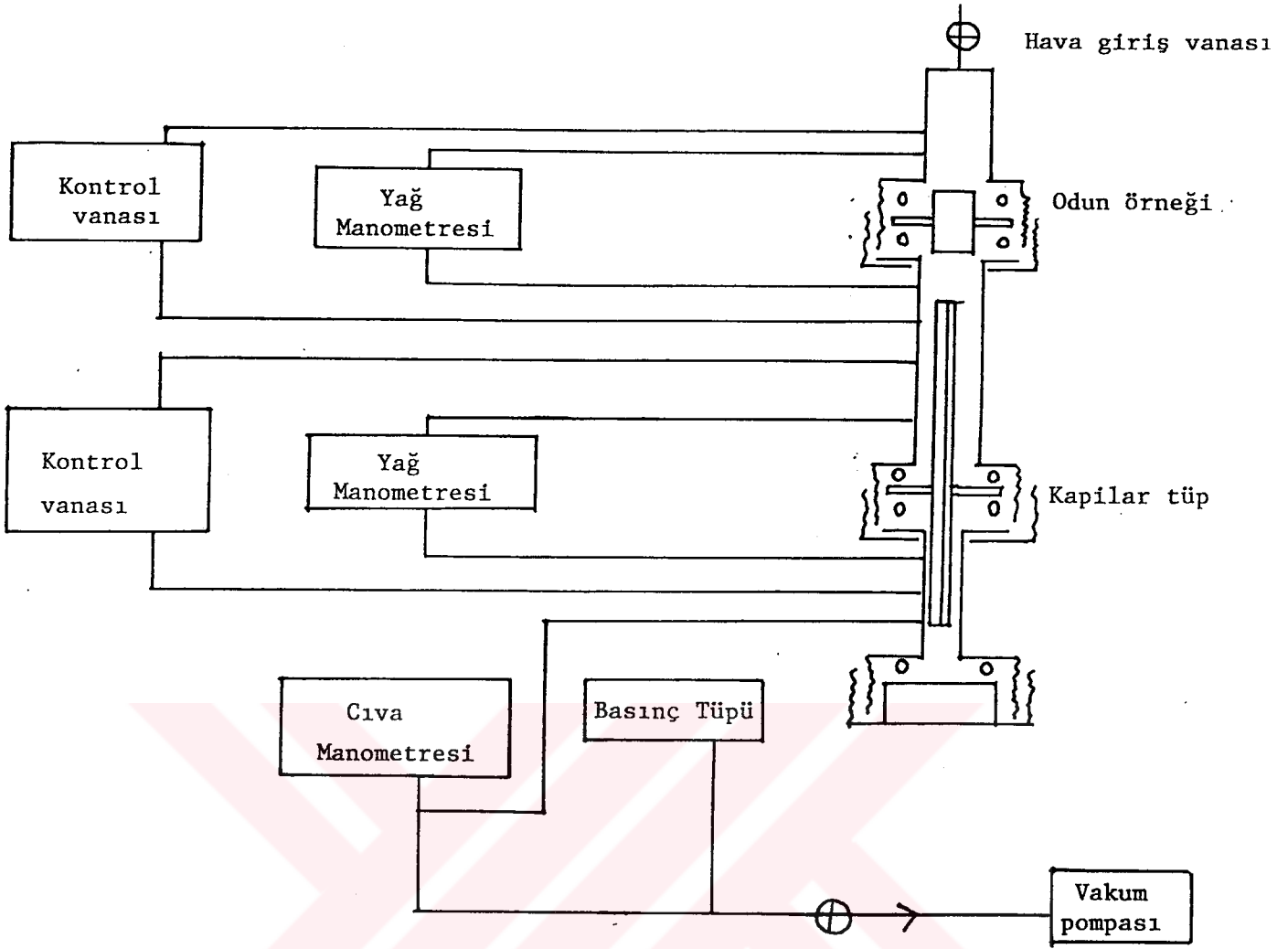
Gaz permeabilitesi deneyi için hazırlanan deney düzenek, şunları içerir:

1. Basınç pompası
2. Civalı basınç manometresi
3. Kapılar basınç farklarını ölçen iki adet yağ manometresi , ve
4. Odun örneği ve kılcal tüplerin monte edildiği metal örnek hücresi

olmak üzere 4 ana elemandan oluşturulmuştur (Şekil 10).

Basınç pompası hem basınç hem de vakum uygulamalı olup 0-710 mm Hg arası kademeli basınç sağlayabilmektedir. Bu nedenle tüm gaz permeabilitesi ölçümlerinde 80, 160, 260, 360, 460, 560, 660 ve 710 mm Hg basınç kademeleri uygulanmıştır.

Basınç manometresi iç çapı 8 mm ve dış çapı 10 mm olan bir cam U borudan 0-760 mm arası ölçüm verebilecek şekilde hazırlanarak her iki kolunu 380 mm'de civa ile dengelenmiştir. Kolonun bir ucu direk basınç pompasına bağlanmış, ancak bu bağlantıya hem ani basınç değişimleri sonucunda civanın sistemden taşmasını önlemek hemde sistemin iç basıncının kademeli olarak değiştirilebilmesi için iki ayrı kontrol vanası monte edilmiştir.



Şekil 10. Gaz Permeabilitesi Deney Düzenegi.

Yağlı basınç manometreleri teknik olarak cıva manometresinin bir benzeri şeklinde hazırlanmış ancak küçük basınç değişimelerindeki ani yükselmelerin sistemde yaratacağı olumsuz etkilerin önlenmesi için sıvı yağ kullanılmıştır. Yağ manometrelerinin bir tanesi odun örneğinin bulunduğu örnek hücresinin giriş ve çıkışına diğer manometre de yine metal hücredeki kılcal tüplerin monte edildiği kısmın giriş ve çıkışlarına kontrol vanaları ile bağlanmıştır. Bu şekilde, uygulama basıncına bağlı olarak hem odun örneği ve kılcal tüplerdeki basınç farkının hemde tam orta noktada oluşan basıncın belirlenmesi sağlanmıştır. Kullanılan sıvı yağın manometrelere konulması sırasında yağın, manometrelerin iç cidarlarında

artık olarak sonradan akıntıya neden olmaması için kılcal bir lastik hortumla dipten itibaren dikkatlice enjekte edilmiş ve yine civa manometresinde olduğu gibi her iki kolon 380 mm'de dengelenmiştir.

Hava akışının gerçekleştirildiği metal hücre, toplam 9 adet hava giriş ve çıkışının bulunduğu 3 ana kısımdan yapılmıştır. Gerek sistemin kullanıldığı ortamdaki bağıl nemin ve gerekse ölçüm sırasında sistemden geçen havanın metal yüzeylerde korozyona neden olmaması için, sistem pirinç malzemeden tornada işlenerek yapılmış ve hava kaçakları da tüm bağlantı yerlerinde lastik conta, teflon bant ve silikon kullanılarak engellenmiştir.

Metal hücrenin her üç kısmı da birbirinden gerektiğinde ayrılabilir şekilde rekor bağlantılı olarak yapılmıştır. İlk kısım odun örneğinin monte edildiği örnek bölümü, ikinci kısım örnek ve kılcal tüp arası akış bölümü ve üçüncü kısım ise birbirine paralel iki kılcal tüpün monte edildiği kapılar tüp bölümü olarak planlanmıştır. Metal hücrenin bu üç kısmına da monte edilmiş bulunan toplam 9 adet hava çıkışının iki adedi, odun örneği bölmesinin hava giriş ve çıkışını kullanarak odundaki basınç farkını ölçen yağ manometresine, diğer iki çıkış ise kılcal tüp bölmesinin hava giriş ve çıkışını kullanarak kapılar bölmedeki basınç farkını ölçen yağ manometresine bağlanmıştır. Sistemin son hava çıkışı uygulama basınçlarını oluşturmak için hassas bir ayar vanası ile direk basınç pompasına bağlanırken, kalan dört adet hava çıkışı da ikisi odun örneği bölümünün diğer ikisi kapılar tüp bölümünün bağlı olduğu yağ manometrelerindeki ani basınç değişimlerinin önlenmesi için kontrol vanaları ile birbirlerine bağlanmıştır.

Vakum uygulaması esas alınarak kullanılan sistemde, basınç farkı oluşturabilecek kadar gerekli olan hava girişi metal hücrenin üstüne monte edilen hassas ayarlı bir vana ile sağlanmıştır. Kalibrasyon işlemleri sırasında odun örneği basınç farkını ölçen yağ manometresinde, literatüre göre (89) herhangi bir basınç kademesinde en az 15-20 mm yağ basıncı farkı oluşturacak kadar bir hava debisi sağlandıktan sonra, hassas vananın bu debi miktarı tüm örneklerin permeabilite ölçümünde sabit tutulmuştur.

Odon örneklerinin ve kılcal tüplerin metal hücreye monte edilebilmesi için, sistemin iç çapı ile aynı ölçüye sahip 8 mm kalınlığında piring malzemeden tornada işlenerek hazırlanan metal pullar kullanılmıştır. Hazırlanan pulların bir tanesinin ortasına aralarında 3 mm boşluk kalacak şekilde 5 mm çapında iki delik açılarak kapılar çapları 0.5 mm olan 5 cm uzunluğundaki iki kılcal tüp merkezi konumda yerleştirilmiş ve hava kaçağının olmaması için kapılar cam tüplerin metal pul yüzeyi ile temas eden kısımları mum ve silikon ile kaplanmıştır.

Odon örnekleri için kullanılan diğer pulların ise yine tam ortasına 13 mm çaplı bir delik açılarak tüm örnekler teğet yüzeyleri teflon bant ile sarıldıktan sonra bu kısma merkezi olarak yerleştirilmiştir. Metal pul ile temasta olan her iki yüzdeki kısımları mum ile kaplanarak örnekler ve sistem deneye hazır hale getirilmiştir.

2.7.1. Sistem Kontrolü

Odon örneklerinin gaz permeabilitelerinin ölçümüne başlamadan önce, sistemin teknik açıdan kontrolü, bağlantı noktalarındaki kontrol, örneklerin teflon bant ile sarılı teğet yüzeylerindeki kontrol ve kapılar tüplerde oluşabilecek gaz kaçaklarının kontrolü olmak üzere üç şekilde yapılmıştır.

Bütün bağlantı elemanları teflon ve silikon ile kaplandıktan sonra, kapılar tüpler ve odun örneği olmaksızın hava kontrol vanaları açılarak sisteme 710 mm Hg basınç verilmiştir. Maksimum basınca ulaşıldıktan sonra odun örneği ve kapılar tüpler bölmesindeki hava geçişini sağlayan vanalar ve basınç pompası kapatılarak tüm sistem bu basınç altında 24 saat kapalı bir sistem konumunda bırakılarak civa manometresindeki değişim gözlenmiştir. Bir günlük bekleme süresi sonunda ise civa manometresinde sadece 4 mm Hg basıncı değerinde bir değişim tesbit edilmiştir. Herbir deney süresinin yaklaşık olarak 10 dk sürdüğü dikkate alınarak, bu süre içinde oluşabilecek yaklaşık 0.027 mm Hg değerindeki bir

basınç değişiminin de permeabilite ölçümlerinde önemli bir hataya neden olmayacağı kabul edilmiştir.

Sistem kontrolünün ikinci aşamasında, bir kontrol örneğinin teğet yüzeyi teflon bant ile enine kesitleri de mum ile kaplandıktan sonra metal pul ile temas yüzeyleri yine mum ve silikon ile kaplanmış olarak yerleştirilmiştir. Odun örneği, kapilar tüpler olmadan sistemin örnek hücreesindeki yerine konularak deney düzeneği tekrar 24 saat süre ile maksimum basınç altında bırakılmıştır. Uygulama sonunda odun örneğindeki ortalama basıncı veren yağ manometresinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir.

Kontrollerin son aşamasında ise, sistem sadece uçları mum ile kapatılmış kapilar tüpler ile maksimum basınç altında bırakılmış ve kapilar tüplerdeki basınç değerlerini veren yağ manometresinde de 24 saat sonunda herhangi bir basınç değişimi tesbit edilmemiştir.

Uygulanan her üç kontrol işleminden sonra, permeabilite ölçümleri için önemli bir hata oluşturabilecek gaz kaçağı olmadığı belirlenmiş ve sistemin kapilar kalibrasyon testi yapılmıştır.

2.7.2. Kapilar Kalibrasyon

Sistemin kapilar kalibrasyonu, uygulama basınçlarına bağlı olarak sistemde oluşan ortak QP değerine göre, kapilar tüplerdeki akış eğiminin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır.

Kapilar tüplerin uygulama basıncının her kademesindeki akış debisi, civa ve kapilar yağ manometrelerinden ölçülen maksimum ve minimum basınç değerlerine göre Poiseuille eğitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Belirlenen her akış debisi için ayrıca hesaplanan $QP/\Delta P_K$ oranları, daha sonra ortalama basınç değerlerine karşılık gelecek şekilde bir grafiğe aktarılarak kapilar kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir.

Kalibrasyon eğrisini oluşturan $QP/\Delta P_k$ ve $P_{ort.}$ değerlerinin regrasyon analizi sonuçlarına göre en uygun olan doğru denkleminde ($y=a+bx$) sistemin kapilar eğimi bulunmuştur (89).

2.8. Permeabilite Ölçme Yöntemi

Gözenekli malzemeler için laminer gaz akışı kapilar akış ortamı içerisinde oluşan ortalama basıncın lineer bir fonksiyonudur (90).

Sistemin kapilar cam tüplerinin ortalama basıncına göre belirlenen iletkenlik değerleri kalibrasyon eğrisi olarak Şekil 41'de verilmiştir. Kapilar tüplerin iç çapları aynı olduğundan dolayı, tüplerdeki basınç farkı ile uygulama basıncına göre oluşan ortalama basınç değeri bilindiğinde QP değeri hesaplanabilir. Atmosfer basıncı ve uygulama basınçları sistemin odun örneği ve kapilar tüpleri için sabit değerler olduğundan sistemde oluşan QP değeri de odun örneği ve kapilar tüpler için aynıdır. Kapilar tüplerde oluşan ortalama basıncın kapilar kalibrasyon eğimi ile çarpımı sonunda ortaya çıkan iletkenlik katsayısının kapilar tüplerin basınç farkına olan oranı, sistemin kapilar iletkenliğini verir. Belirlenen bu kapilar QP değerinin odun içerisinde oluşan ortalama basınca oranından ise odun örneklerinin her bir basınç kademesindeki gaz permeabilitesi hesaplanmıştır.

Civa manometresi ve yağ manometrelerinden elde edilen maksimum ve minimum basınç farkı değerlerine göre odun örneklerinin herbir uygulama basıncındaki gaz permeabilitesinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$P_u = P_{u_{max.}} - P_{u_{min.}} , \text{ (mm Hg)} \quad (41)$$

$$P_m = (P - P_u) , \text{ (mm Hg)} \quad (42)$$

$$\Delta P_k = ((P_{ky1_{max.}} - P_{ky1_{min.}})/1000) \times P_{yağ} \times g , \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (43)$$

$$\Delta P_o = ((P_{oy2max.} - P_{oy2min.}) \times \rho_{yağ} \times g), (N/m^2) \quad (44)$$

$$P^o_k = P_m + ((P_{ky1max.} - P_{ky1min.}) / 2), (N/m^2) \quad (45)$$

$$P^o_o = P_m + (P_{oy1max.} - P_{oy1min.}) + ((P_{ky2max.} - P_{ky2min.}) / 2), (N/m^2) \quad (46)$$

$$Q_k = m \times P^o_k, (mm^3/sn) \quad (47)$$

$$QP = Q_k \times \Delta P_k, (mm^3/sn, (N/m^2)) \quad (48)$$

$$K = QP / \Delta P_o, (mm^3/sn) \quad (49)$$

Bu eşitliklerde :

P_u	:	Uygulama basıncı
$P_{u_{max}}$:	Civa manometresi max. basıncı
$P_{u_{min}}$:	Civa manometresi min. basıncı
P_m	:	Mutlak basınç
P	:	Uygulama sırasındaki atmosferik basınç
ΔP_k	:	Kapilar tüp bölgesindeki ortalama basınç
$P_{ky1max.}$:	Kapilar tüp bölgesindeki yağ manometresi max. basıncı
$P_{ky1min.}$:	Kapilar tüp bölgesindeki yağ manometresi min. basıncı
$\rho_{yağ}$:	Sıvı yağın özgül ağırlığı
g	:	Yer çekimi sabiti
ΔP_o	:	Odun örneği bölgesindeki ortalama basınç
P_{oy2max}	:	Odun örneği bölgesindeki yağ manometresi max. basıncı
$P_{oy2min.}$:	Odun örneği bölgesindeki yağ manometresi min. basıncı
P^o_k	:	Kapilar tüplerdeki ortalama basınç
P^o_o	:	Odun örneği içindeki ortalama basınç
Q_k	:	Kapilar bölgedeki akış oranı
m	:	Kapilar eğim
QP	:	Sistemin akış iletkenliği
K	:	Permeabilite

3. BULGULAR

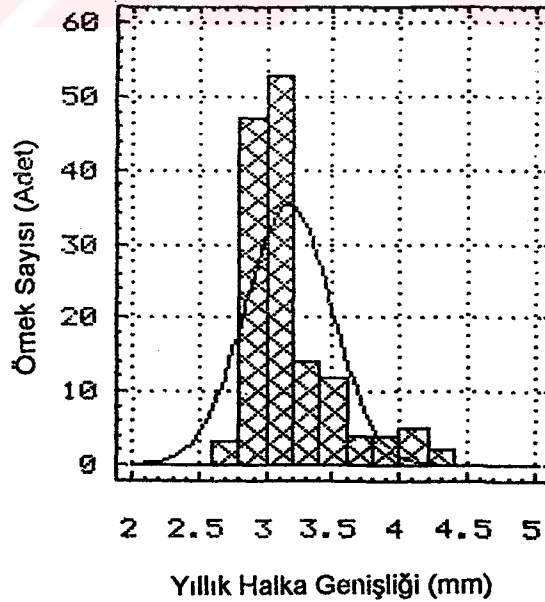
3.1. Makroskobik Özellikler

3.1.1. Yıllık Halka Genişlikleri

Yıllık halka guruplarına göre her guruptan 144 adet olmak üzere toplam 432 örnek üzerinde yıllık halka ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 4'de, yıllık halka guruplarına ait varyans grafikleri de Şekil 11 -13 'de verilmiştir.

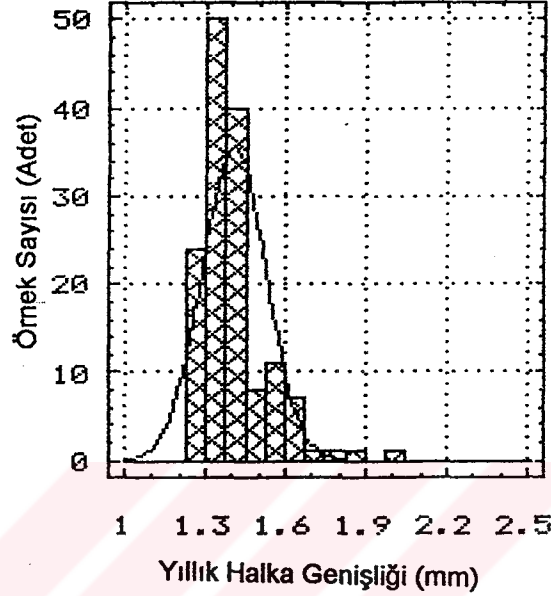
Tablo 4. Örnek Guruplarına Göre Yıllık Halka Genişlikleri

İstatistik Sonuçları	Geniş Yıllık Halka Gurubu	Normal Yıllık Halka Gurubu	Dar Yıllık Halka Gurubu
Örnek Sayısı (N)	144	144	144
Aritmetik Ortalama (X)	3.163	1.404	1.080
Standart Sapma (S)	0.323	0.120	0.121
Varyans (S^2)	0.104	0.014	0.014
Değişim Aralığı (R)	1.660	0.750	0.950
Minimum Değer	2.690	1.260	0.560
Maksimum Değer	4.350	2.010	1.510



Şekil 13. Geniş Yıllık Halka Gurubuna Ait Ağaçlarda Yıllık Halka Genişlikleri Varyans Grafiği

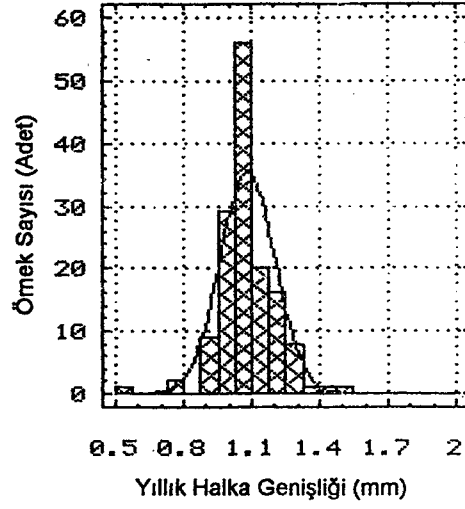
Geniş yıllık halka gurubuna ait ağaçlarda en fazla tekrarlanan yıllık halka genişliği %29.16 katılım oranı ile 3.010 mm'dir. Ortalama yıllık halka genişliği 3.163 mm olup bu değer en fazla katılım oranına sahip olan değerinde yer almaktadır (Şekil 11).



Şekil 12. Normal Yıllık Halka Gurubuna Ait Ağaçlarda Yıllık Halka Genişlikleri Varyans Grafiği

Normal yıllık halka gurubuna ait olan ağaçların yıllık halka genişliği varyans grafiğinde (Şekil 12) ise en fazla tekrarlanan değer %28.47 katılım oranı ile 1.401 mm olup bu değer ortalama yıllık halka genişliği değeri ile aynı bölgede yer almaktadır.

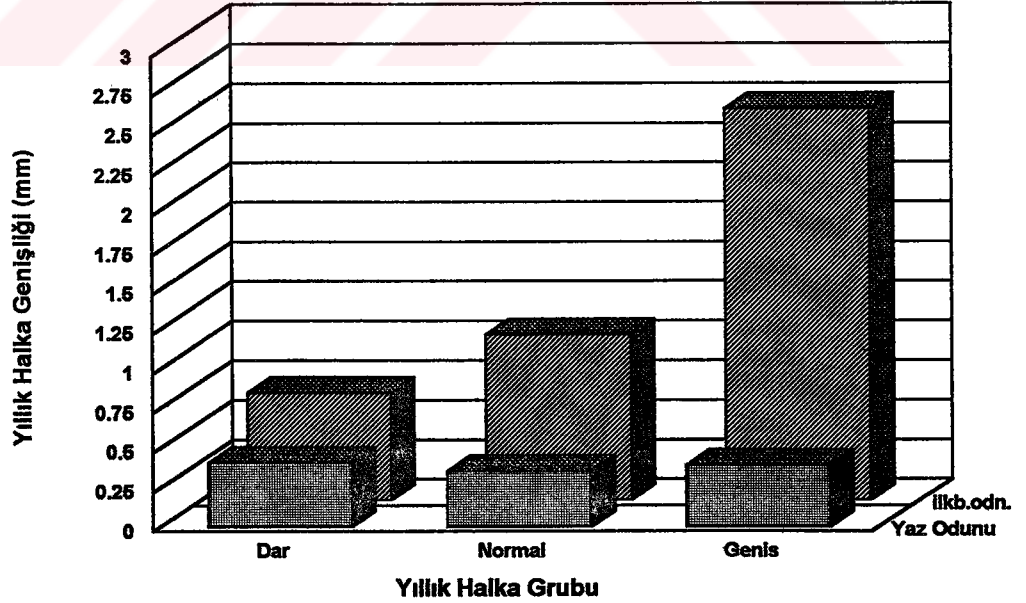
Dar yıllık halka gurubuna ait ağaçların yıllık halka genişliği varyans grafiğine göre (Şekil 13), %31.25 katılım oranı ile en fazla tekrarlanan değer olan 1.070 mm, bu bölgede ortalama değer (1.080 mm) hemen solunda yer almaktadır



Şekil 13. Dar Yıllık Halka Gurubuna Ait Ağaçlarda Yıllık Halka Genişlikleri Varyans Grafiği.

3.1.2. Yıllık Halka Genişliği ile Yaz Odunu Genişliği Arasındaki İlişki

Yıllık halka guruplarına göre yıllık halka genişliği ile yaz odunu genişliği arasındaki ilişki Şekil 14 'de gösterilmiştir.



Şekil 14. Farklı Yıllık Halka Guruplarına Göre İlkbahar ve Yaz Odunu Genişlikleri

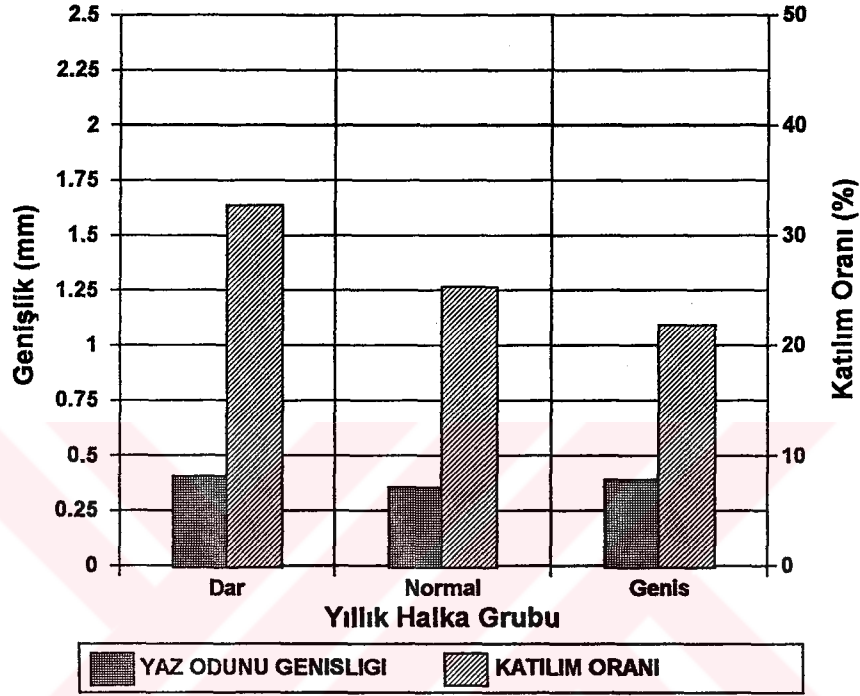
Yaz odunu genişliği, normal ve geniş yıllık halka gurubuna ait olan ağaçlar arasında çok önemli bir fark göstermemekle birlikte yıllık halka genişliğinin artması ile azalmaktadır. Bu ilişkinin belirlenmesi amacı ile yapılan regresyon analizi sonuçları Tablo 5' de verilmiştir. Buna göre, yaz odunu genişliği ve yıllık halka genişliği arasındaki ilişki %95 güven aralığında anlamlı olup korelasyon katsayısı $r = 0.886$ 'dir.

Tablo 5. Yıllık Halka Genişliği ile Yaz Odunu Arasındaki Regresyon Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Değişim Aralığı	Ortalama Kareler	F Oranı	Önem Düzeyi
Regresyon	14.656	1	14.656	16043.75	***
Hata	0.3928	430	0.0009	—	—
Toplam	15.049	431	0.0006	—	—

3.1.3. Yıllık Halka Genişliği ile Yaz Odunu Katılım Oranı Arasındaki İlişki

Yıllık halka genişliği ile yaz odunu katılım oranı arasındaki ilişki, her üç yıllık halka gurubu için Şekil 15' de gösterilmiştir.



Şekil 15. Farklı Yıllık Halka Guruplarına Göre Yaz Odunu Genişliği ve Yaz Odunu Katılım Oranları.

Dar yıllık halka gurubuna ait ağaçlarda yaz odunu %43' lük bir katılım gösterirken bu oran geniş yıllık halka gurubuna ait olan ağaçlarda %9' a kadar düşmektedir. Normal yıllık halka gurubunda ise yaz odunu katılım oranı yaklaşık %23 civarındadır. Yıllık halka genişliği ile yaz odunu katılım oranı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacı ile yapılan regresyon analizi sonuçları ve regresyon eğrisi Tablo 6 ve Şekil 16' da gösterilmiştir.

Tablo 6. Yıllık Halka Genişliği ile Yaz Odunu Katılım Oranı Arasındaki İlişkiye Ait Regresyon Analizi.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Regresyon	1457.821	1	1457.821	719.606	***
Hata	871.120	430	2.025		
Toplam	2328.941	431			

Yıllık halka genişliği ile yaz odunu katılım oranı arasındaki ilişki %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuş olup, korelasyon katsayısı $r = -0.791$ dir.



3.2. Mikroskopik Ölçümler

3.2.1. Traheid ve Kenarlı Geçitlere Ait Ölçümler

Traheid ve kenarlı geçitlere ait ölçümler normal ışık mikroskobu ve kenarlı geçit çiftlerinin aspirasyon konumlarını gösteren resimler ise elektron mikroskobu ile yapılmıştır. Yıllık halka gurupları ve gövde yüksekliğine göre traheid ve kenarlı geçit çiftlerinin boyutları ile ilgili ortalama değerler Tablo 7-8' de verilmiştir.

Tablo 7. Yıllık Halka Gurupları ve Gövde Yüksekliklerine Göre Diri Odundaki Temel İletim Elemanlarından Traheid ve Kenarlı Geçit Boyutları

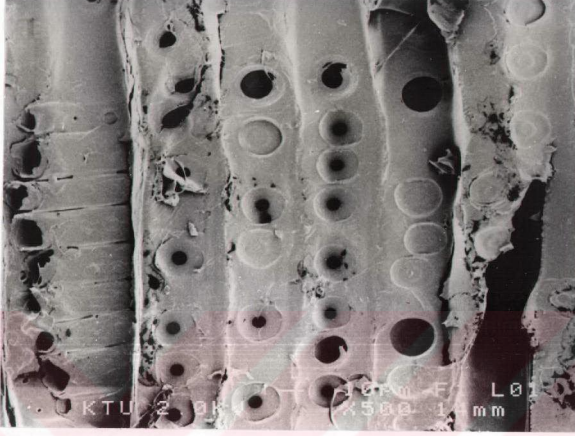
Anatomik Özellikler	Geniş			Yıllık			Halka		
	2 m	7 m	12 m	Normal	Yıllık	Halka	Dar	Yıllık	Halka
Traheid Uzunl. (mm)	2.36	2.42	2.41	2.38	2.41	2.41	2.39	2.43	2.42
Traheid çapı (μ)	35.64	37.24	36.77	44.15	42.42	43.45	45.55	44.41	42.19
Anulus çapı (μ)	15.79	14.95	14.37	17.27	15.58	15.28	15.24	15.12	15.20
Porus çapı (μ)	5.10	5.65	5.40	5.75	5.55	5.05	5.55	5.45	5.45
Torus çapı (μ)	6.83	6.91	6.89	7.43	6.87	6.79	7.18	6.89	6.90

Tablo 8. Yıllık Halka Gurupları ve Gövde Yüksekliklerine Göre Öz Odundaki Temel İletim Elemanlarından Traheid ve Kenarlı Geçit Boyutları

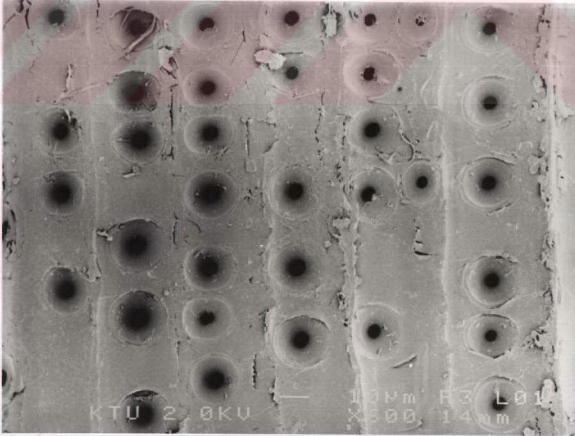
Anatomik Özellikler	Geniş			Yıllık			Halka		
	2 m	7 m	12 m	Normal	Yıllık	Halka	Dar	Yıllık	Halka
Traheid Uzunl. (mm)	2.35	2.38	2.39	2.38	2.40	2.42	2.37	2.39	2.42
Traheid çapı (μ)	32.85	33.64	34.18	27.26	33.11	28.32	31.51	33.24	31.25
Anulus çapı (μ)	15.79	15.12	16.45	13.28	13.19	11.08	14.41	11.16	12.91
Porus çapı (μ)	5.60	5.05	6.35	5.10	5.50	5.35	5.55	5.20	4.65
Torus çapı (μ)	6.86	6.78	7.74	6.79	6.85	6.86	7.09	6.79	5.94

Diri ve öz odun örnekleri, gerek traheid çapları ve uzunlukları ve gerekse kenarlı geçit çiftlerinin çapları bakımından yıllık halka gurupları arasında belirgin bir fark göstermemektedir. Bununla birlikte traheid uzunlukları, ağaç boyu istikametinin 7 m' sinde maksimum değerine ulaşmakta ve 12 m' ye doğru tekrar bir azalma göstermektedir. Kenarlı geçit çiftlerinin anulus, porus ve torus çaplarının ise gövde yükseklikleri arasında belirgin bir fark göstermediği tesbit edilmiştir.

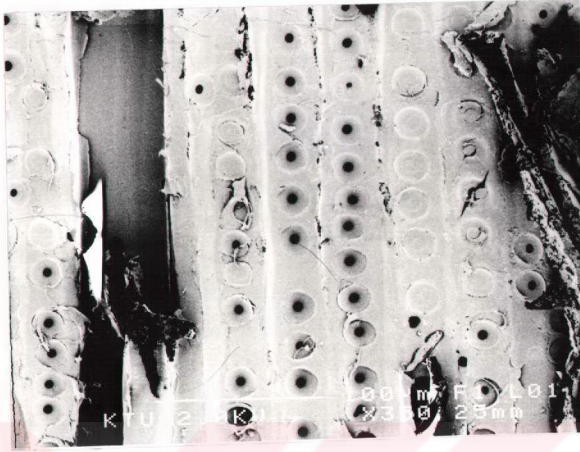
Elektron mikroskop incelemeleri sonucunda kenarlı geçit çiftlerinin ve traheidlerin radyal yüzeydeki görüntüleri Şekil 16-23' de verilmiştir.



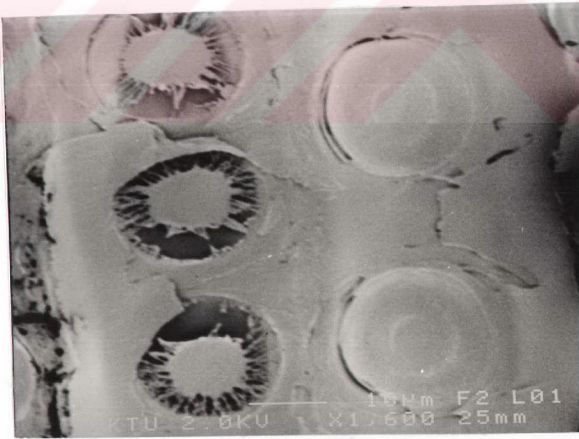
Şekil 16. Tam Kuru Haldeki Diri Odunda Aspirasyon Sonrası Kenarlı Geçit iftlerinin Görünümü



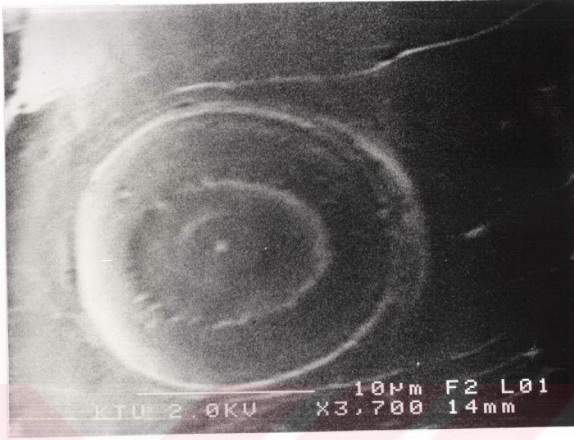
Şekil 17. Aseton ile Muamele Edilmiş Ladin z Odunundaki Kenarlı Geçit çiftleri



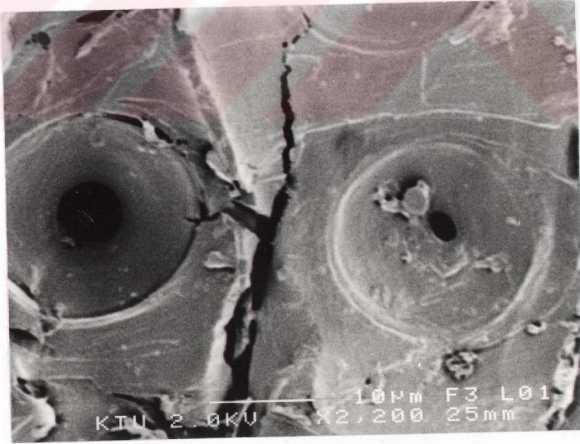
Şekil 18. Aseton ile Muamele Edilmiş Ladin Diri Odunundaki Kenarlı Geçit Çiftleri



Şekil 19. Pentan ile Muamele Edilmiş Ladin Öz Odunundaki Kenarlı Geçit Çiftleri



Şekil 20. Tamamen Aspirasyona Maruz Kalmış Bir
Diri Odun Kenarlı Geçit Çifti



Şekil 21. Benzen ile Muamele Edilmiş Ladin Öz Odununda Kısmen
Aspirasyona Uğramış Bir Kenarlı Geçit Çiftleri



Şekil 22. Mekanik Bir Etki Sonucu Hasar Görmüş Bir Dirî Odun Kenarlı Geçit Çifti



Şekil 23. Dirî Odunda Piceoid Tîp Geçitlerin Görünümü

3.3. Fiziksel Özellikler

3.3.1. Hava Kuruğu Özgöl Ağırlık

Yıllık halka guruplarına göre belirlenen hava kuruğu özgöl ağırlık değerleri Tablo 9' da, bunlara ait varyans grafikleri de sırası ile Şekil 24-29' da verilmiştir.

Table 9. Yıllık Halka Guruplarına Göre Hava Kuruğu Özgöl Ağırlık Değerleri

İstatistik Sonuçları	Geniş Halka	Yıllık Gurubu	Normal Halka	Yıllık Gurubu	Dar Halka	Yıllık Gurubu
	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun
Örnek Sayısı (N)	432	432	432	432	432	432
Aritmetik Ortalama (X)	0.420	0.403	0.456	0.444	0.479	0.450
Standart Sapma (S)	9.112×10^{-3}	0.011	0.0182	7.330×10^{-3}	7.586×10^{-3}	8.159×10^{-3}
Varyans (S^2)	8.303×10^{-4}	1.315×10^{-4}	3.319×10^{-4}	5.373×10^{-5}	5.755×10^{-5}	6.657×10^{-5}
Değişim Aralığı (R)	0.103	0.085	0.348	0.099	0.045	0.047
Minimum Değer	0.389	0.349	0.411	0.400	0.433	0.423
Maksimum Değer	0.492	0.434	0.659	0.499	0.498	0.470

Geniş, normal ve dar yıllık halka guruplarına ait olan ağaçlarda ortalama hava kuruğu özgöl ağırlık değerleri diri odun örnekleri için sırası ile 0.420 , 0.456 ve 0.479 gr/cm^3 olup öz odun örnekleri için de bu değerler sırası ile 0.403 , 0.444 ve 0.450 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Özgöl ağırlık değerlerinin gövde yüksekliğine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacı ile her üç yıllık halka grubuna ait örneklerin diri ve öz odunları için yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 10-21' da verilmiştir.

Tablo 10. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Hava Kuruğu Özgöl Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	4.0893E-004	2	2.0446E-004	2.4790	0.0850
Hata	0.0353	429	8.2468E-005	---	---
Toplam	0.3578	---	---	---	---

Tablo 11. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Hava Kurusu Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.4196	X
7m	0.4212	XX
12 m	0.4219	X

Buna göre; özgül ağırlık ve gövde yükseklikleri için hesaplanan F oranı(2.479), %95 güven düzeyinde belirlenen tablo değeri olan 0.0850' den büyük olduğu için gövde yüksekliğinin özgül ağırlık dağılımı üzerindeki etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre ise bu etki özellikle 2 ve 12 m yükseklikler arasında kendini göstermektedir.

Öz odun örnekleri özgül ağırlık değerleri ve gövde yükseklikleri için yapılan varyans analizinde(Tablo 12); hesaplanan F değerinin(2.780) %95 güven düzeyinde belirlenen tablo değerinden(0.0632) büyük olması, aynı şekilde öz odun örnekleri üzerinde de gövde yüksekliğinin önemli olduğunu göstermektedir. Duncan testi sonuçlarına göre(Tablo 13); gövdenin 2 ve 12 m' lerinde bu etki daha önemlidir.

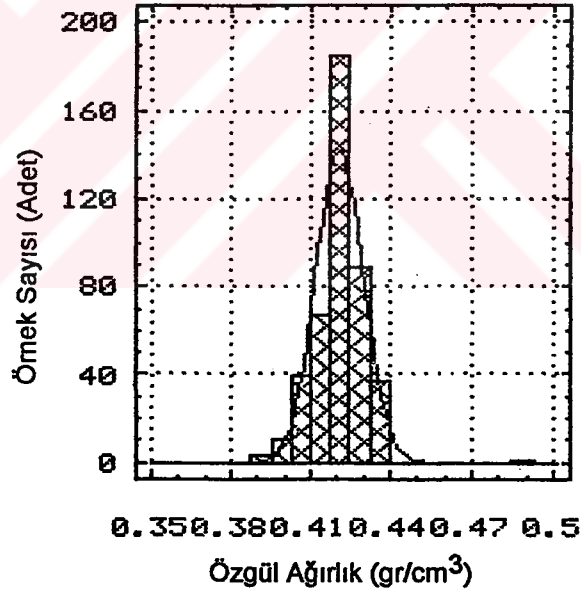
Tablo 12. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Hava Kurusu Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	.7.251E-004	2	3.626E-004	2.780	0.0632
Hata	0.05596	429	1.304E-004	---	---
Toplam	0.05668	---	---	---	---

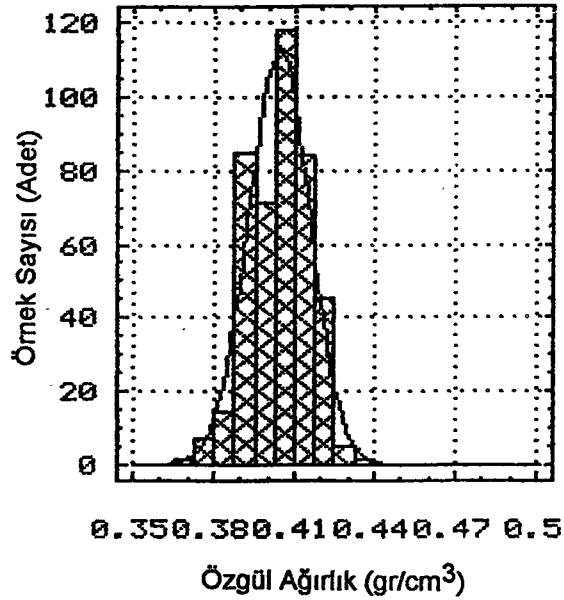
Tablo 13. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Hava Kuruğu Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.4196	X
7m	0.4212	XX
12 m	0.4219	X

Geniş yıllık halka gurubu örneklerine ait varyans grafiklerine göre (Şekil 24-25); en fazla tekrarlanan hava kuruğu özgül ağırlık değeri diri odun için %29.39' luk katılım oranı ile 0.418 gr/cm^3 ve öz odun için de %14.12' lik katılım oranı ile 0.405 gr/cm^2 dür. Diri odun örnekleri için bulunan bu değer, ortalama hava kuruğu özgül ağırlık değerinin (0.420 gr/cm^3) solunda yer alırken öz odun için bulunan değer ise ortalama hava kuruğu özgül ağırlık değerinin (0.403 gr/cm^3) sağında yer almaktadır.



Şekil 24. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Hava Kuruğu Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği



Şekil 25. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Hava Kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği

Normal yıllık halka gurubu diri odun örneklerinin hava kuru özgül ağırlıkları üzerinde gövde yüksekliği etkisinin belirlenmesi için yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 14); hesaplanan F oranı (32.123), %95 güven düzeyi için hesaplanan tablo değerinden büyük olduğu için gövde yüksekliğinin özgül ağırlık üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur.

Tablo 14. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Hava Kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

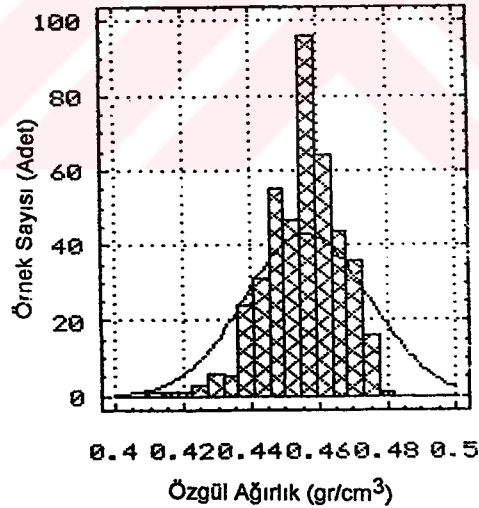
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	0.01863	2	0.00931	32.123	0.0000
Hata	0.12444	429	2.900E-4	---	---
Toplam	0.14308	---	---	---	---

Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 15); gövde yüksekliğinin etkisi en fazla 2 ile 7 ve 2 ile 12 m'lerde daha belirgindir.

Tablo 15. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Hava Kuru Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.44718	X
7m	0.45988	X
12 m	0.46209	X

Normal yıllık halka gurubu diri odun örnekleri hava kuru özgül ağırlık değerleri varyans grafiğine göre(Şekil 26); en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri %51.15 katılım oranı ile 0.457 gr/cm³ olup bu değer ortalama hava kuru özgül ağırlık değeri olan 0.456 gr/cm³' ün sağında yer almaktadır.



Şekil 26. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Hava Kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği.

Bu gurubun öz odun örneklerinin özgül ağırlıkları ve gövde yükseklikleri için yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 16)

hesaplanan F oranının tablo %95 güven düzeyi için hesaplanan orandan büyük olması nedeni ile yükseklik faktörü etkisi özgül ağırlık için önemli bulunmuştur.

Tablo 16. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Hava Kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

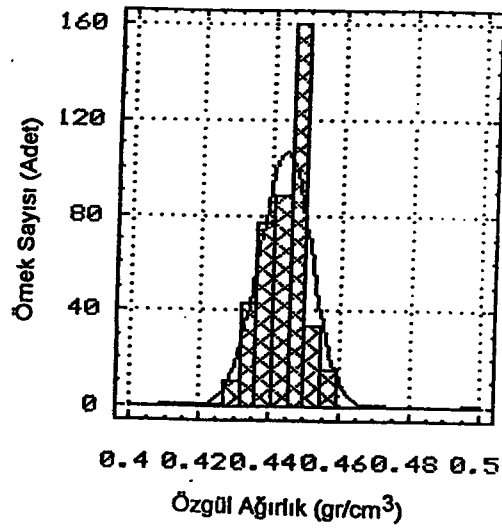
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	0.01863	2	0.00931	32.123	0.0000
Hata	0.12444	429	2.900E-4	---	---
Toplam	0.14308	---	---	---	---

Tablo 17'de verilen Duncan testi sonuçlarına göre ise bu etki her üç yükseklik kademesi için önemli düzeydedir.

Tablo 17. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Hava Kuru Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.44177	X
7m	0.44395	X
12 m	0.44635	X

Bu gurubun öz odun örneklerinin varyans grafiğinde ise (Şekil 27); %27.08 katılım oranı ile en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri olan 0.441 gr/cm³, ortalama hava kuru özgül ağırlık değeri 0.444 gr/cm³ ün solunda bulunmaktadır.



Şekil 27. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Hava Kuruğu Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği.

Dar yıllık halka gurubu diri odun örneklerinin özgül ağırlık ve gövde yüksekliği varyans analizi sonuçları Tablo 18' de verilmiştir. Buna göre; diğer Gruplarda olduğu gibi, hesaplanan F oranı(5.000) %95 güven düzeyi için bulunan orandan büyük olduğu için gövde yüksekliğinin hava kuruğu özgül ağırlık üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Yükseklik kademelerine göre yapılan Duncan testi sonuçlarına göre de (Tablo 19) bu etki 2 ile7 ve 2 ile12 m' ler arasında daha belirgindir.

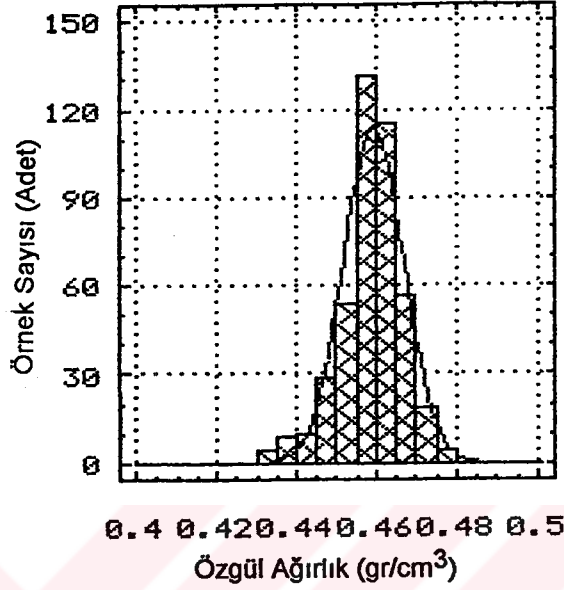
Tablo 18. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Hava Kuruğu Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	5.650E-4	2	2.8252E-4	5.000	0.0071
Hata	0.024239	429	5.6503E-5	—	—
Toplam	0.024805	—	—	—	—

Tablo 19. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Hava Kuruğu Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.45782	X
7m	0.45960	X
12 m	0.46059	X

Dar yıllık halka gurubu diri odun örneklerine ait olan hava kurusu özgül ağırlık varyans grafiğine göre (Şekil 28); en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri olan 0.460 gr/cm³ yaklaşık %27.77' lik bir katılım oranına sahiptir ve bu oran da ortalama hava kurusu özgül ağırlık değeri 0.459 gr/cm³ ün hemen sağında yer almaktadır.



Şekil 28. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Hava Kurusu Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği.

Dar yıllık halka gurubu öz odun örnekleri hava kurusu özgül ağırlık değerleri üzerinde gövde yüksekliği etkisi üzerine yapılan Varyans analizi sonuçları Tablo 20' de verilmiştir. Buna göre; hesaplanan F oranı(14.391) %95 güven düzeyi için belirlenen orandan büyük olduğu için gövde yüksekliği etkisi önemli bulunmuştur.

Tablo 20. DarYıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Hava Kurusu Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

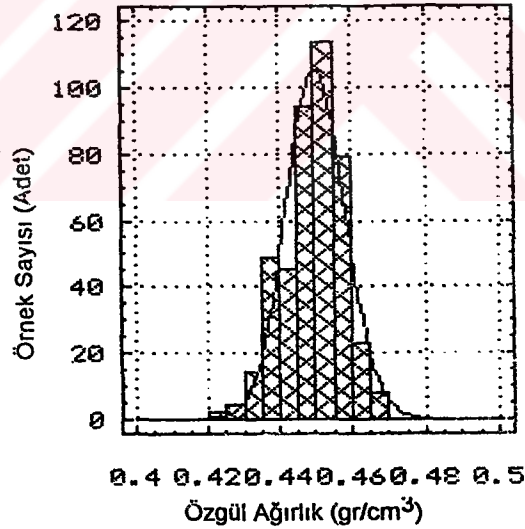
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	5.650E-4	2	2.8252E-4	5.000	0.0071
Hata	0.024239	429	5.6503E-5	—	—
Toplam	0.024805	—	—	—	—

Yükseklik kademelerine göre yapılan Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 21); bu etki 2 ile 12 ve 7 ile 12 m' lerde önemlidir.

Tablo 21. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Hava Kuru Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.44820	X
7m	0.44919	X
12 m	0.45295	X

Dar yıllık halka gurubu öz odun örnekleri hava kuru özgül ağırlığını gösteren varyans grafiğinde ise (Şekil 31); en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri 0.450 gr/cm³ olup %12.73 katılım oranı ile ortalama hava kuru özgül ağırlık değeri ile (0.450 gr/cm³) aynı bölgede bulunmaktadır.



Şekil 29. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Hava Kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği

3.3.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık

Yıllık halka gruplarına göre belirlenen tam kuru özgül ağırlık değerleri Tablo 22' de, bunlara ait varyans grafikleri de sırası ile Şekil 30-35' de verilmiştir.

Table 22. Yıllık Halka Guruplarına Göre Tam Kuru Özgül Ağırlık Değerleri

İstatistik Sonuçları	Geniş Halka	Yıllık Gurubu	Normal Halka	Yıllık Gurubu	Dar Halka	Yıllık Gurubu
	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun
Örnek Sayısı (N)	432	432	432	432	432	432
Aritmetik Ortalama (X)	0.3746	0.3559	0.4129	0.4020	0.4205	0.4139
Standart Sapma (S)	8.215×10^{-3}	0.0105	9.814×10^{-3}	0.0254	7.167×10^{-3}	0.0163
Varyans (S^2)	6.749×10^{-5}	1.114×10^{-4}	9.632×10^{-5}	6.479×10^{-4}	5.137×10^{-5}	2.686×10^{-4}
Değişim Aralığı (R)	0.049	0.045	0.082	0.136	0.042	0.079
Minimum Değer	0.353	0.337	0.389	0.337	0.390	0.381
Maksimum Değer	0.402	0.382	0.471	0.473	0.432	0.460

Geniş, normal ve dar yıllık halka guruplarına ait olan ağaçlarda ortalama tam kuru özgül ağırlık değerleri diri odun örnekleri için sırası ile 0.374, 0.412 ve 0.420 gr/cm^3 olup öz odun örnekleri için de bu değerler sırası ile 0.355, 0.402 ve 0.413 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Özgül ağırlık değerlerinin gövde yüksekliğine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amacı ile her üç yıllık halka Grubuna ait örneklerin diri ve öz odunları için yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 23-34' de verilmiştir.

Tablo 23. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Tam Kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	3.6472.E-4	2	1.8235E-4	2.2109	0.0758
Hata	0.03143	429	7.342E-5	---	---
Toplam	0.03179	---	---	---	---

Tablo 24. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Tam kuru Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
12 m	0.3739	X
2m	0.3741	XX
7m	0.3740	X

Buna göre; özgül ağırlık ve gövde yükseklikleri için hesaplanan F oranı(2.2109), %95 güven düzeyinde belirlenen tablo değerinden büyük olduğu için gövde yüksekliğinin özgül ağırlık dağılımı üzerindeki etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre ise bu etki 2 ile 12 m yükseklik kademeleri için önemlidir.

Öz odun örnekleri özgül ağırlık değerleri ve gövde yükseklikleri için yapılan varyans analizinde(Tablo 25); hesaplanan F değerinin(2.454) %95 güven düzeyinde belirlenen tablo değerinden(0.0557) büyük olması, aynı şekilde öz odun örnekleri üzerinde de gövde yüksekliğinin önemli olduğunu göstermektedir. Duncan testi sonuçlarına göre(Tablo 26); gövde yüksekliğinin tam kuru özgül ağırlık üzerindeki etkisi 2 ve 12 m' yüksekliklerde daha belirgindir.

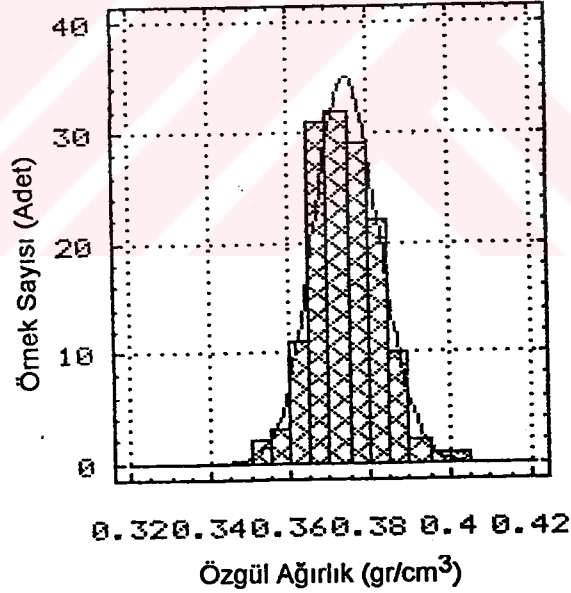
Tablo 25. Geniş Yıllık Halka Grubu Öz Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	6.4047E-4	2	3.202E-4	2.454	0.0557
Hata	0.04955	429	1.154E-4	—	—
Toplam	0.05019	—	—	—	—

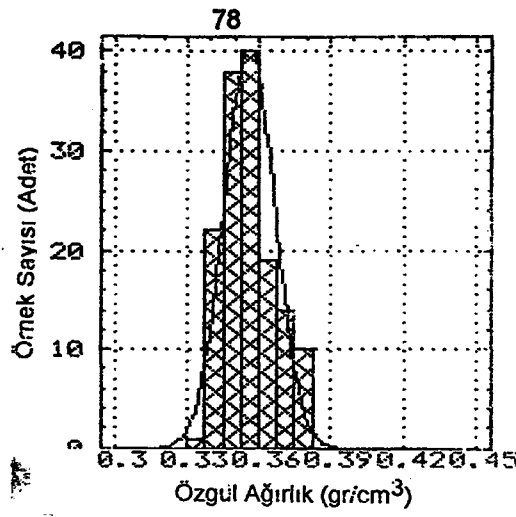
Tablo 26. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Tam kuru Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.3539	X
7m	0.3564	XX
12 m	0.3267	X

Geniş yıllık halka gurubu örneklerine ait varyans grafiklerine göre (Şekil 30-31); en fazla tekrarlanan tam kuru özgül ağırlık değeri diri odun için %15.97 katılım oranı ile 0.368 gr/cm^3 ve öz odun için de %13.88' lik katılım oranı ile 0.348 gr/cm^2 dir. Diri odun örnekleri için bulunan bu değer, ortalama tam kuru özgül ağırlık değerinin (0.374 gr/cm^3) solunda yer alırken öz odun için bulunan değer ise ortalama tam kuru özgül ağırlık değerinin (0.355 gr/cm^3) yine solunda yer almaktadır.



Şekil 30. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği



Şekil 31. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Tam Kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği

Normal yıllık halka gurubu diri odun örneklerinin tam kuru özgül ağırlıkları üzerinde gövde yüksekliği etkisinin belirlenmesi için yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 27); hesaplanan F oranı (31.053) %95 güven düzeyi için hesaplanan tablo değerinden büyük olduğu için gövde yüksekliğinin özgül ağırlık üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur.

Tablo 27. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

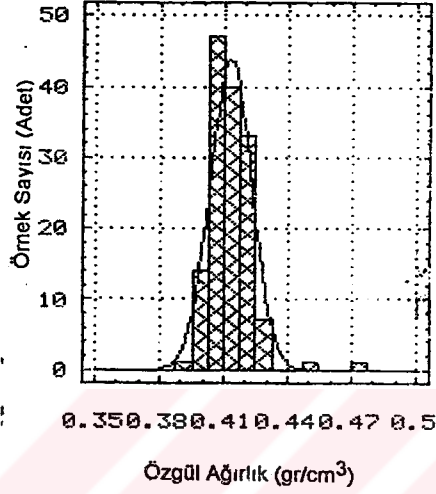
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	.0.01680	2	0.00929	31.053	0.0000
Hata	0.11239	429	2.620E-4	---	---
Toplam	0.12910	---	---	---	---

Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 28); gövde yüksekliğinin etkisi en fazla 2 ile 7 ve 2 ile 12 m'lerde daha belirgindir.

Tablo 28. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Tam kuru Özgül Ağırlıkları Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.4108	X
7 m	0.4126	X
12 m	0.4123	X

Normal yıllık halka gurubu diri odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerleri varyans grafiğine göre(Şekil 32); en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri %20.13 katılım oranı ile 0.414 gr/cm^3 olup bu değer ortalama tam kuru özgül ağırlık değeri olan 0.412 gr/cm^3 ün sağında yer almaktadır.



Şekil 32. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği.

Bu gurubun öz odun örneklerinin özgül ağırlıkları ve gövde yükseklikleri için yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 29) hesaplanan F oranının(29.052) tablo %95 güven düzeyi için hesaplanan orandan büyük olması nedeni ile yükseklik faktörü etkisi özgül ağırlık için önemli bulunmuştur.

Tablo 29. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

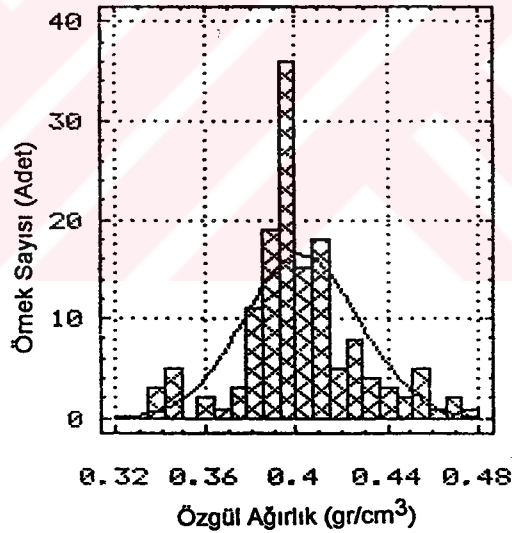
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	0.01686	2	0.00842	29.052	0.0000
Hata	0.11260	429	2.624E-4	—	—
Toplam	0.12940	—	—	—	—

Tablo 30'da verilen Duncan testi sonuçlarına göre de bu 2 ile 12 m yükseklik kademeleri için önemli düzeydedir.

Tablo 30. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Tam kuru Özgül Ağırlıkları Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.4007	X
7m	0.4038	X
12 m	0.4035	X

Bu gurubun öz odun örneklerinin varyans grafiğinde ise (Şekil 33); %20.83 katılım oranı ile en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri olan 0.395 gr/cm³, ortalama tam kuru özgül ağırlık değeri 0.402 gr/cm³ ün solunda bulunmaktadır.



Şekil 33. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği.

Dar yıllık halka gurubu diri odun örneklerinin özgül ağırlık ve gövde yüksekliği varyans analizi sonuçları Tablo 31' de verilmiştir. Buna göre; diğer gruplarda olduğu gibi, hesaplanan F oranı(4.279) %95 güven düzeyi için bulunan orandan büyük olduğu için gövde yüksekliğinin tam kuru özgül ağırlık üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Yükseklik kademelerine göre

yapılan Duncan testi sonuçlarına göre de (Tablo 32) ; gövde yüksekliğinin her üç kademesi için de önemli bulunmuştur.

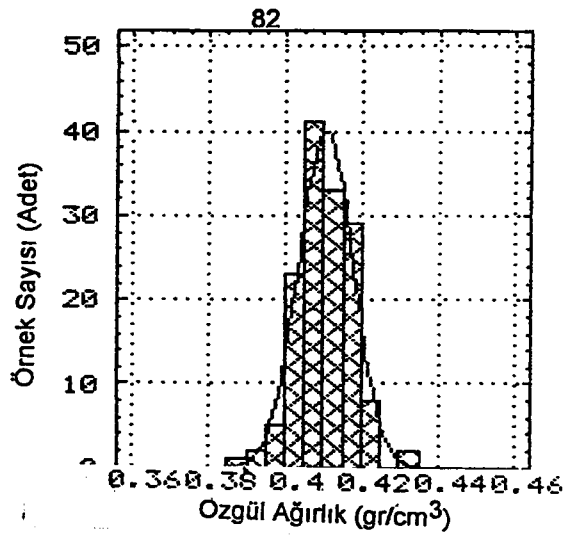
Tablo 31. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik.	4.836E-4	2	2.4180E-4	4.279	0.0000
Hata	0.02073	429	4.8363E-5	---	---
Toplam	0.02122	---	---	---	---

Tablo 32. Dar Yıllık Halka Grubu Diri Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Tam kuru Özgül Ağırlıklarının Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.4088	X
7m	0.4123	X
12 m	0.4107	X

Dar yıllık halka gurubu diri odun örneklerine ait olan tam kuru özgül ağırlık varyans grafiğine göre (Şekil 34); en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri olan 0.406 gr/cm^3 yaklaşık %18.75' lik bir katılım oranına sahiptir ve bu oran da ortalama tam kuru özgül ağırlık değeri 0.410 gr/cm^3 ' ün hemen solunda yer almaktadır.



Şekil 34. Dar Yıllık Halka Grubu Dirî Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği.

Dar yıllık halka gurubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlık değerleri üzerine gövde yüksekliği etkisi üzerine yapılan Varyans analizi sonuçları Tablo 33' de verilmiştir. Buna göre; hesaplanan F oranı(4.597) %95 güven düzeyi için belirlenen orandan büyük olduğu için gövde yüksekliği etkisi önemli bulunmuştur.

Tablo 33. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerlerinde Gövde Yüksekliğinin Etkisine Ait Varyans Analizi.

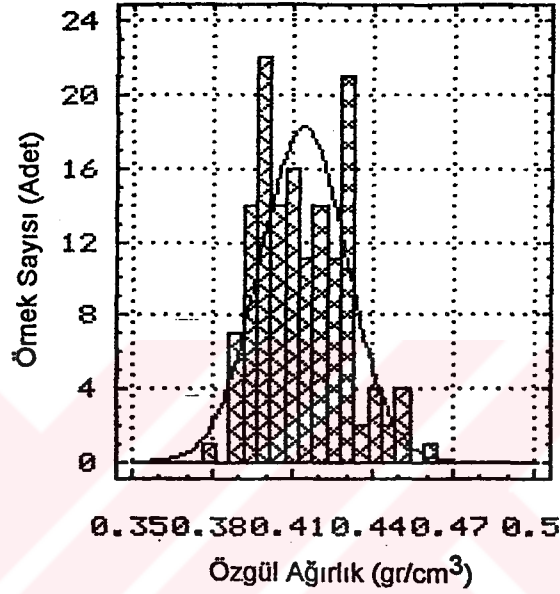
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	5.197E-4	2	2.598E-4	4.597	0.0000
Hata	0.02229	429	5.195-4	—	—
Toplam	0.02281	—	—	—	—

Yükseklik kademelerine göre yapılan Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 34); bu etki 2 ile7 ve 2 ile12 m' lerde önemlidir.

Tablo 34. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gövde Yüksekliğine Göre Tam kuru Özgül Ağırlıkları Homojenlik Dağılımı.

Gövde Yüksekliği	Ortalama Kareler	Homojenlik Gurupları
2 m	0.4116	X
7m	0.4144	X
12 m	0.4147	X

Dar yıllık halka gurubu öz odun örnekleri tam kuru özgül ağırlığını gösteren varyans grafiğinde ise (Şekil 35); en fazla tekrarlanan özgül ağırlık değeri 0.404 gr/cm^3 olup %12.50 katılım oranı ile ortalama tam kuru özgül ağırlık değerinin (0.413 gr/cm^3) solunda bulunmaktadır.



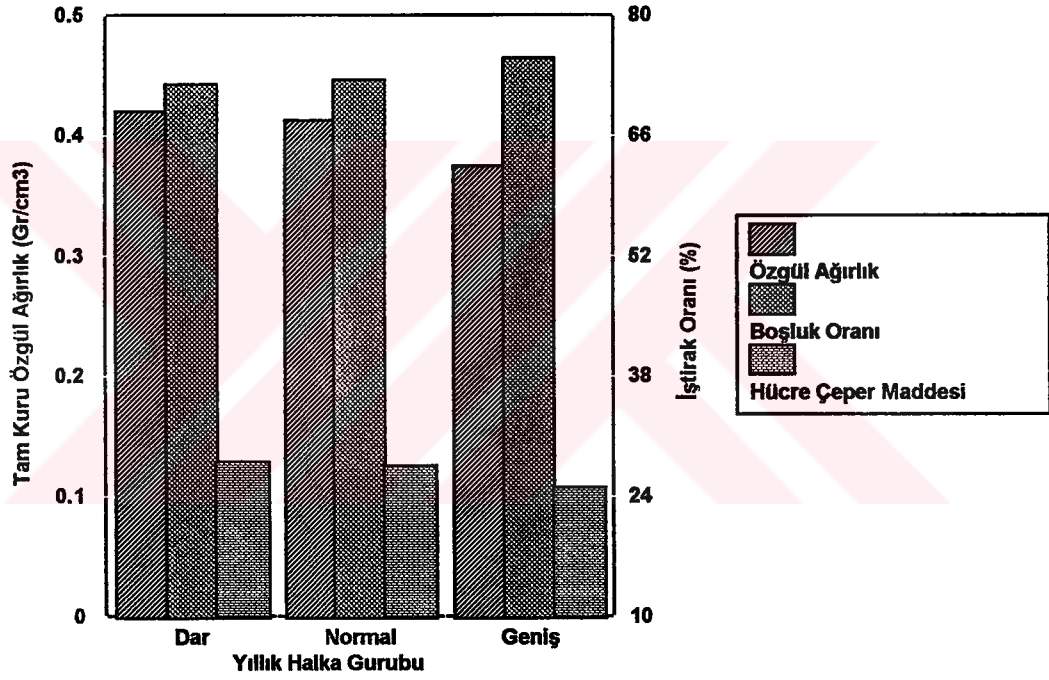
Şekil 35. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Tam kuru Özgül Ağırlık Değerleri Varyans Grafiği

3.3.3 Hücre Çeper Maddesi ve Hava Boşluğu Oranları

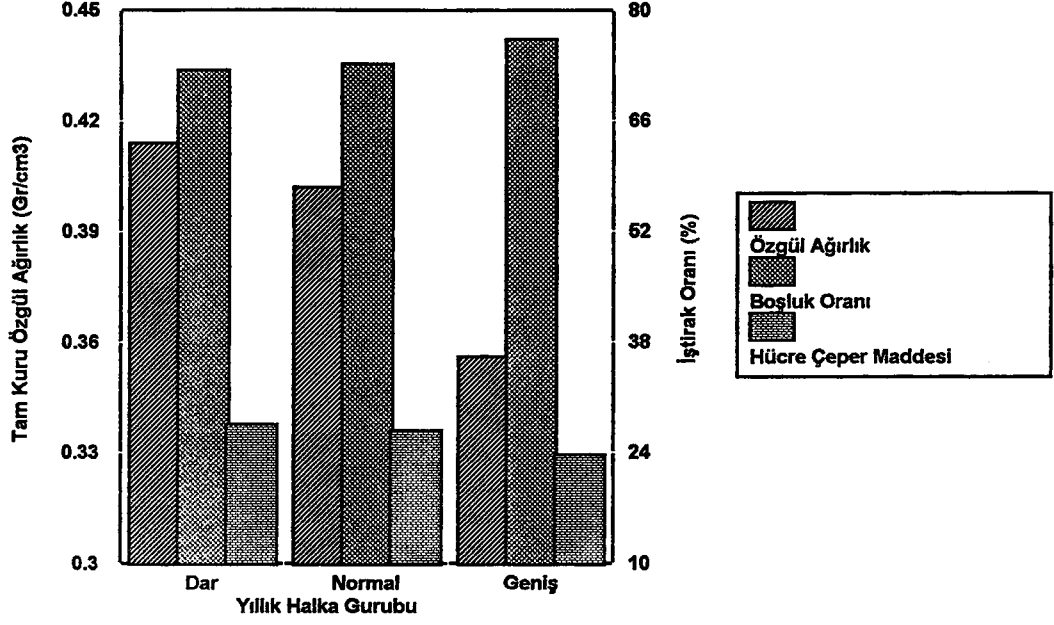
Tam kuru özgül ağırlık değerlerinden yararlanılarak belirlenen hücre çeper maddesi ile hava boşluğu ortalama değerleri yıllık halka gruplarına göre diri ve öz odun örnekleri için Tablo 35 ve Şekil 36-37' de verilmiştir.

Tablo 35. Yıllık Halka Guruplarına Bağlı Olarak Tam Kuru Özgül Ağırlık Değerlerine Göre Hücre Çeper Maddesi ve Hava Boşluğu Oranları.

Yıllık Halka Gurubu	Diri	Odun	Örnekleri	Öz	Odun	Örnekleri
	ρ_0 (gr/cm ³)	b (%)	h_c (%)	ρ_0 (gr/cm ³)	b (%)	h_c (%)
Dar	0.4205	71.967	28.033	0.4139	72.407	27.593
Normal	0.4129	72.474	27.526	0.4020	73.200	26.800
Geniş	0.3746	75.026	24.973	0.3559	76.274	23.726



Şekil 36. Yıllık Halka Guruplarına Göre Diri Odun Örneklerinde Ortalama Tam Kuru Özgül Ağırlık, Boşluk ve Hücre Çeper Maddesi Hacmi Oranları.



Şekil 37. Yıllık Halka Guruplarına Göre Öz Odun Örneklerinde Ortalama Tam Kuru Özgül Ağırlık, Boşluk ve Hücre Çeper Maddesi Hacmi Oranları.

Tablo 35' e göre en düşük hücre çeper maddesi hacmi, diri odun için % 24.973; öz odun için ise % 23.726 oranı ile geniş yıllık halkalı ağaçlarda bulunmuştur. Özgül ağırlık değerindeki değişime paralel olarak da en fazla hücre çeper maddesi hacmi ise diri odun için % 28.033; öz odun için de %27.593 oranı ile dar yıllık halkalı ağaçlarda bulunmuştur.

3.4. Permeabilite Ölçümleri

3.4.1. Kapilar Kalibrasyon

Uygulama basınçlarına bağlı olarak, deney düzeneğinin kapilar tüplerinde oluşan ortak QP değerine göre, kapilar tüplerin her bir uygulama basıncına karşılık gelen akış eğimlerinin ortalama değerleri Tablo 36' de verilmiştir.

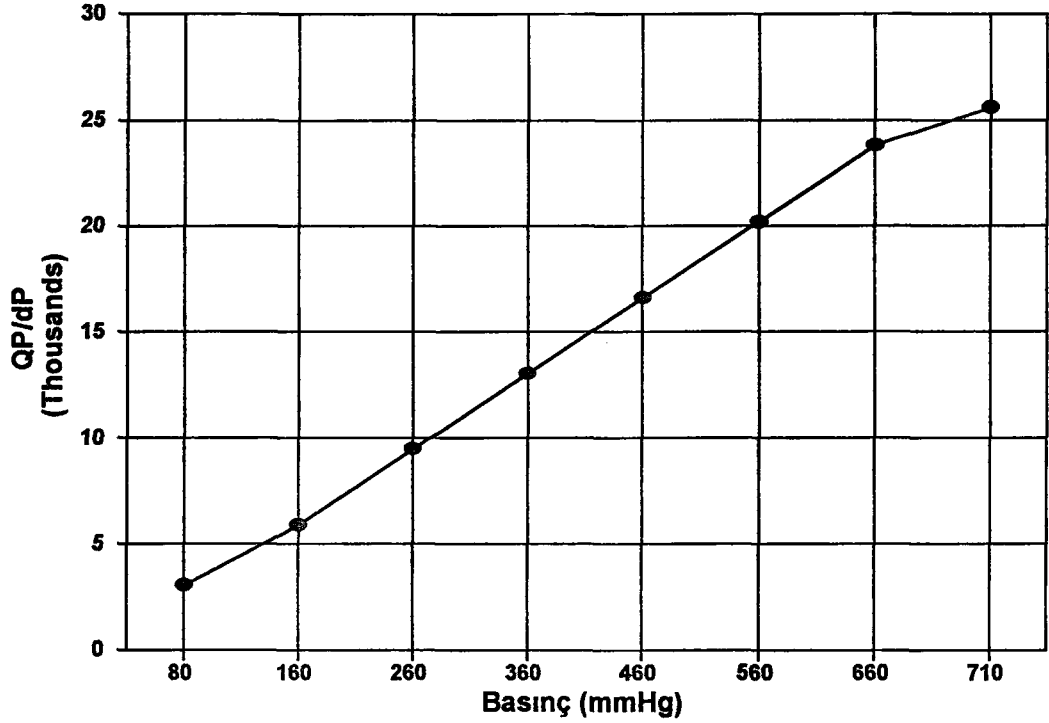
Tablo 36. Permeabilite Deney Sistemi Kapilar Kalibrasyon Değerleri

$P_c(\max)$ (mmHg)	$P_c(\min)$ (mmHg)	dP_c (mmHg)	$P_m(H_0)$ (N/m ²)	$dP_{(Kaol)}$ (N/m ²)	$P_{(ort)}$ (N/m ²)	$Q_{(Kaol)}$ (mm ³ /sn)	QP/dP (-)
405	355	80	94657	324.47	11347	81.94	3062.10
430	330	160	87991	472.79	21887	111.10	5906.50
480	280	260	74659	435.71	35127	86.89	9479.30
530	230	360	61327	556.23	48398	91.26	13060.80
580	180	460	47995	806.53	61605	103.96	16624.80
630	130	560	34663	927.05	74887	86.73	20206.30
680	80	660	21331	1112.45	88228	64.85	23809.10
720	40	710	10666	1362.76	94819	41.18	25588.00

Uygulama basıncının kapilar eğim üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan varyans analizi sonuçları ve buna bağlı olarak elde edilen kalibrasyon eğrisi Tablo 37 ve Şekil 38' de verilmiştir.

Tablo 37. Uygulama Basıncı ile Kapilar Akış Eğimi Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Regrasyon	5.1798E0008	1	5.1798E0008	2.588E0001	0.00225
Hata	1.2009E0008	6	2.0015E0007	---	---
Toplam	6.3808E0008	7	---	---	---



Şekil 38. Gaz Permeabilitesi Deney Düzenegi Kapilar Kalibrasyon Eğrisi

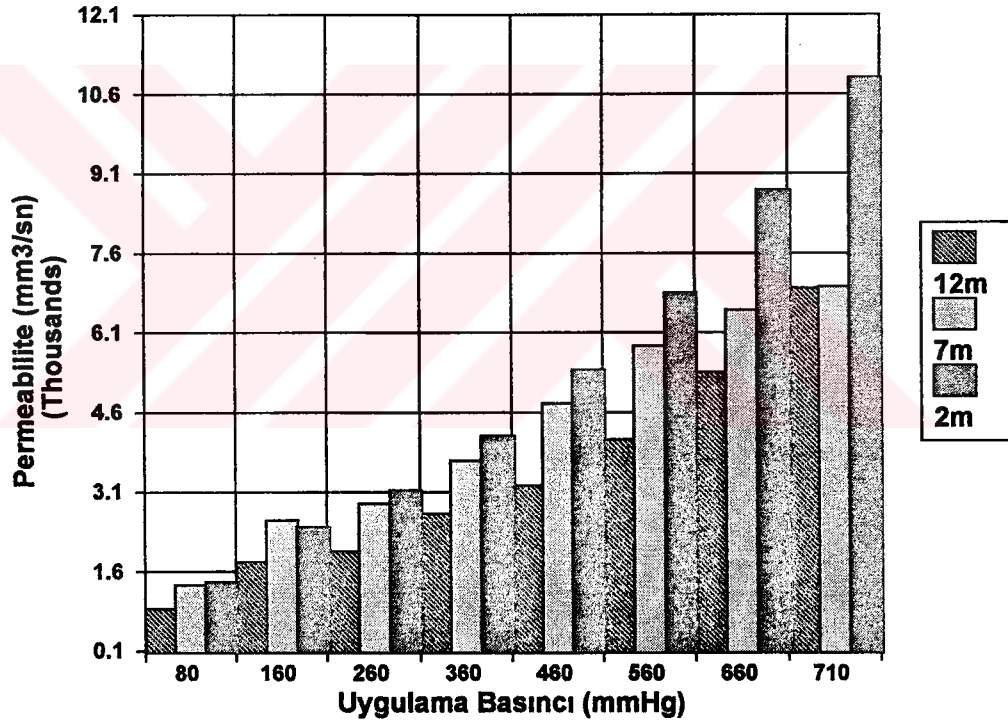
Uygulama basıncının kapilar akış eğimi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 37); hesaplanan F oranı (0.002588), %95 güven düzeyi için bulunan orandan büyük olduğu için basıncın eğim üzerindeki etkisi önemli olup katsayısı %90.09 olarak bulunmuştur.

3.4.2. Geniş Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri

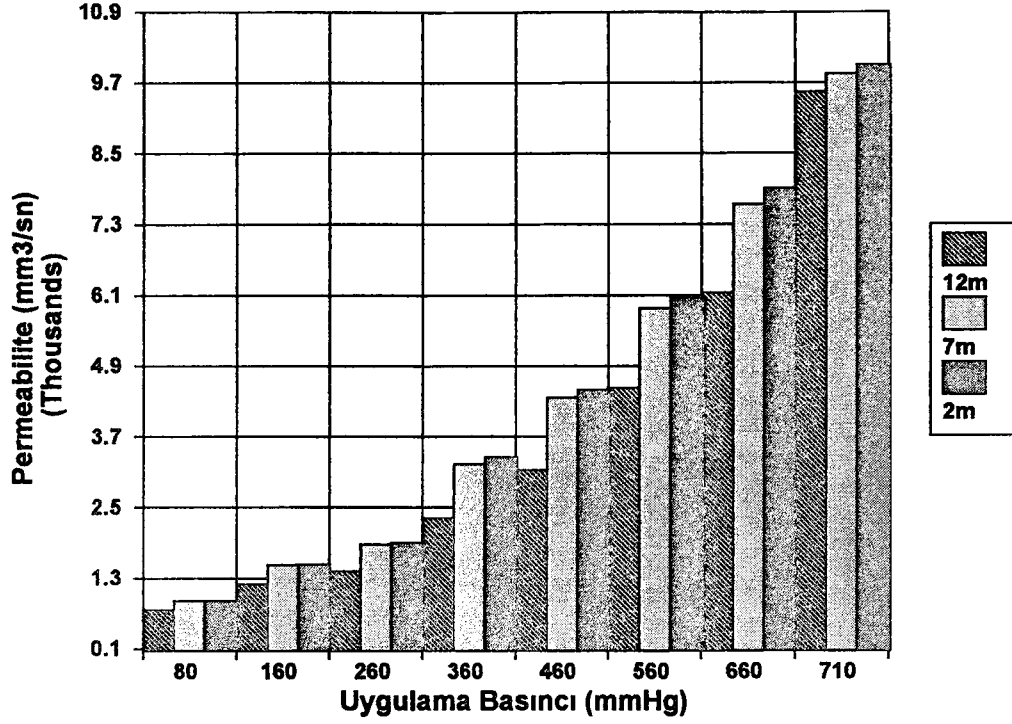
Geniş yıllık halka gurubuna ait olan ağaçların diri ve öz odunlarından alınan örneklerin tam yaş, hava kuru ve tam kuru rutubet derecelerindeki permeabilite değerleri, gövde yüksekliğinin 2, 7 ve 12 m' leri için belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 38-40 ve Şekil 39-44' de verilmiştir.

Tablo 38. Geniş Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	10911	6955	6945	10009	9855	9553
660	8796	6525	5349	7906	7642	6128
560	6855	5849	4085	6046	5869	4528
460	5410	4757	3213	4499	4365	3129
360	4158	3696	2686	3356	3229	2324
260	3142	2877	1977	1899	1875	1415
160	2429	2570	1773	1537	1521	1204
80	1400	1339	905	923	916	758



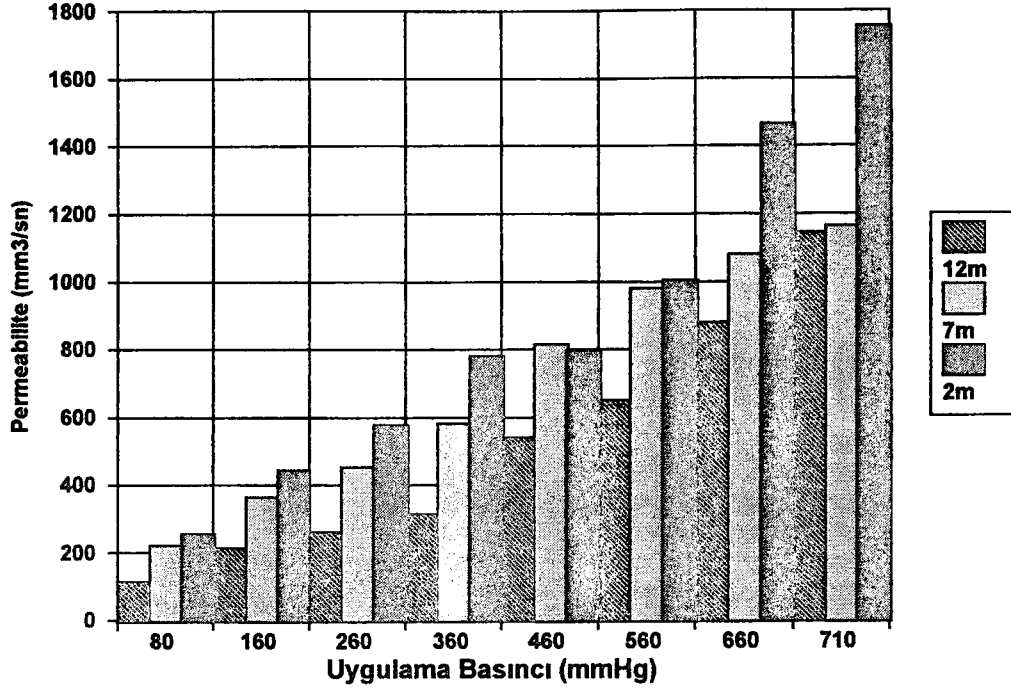
Şekil 39. Geniş Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



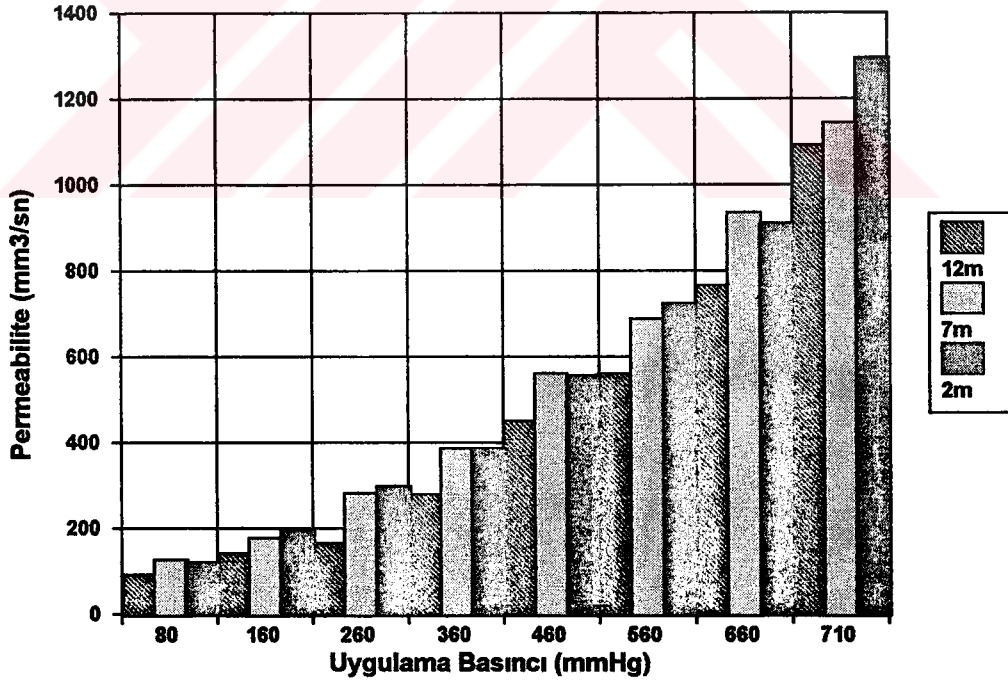
Şekil 40. Geniş Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 39. Geniş Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Diri Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	1756	1164	1146	1295	1145	1093
660	1468	1080	880	911	936	765
560	1004	981	650	724	688	561
460	796	815	540	557	561	451
360	781	581	314	386	386	279
260	578	453	261	298	283	165
160	443	363	214	196	178	142
80	256	222	116	122	127	93



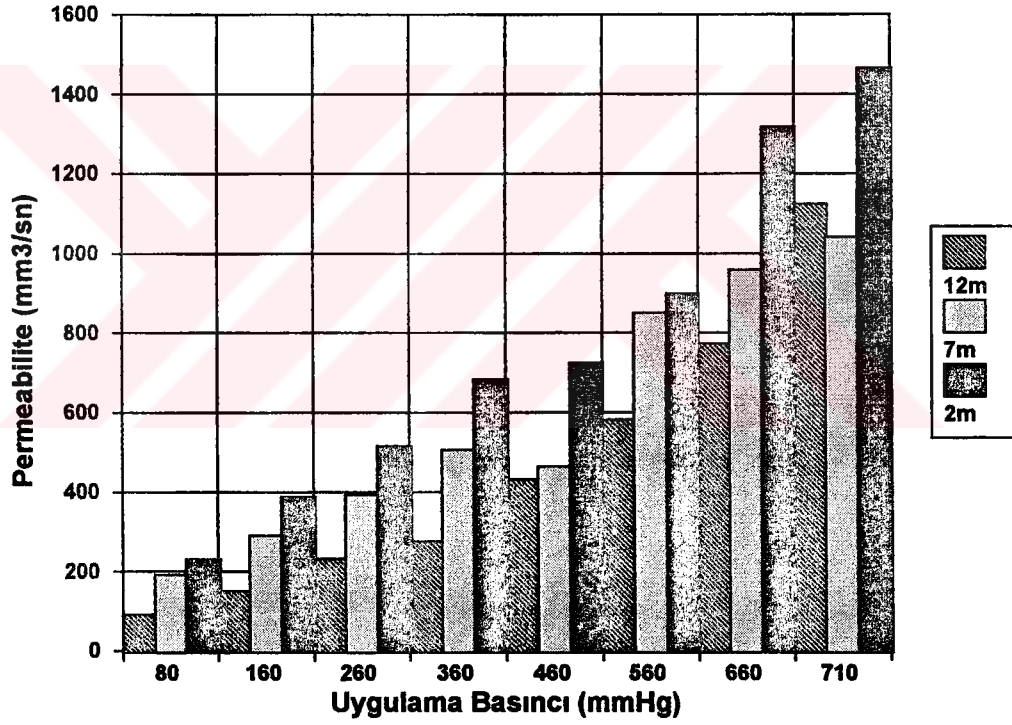
Şekil 41. Geniş Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Dir Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



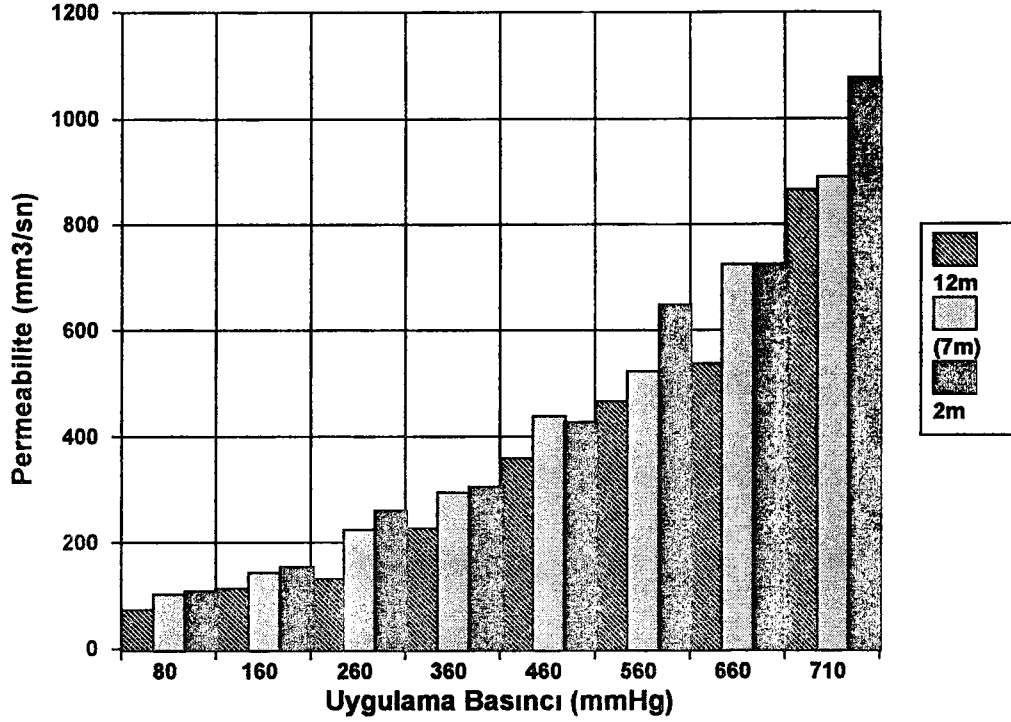
Şekil 42. Geniş Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 40. Geniş Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	1466	1041	1124	1076	889	865
660	1317	958	774	725	725	538
560	899	851	581	649	523	466
460	724	464	431	428	439	359
360	684	506	275	306	295	227
260	515	394	232	261	225	132
160	388	290	150	154	143	114
80	231	192	92	109	103	74



Şekil 43. Geniş Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



Şekil 44. Geniş Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Geniş yıllık halka gurubu diri ve öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine rutubet oranı ve gövde yüksekliği etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 41-48' da verilmiştir.

Tablo 41. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerine Rutubet Oranının Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Rutubet	2.1956E0008	2	1.0978E0008	48.460	0.0000
Hata	1.5631E0008	69	2265402.900	---	---
Toplam	3.7587E0008	71	---	---	---

Tablo 42. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabiliteleri ile Rutubet Oranı Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Tam Kuru	607.4583	X
Hava Kuru	702.5833	X
Taze Hal	4358.500	X

Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 41); diri odun permeabilite değerlerinin rutubet oranlarına bağlı olarak hesaplanan F oranı (48.460), %95 güvenirlilik düzeyinde belirlenen tablo değerinden büyük olduğu için rutubet oranının permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 42); bu etki taze hal - hava kurusu ve taze hal - tam kuru rutubet dereceleri arasında daha belirgindir.

Tablo 43. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerine Gövde Yüksekliği Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	9814283.100	2	4907141.600	0.9250	0.4014
Hata	3.6606E0008	69	530520.200	---	---
Toplam	3.7587E0008	71	---	---	---

Tablo 44. Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabiliteleri ile Gövde Yüksekliği Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Gövde Yüksekliği	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
12 m	1446.4583	X
7 m	1871.7917	X
2 m	2350.2917	X

Gövde yüksekliği etkisinin belirlendiği Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 43-45); yüksekliğin permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli olmakla birlikte, %95 güven aralığı için yükseklik kademeleri arasındaki permeabilite dağılımları homojen bulunmuştur.

Öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin rutubet oranına bağlı olan değişiminin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 45-46' de verilmiştir. Buna göre, hesaplanan F oranı 35.456, %95 güven aralığı için bulunan orandan büyük olduğu için rutubet oranı etkisi öz odun permeabilite değerleri için önemli bulunmuştur ve bu etki özellikle taze hal - hava kurusu ve taze hal - tam kuru rutubet dereceleri bakımından önemlidir. Hava kurusu ve tam kuru rutubet dereceleri arasında rutubet oranının etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 45. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerine Rutubet Oranı Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Rutubet	2.2239E0008	2	1.1120E0008	35.456	0.0000
Hata	2.1640E0008	69	3136161.600	---	---
Toplam	4.3879E0008	71	---	---	---

Tablo 46. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabiliteleri ile Rutubet Oranı Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Tam Kuru	409.3750	X
Hava Kuru	510.0833	X
Taze Hal	4186.9167	X

Gövde yüksekliğinin öz odun permeabilite değerleri bakımından etkisini belirlemek için yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 47-48' da verilmiştir.

Tablo 47. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Gövde Yüksekliği Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	1995653.100	2	997826.540	0.158	0.8545
Hata	4.3679E0008	69	6330319.300	---	---
Toplam	4.3879E0008	71	---	---	---

Tablo 48. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabiliteleri ile Gövde Yüksekliği Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
12 m	1469.2917	X
7 m	1788.2500	X
2 m	1848.8333	X

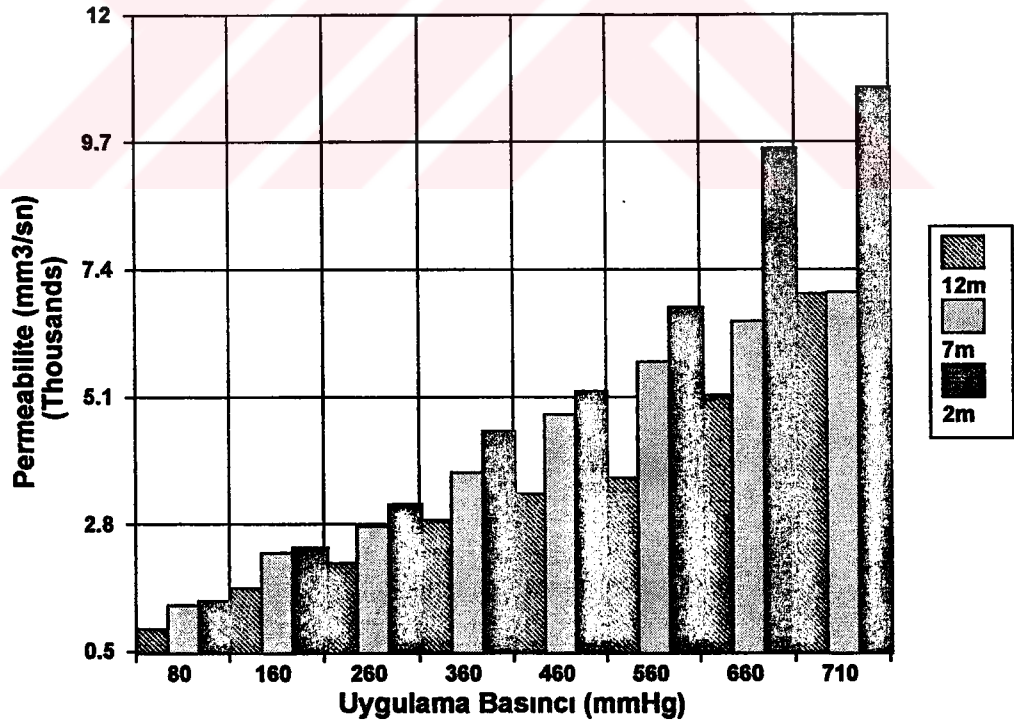
F oranı olarak hesaplanan 0.158 değeri %95 güven aralığı için bulunan oran 0.8545' den küçük olduğu için gövde yüksekliği etkisi öz odun permeabilite değerleri bakımından önemsiz bulunmuştur.

3.4.3. Normal Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri

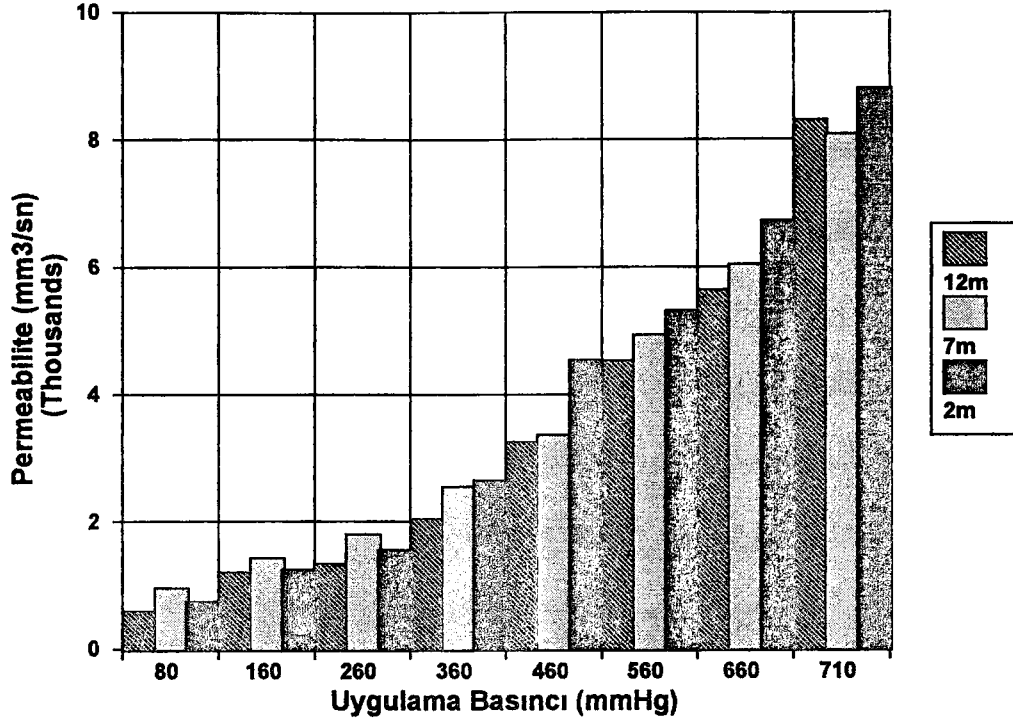
Normal yıllık halka gurubu ağaçların diri ve öz odunlarından alınan örneklerin tam yaş, hava kuru ve tam kuru rutubet derecelerindeki permeabilite değerleri, gövde yüksekliğinin 2, 7 ve 12 m' leri için belirlenmiş ve sonuçları Tablo 49-51 ve Şekil 45-50' de verilmiştir.

Tablo 49. Normal Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	10692	6990	6963	8808	8082	8321
660	9588	6460	5135	6720	6037	5638
560	6718	5732	3636	5320	4930	4533
460	5197	4790	3342	4539	3361	3254
360	4491	3726	2874	2651	2551	2045
260	3155	2762	2096	1557	1800	1344
160	2380	2284	1649	1245	1430	1206
80	1410	1326	913	748	962	599



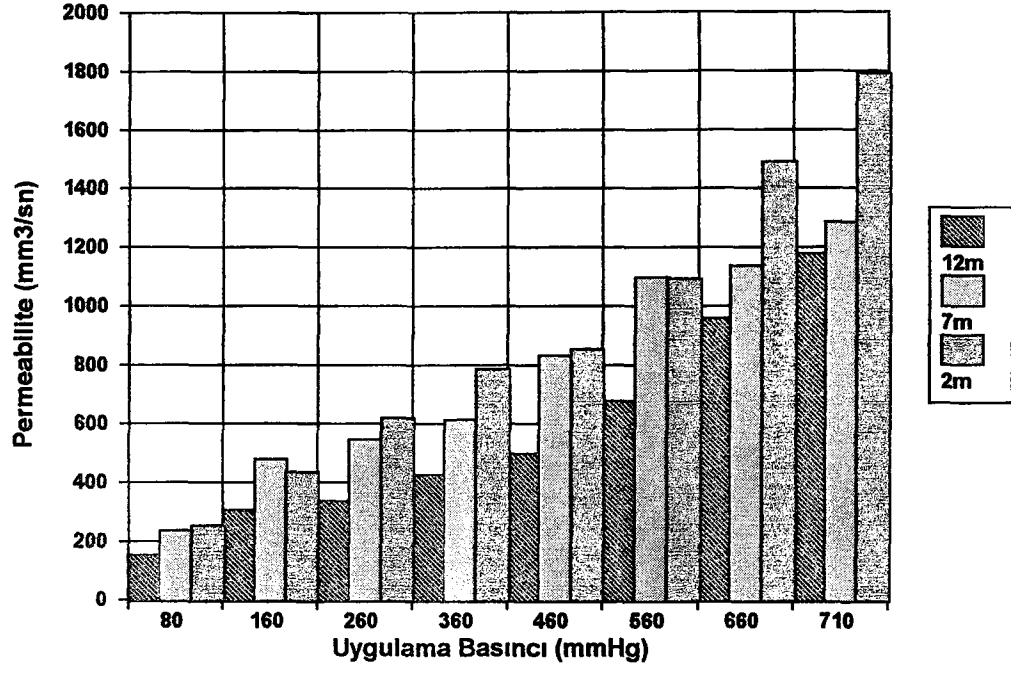
Şekil 45. Normal Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



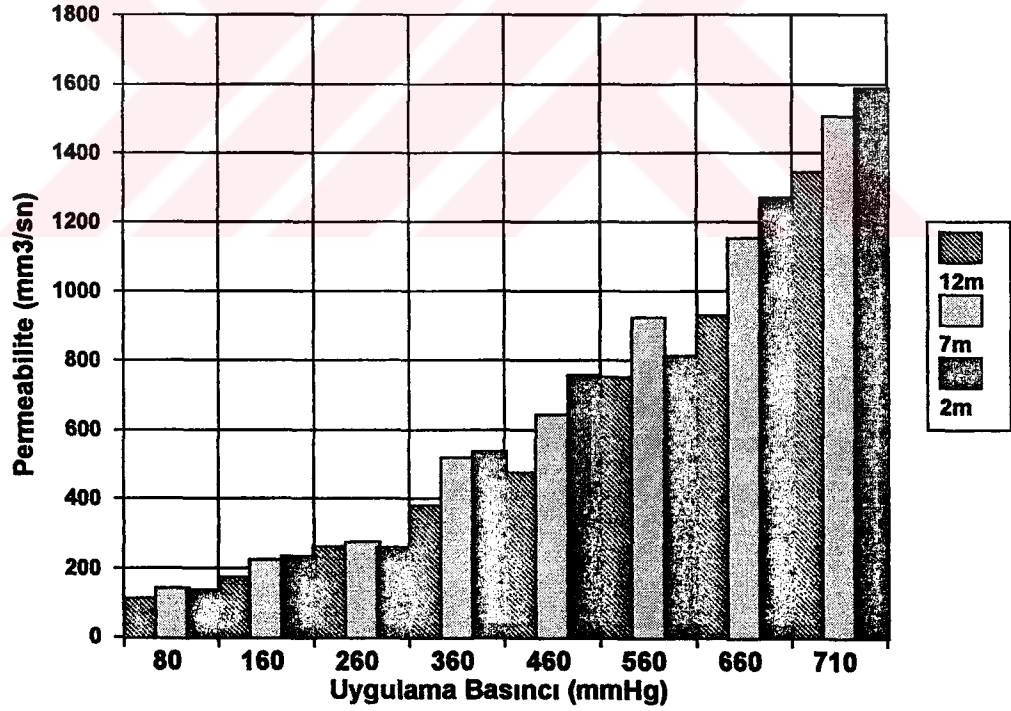
Şekil 48. Normal Yıllık Halka Grubu Taze Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 50. Normal Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	1792	1285	1179	1588	1507	1345
660	1489	1136	959	1271	1155	931
560	1094	1097	678	814	925	753
460	855	931	497	758	644	477
360	787	613	426	539	620	380
260	621	454	337	260	274	262
160	435	479	306	235	224	173
80	255	237	154	136	142	112



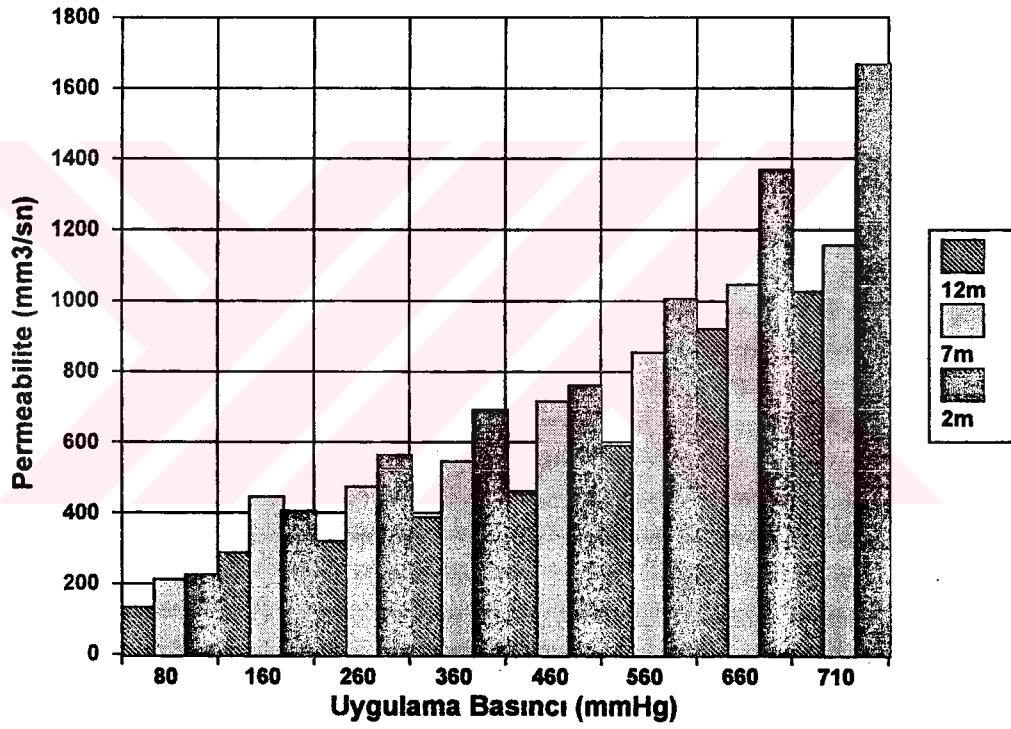
Şekil 47. Normal Yıllık Halka Grubu Hava Kuru Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



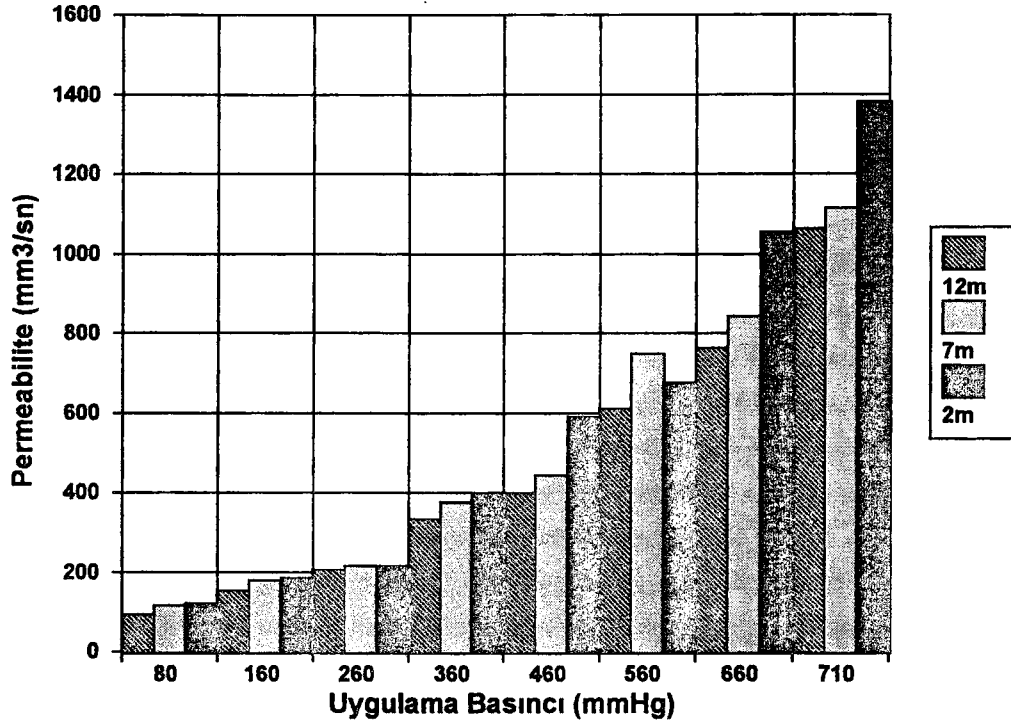
Şekil 48. Normal Yıllık Halka Grubu Hava Kuru Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 51. Normal Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	1667	1157	1026	1382	1155	1063
660	1370	1045	921	1055	843	764
560	1006	954	590	676	749	610
460	761	715	462	591	444	396
360	693	546	288	399	375	334
260	565	474	320	216	216	207
160	405	445	288	186	179	154
80	224	211	132	120	115	94



Şekil 50. Normal Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



Şekil 52. Normal Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Normal yıllık halka gurubu diri ve öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine rutubet oranı ve gövde yüksekliği etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 52-59' da verilmiştir.

Tablo 52. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Rutubet Oranının Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Rutubet	1.8056E0008	2	90278497	32.600	0.0000
Hata	1.9108E0008	69	2769317.7	---	---
Toplam	3.7164E0008	71	---	---	---

Tablo 53. Geniş Yıllık Halka Grubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Rutubet Oranı Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Hava Kuru	642.8500	X
Tam Kuru	681.3750	X
Taze Hal	3912.1071	X

Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 52); diri odun permeabilite değerlerinin rutubet oranlarına bağlı olarak hesaplanan F oranı (32.600), %95 güven düzeyi için belirlenen tablo değerinden büyük olduğu için, rutubet oranının permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 53); bu etki taze hal - hava kuru ve taze hal - tam kuru rutubet dereceleri için daha belirgindir.

Gövde yüksekliğinin diri odun permeabilite değerleri üzerindeki etkisinin belirlendiği Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları da Tablo 54-55' de verilmiştir. Buna göre, gövde yüksekliğinin permeabilite üzerinde etkisi olmakla birlikte, %95 güven düzeyinde bu etki örneklerin alındığı yükseklik kademeleri için önemsiz bulunmuştur.

Tablo 54. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Gövde Yüksekliği Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	10554424	2	5227712.100	0.999	0.3736
Hata	3.6118E0008	69	5234557.900	---	---
Toplam	3.7164E0008	71	---	---	---

Tablo 55. Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Gövde Yüksekliği Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Gövde Yüksekliği	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
12 m	1469.1250	X
7 m	1910.0000	X
2 m	2402.0833	X

Öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin rutubet oranına bağlı olan değişiminin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 56-57' de verilmiştir. Buna göre, hesaplanan F oranı(24.686), %95 güven düzeyinde belirlenen orandan büyük olduğu için rutubet oranı öz odun permeabilite değerleri için önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 57); bu etki taze hal - hava kurusu ve taze hal - tam kuru rutubet derecelerinde daha belirgindir.

Tablo 56. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Rutubet Oranının Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Rutubet	1.3040E0008	2	65199124	24.686	0.0000
Hata	1.8224E0008	69	2641154.9	---	---
Toplam	3.1264E0008	71	---	---	---

Tablo 57. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Rutubet Oranı Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Tam Kuru	512.3333	X
Hava Kurusu	549.7000	X
Taze Hal	3289.7143	X

Gövde yüksekliğinin öz odun permeabilite değerleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için yapılan Varyans analizi(Tablo 58) ve Duncan testi(Tablo 59) sonuçlarına göre ise hesaplanan F oranı(0.1080), %95 güven düzeyi için bulunan orandan(0.8976) küçük olduğu için, yükseklik kademelerinin permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur.

Tablo 58. Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Gövde Yüksekliği Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	987867.4400	2	488933.720	0.1080	0.8976
Hata	3.1166E0008	69	4516812.400	---	---
Toplam	3.1264E0008	71	---	---	---

Tablo 59. Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Gövde Yüksekliği Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Gövde Yüksekliği	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
12 m	1457.0000	X
7 m	1609.1667	X
2 m	1742.2500	X

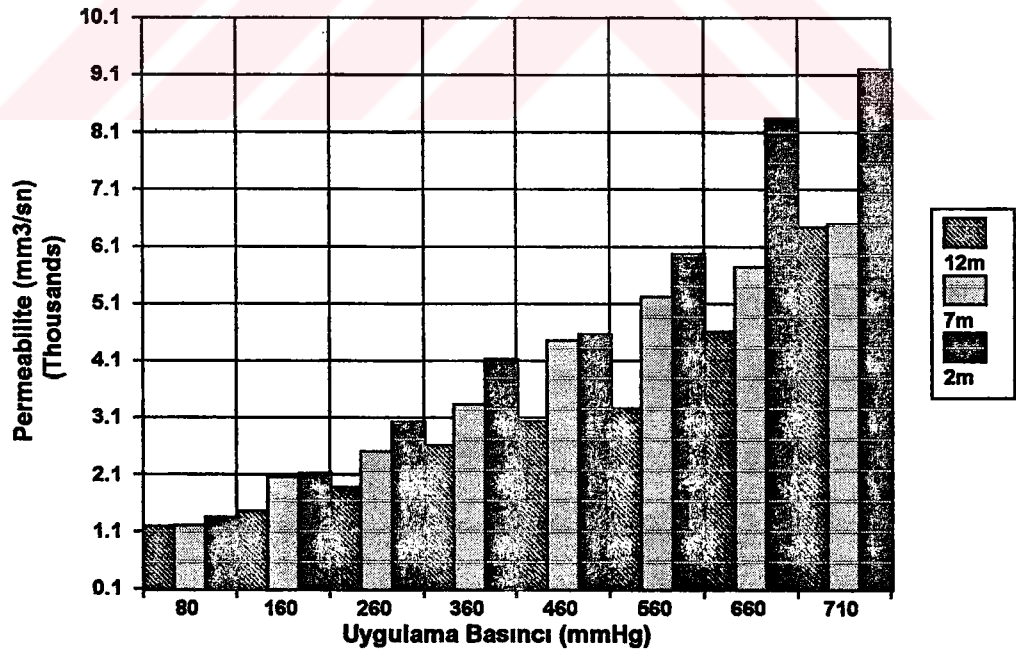


3.4.4. Dar Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri

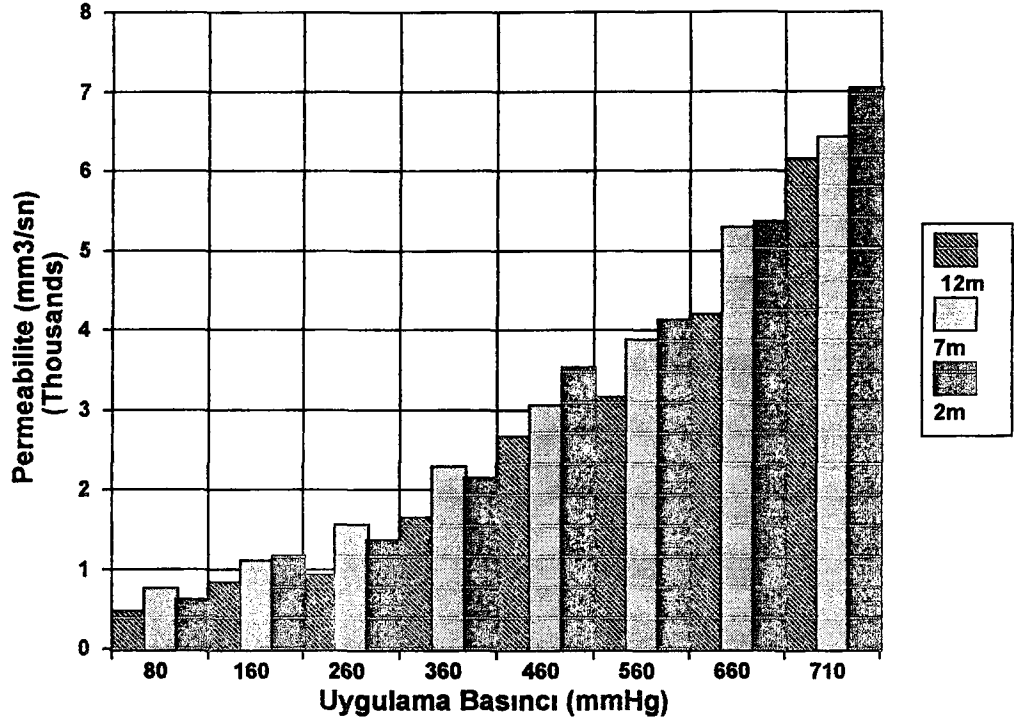
Dar yıllık halka gurubuna ait ağaçların diri ve öz odunlarından alınan örneklerin taze hal, hava kurusu ve tam kuru rutubet derecelerindeki permeabilite değerleri, gövde yüksekliğinin 2, 7 ve 12 m'leri için belirlenmiş ve sonuçları Tablo 60-62 ve Şekil 51-56' da verilmiştir.

Tablo 60. Dar Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri	Odun	Örnekleri	Öz	Odun	Örnekleri
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	9195	6500	6439	7042	6433	6149
660	8342	5749	4617	5367	5288	4206
560	5979	5216	3271	4128	3885	3169
460	4573	4455	3050	3532	3059	2665
360	4132	3338	2610	2150	2286	1654
260	3028	2502	1882	1369	1564	935
160	2118	2053	1464	1168	1114	842
80	1353	1205	1192	621	768	471



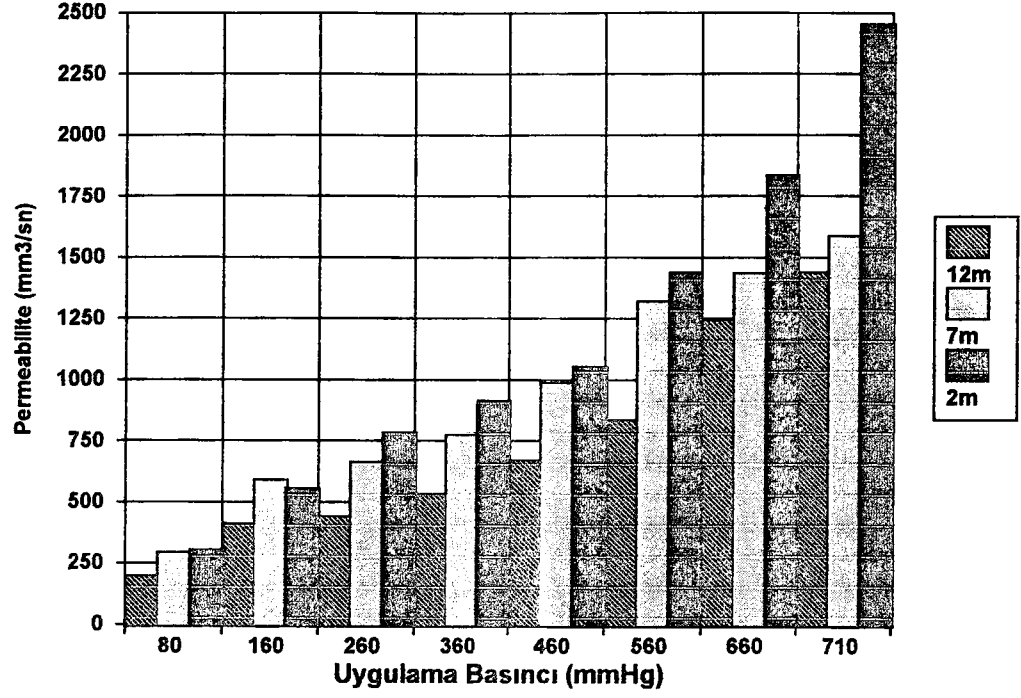
Şekil 51. Dar Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



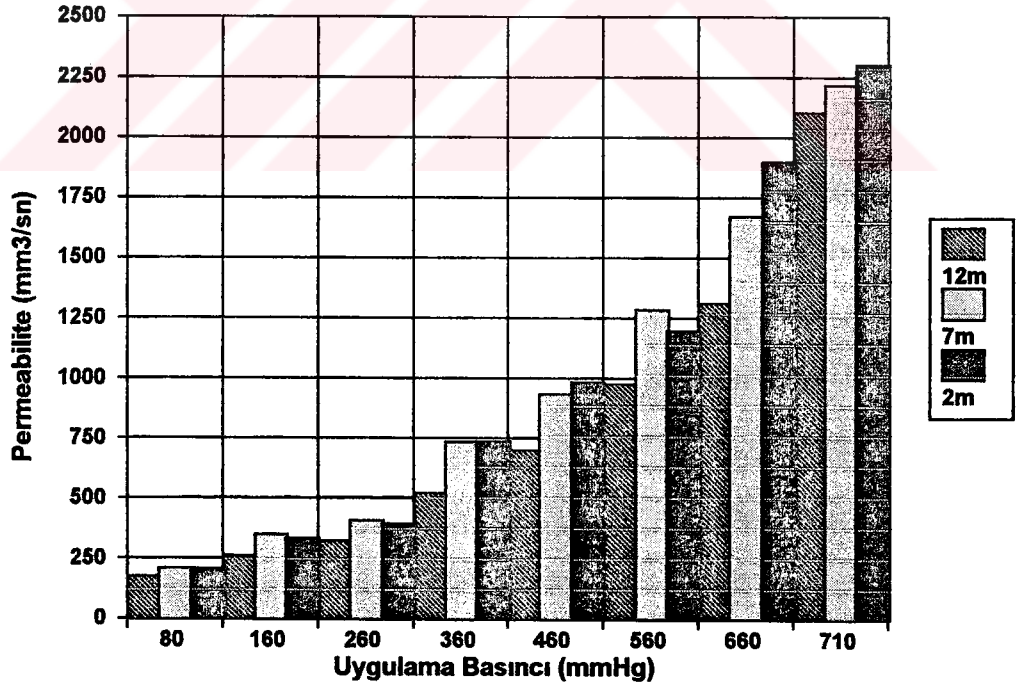
Şekil 52. Dar Yıllık Halka Gurubu Taze Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 61. Dar Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Odun Örneklerinin Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	2455	1587	1438	2302	2217	2102
660	1838	1436	1246	1897	1674	1311
560	1440	1322	837	1197	1285	978
460	1055	989	672	985	934	701
360	915	776	532	738	733	521
260	786	665	443	395	409	323
160	558	591	413	332	350	261
80	307	291	198	206	209	174



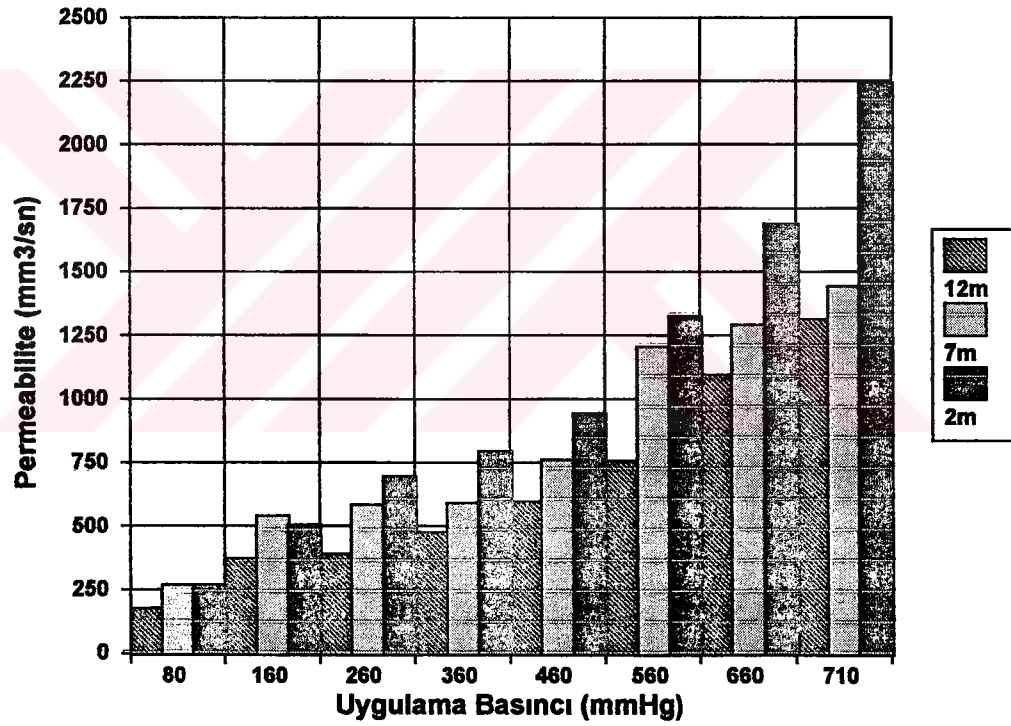
Şekil 53. Dar Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



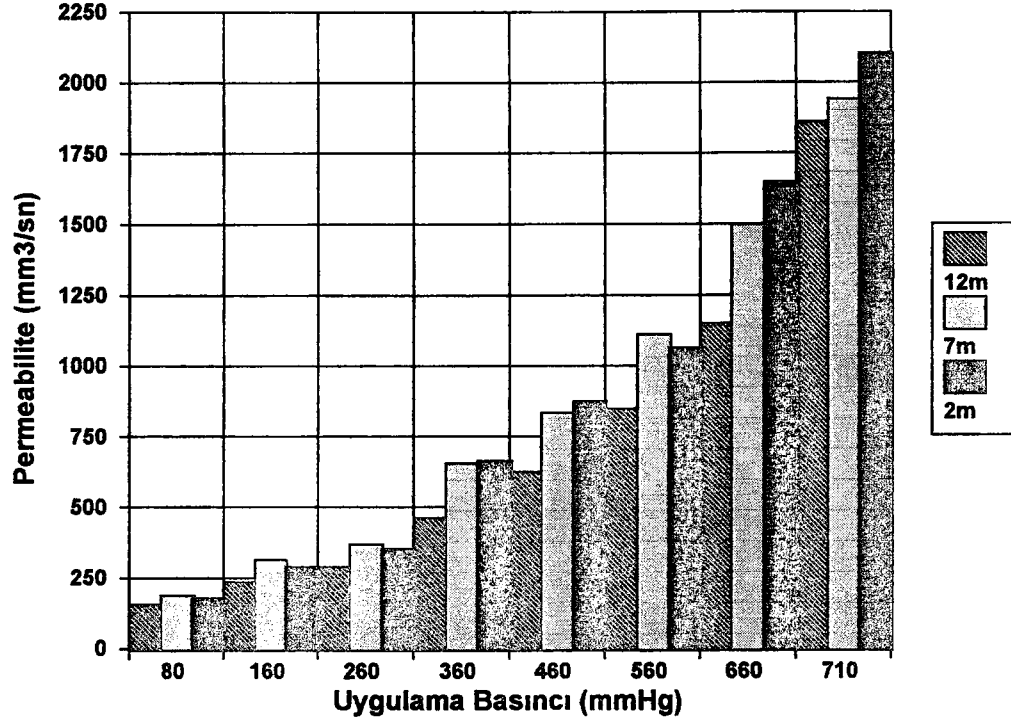
Şekil 54. Dar Yıllık Halka Gurubu Hava Kuru Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 62. Dar Yıllık Halka Grubu Tam Kuru Haldeki Odun Örnekleri
Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	2243	1443	1314	2104	1942	1862
660	1692	1291	1096	1648	1497	1148
560	1329	1208	757	1062	1109	848
460	945	759	596	873	833	625
360	795	591	475	665	654	462
260	697	585	391	354	369	289
160	507	540	372	290	314	235
80	270	270	177	180	189	156



Şekil 55. Dar Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Diri Odun Örnekleri
Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



Şekil 56. Dar Yıllık Halka Gurubu Tam Kuru Haldeki Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Dar yıllık halka gurubu diri ve öz odun örneklerinin permeabilite değerleri üzerine rutubet oranı ve gövde yüksekliği etkisinin belirlenmesi amacı ile Varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 63-70' de verilmiştir.

Tablo 63. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Rutubet Oranının Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Rutubet	1.0184E0008	2	50920391	20.265	0.0000
Hata	1.7338E0008	69	2512689.8	---	---
Toplam	2.7522E0008	71	---	---	---

Tablo 64. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Rutubet Oranı Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Hava Kuru	840.0625	X
Tam Kuru	847.6250	X
Taze Hal	3238.0313	X

Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 63); diri odun permeabilite değerlerinin rutubet oranlarına bağlı olarak hesaplanan F değeri (20.265), %95 güven düzeyi için belirlenen tablo değerinden büyük olduğu için, rutubet oranının permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre de (Tablo 64); bu etki taze hal - hava kuru ve taze hal - tam kuru rutubet dereceleri arasında daha belirgindir.

Tablo 65. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerine Gövde Yüksekliği Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	9260588.200	2	4630294.100	1.201	0.3070
Hata	2.6596E0008	69	3854431.700	---	---
Toplam	2.7522E0008	71	---	---	---

Tablo 66. Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Gövde Yüksekliği Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Gövde Yüksekliği	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
12 m	1478.4167	X
7 m	1890.2917	X
2 m	2356.3333	X

Gövde yüksekliği etkisinin belirlendiği Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 65-66); gövde yüksekliği kademelerinin permeabilite değerleri üzerindeki etkisi, %95 güven düzeyi için önemsiz bulunmuştur.

Öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin rutubet oranına bağlı olan değişiminin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan

testi sonuçları da Tablo 67-68' de verilmiştir. Buna göre, hesaplanan F oranı (10.908), %95 güven düzeyinde bulunan değerden büyük olduğu için, rutubet oranının etkisi öz odun permeabilite değerleri bakımından önemli bulunmuştur. Bu etki Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 68); taze hal - hava kurusu ve taze hal - tam kuru rutubet derecelerinde daha belirgindir.

Tablo 67. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Rutubet Oranının Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Rutubet	42547733	2	21273866	10.908	0.0001
Hata	1.3457E0008	69	1950292.8	---	---
Toplam	1.7712E0008	71	---	---	---

Tablo 68. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Rutubet Oranı Arasındaki Homojenlik Gruplarının Dağılımı

Rutubet Oranı	Kareler Ortalaması	Homojenlik Grupları
Hava Kurusu	886.1875	X
Tam Kuru	889.0000	X
Taze Hal	2434.9063	X

Gövde yüksekliğinin öz odun permeabilite değerleri bakımından etkisini belirlemek için yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 69-70' de verilmiştir.

Tablo 69. Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri Üzerinde Gövde Yüksekliği Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Yükseklik	2250452.500	2	1125226.300	0.444	0.6433
Hata	1.7487E0008	69	2534311.400	---	---
Toplam	1.7712E0008	71	---	---	---

Tablo 70. Dar Yıllık Halka Grubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerleri ile Gövde Yüksekliği Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Gövde Yüksekliği	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
12 m	1336.9583	X
7 m	1629.6667	X
2 m	1759.7083	X

Hesaplanan F değeri(0.444), %95 güven düzeyi için belirlenen orandan(0.6433) küçük olduğundan dolayı, yükseklik kademelerinin öz odun permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur.



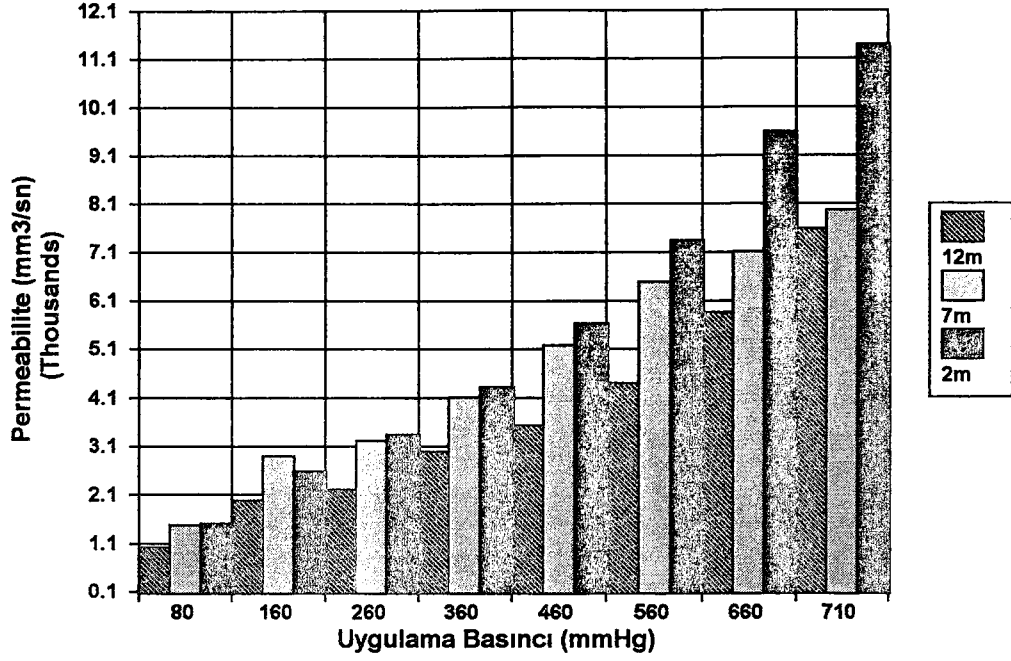
3.4.5. Organik Çözücü Değişimi Uygulanarak Kurutulan Ağaçların Permeabilite Ölçümleri.

3.4.5.1. Geniş Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri

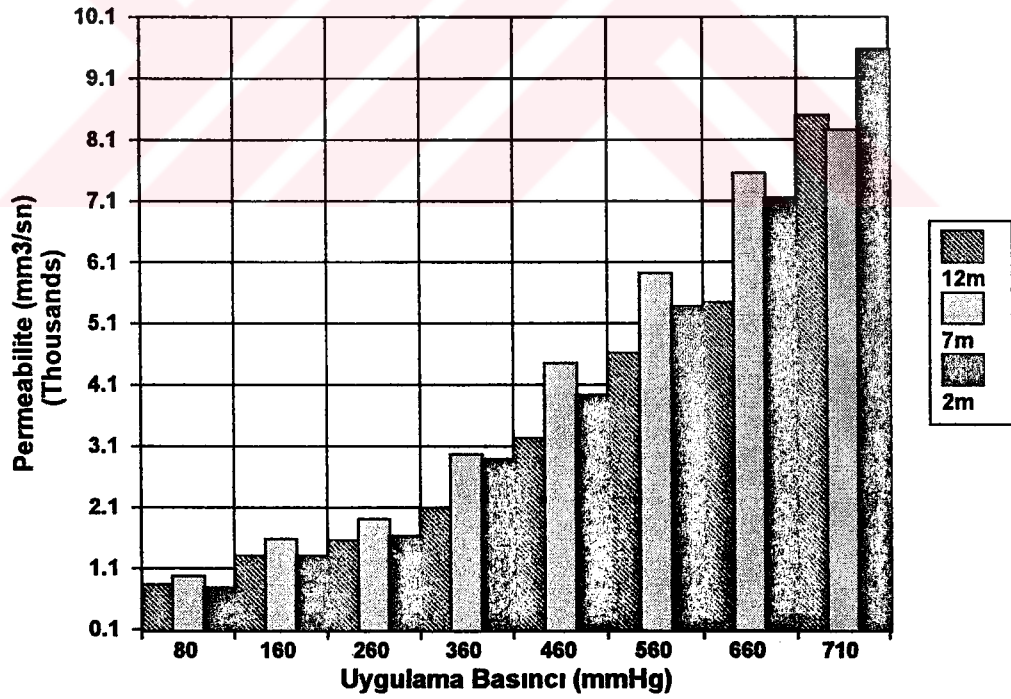
Geniş yıllık halka gurubuna ait olan ağaçların diri ve öz odunlarından alınan örneklerin aseton, benzen ve pentan gibi düşük yüzey gerilimli organik çözücüler ile serbest suyun yer değiştirmesi esasına göre yapılan kurutma sonrası ölçülen permeabilite değerleri Tablo 71-73 ve gövde yüksekliğinin belirli kademeleri için permeabilite değerlerindeki değişim de Şekil 57-62' de verilmiştir.

Tablo 71. Aseton ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	11389	7969	7586	9580	8266	8507
660	9591	7121	5862	7149	7556	5452
560	7352	6494	4403	5388	5934	4618
460	5641	5278	3533	3933	4453	3235
360	4330	4120	2989	2884	2963	2091
260	3346	3223	2218	1635	1914	1558
160	2586	2904	1985	1314	1583	1310
80	1513	1473	1026	795	979	842



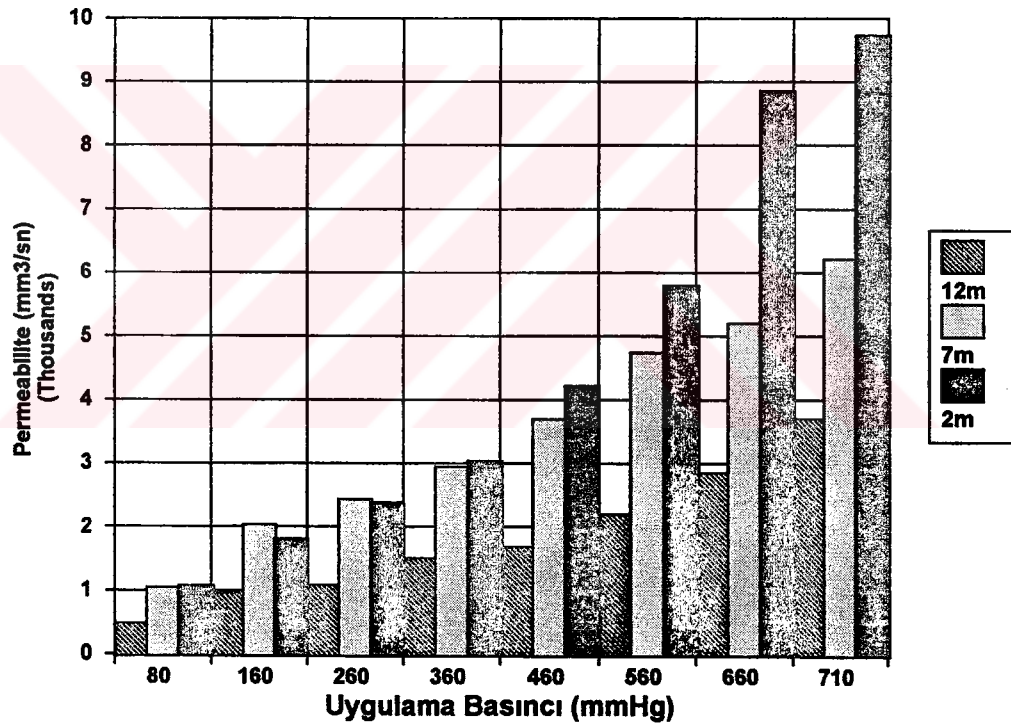
Şekil 57. Aseton ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



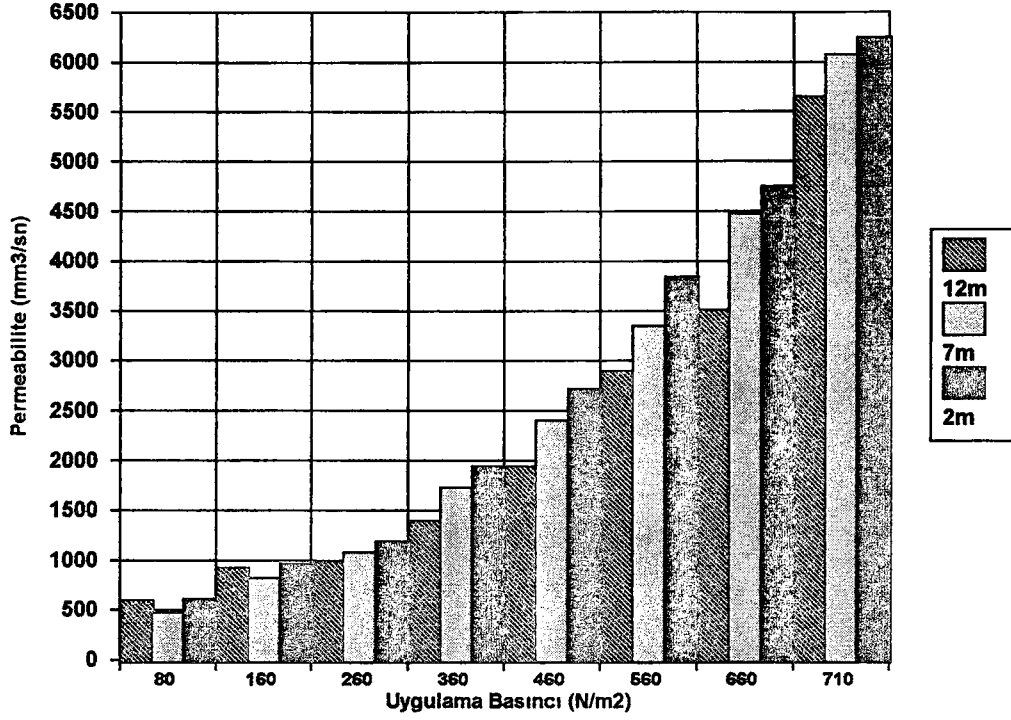
Şekil 58. Aseton ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 72. Pentan ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	9739	6207	4784	6249	6071	5650
660	8857	5208	3625	4751	4475	3512
560	5797	4749	2677	3847	3349	2898
460	4297	3693	2121	2719	2405	1938
360	3839	2955	1827	1941	1727	1396
260	2390	2434	1278	1190	1080	987
160	1800	2030	1145	965	819	923
80	1076	1046	567	608	475	599



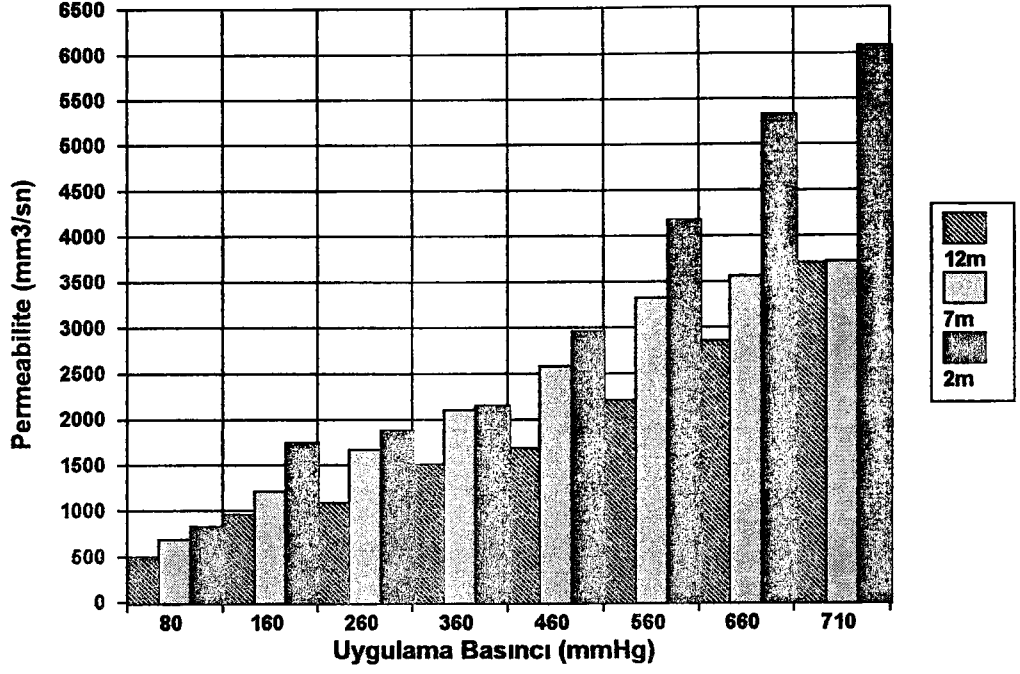
Şekil 59. Pentan ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



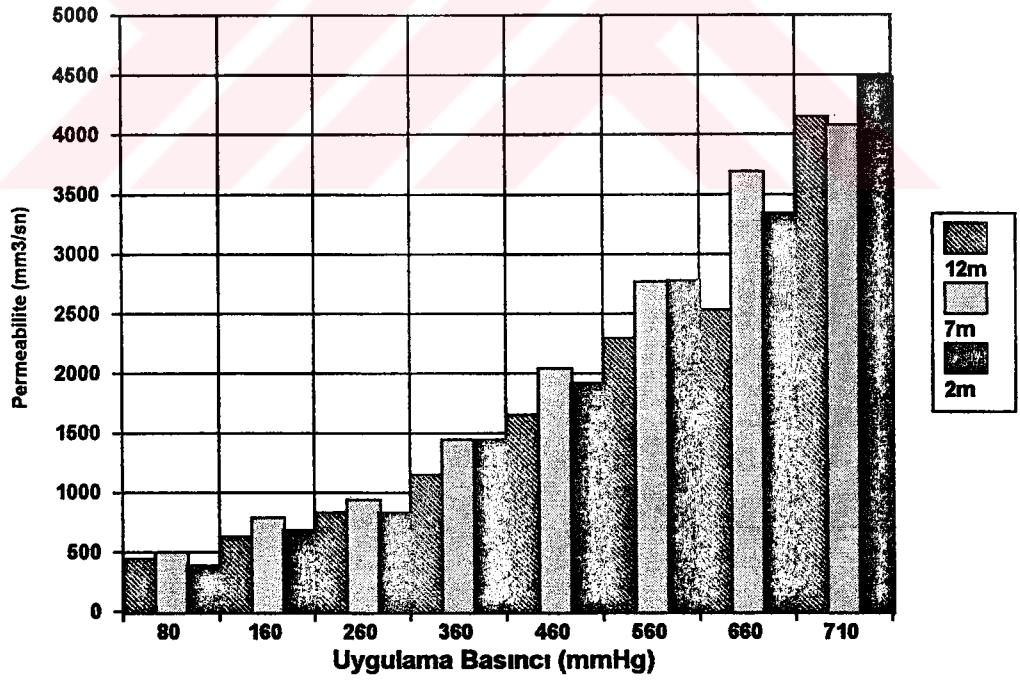
Şekil 60. Pentan ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 73. Benzen ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	6083	3717	3706	4478	4084	4148
660	5333	3563	2855	3342	3691	2531
560	4173	3322	2207	2780	2768	2297
460	2960	2578	1686	1919	2044	1654
360	2153	2107	1509	1443	1446	1148
260	1882	1668	1090	835	938	831
160	1742	1212	961	685	792	625
80	832	688	478	388	501	449



Şekil 61. Benzen ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



Şekil 62. Benzen ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Aseton, benzen ve pentan ile muamele edilen geniş yıllık halka gurubuna ait olan ağaçların diri ve öz odun örnekleri permeabilite değerleri üzerine kullanılan organik çözücü etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 74-77' de verilmiştir.

Tablo 74. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri Üzerindeki Çözücü Etkisine Ait Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Çözücü	64054491.00	2	32027246.00	6.306	0.0031
Hata	3.5046E0008	69	5079083.200	---	---
Toplam	4.1451E0008	71	---	---	---

Tablo 75. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri ile Kullanılan Çözücüler Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Çözücü Türü	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Benzen	2438.9583	X
Pentan	3506.2500	XX
Aseton	4747.1667	X

Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo74); diri odun örnekleri gaz permeabilitesi değerlerinin kullanılan çözücü türlerine bağlı olarak hesaplanan F oranı(6.306), %95 güven düzeyi için belirlenen tablo değerinden (0.0031) büyük olduğundan dolayı, çözücü türünün permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre de (Tablo 75) bu etki özellikle aseton ve benzen kullanımında daha belirgindir.

Öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin kullanılan çözücü türüne bağlı olarak yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 76-77' de verilmiştir. Buna göre, hesaplanan F oranı (5.770), %95 güven düzeyi için bulunan orandan (0.0048) büyük olduğu için organik çözücüler ile muamelenin permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 77), bu etki özellikle aseton-benzen ve aseton-pentan için daha belirgindir.

Tablo 76. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri Üzerindeki Çözücü Etkisine Ait Varyans Analizi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Çözücü	49726211.00	2	24863105.00	5.770	0.0048
Hata	2.9732E0008	69	4308924.60	---	---
Toplam	3.4704E0008	71	---	---	---

Tablo 77. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Geniş Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri ile Kullanılan Çözücüler Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

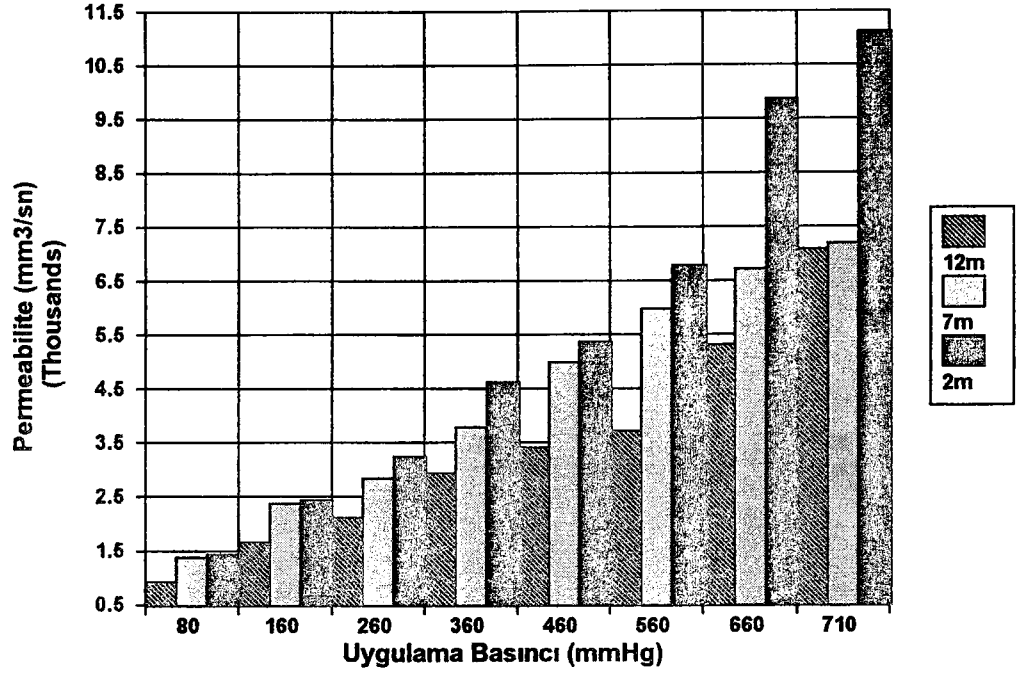
Çözücü Türü	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Benzen	1909.0417	X
Pentan	2607.2500	X
Aseton	3914.1250	X

3.4.5.2. Normal Yıllık Halka Grubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri

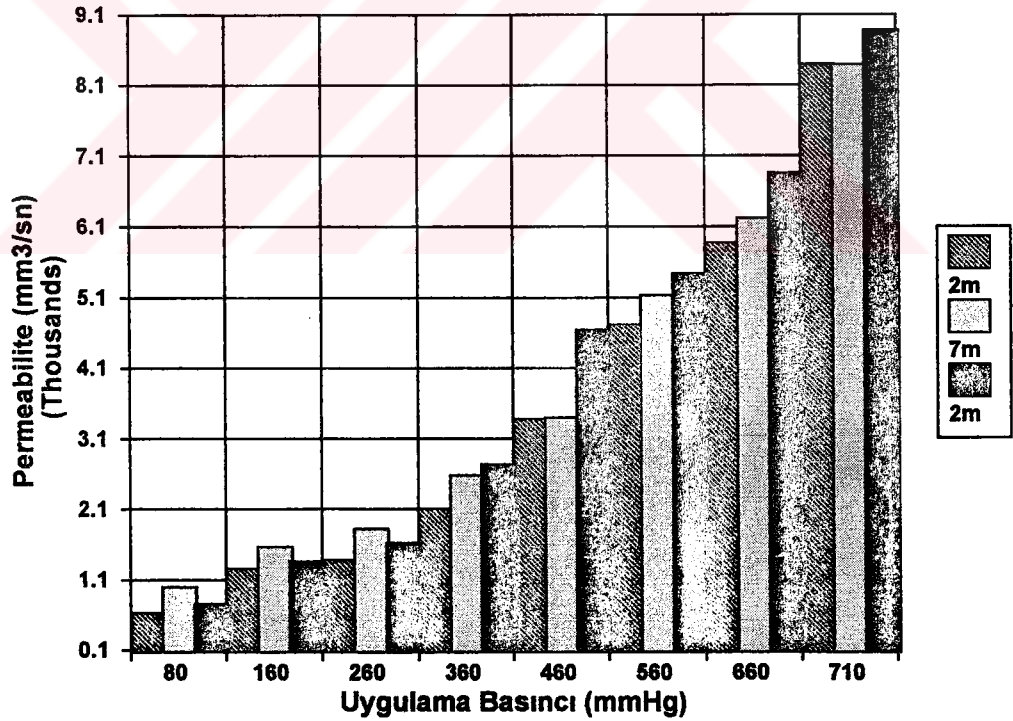
Normal yıllık halka gurubu ağaçların diri ve öz odun örneklerinin aseton, benzen ve pentan içerisinde bekletilmesinden sonra ölçülen gaz permeabilite değerleri Tablo 78-80 ve gövde yüksekliği kademelerine göre permeabilite değerlerindeki değişimler diri ve öz odun örnekleri için Şekil 63-68' de verilmiştir.

Tablo 78. Aseton ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekler Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	11120	7191	7082	8886	8395	8403
660	9876	6705	5307	6853	6211	5870
560	6785	5973	3712	5437	5126	4709
460	5374	4983	3408	4642	3394	3380
360	4621	3796	2936	2736	2583	2097
260	3240	2837	2107	1621	1824	1379
160	2425	2371	1655	1357	1571	1256
80	1435	1381	931	759	1000	631



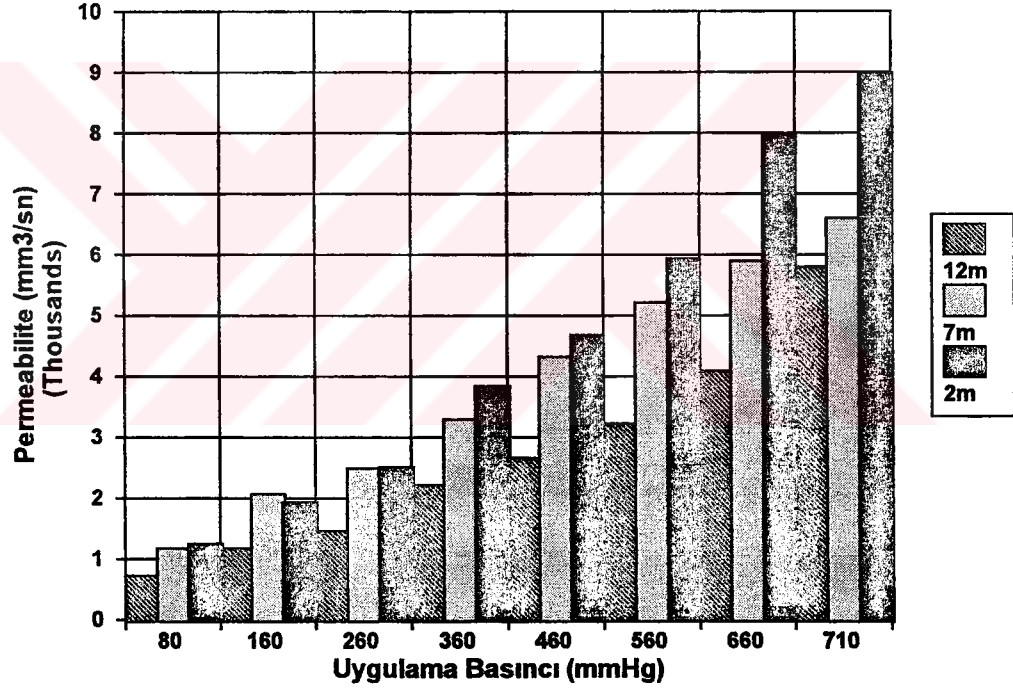
Şekil 63. Aseton ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



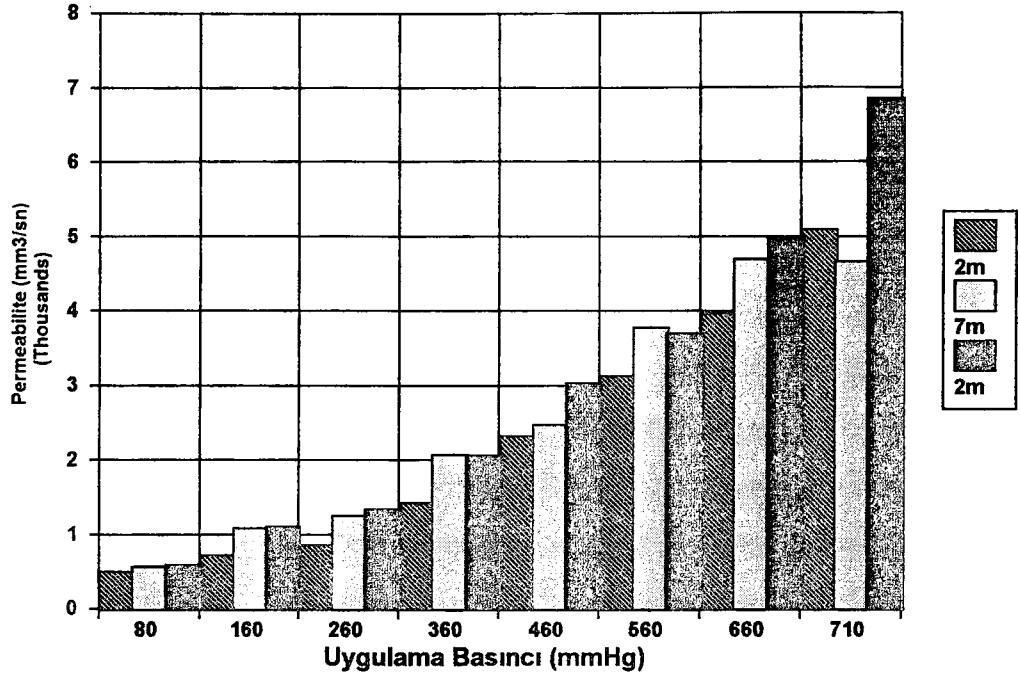
Şekil 64. Aseton ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 79. Pentan ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	8989	6607	5796	6833	4662	5094
660	7978	5895	4092	4990	4698	3964
560	5933	5228	3235	3703	3776	3121
460	4688	4323	2662	3036	2473	2317
360	3847	3300	2219	2038	2065	1423
260	2513	2494	1464	1340	1254	858
160	1934	2075	1175	1099	1079	718
80	1250	1180	727	594	563	497



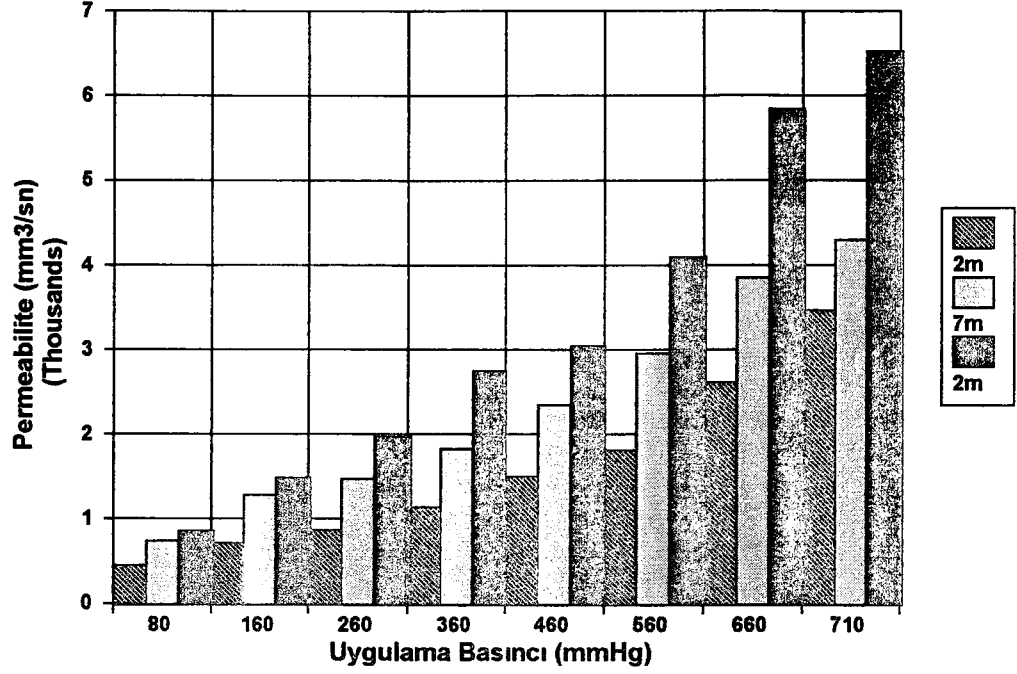
Şekil 65. Pentan ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



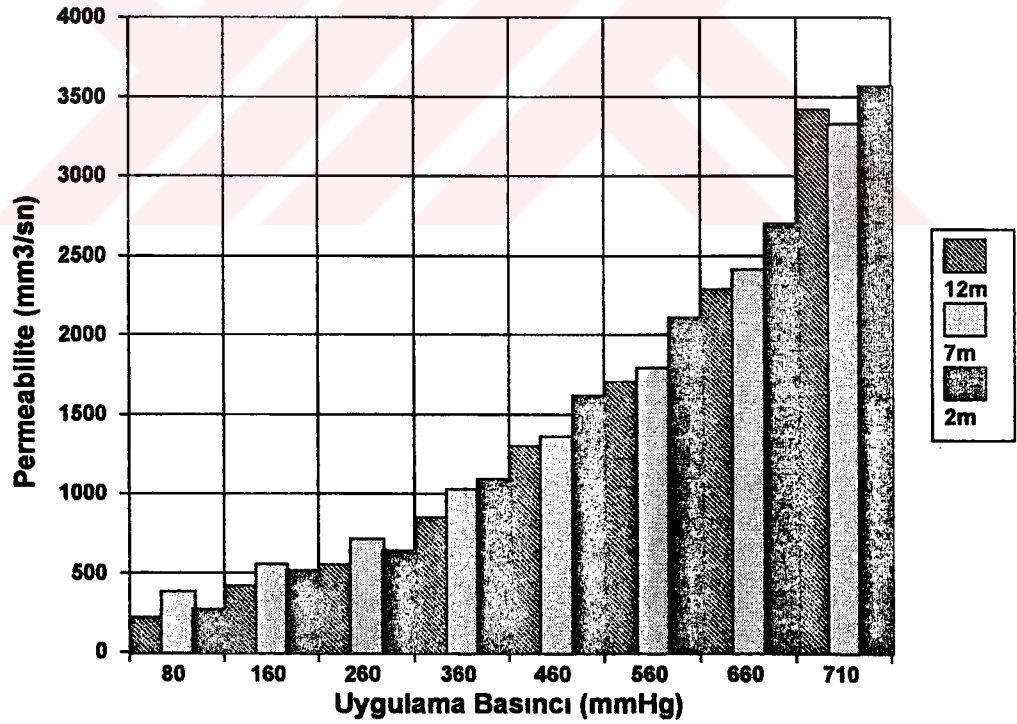
Şekil 66. Pentan ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 80. Benzen ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Diri Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	6523	4291	3459	3567	3333	3419
660	5842	3856	2617	2702	2414	2286
560	4095	2955	1814	2108	1792	1703
460	3047	2350	1503	1621	1360	1300
360	2750	1825	1136	1092	1026	849
260	1967	1471	868	642	714	554
160	1490	1287	713	518	556	417
80	858	738	453	271	384	218



Şekil 67. Benzen ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



Şekil 68. Benzen ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Aseton, benzen ve pentan ile muamele edilen normal yıllık halka gurubu ağaçların diri ve öz odun örnekleri permeabilite değerleri üzerine kullanılan organik çözücü etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 81-83' de verilmiştir.

Tablo 81. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Grubu Diri Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri Üzerindeki Çözücü Etkisine Ait Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Çözücü	53134246.00	2	26567123	5.337	0.0070
Hata	3.4348E0008	69	4978026.8	---	---
Toplam	3.9662E0008	71	---	---	---

Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo81); diri odun örnekleri gaz permeabilitesi değerlerinin kullanılan çözücü türlerine bağlı olarak hesaplanan F oranı(5.337), %95 güven düzeyi için belirlenen tablo değerinden(0.0070) büyük olduğundan dolayı, çözücü türünün permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre de (Tablo 82) bu etki özellikle aseton-pentan ve benzen-pentan arasında daha belirgindir.

Tablo 82. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri ile Kullanılan Çözücüler Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Çözücü Türü	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Benzen	2397.1250	X
Pentan	3733.5000	X
Aseton	4472.9583	X

Öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin kullanılan çözücü türüne bağlı olarak yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 83-84' de verilmiştir. Buna göre, hesaplanan F oranı(8.569), %95 güven düzeyi için bulunan orandan (0.0005) büyük olduğu için organik çözücüler ile muamelenin permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur.

Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 84), bu etki her üç çözücü için de geçerlidir.

Tablo 83. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri Üzerindeki Çözücü Etkisine Ait Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Çözücü	63652309.00	2	31826155.00	8.569	0.005
Hata	2.5626E0008	69	3713956.200	---	---
Toplam	3.1992E0008	71	---	---	---

Tablo 84. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Normal Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri ile Kullanılan Çözücüler Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

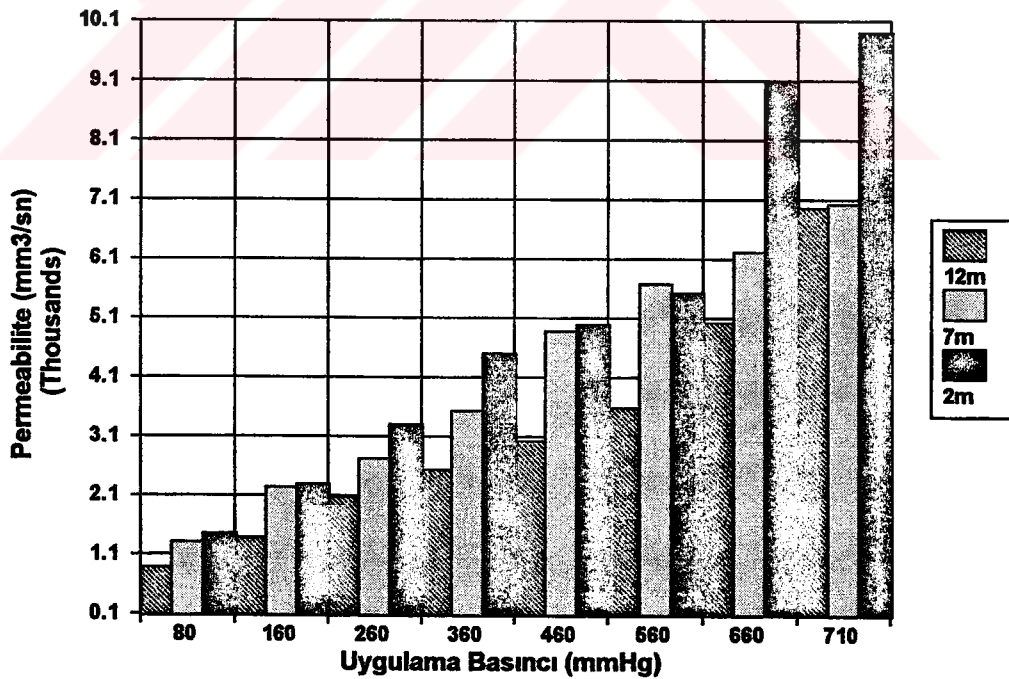
Çözücü Türü	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Pentan	1451.9167	X
Benzen	2592.2917	X
Aseton	3755.0000	X

3.4.5.3. Dar Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Permeabilite Ölçümleri

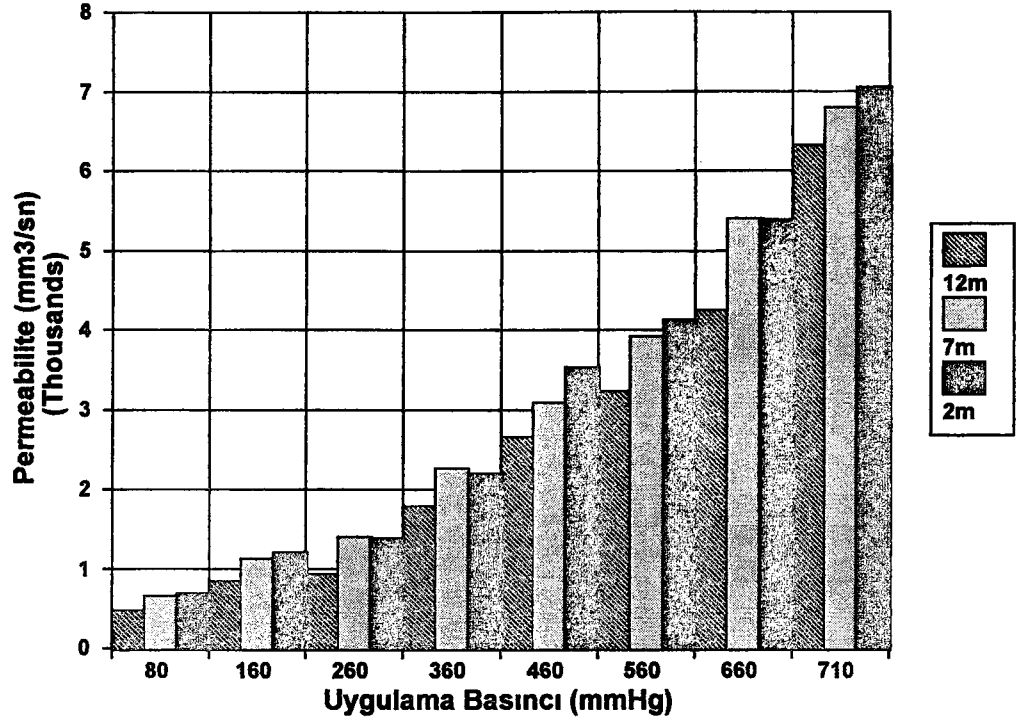
Dar yıllık halka gurubu ağaçların diri ve öz odun örneklerinin aseton, benzen ve pentan içerisinde bekletilmesinden sonra ölçülen gaz permeabilite değerleri Tablo 85-87 ve gövde yüksekliği kademelerine göre permeabilite değerlerindeki değişimler ise diri ve öz odun örnekleri için Şekil 69-74' da verilmiştir.

Tablo 85. Aseton ile Muamele Edilmiş Normal Dar Yıllık Halka Grubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm^3/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	9906	7019	6954	7056	6799	6323
660	9097	6217	5014	5389	5406	4256
560	5522	5676	3584	4136	3924	3244
460	4983	4872	3021	3532	3091	2657
360	4494	3527	2537	2202	2262	1788
260	3300	2715	2075	1380	1404	934
160	2287	2238	1385	1207	1125	846
80	1465	1312	878	696	658	475



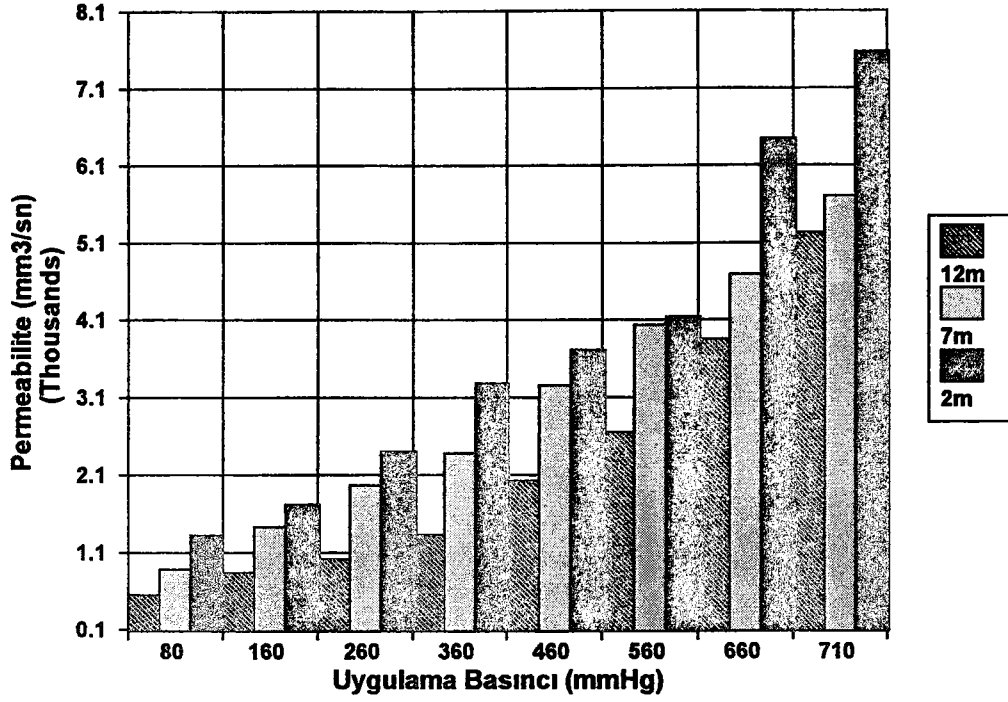
Şekil 69. Aseton ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



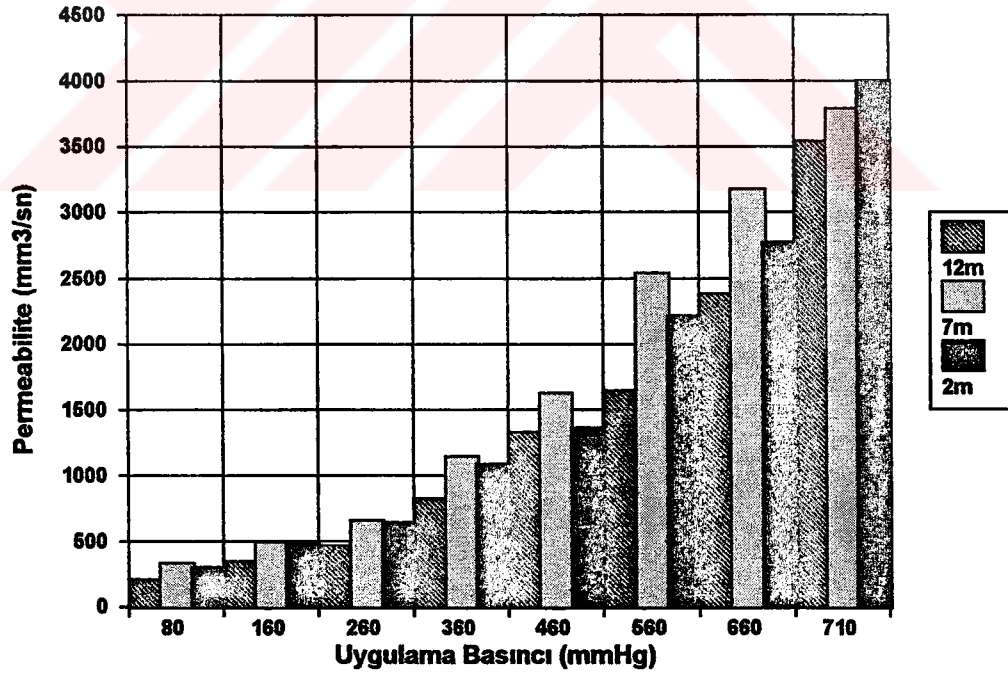
Şekil 70. Aseton ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 86. Pentan ile Muamele Edilmiş Normal Dar Yıllık Halka Grubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükesklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	7569	5698	5230	4006	3791	3543
660	6444	4690	3857	2776	3179	2382
560	4145	4036	2657	2215	2540	1649
460	3714	3257	2021	1634	1629	1329
360	3284	2378	1332	1088	1145	827
260	2402	1967	1014	644	660	469
160	1715	1428	842	495	496	347
80	1321	887	552	308	334	212



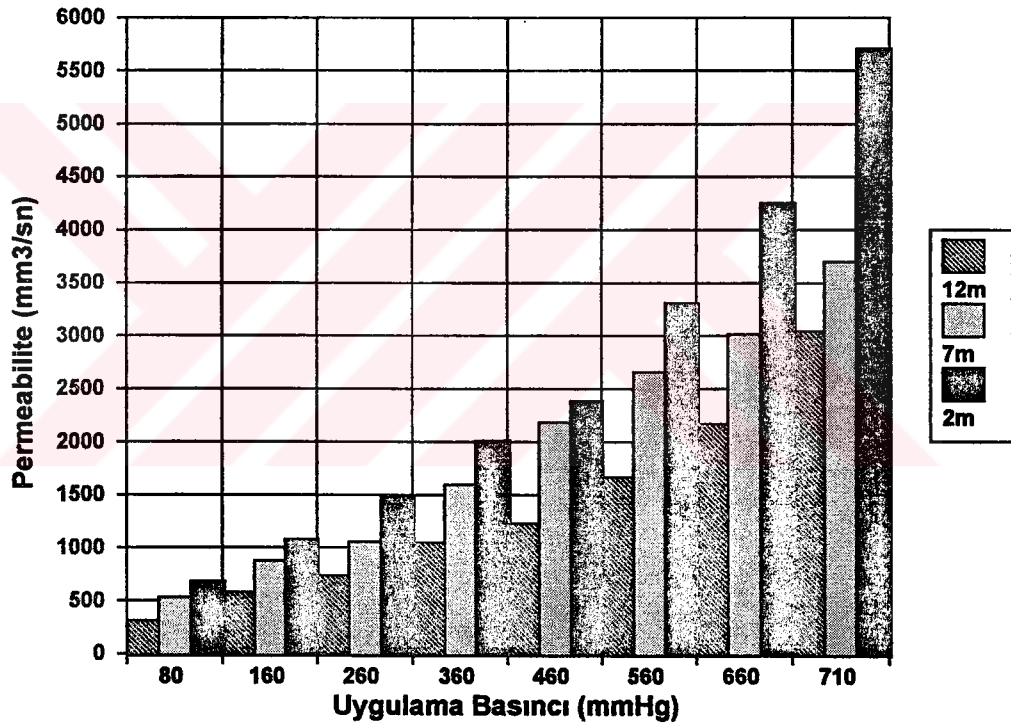
Şekil 71. Pentan ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



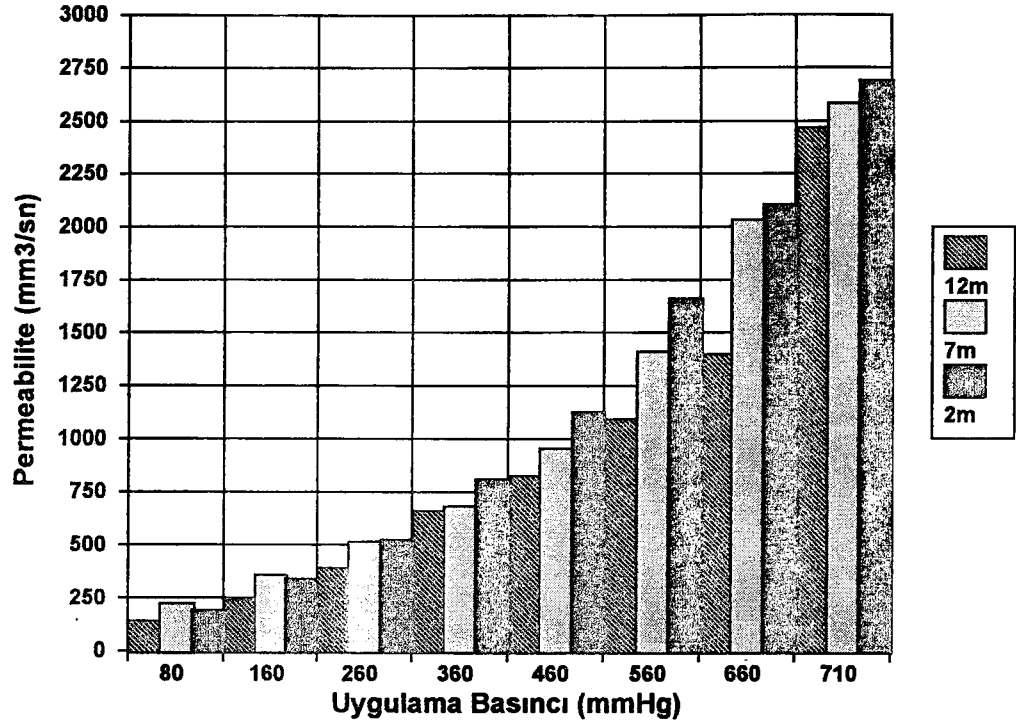
Şekil 72. Pentan ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Tablo 87. Benzen ile Muamele Edilmiş Normal Dar Yıllık Halka Gurubu Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik	Kesitlerin	Alındığı	Yükseklik
	2 m	7 m	12 m	2 m	7 m	12 m
710	5706	3696	3047	2692	2581	2468
660	4253	3012	2166	2106	2032	1398
560	3307	2656	1669	1661	1411	1094
460	2387	2181	1232	1125	955	824
360	2009	1598	1051	809	681	662
260	1485	1054	738	526	517	393
160	1082	877	579	342	360	238
80	683	530	314	195	224	143



Şekil 73. Benzen ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.



Şekil 74. Benzen ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Permeabilite Değerlerinin Gövde Yüksekliğine Göre Değişimi.

Aseton, benzen ve pentan ile muamele edilen normal yıllık halka gurubu ağaçların diri ve öz odun örnekleri permeabilite değerleri üzerine kullanılan organik çözücü etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 88-91' de verilmiştir.

Tablo 88. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri Üzerindeki Çözücü Etkisine Ait Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Çözücü	58044508.00	2	29022254.00	7.659	0.0010
Hata	2.6147E0008	69	3789427.700	---	---
Toplam	3.1952E0008	71	---	---	---

Varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 88); diri odun örnekleri gaz permeabilitesi değerlerinin kullanılan çözücü türlerine bağlı olarak hesaplanan F oranı(7.659), %95 güven düzeyi için belirlenen tablo

değerinden (0.0010) büyük olduğundan dolayı, çözücü türünün permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre de (Tablo 89) bu etki özellikle aseton-benzen ve aseton-pentan arasında daha belirgindir.

Tablo 89. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Diri Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri ile Kullanılan Çözücüler Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Çözücü Türü	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Benzen	1971.3333	X
Pentan	3018.3333	X
Aseton	4169.8333	X

Öz odun örnekleri permeabilite değerlerinin kullanılan çözücü türüne bağlı olarak yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 90-91' de verilmiştir. Buna göre, hesaplanan F oranı (10.675), %95 güven düzeyi için bulunan orandan (0.0001) büyük olduğu için organik çözücüler ile muamelenin permeabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre ise (Tablo 91), bu etki aseton-benzen ve aseton-pentan arasında daha belirgindir.

Tablo 90. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri Üzerindeki Çözücü Etkisine Ait Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi
Çözücü	44802479.00	2	22401240.00	10.675	0.0001
Hata	1.4480E0008	69	2098528.800	—	—
Toplam	1.8960E0008	71	—	—	—

Tablo 91. Organik Çözücüler ile Muamele Edilmiş Dar Yıllık Halka Gurubu Öz Odun Örnekleri Gaz Permeabilitesi Değerleri ile Kullanılan Çözücüler Arasındaki Homojenlik Guruplarının Dağılımı

Çözücü Türü	Kareler Ortalaması	Homojenlik Gurupları
Benzen	1059.8750	X
Pentan	1649.9167	X
Aseton	2948.3333	X

4. TARTIŞMA

4.1. Yıllık Halka Genişlikleri

Yıllık halka genişlikleri Tablo 4' de verilmiş olup, geniş, normal ve dar yıllık halka guruplarına göre ortalama yıllık halka genişliği sırası ile 3.163, 1.404 ve 1.080 mm olarak bulunmuştur. Ölçülen tüm yıllık halka genişlikleri gurup ayrımı yapılmaksızın incelendiğinde, 0.56 mm ile 4.35 mm arasında değişim göstermekte olup en fazla tekrar eden yıllık halka genişliği de %31.25 katılım oranı ile 1.07 mm olarak bulunmuştur.

Yaz odunu katılım oranı, yıllık halka içinde yaz odunu genişliğine bağlı olarak değişmekte ve yıllık halka genişliğinin artması ile yaz odunu katılım oranı da azalmaktadır. Dar yıllık halka gurubu ağaçlar için yaz odunu katılım oranı ortalama %32.71 ile maksimum seviyede olmasına rağmen geniş yıllık halka gurubu ağaçlarda ortalama %21.84' e düşmektedir. Bu oran ise, yaz odunu katılım oranının %20' den yüksek istendiği kullanım alanlarında, örneğin uçak inşaatında, önemli bir teknik özelliktir. Yaz odunu genişliği ise dar ve geniş yıllık halka gurupları arasında yıllık halka genişliği ile negatif yönde bir korelasyona sahip olup yıllık halka genişliğinin artması ile azalmakta ve buna bağlı olarak da özgül ağılıkta belirgin bir azalma gözlenmektedir.

4.2. Mikroskopik Özellikler

Traheid uzunlukları, geniş normal ve yıllık halka gurupları için sırası ile ortalama diri odunda 2.39, 2.40 ve 2.41 mm, traheid çapları ise 36.55, 43.34 ve 44.05 μm ; öz odunda ise traheid uzunlukları sırası ile 2.37, 2.40 ve 2.39, traheid çapları da 33.55, 29.56 ve 32.01 μm olarak bulunmuştur. Guruplar arası çok belirgin bir fark olmamakla birlikte, traheid uzunlukları ve çapları diri odunda yıllık halka genişliğinin artması ile azalmaktadır. Öz odun traheidlerinin boy ve çapları da diri odun örneklerine oranla daha kısadır.

Diri odun kenarlı geçitlerinin anulus, porus ve torus çapları, geniş yıllık halka gurubu için sırası ile 15.03, 5.38 ve 6.87 μm , normal yıllık halka gurubunda 16.04, 5.45 ve 7.03 μm , ve dar yıllık halka gurubunda ise 15.18, 5.48 ve 6.99 μm ' dir. Öz odun kenarlı geçit çiftlerinin anulus, porus ve torus

çapları ise geniş yıllık halka gurubunda sırası ile 15.78, 5.66 ve 7.12 μm , normal yıllık halka gurubunda 12.51, 5.31 ve 6.83 μm , ve dar yıllık halka gurubunda da sırası ile 12.82, 5.13 ve 6.60 μm olarak bulunmuştur. Buna göre, kenarlı geçit çiftlerinin anulus, porus ve torus çapları normal yıllık halka gurubunda en iyi sonucu vermektedir. Ölçüm sonuçları literatürde Doğu ladini için verilen anatomik ölçümlerle benzer olup farklılıklar bölge ve yükseklik kademelerinin farklı olmasının yanısıra yıllık halka genişliklerinin de bu çalışmada farklı guruplandırılmış olmasından kaynaklanabilir (93,100)

4.3. Fiziksel Özellikler

4.3.1. Hava Kuruğu Özgöl Ağırlık

Hava kuruğu özgöl ağırlık değerleri Tablo 7' de verilmiştir. Ortalama değerler dar, normal ve geniş yıllık halka gurubu ağaçlarda diri odun için sırası ile 0.48, 0.45 ve 0.42 gr/cm^3 ; öz odun için ise sırası ile 0.45, 0.44 ve 0.40 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. En yüksek özgöl ağırlık değeri (0.48 gr/cm^3) dar yıllık halka gurubunda, en düşük özgöl ağırlık ise (0.42 gr/cm^3) geniş yıllık halka gurubu ağaçlarda bulunmuştur. Yıllık halka genişliğinin özgöl ağırlık üzerine olan etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuş ve yaz odunu katılım oranı ile diri odun ve öz odun hava kuruğu özgöl ağırlığının doğru orantılı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Gövde yükseklikleri için belirlenen hava kuruğu özgöl ağırlık değerleri arasında çok büyük farklılıklar olmamakla birlikte, %95 güven düzeyi için yapılan istatistik analizlerinde, gövde yüksekliğinin özgöl ağırlık değerleri üzerindeki etkisi hem diri odun hem de öz odunda gövdenin 2 ve 12 m' leri için önemli bulunmuştur.

Doğu ladini ve diğer bazı ladin türlerinin diri odunları için hava kuruğu özgöl ağırlık değerleri Tablo 92' de verilmiştir..

Tablo 92. Bazı Ladin Türlerinde Diri Odun Hava Kuru
Özgül Ağırlık Değerleri

Ağaç Türü (—)	ρ_{12} (Gr/cm ³)	Kaynak (—)
<i>Picea engelmannii</i>	0.38	Eraslan (92)
<i>Picea sitchensis</i>	0.45	Siau, Koran (53,95)
<i>Picea excelsa</i>	0.47	Cote, Hösli (94,96)
<i>Picea orientalis</i>	0.44	Orm.Arşt.Enst. (1)
<i>Picea orientalis</i>	0.44	Eraslan (92)

Bu çalışmada bulunan hava kuru özgül ağırlık değerleri, literatürde verilen değerlere yakın bulunmuştur. Farklılıklar bölge ve orijinin yanısıra yıllık halka genişliklerinin de farklı olmasından kaynaklanabilir.

4.3.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık

Yıllık halka guruplarına göre belirlenen tam kuru özgül ağırlık değerleri diri ve öz odun için Tablo 22' de verilmiştir. Ortalama tam kuru özgül ağırlık, dar yıllık halka gurubu için en yüksek, geniş yıllık halka gurubu için de en düşük bulunmuştur. Tüm guruplar için ortalama tam kuru özgül ağırlık ise diri odun örnekleri için 0.402 gr/cm³, öz odun için ise 0.390 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

Yıllık halka genişliği ve yaz odunu katılım oranları için yapılan %95 güven düzeyindeki istatistik analizlerine göre, yıllık halka genişliğinin artması ile azalan yaz odunu katılım oranı ile özgül ağırlık arasında, negatif yönde bir korelasyon vardır. Gövde yüksekliğinin tam kuru özgül ağırlık değerleri üzerindeki etkisi de istatistiksel anlamda hem diri odun hem de öz odun örnekleri için önemli bulunmuştur.

Bazı ladin türlerine ait tam kuru özgül ağırlık değerleri Tablo 93'de verilmiştir.

Tablo 93. Bazı Ladin Türlerinde Diri Odun Tam Kuru Özgül Ağırlık Değerleri

Ağaç Türü (—)	ρ_0 (Gr/cm ³)	Kaynak (—)
Picea engelmannii	0.350	Eraslan (92)
Picea sitchensis	0.400	Hösli (96)
Picea excelsa	0.430	Wood Handbook (93)
Picea mariana	0.360	Cote (94)
Picea rubbens	0.400	Koran (95)
Picea orientalis	0.406	Orm.Arşt.Enst. (1)
Picea orientalis	0.410	Eraslan (92)
Picea orientalis	0.406	Bozkurt (70)

Bu çalışmada bulunan tam kuru özgül ağırlık değerleri, literatürde doğu ladini ile ilgili olarak verilen tam kuru özgül ağırlık değerleri ile yakın olmakla birlikte, ortalama değerlerde gözlenen farklılıklar yıllık halka genişlikleri ve dolayısı ile yaz odunu katılım oranlarının farklı olmasından kaynaklanabilir.

4.3.3. Hücre Çeperi Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı

Dar, normal ve geniş yıllık halka guruplarına göre hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranlarını veren Tablo 35' e göre; tam kuru özgül ağırlık değerlerindeki artışa paralel olarak en yüksek hücre çeperi maddesi hacmi, hem diri odun hem de öz odun örnekleri için dar yıllık halka gurubu ağaçlarda bulunmuştur.

Hava boşluğu hacmi de hücre çeperi hacmine bağlı olarak değişim göstermekte ve en fazla hava boşluğu oranı düşük özgül ağırlıkları nedeni ile geniş yıllık halka gurubu ağaçlarda bulunmaktadır.

4.4. Permeabilite Sonuçları

4.4.1. Rutubet Farklılığı ve Gövde Yüksekliğine Göre Permeabilite Değerleri.

Yıllık halka guruplarına göre, farklı rutubet dereceleri ve gövde yüksekliği kademeleri için 8 ayrı uygulama basıncı altında belirlenen, diri odun ve öz odun örnekleri gaz permeabilitesi değerlerinin özeti Tablo 94-96' da verilmiştir.

Buna göre, her üç yıllık halka gurubu için de en yüksek permeabilite değerleri, hem diri odun hem de öz odun için tam yaş haldeki örneklerden elde edilmiştir. Rutubet oranının permeabilite değerleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi için yapılan istatistik analizlerine göre, geniş, normal ve dar yıllık halka gurubuna ait olan bütün diri ve öz odun örneklerinin tam yaş-hava kuru ve tam yaş-tam kuru rutubet derecelerindeki permeabilite değerleri önemli farklılıklar göstermektedir. Ağaç malzeme içerisindeki akışa olan direncin en önemli nedenini oluşturan torus, malzeme doymun halde olduğu zaman kenarlı geçit çiftleri içerisinde genelde merkezi konumdadır. Bu nedenle de teorik olarak bir ağaç malzeme doymun halde iken en yüksek permeabilite değerine sahiptir. Serbest suyun buharlaşmaya başlaması ile torusun merkezi konumundan kayarak geçit ağzını tıkaması ile oluşan geçit aspirasyonu, odunundaki serbest suyun buharlaşmaya devam etmesi ile önemli oranda artış göstererek permeabilitenin azalmasına neden olur (74). Bu teorik yaklaşım ise, bu çalışmada elde edilen hava kuru ve tam kuru rutubet derecelerindeki permeabilite değerlerinin tam yaş haldeki permeabilite değerlerine oranla düşük olmasının bir nedeni olarak kabul edilebilir.

Tablo 94. Geniş Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Rutubet Farklılığı ve Gövde Yüksekliğine Göre Gaz Permeabilitesi Değerleri (mm³/sn).

Gövde Yüksekliği (m)	Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri	Odun	Örnekleri	Öz	Odun	Örnekleri
		Çalışılan	Rutubet	Kademesi	Çalışılan	Rutubet	Kademesi
		Taze Hal	Hava Kuruğu	Tam Kuru	Taze Hal	Hava Kuruğu	Tam Kuru
2	710	10911	1756	1466	10009	1295	1076
	660	8796	1468	1317	7906	911	725
	560	6855	1004	899	6046	724	649
	460	5410	796	724	4499	557	428
	360	4158	781	684	3356	386	306
	260	3142	578	515	1899	298	261
	160	2429	443	388	1537	196	154
	80	1400	256	231	923	122	109
7	710	6955	1164	1041	9855	1145	889
	660	6525	1080	958	7642	936	725
	560	5849	981	851	5869	688	523
	460	4757	815	464	4365	561	439
	360	3696	581	506	3229	386	295
	260	2877	453	394	1875	283	225
	160	2570	363	290	1521	178	143
	80	1339	222	192	916	127	103
12	710	6945	1146	1124	9553	1093	865
	660	5349	880	774	6128	765	538
	560	4085	650	581	4528	561	466
	460	3213	540	431	3129	451	359
	360	2686	314	275	2324	279	227
	260	1977	261	232	1415	165	132
	160	1773	214	150	1204	142	114
	80	905	116	92	758	93	74

Gövde yüksekliği kademelerinin permeabilite değerleri üzerindeki etkisinin belirlendiği istatistik analizlerine göre ise, her üç yıllık halka gurubu diri ve öz odun örnekleri gaz permeabilite değerleri üzerinde gövde yüksekliğinin etkisi önemli bulunmuş ve gövdede aşağıdan yukarıya çıkıldıkça permeabilite oranının azaldığı belirlenmiştir. İYA' larda gövdede aşağıdan yukarıya doğru çıkıldıkça gövde enine kesitindeki su oranı belirgin bir artış gösterir (3). Doymun haldeki odunlarda serbest suyun akışa önemli bir direnç göstermesi ve serbest suyun hızlı buharlaşması ile aspirasyon oranının da hızla artması gövde boyunca ölçülen permeabilite değerlerindeki bu azalmanın bir nedeni olarak kabul edilebilir (90).

Tablo 95. Normal Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Rutubet Farklılığı ve GövdeYüksekliğine Göre Gaz Permeabilitesi Değerleri (mm³/sn).

Gövde Yüksekliği (m)	Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
		Çalışılan	Rutubet	Kademesi	Çalışılan	Rutubet	Kademesi
		Taze Hal	Hava Kuru	Tam Kuru	Taze Hal	Hava Kuru	Tam Kuru
2	710	10692	1792	1667	8808	1588	1382
	660	9588	1489	1370	6720	1271	1055
	560	6718	1094	1006	5320	814	676
	460	5197	855	761	4539	758	591
	360	4491	787	693	2651	539	399
	260	3155	621	565	1557	260	216
	160	2380	435	405	1245	235	186
	80	1410	255	224	748	136	120
7	710	6990	1285	1157	8082	1507	1155
	660	6460	1136	1045	6037	1155	843
	560	5732	1097	954	4930	925	749
	460	4790	931	715	3361	644	444
	360	3726	613	546	2551	620	375
	260	2762	454	474	1800	274	216
	160	2284	479	445	1430	224	179
	80	1326	237	211	962	142	115
12	710	6963	1179	1026	8321	1345	1063
	660	5135	959	921	5638	931	764
	560	3636	678	590	4533	753	610
	460	3342	497	462	3254	477	396
	360	2874	426	288	2045	380	334
	260	2096	337	320	1344	262	207
	160	1649	306	288	1206	173	154
	80	913	154	132	599	112	94

İYA odunlarının karakteristik bir özelliği olarak ladinde de yıllık halka genişledikçe yaz odunu katılım oranının azalması, ilkbahar odunu hacminin artmasına neden olur. Yaz odununa oranla lümen genişliklerinin ve kenarlı geçit çaplarının daha geniş olması nedeni ile ilkbahar odunu permeabilitesi yaz odununa oranla daha fazladır (68). Dolayısı ile, yıllık halka genişliğine bağlı olarak ilkbahar odunu oranındaki bu azalma nedeni ile permeabilitede de belirli bir azalmanın olması, bu çalışmada yıllık halka guruplarına göre belirlenen permeabilite değerlerindeki farklılığın bir nedeni olarak kabul edilebilir.

Tablo 96. Dar Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Rutubet Farklılığı ve Gövde Yüksekliğine Göre Gaz Permeabilitesi Değerleri (mm³/sn).

Gövde Yüksekliği (m)	Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
		Çalışılan	Rutubet	Kademesi	Çalışılan	Rutubet	Kademesi
		Taze Hal	Hava Kuruğu	Tam Kuru	Taze Hal	Hava Kuruğu	Tam Kuru
2	710	9195	2455	2243	7042	2302	2104
	660	8342	1838	1692	5367	1897	1648
	560	5979	1440	1329	4128	1197	1062
	460	4573	1055	945	3532	985	873
	360	4132	915	795	2150	738	665
	260	3028	786	697	1369	395	354
	160	2118	558	507	1168	332	290
	80	1353	307	270	621	206	180
7	710	6500	1587	1443	6433	2217	1942
	660	5749	1436	1291	5288	1674	1497
	560	5216	1322	1208	3885	1285	1109
	460	4455	989	759	3059	934	833
	360	3338	776	591	2286	733	654
	260	2502	665	585	1564	409	369
	160	2053	591	540	1114	350	314
	80	1205	291	270	768	209	189
12	710	6439	1438	1314	6149	2102	1862
	660	4617	1246	1096	4206	1311	1148
	560	3271	837	757	3169	978	848
	460	3050	672	596	2665	701	625
	360	2610	532	475	1654	521	462
	260	1882	443	391	935	323	289
	160	1464	413	372	842	261	235
	80	1192	198	177	471	174	156

4.4.2. Kullanılan Çözücü Türüne Göre Belirlenen Permeabilite Değerleri

Kullanılan organik çözücülerin bazı kimyasal özellikleri Tablo 97' de ve odundaki serbest suyun bu çözücüler ile yer değiştirmesi sağlandıktan sonra ölçülen diri ve öz odun permeabilite değerleri de yıllık halka guruplarına göre Tablo 98-100' de verilmiştir .

Tablo 97. Kullanılan Organik Çözücülerin Bazı Kimyasal Özellikleri.

Çözücü Türü	ρ (Gr/cm ³)	σ (Dyne/cm)	M_r (Gr/mol)	Aspirasyon (Evet;Hayır)
Aseton	0.791 (*)	23 (**)	58.08 (*)	Hayır (*)
Benzen	0.879 (*)	29 (**)	78.12 (*)	Hayır (*)
Pentan	0.626 (*)	16 (**)	72.15 (*)	Hayır (*)
Su	1.027 (*)	72 (**)	18.02 (*)	Evet (*)

(*) Thomas ve Kringstad, (72)

(**) Aldrich Katalog, (97)

Tablo 98. Geniş Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Kullanılan Çözücü Türüne Göre Gaz Permeabilitesi Değerleri (mm³/sn).

Gövde Yüksekliği (m)	Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
		Kullanılan	Çözücü	Türü	Kullanılan	Çözücü	Türü
		ASETON	PENTAN	BENZEN	ASETON	PENTAN	BENZEN
2	710	11389	9739	6083	9580	6071	4478
	660	9591	8857	5333	7149	4475	3342
	560	7352	5797	4173	5388	3349	2780
	460	5641	4297	2960	3933	2405	1919
	360	4330	3839	2153	2884	1727	1443
	260	3346	2390	1668	1635	1080	835
	160	2586	1800	1212	1314	819	685
	80	1513	1076	688	795	475	388
7	710	7969	6207	3717	8266	6249	4084
	660	7121	5208	3563	7556	4751	3691
	560	6494	4749	3322	5934	3847	2768
	460	5278	3693	2578	4453	2719	2044
	360	4120	2955	2107	2963	1941	1446
	260	3223	2434	1822	1914	1190	938
	160	2904	2030	1742	1583	965	792
	80	1473	1046	832	979	608	501
12	710	7586	4784	3706	8507	5650	4148
	660	5862	3625	2855	5452	3512	2531
	560	4403	2677	2207	4618	2898	2297
	460	3533	2121	1686	3235	1938	1654
	360	2989	1827	1509	2091	1396	1148
	260	2218	1278	1090	1558	987	831
	160	1985	1145	961	1310	923	625
	80	1026	567	478	842	599	449

Tablo 99. Normal Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Kullanılan Çözücü Türüne Göre Gaz Permeabilitesi Değerleri (mm³/sn).

Gövde Yüksekliği (m)	Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri	Odun	Örnekleri	Öz	Odun	Örnekleri
		Kullanılan	Çözücü	Türü	Kullanılan	Çözücü	Türü
		ASETON	PENTAN	BENZEN	ASETON	PENTAN	BENZEN
2	710	11120	8989	6523	8886	6833	3567
	660	9876	7978	5842	6853	4990	2702
	560	6785	5933	4095	5437	3703	2108
	460	5374	4688	3047	4642	3036	1621
	360	4621	3847	2750	2736	2038	1092
	260	3240	2513	1967	1621	1340	642
	160	2425	1934	1490	1357	1099	518
	80	1435	1250	858	759	594	271
7	710	7191	6607	4291	8395	4662	3333
	660	6705	5895	3856	6211	4698	2414
	560	5973	5228	2955	5126	3776	1792
	460	4983	4323	2350	3394	2473	1360
	360	3796	3300	1825	2583	2065	1026
	260	2837	2494	1471	1824	1254	714
	160	2371	2075	1287	1571	1079	556
	80	1381	1180	738	1000	563	384
12	710	7082	5796	3459	8403	5094	3419
	660	5307	4092	2617	5870	3964	2286
	560	3712	3235	1814	4709	3121	1703
	460	3408	2662	1503	3380	2317	1300
	360	2936	2219	1136	2097	1423	849
	260	2107	1464	868	1379	858	554
	160	1655	1175	713	1256	718	417
	80	931	727	453	631	497	218

İstatistik analizi sonuçlarına göre (Tablo 74-77, 81-84, 88-91); Tablo 97' de verilen organik çözücüler ile odundaki serbest suyun yer değiştirmesi esasına dayanılarak uygulanan işlem, permeabilite değerleri üzerinde kesin bir etkiye sahiptir. Odunun bu çözücüler ile muamele edildikten sonra ölçülen permeabilite değerleri (Tablo 98-100) aynı örneklerin taze haldeki permeabilite değerleri %100 kabul edilerek karşılaştırıldığında, geniş yıllık halka gurubu ağaçlardaki aseton uygulaması %101.08, pentan %83.55 ve benzen %45.66 oranında değişirken, bu değerler normal yıllık halka gurubu ağaçlarda aseton için %101.03, pentan için %86.79 ve benzen için de %47.91, dar yıllık halka gurubu ağaçlarda ise bu oranlar, aseton

uygulanması için %101.07, pentan için %83.57 ve benzen ile muamale edilen örneklerde de %46.24 civarında bulunmuştur.

Tablo 100. Dar Yıllık Halka Gurubu Ağaçlarda Kullanılan Çözücü Türüne Göre Gaz Permeabilitesi Değerleri (mm³/sn).

Gövde Yüksekliği (m)	Uygulama Basıncı (mmHg)	Diri Odun Örnekleri			Öz Odun Örnekleri		
		Kullanılan	Çözücü	Türü	Kullanılan	Çözücü	Türü
		ASETON	PENTAN	BENZEN	ASETON	PENTAN	BENZEN
2	710	9906	7569	5706	7056	4006	2692
	660	9097	6444	4253	5389	2776	2106
	560	5522	4145	3307	4136	2215	1661
	460	4983	3714	2387	3532	1634	1125
	360	4494	3284	2009	2202	1088	809
	260	3300	2402	1485	1380	644	526
	160	2287	1715	1082	1207	495	342
	80	1465	1321	683	696	308	195
7	710	7019	5698	3696	6799	3791	2581
	660	6217	4690	3012	5406	3179	2032
	560	5676	4036	2656	3924	2540	1411
	460	4872	3257	2181	3091	1629	955
	360	3527	2378	1598	2262	1145	681
	260	2715	1967	1054	1404	660	517
	160	2238	1428	877	1125	496	360
	80	1312	887	530	658	334	224
12	710	6954	5230	3047	6323	3543	2468
	660	5014	3857	2166	4256	2382	1398
	560	3584	2657	1669	3244	1649	1094
	460	3021	2021	1232	2657	1329	824
	360	2537	1332	1051	1788	827	662
	260	2075	1014	738	934	469	393
	160	1385	842	579	846	347	238
	80	878	552	314	475	212	143

Odunun yüzey gerilimi düşük organik çözücülerin belirli yüzdeleri içerisinde bir süre bekletilerek serbest suyun çözücü ile yer değiştirmesi sağlandıktan sonra kurutulması halinde geçit aspirasyonunun önemli oranda engellenebileceği ve dolayısı ile permeabilite değerinin de o oranda artabileceği bir çok araştırmanın temel bulguları arasındadır (12,31,71, 73-75, 80-82).

Yüzey gerilim kuvveti pentana oranla daha büyük olmasına rağmen, asetonun molekül ağırlığı bakımından daha hafif ve molekül büyüklüğü olarak da daha küçük olması (94) ve suyu çözücü özelliği nedeni ile odundaki serbest su ile daha kolay yer değiştirebilmektedir. Benzen ise hem yüzey gerilim kuvveti hemde molekül ağırlığı ve büyüklüğü olarak aseton ve pentana oranla daha az yer değiştirme özelliğine sahiptir. Gerek her üç çözücünün non-polar olması nedeni ile odundaki serbest hidroksil gurupları ile bağ yapabilecek fonksiyonel guruplarının olmaması, işlem sırasında odundaki bir kısım ekstraktifleri çözücü özellikte olması ve gerekse çözücünün odundan buharlaşması sırasında düşük yüzey gerilim nedeni ile aspirasyon riskini azaltması, permeabilite değerlerinin diğer ölçümlere oranla yüksek bulunmasının önemli bir nedeni olarak kabul edilebilir.

Yıllık halka gurupları arasındaki permeabilite değerlerinin farklı olması ise, büyük bir olasılıkla yıllık halka genişliklerine bağlı olarak boşluk hacmi oranlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ağaç gövdesi boyunca 2, 7, ve 12 m' lerde ölçülen permeabilite oranlarındaki farklılık ise, diri odun katılım oranı ve rutubet oranındaki artışa bağlanabilir (3).

Literatürde, kullanılan akışkan türü, uygulama basıncı, gövde yüksekliği ve rutubet oranları itibarı ile benzer olan çalışmalardan elde edilen permeabilite değerleri, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla birlikte Tablo 101' de verilmiştir.

Tabl 101. Bazı Ladin Türlerine Ait Gaz Permeabilitesi Değerleri

Ağaç Türü (—)	Basınç (mmHg)	Rutubet (—)	Akışkan (—)	Gövde Yük. (m)	Permeabilite (mm ³ /sn)	Kaynak (—)
Picea sitch.	660	Tam Kuru	Hava	2 (Diri Odun)	1228	(85)
Picea sitch.	600	Hava Kuru	Hava	2 (Diri Odun)	1406	(11)
Picea abies	600	Hava Kuru	Nitrojen	2 (Diri Odun)	2747	(88)
Picea orient.	660	Hava Kuru	Hava	2 (Diri Odun)	1548	(*)
Picea orient.	660	Tam Kuru	Hava	2 (Diri Odun)	1380	(*)
Pinus sylvest.	600	n-Oktan Değişim	Hava	2 (Diri Odun)	7688	(86)
Picea orient.	660	Benzen Değişim	Hava	2 (Diri Odun)	5142	(*)

(*) Bu çalışmada elde edilen sonuçlar

Sitka ladini odununun traheid uzunluğu (2.3 mm), traheid çapı (28 μ m) ve kenarlı geçit çapı (14 μ m) olarak Doğu ladini odununun traheid uzunluğu (2.6 mm), traheid çapı (32 μ m) ve kenarlı geçit çapı (15.4 μ m)' na oranla daha kuuktur (85, 98). Özellikle, akışa en fazla direncin olduğu kenarlı geçit çiftlerindeki akış oranının geçit çapının 4.dereceden ss ile orantılı olduğu dikkate alınırsa, çaptaki azalma akışa olan direnci de önemli ölçüde arttırır (53). Buna göre, permeabilite değerleri arasında görülen bu farklılık, her iki türün yetişme ortamları arasında olduğu kadar kapılar akış yollarının boyutları arasındaki farklardan da kaynaklanabilir.

Avrupa ladini (*Picea abies*) odunu gaz permeabilite değerleri ile Doğu ladini arasındaki farkın temel nedenleri ise, yetişme ortamı, anatomik yapı elemanlarının boyutları ve kullanılan akışkanın farklı olmasından kaynaklanabilir. Anatomik yapı elemanları bakımından, Avrupa ladini odunu traheid uzunluğu (4.3 mm), traheid çapı (33 μ m) ve kenarlı geçit çapı (34 μ m) Doğu ladini odununa oranla daha büyüktür (88, 89).

Sıcaklık ve basınç sabit olduğu sürece, gaz akışkanların viskozite ve moleküllerin ortalama serbest akış yolu çapının artması, akış oranını azaltan temel faktörler arasındadır (8,9). Bu nedenle, kullanılan akışkanın fiziksel özellikleri bakımından Avrupa ladini ve Doğu ladini odunlarının gaz permeabiliteleri arasındaki farkın bir diğer nedeni de, nitrojen gazı viskozitesi (1.74×10^{-4} poise) ve ortalama serbest akış yolu çapının (6.3 μ m) havanın aynı şartlardaki viskozite (1.80×10^{-4} poise) ve ortalama serbest yolu akış çapından (10 μ m) daha küçük olmasından da kaynaklanabilir.

Kullanılan organik çözücülerin farklı olmasına rağmen, Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Doğu ladini odunu gaz permeabiliteleri arasındaki farkın temel nedeni anatomik yapı elemanlarının boyutlarından kaynaklanmaktadır. Özellikle Sarıçam odununun pencere şeklindeki büyük kenarlı geçitlere ve serbest su ile yer değiştiren n-Oktan' ın 21.8 dyne/cm ile benzene oranla daha küçük bir yüzey gerilime kuvvetine sahip olması, permeabilite değerleri arasındaki farkın büyük olmasına neden olabilir.

5. SONUÇLAR

Rutubet oranı ve organik çözücülerin Doğu İladini (*Picea orientalis*) odunu gaz permeabilitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, incelenen özellikler bakımından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

İYA odunlarının genel karakteristik özelliğine uygun olarak, Doğu İladini odununda da yıllık halka genişliği ile yaz odunu katılım oranı arasında negatif bir korelasyon olup, geniş ve dar yıllık halka guruplarının yaz odunu katılım oranı arasında yaklaşık %12 düzeyinde bir fark mevcuttur. Yıllık halka genişliğinin artması ile yaz odunu genişliğinin azalması ve dolayısı ile ilkbahar odunu genişliğinin artması da özgül ağırlıklardaki farklılığı ortaya çıkarmıştır.

Yıllık halka genişledikçe yaz odunu katılım oranına bağlı olarak özgül ağırlıkta da bir azalma olduğunu belirlenmiştir. Genel olarak İYA odunlarında özgül ağırlık, ağaç boyu istikametinde aşağıdan yukarı doğru bir azalma göstermekle birlikte, bu fark Doğu İladini odunu için çok azdır. Elde edilen sonuçlara göre, özgül ağırlık değerleri gövde boyunca birbirine çok yakın olup aralarındaki fark %1-3 arasında değişmektedir. Gövde enine kesitinde ise özden çevreye doğru özgül ağırlıklarda bir artım mevcuttur.

Boşluk hacmi, yaz odunu katılım oranının fazla olması nedeni ile özgül ağırlığın yüksek olduğu dar yıllık halka gurubunda minimum, özgül ağırlığın düşük ve yaz odunu katılım oranının az olduğu geniş yıllık halka gurubunda ise maksimum düzeyde tesbit edilmiştir.

Diri ve öz odun permeabilite değerleri üzerinde, odunun rutubet oranı önemli bir etkiye sahiptir. Yaş haldeki bir odunda kapilar boşluklardaki serbest su akışa fiziksel olarak bir direnci göstermekle birlikte, ağaç malzeme teorik olarak taze halde en yüksek permeabiliteye sahiptir. Serbest suyun buharlaşması ile aspirasyon oluşumundaki artış, akışa olan direncin de artmasına neden olduğu için lif doygunluk noktasına kadar olan buharlaşma sırasında permeabilite oranında önemli bir azalma olur. İlbahar odunu traheidlerinin anatomik yapıları nedeni ile gerek sayısal olarak daha fazla ve gerekse oluşum itibarı ile daha kolay aspirasyona maruz kalırlar (74, 85,98). Rutubet kaybına bağlı olarak Doğu İladini odunu gaz permeabilitesi değerleri de maksimum uygulama basıncı altında, geniş yıllık halka gurubunda tam yaş

haldeki permeabilite değerine oranla diri odunda hava kurusu halde %87 ve tam kuru halde %89, öz odunda ise hava kurusu halde %86 ve tam kuru halde %89 daha düşüktür. Bu oranlar, normal yıllık halka gurubu diri odununda sırası ile %83, %85 ; öz odunda %81, %84 , dar yıllık halka gurubu diri odununda %73, %71 ve öz odunda ise %67, %69 daha düşüktür.

Odundaki serbest suyun yüzey gerilimi düşük çözücüler ile muamele edilmesi, buharlaşma sırasındaki kapilar kuvvetlerin etkisinin azalmasına ve buna bağlı olarak da permeabilite oranının artmasına neden olur. Üç ayrı organik çözücü kullanılarak yapılan uygulamalarda en iyi sonuçlar sırası ile aseton, pentan ve benzen değişimleri sonunda yapılan ölçümlerde elde edilmiştir.

Doğu ladini diri ve öz odununun, yıllık halka guruplarına göre farklı rutubet kademeleri ve aseton, benzen ve pentan uygulamalarına bağlı olarak elde edilen gaz permeabilitesi genel ortalama değerleri Tablo 102 ve 103' de verilmiştir.

Tablo 102. Doğu Ladini Odunu Gaz Permeabilitesi Genel Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Ruibet Kademesi	Geniş Yıllık	Halka Gurubu	Normal Yıllık	Halka Gurubu	Dar Yıllık	Halka Gurubu
	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun
Taze Hal	8270	7815	8215	7400	7378	6541
Hava Kurusu	1355	1177	1418	1480	1326	1207
Tam Kuru	1210	943	1283	1200	1268	969

Tablo 103. Bazı Organik Çözücülerle Muamele Edilen Ladin Odunu Gaz Permeabilitesi Genel Ortalama Değerleri (mm³/sn).

Çözücü Türü	Geniş Yıllık	Halka Gurubu	Normal Yıllık	Halka Gurubu	Dar Yıllık	Halka Gurubu
	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun	Diri Odun	Öz Odun
Aseton	8981	8784	8464	8561	7960	6726
Pentan	6910	5990	7130	3530	6166	3780
Benzen	4502	4236	4758	3440	4150	2580

6. ÖNERİLER

Ağaç malzemelerin permeabilite değerlerinin belirlenmesi ve kapilar akış mekanizmasının detaylı incelenmesi, özellikle kurutma ve emprenye endüstrisinde odunun kapilar yapısından kaynaklanan sorunların çözümüne önemli katkılar sağlayacağı gibi araştırmaya konu olan ağaç türleri için de alternatif kullanım alanları yaratabilir.

Gaz permeabilitesi değerlerinden yararlanarak teorik bir yaklaşımla da olsa malzemenin kapilar akış yolu boyutlarının belirlenmesi, emprenye işlemlerinde ağaç türlerine göre uygulanması gerekli optimum basınç kademelerinin hesaplanması ve kurutma sırasında kapilar kuvvetlerin etkisi ile oluşan kurutma kusurlarının en aza indirilebilmesi için buharlaşma ve difüzyon hızlarının ayarlanması da mümkün olacaktır.

Kapilar kuvvetlerin kapilar akış yolları üzerindeki etkilerinin en aza indirilerek permeabilite oranının artırılması için, odunun organik solventler ile muamele edilmesine yönelik araştırmaların genişletilerek alternatif solventlerin ve yöntemlerin bulunması, kurutma, emprenye, kağıt, kimyasal modifikasyon, kurşun kalem, selüloz...vb endüstrilerde kapilar yapıları nedeni ile yeterli kullanım alanı bulunamayan ağaç türlerine alternatif kullanım alanları oluşturulması bakımından da önemli katkılar sağlayacaktır.

Gerek İYA ve gerekse YA odunlarına ait gaz permeabilitesi değerlerinin beşirilmesi aynı türler içinde olduğu kadar farklı türler arasında da permeabilite sınıflandırmaları yapılmasına imkan verecektir. Bu tür bir sınıflandırmanın yapılması, ağaç türlerinin sıvı permeabilite değerlerinin belirlenmesinde de bilimsel bir yaklaşım oluşturabileceği gibi orman endüstrisi alanında oldukça önemli bir açığı kapatılmasına yardımcı olacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Ormancılık Araştırma Enstitüsü , Doğu Ladini , El Kitabı Dizisi:5 , Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları , Ankara , Haziran 1989.
2. Anşin, R. ve Özkan, C., Tohumlu Bitkiler , Odunsu Taksonlar , K.T.Ü. Basımevi , Trabzon, 1993.
3. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi , Birinci Cilt , Kurtuluş Matbaası , İstanbul, 1970.
4. Topçuoğlu, M., Doğu Ladini (Picea orientalis) Odununun İç Morfolojisi Üzerine Araştırmalar , Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:134 , Ankara, 1985.
5. Bozkurt, Y., Doğu Ladini (Picea orientalis) ile Toros Karaçamı (Pinus nigra)'dan Birer Ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine İncelemeler, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 21 (1971) 70-91.
6. Collins, E., Akışkanların Gözenekli Ortamdaki Akışı , Çeviri: Tunç Saydam , Birinci Baskı , Çağlayan Yayınevi , İstanbul 1973.
7. Resch, H., ve Ecklund, B.A., Permeability of Wood Exemplified by Measurements on Redwood, Forest Product Journal , 14 (1964) 199-205
8. Sebastian, L.P., Cote, W.A.J. ve Skaar, C., Relationship of Gas Phase Permeability to Ultrastructure of White Spruce Wood , Forest Product Journal , 8 (1965) 394-404.
9. Comstock, G.L., Longitudinal Permeability of Wood to Gases and Nonswelling Liquids, Forest Product Journal , 17 (1967) 41-46.
10. Fogg, P.J., Longitudinal Air Permeability of Four Species of Southern Pine Wood, Wood Science , 2 (1969) 35-43.
11. Comstock, G.L., Directional Permeability of Softwoods , Wood and Fiber , 1 (1970) 283-289.

12. Bramhall, G. ve Wilson, J.W., Axial Gas Permeability of Douglas-fir Microsections Dried by Various Techniques , Wood Science and Technology, 3 (1971) 223-230.
13. Choong, E.T., McMillin, C.W. ve Tesoro, F.O., Effect of Surface Preparation on Gas Permeability of Wood , Wood Science , 7 (1975) 319 -322.
14. Booker, R.E., Problems in the Measurements of Longitudinal Sapwood Permeability and Hydrolitic Conductivity , New Zealand Journal of Forestry Science , 7 (1977) 297-306.
15. Petty, J.A.ve Puritch, G.S., The Effects of Drying on The Structure and Permeability of the Wood of Abies Grandis , Wood Science and Technology, 4 (1970) 140-154.
16. Buchmann, S.J., Schmitz, H.ve Gortner, R.A., A Study of Certain Factors Influencing the Movement of Liquids in Wood , Journal of Physical Chemistry , 1 (1935) 103-120.
17. Erickson, H.D. ve Crawford, R.J., The Effects of Several Seasoning Methods on The Permeability of Wood to Liquids , Amer.Wood Presrv.Assoc. 55 (1955) 210-220.
18. Erickson, H.D., The Effects of Storage Conditions and Time Upon Permeability of Green Sapwood , American Wood Presrvative. Association. 56 (1960) 156-165.
19. Lutz, J.F., Duncan, C.G.ve Scheffer, T.C., Some Effects of Bacterial Action on Rotarycut Southern Pine Veneer , Forest Product Journal , 16 (1966) 23-28.
20. Bauch, J., Liese, W. ve Berndt, H., Biological Investigations for The Improvement of the Permeability of Softwoods , Holzforschung , 24 (1970) 199-205.

21. Ünlügil, H.H., Penetrability of White Spruce Wood After Water Storage , Journ.Inst.of Wood Science , 5 (1971) 30-35.
22. Ünlügil, H.H., Penetrability and Strength of White Spruce after Ponding , Forest Product Journal , 22 (1972) 92-100.
23. Chen, P.Y.S. ve Hossfeld, R., Effects of Viscosity on Green Permeability of Sitka Spruce to Aqueous Glycerine , Tappi , 47 (1964) 750-752.
24. Comstock, G.L., Longitudinal Permeability of Green Eastern Hemlock , Forest Product Journal , 13 (1965) 441-449.
25. Hackbarth, W. ve Liese, W., Einfluss der Holzanatomischen Eigenschaften und Tranlösungs-Faktören auf die Kressdrucktrankung der Fichte , Holz als Roh-und Werkstoff , 33 (1975) 451-455.
26. Benvenuti, R.R., An Investigation of Methods of Increasing The Permeability of Lobbly Pine , MSc Thesis , Dept. of Forestry , North Caroline State College, Raleigh , USA , 1963.
27. Nicholas, D.D., Structure and Chemical Composition of the Pit Membrane in Relation to the Permeability in Lobbly Pine , PhD Thesis , Dept. of Forestry , North Caroline State College , Raleigh , USA , 1966.
28. Nicholas, D.D. ve Thomas, R.J., Influence of Steaming on Ultrastructure and Permeability of Lobbly Pine , Forest Product Journal , 18 (1968a) 57-79.
29. Fogg, P.J., Longitudinal Air Permeability of Southern Pine Wood , PhD Thesis, School of Forestry and Wildlife Management , La. State University , Baton Rouge, USA , 1968.
30. Comstock, G.L., Relationship Between Permeability of Green and Dry Eastern Hemlok , Forest Product Journal , 18 (1968) 20-23.
31. Edwards, W.R.N., Jarvis, P.G., Relations Between Water Content, Potential and Permeability in Stems of Conifers , Plant Cell and Environment , 5 (1982) 271-277.

32. Booker, R.E. ve Kininmonth, J.A., Variation in Longitudinal Permeability of Green Radiata Pine Wood , New Zealand Journal of Forestry , 8 (1978) 295-308.
33. Booker, R.E., Change in Transverse Wood Permeability During the Drying of Dacrydium Capparensium and Pinus Radiata , New Zealand Journ. of Forestry , 20 (1990) 231-244.
34. Comstock, G.L.ve Cote, W.A., Factors Affecting Permeability and Pit Aspiration in Conifers Sapwood , Wood Science and Technology , 2 (1968) 279-291.
35. Palin, M.A.ve Petty, J.A., Permeability to Water of the Wood Cell Wall and its Variation with Temperature , Wood Science and Technology , 17 (1983) 187-193.
36. Bailey, P.J.ve Preston, R.D., Some Aspects of Softwood Permeability, 1: Structural Studies with Douglas-fir Sapwood and Heartwood , Holzforschung , 23 (1969) 113-120.
37. Hartmann, D.U., Untersuchungen über die Drucklassigkeit des Holzes bei Druchfiltration, 2: Durchlassigkeit für Losungen Verschiedener , Art Forstwiss. Cbl., 74 (1978) 16-19.
38. Rak, J., Solvent Drying and Preservation of Timber , Journal Institute. of Wood Science , 20 (1976) 53-56.
39. Bauch, J. ve Liese, W., Longitudinal Permeability of Green Sapwood of Silver-fir and Norway Spruce to Organic Solvent , Holzforschung , 20 (1966) 169- 174.
40. Tesoro, F.O., Kimbler, D.R. ve Choong, E.T., Determination of the Relative Permeability of Wood to Oil and Water , Wood Science , 5 (1972) 21-26.
41. Tesoro, F.O., Choong, E.T. ve Skaar,C., Transverse Air Permeability of Wood As an Indicator of Treatability with Creosote , Forest Product Journal , 16 (1966) 57-59.

42. Cooper, P.A., Bramhall, G. ve Ross, N.A., Estimating Preservative Treatability of Wood from Its Air-Flow Properties , Forest Product Journal 24 (1974) 99-103.
43. Lin, R.T., Lancaster, E.P. ve Krahmer, R.L., Longitudinal Water Permeability of Western Hemlock, 1: Steady State Permeability , Wood and Fiber , 4 (1973) 278-289.
44. Bolton, A.J. ve Petty, J.A., Structural Components Influencing the Permeability of Pondered and Unpondered Sitka Spruce , Journal of Microscopy , 104 (1975) 33-46.
45. Booker, R.E., Two Methods for Measuring the Longitudinal Permeability of Green Wood , New Zealand For.Serv. Forest Product Report , FP/TD14 (1976) 2-12.
46. Banks, W.G. ve Levy, J.F., The Effect of Cell Wall Swelling on the Permeability of Grand-fir Wood , Wood Science and Technology , 14 (1980) 49-62.
47. Markstrom, D.C. ve Hann, R.A., Seasonal Variation of Wood Permeability and Stem Moisture Content of the Rocky Mountain Softwoods , USDA.Research 212 (1972) 1-7.
48. Prak, A.L., Unsteady State Gas Permeability of Wood , Wood Science and Technology , 4 (1970) 50-69.
49. Bramhall, G., The Validity of Darcy's Law in the Axial Penetration of Wood , Wood Science and Technology , 5 (1971) 121-130.
50. Örs, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi , 1.Kısım: Odunun Fiziksel Özellikleri , K.T.Ü. Ormaan Fakültesi Ders Teksirleri Yayın No: 11 , Trabzon, 1989.
51. Lowell, S. ve Shields, J.E., Contact Angle in Mercury Porosimeter , International Laboratory , 3 (1981) 80-89.

52. Spolek, G.A. ve Plumb, O.A., Capillary Pressure in Softwoods , Wood Science and Technology , 15 (1981) 189-199.
53. Siau, J.F., Flow in Wood , First Edition , Syracuse University Press , USA, 1971.
54. Hösli, P.J., Determining Pore Size in Wood by Electroosmotic Measurements , Wood Science , 14 (1981) 91-94.
55. Drake, L.C. ve Ritter, H.L., Macropore-Size Distribution in Some Typical Porous Substances , Industrial and Engineering Chemistry , 17 (1945) 787-791.
56. Cameron, A. ve Stacy, W.O., A low-Pressure Mercury Porosimeter , Chemistry and Industry , 27 (1960) 222-223.
57. Yao, J., Determination of Lumen Size Distribution in Softwood by The Mercury Injection Method , Forest Product Journal , 14 (1964) 167-170.
58. Stayton, C.L. ve Hart, C.A., Determining Pore-Size Distribution in Softwoods with a Mercury Porosimeter, Forest Product Journal , 15 (1965) 435-440.
59. Schneider, A., Beitrag zur Porositätsanalyse mit dem Quecksilberporosimeter , Holz als Roh- und Werkstoff , 37 (1979) 295-302.
60. Trenard, Y., Comparison et Interpretation de Courbes Obtenues par la Porosimetrie au Mercure sur Divers Essences de Bois , Holzforschung , 34 (1980) 134-146.
61. Hösli, J.P. ve Orfila, L., Mercury Porosimeter Approach on the Validity of Darcy's Law in the Axial Penetration of Wood , Wood Science and Technology , 19 (1985) 347-352.
62. Kuroda, N. ve Siau, J.F., Evidence of Nonlinear Flow in Softwoods from Wood Permeability Measurements , Wood and Fiber , 20 (1988) 162-169.

63. Absetz, I., Effects of Structural Variation and Moisture Content on Pore Size Distribution of Softwoods , Helsinki University Press , Espoo Finland, 1991.
64. İlhan, R., Ağaç Malzemenin Korunması , Milli Prodüktivite Yayınları No: 338, Ankara, 1988.
65. Stamm, A.J., Maksimum Effective Pit Pore Radii of the Heartwood and Sapwood of Six Softwoods as Affected by Drying and Resoaking , Wood Science and Technology , 1 (1970) 263-269.
66. Petty, J.A. ve Preston, F.R.S., The Removal of Air from Wood , Holzforschung , 23 (1969) 9-15.
67. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi , İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 385 , İstanbul, 1987.
68. Bailey, P.J., The Permeability of Softwoods , Journal Inst. of Wood Science, 12 (1964) 44-55.
69. Fengel, D., Structure and Function of the Membrane in Softwood Bordered Pits , Holzforschung , 26 (1972) 1-9.
70. Bozkurt, Y., Odun Anatomisi , İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 415, İstanbul, 1992.
71. Hart, C.A. ve Thomas, R.J., Mechanism of Bordered Pit Aspiration as Caused by Capillary, Forest Product Journal , 17 (1967) 61-68.
72. Thomas, R.J. ve Kringstad, K.P, A Note on Hydrogen Bonding and Pit Aspiration, Wood Science , 5 (1972) 63-64.
73. Banks, W.B., Addressing the Problem of Non-Steady State Liquid Flow in Wood , Wood Science and Technology , 15 (1981) 171-177.
74. Phillips, E.W.S., Movement of the Pit Membrane in Coniferous Woods, with Special Referance to Preservative Solution , Forestry , 2 (1933) 109-120.

75. Thomas, R.J. ve Nicholas, D.D., Pit Membrane Structure in Lobbly Pine as Influenced by Solvent Exchange Drying, Forest Product Journal , 16 (1966) 5-6.
76. Liese, W. ve Bauch, Y., On the Closure of Border Pits in Conifers, Wood Science and Technology , 1 (1967) 1-13.
77. Lin, R.T., Lancaster, E.P. ve Krahmer, R.L., Longitudinal Water Permeability of Western Hemlock. 1: Steady-State Permeability, Wood and Fiber , 4 (1973) 278-289.
78. Dey, S., Baul, T.S.B., Roy, B. ve Dey, D., A New Rapid Method of Air-Drying for Scanning Electron Microscopy Using Tetramethylsilane , Journal of Microscopy , 156 (1989) 259-261.
79. Suolahti, O. ve Wallen, A., Der Einfluss der Nassalagerung Auf das Wasseraufnahme Vermogen der Kiefernspintholzes , Holz als Roh -und Werkstoff , 16 (1958) 8-17.
80. Thomas, R.J., The Ultrastructure of Southern Pine Bordered Pit Membrane as Revealed by Specialized Drying Techniques , Wood and Fiber , 2 (1969) 110-123.
81. Petty, J.A., The Aspiration of Bordered Pits in Conifer Wood , Proceed Royal. Society of. London. , B181 (1972) 395-406.
82. Bolton, A.J. ve Petty, J.A., Variation of Susceptibility to Aspiration of Bordered Pits in Conifer Wood , Journal of Experimental Botany , 28 (1977) 935 - 941.
83. Bauch, J., Liese, W. ve Schultze, F., Über die Entwicklung und Stoffliche Zusammensetzung der Hoftüpfelmembranen von Langstrachheiden in Conifaren , Holzforschung , 22 (1968) 145-153.
84. TS 53/Aralık 1981, Odunun Fiziksel Özelliklerini Tayin için Numune Alma, Muayene ve Deneysel Metodları, 1.Baskı , T.S.E. Ankara , Mayıs 1982.

85. Petty, J.A., Permeability and Structure of the Wood of Sitka Spruce , Proceed. Royal. Society of. London. , B175 (1970) 149-166.
86. Bolton, A.J. ve Petty, J.A., Influence of Critical Point and Solvent Exchange Drying on the Gas Permeability of Conifer Sapwood, Wood Science , 9 (1977) 187-193.
87. .Petty, J.A., Effects of Solvent Exchange Drying and Filtration on the Absorbtion of Petroleum Distilate by Spruce Wood , Holzforchung , 32 (1978) 52-55.
88. Banks, W.B., Some Factors Affecting The Permeability of Sctos Pine and Norway Spruce , Journal Institute. of Wood Science , 5 (1970) 10-17.
89. Breese, M. Measurements of Wood Permeability, Lecture Notes, U.C.N.W. Dep. of Wood Science Press, N.Wales/Bangor, 1991.
90. Smith, D.N.R. ve Banks, W.B., The Mechanism of Flow of Gases Through Coniferous Wood , Proceed. Royal. Society.of London. , B177 (1971) 197-223.
91. Kollmann, F.P., Cote, W.A.J., Principles of Wood Science , 1: Solid Wood , Springer-Verlag, Berlin, 1968.
92. Eraslan, İ., Doğu Ladini (Picea orientalis Link. ve Carr.) nin Teknik Vasıfları ve Kullanma Yerleri Hakkında Araştırmalar , Çankaya Yayınevi, Ankara, 1947.
93. Wood Handbook, Physical Properties of Wood , First Edition, Forest Product Laboratory, Forest Service , Madison USA, 1982.
94. Corc, H.A., Cote, W.A.J. ve Day, A.C., Wood Structure and Identification , Second Edition, Syracuse University Press , USA, 1979.
95. Koran, Z., Anatomy and Treatability of Spruce Wood , Proc. of the 1988 Forintek Wood Pres. Seminar , (1988) 23-43.

96. Hösli, J.P., The Evaluation of the Treatability of Spruce Wood Using Permeability Concepts , Proceed of the 1988 Forintek Wood Preservation Seminar , (1988) 45-56.
97. Aldrich Catalogue Handbook of Fine Chemicals (1992-1993) , Aldrich Chemical Company Limited, Dorset, UK., 1992.
98. Liese, W. ve Bauch, J., On Anatomical Causes of The Refractory Behaviour of Spruce and Douglas Fir , Journal Institute. of Wood Science 19 (1967) 3-14.
99. Bozkurt, Y. ve Erdin, N., Ticarette Önemli Ağaçlar , İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları , İ.Ü. Yayın No: 3572, F.B.E. Yayın No: 4, İstanbul. 1989.
100. Bostancı, Ş., Türkiye Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Carr.) Odununun Kimyasal Bileşimi ve Doğu Karadeniz Göknaarı (Abies nordmanniana (Spach.)) Yongalarından elde edilen Mekanik Kağıthamurunun Endüstride Kullanım Olanakları, K.T.Ü. Genel Yayın No: 112, Orman Fakültesi Yayın No: 6 Trabzon, 1979

8. ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Eskişehir' de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini 1980 yılında Eskişehir' de bitirdi. 1982 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazanarak yüksek öğrenimine başladı. 1986 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı' na Araştırma Görevlisi olarak atandı.

1988 yılında yüksek lisans eğitimi için İngiltere' ye gitti. 1991 yılında University College of North Wales' da yüksek lisansını tamamladıktan sonra 1993 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında doktora çalışmasına başladı.

İngilizce bilen Mehmet KESKİNKOL, evli ve bir çocuk babasıdır.

