

Ultrases ile Ağağların Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Çiğdem Cansu

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Anabilim Dalı

Haziran, 2008

Determination of Tree's Some Physical Properties with Ultrasonic

Çiğdem Cansu

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Physics

June, 2008

Ultras ses ile Ağağların Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Çiğdem Cansu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Fizik Anabilim Dalı
Genel Fizik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Ertunç Aral

Haziran 2008

ONAY

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Çiğdem Cansu'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Ultras ses ile Ağaçların Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Ertunç ARAL

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Ertunç ARAL

Üye : Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Üye : Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan SAVAROĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali ÇETİN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

Ultrasen ile Ağağların Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Çiğdem Cansu

ÖZET

Bu çalışmada, Beyşehir Gölü Havzası'nda yetişmiş farklı dokuz türe ait ağacın, bazı fiziksel özellikleri ultrasen ile incelenmiştir. Ağaç numuneler, dikdörtgenler prizması olacak şekilde kestirilerek ve yüzey pürüzleri giderilerek hazırlanmıştır. Ağaç numunelerde farklı özellik gösteren teğet ve enine kesit yüzeyleri belirlenerek ölçümler alınmıştır. Ölçümler numuneler kesildikten sonra, kurutma işleminden sonra ve 15'er günlük aralıklarla 3 ay suda bekletildikten sonra tekrarlanmıştır. Numunelerin ağırlık ve hacim değerleri ölçülerek yoğunlukları hesaplanmıştır. Ağaç numunelerinin ölçüm alınan yüzeylerinin uzunluğu ve ultrasen geçiş süresi ölçülmüş, bu değerlerden de ultrasenin numunenin yüzeyinden geçiş hızı hesaplanmıştır. Ağaç numunelerin yoğunluk ve yüzeylerinden geçen ultrasen hızının değerleri kullanılarak numunelerin üç yüzeyi için Lamé sabiti, makaslama modülü, young modülü, hacim modülü, sıkıştırılabilirlik sabiti ve dinamik elastik sabitleri hesaplanmıştır. Bu sabitlerin değerleri tablo ve grafikler haline getirilerek yorumlanmıştır.

Sonuç olarak, enine kesitlerde Lamé sabiti, makaslama modülü, young modülü, hacim modülü ve dinamik elastik sabitleri, teğet yüzeylerdekine göre ise yüksek değerde olduğu görülmüştür. Sıkıştırılabilirlik sabitinin ise enine yüzeylerde teğet yüzeylerdekine göre yüksek değerde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca suyunu kaybeden ağaç numunelerin elastikiyetini kaybettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ultrasen, Lamé sabiti, Young modülü, Hacim sabiti, Dinamik elastik sabiti

Determination of Tree's Some Physical Properties with Ultrasonic

Çiğdem Cansu

SUMMARY

In this study, the some physical properties of different nine kinds of trees which are grown in Beyşehir Lake Basin are analysed with ultrasonics. Tree samples are cut as being rectangle prisms and they are prepared after surface roughnesses are removed. Different kinds of tangent and breadthways section surfaces of tree samples are defined and their measures are taken. Measures are repeated after samples are cut and after drying procedure and after being waited for 3 months in water at 15 days intervals. The densities of samples are calculated after weight and volume values are measured. Tree samples surfaces whose measures are taken, length and passing time of ultrasonics are calculated and from these values ultrasonics passing speed through sample surface is calculated. By using the density of tree samples and ultrasonics passing speed through sample surface, Lamé constant, shear modulus, young's modulus, bulk modulus, coefficient of compressibility, dynamic elastic constants are calculated for three surfaces of samples.

As a result, Lamé constants, shear modulus, young's modulus, bulk modulus, dynamic elastic constants have higher values in breadthways sections than they have in tangent sections. Coefficient of compressibility has got higher values in breadthways sections than they have in tangent sections. Also, it is seen that tree samples which lose water lose their elasticity.

Keywords: Ultrasonic, Lamé constants, Young's modulus, Bulk modulus, Dinamic elastic constants

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya izin veren T.C. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yöneticilerine, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan saygıdeğer hocam *Prof. Ertunç ARAL*'a, doküman araştırması ve birçok konuda yardımcı olan *Gökhan SAVAROĞLU*'na, makale çevirilerinde yardımcı olan İngilizce öğretmeni *Burcu Oruç*'a, dilbilgisi ve anlatım bozukluklarını sıkılmadan okuyarak düzelten Türkçe öğretmeni *Elif BAYRAM*'a, tez çalışmam esnasında karşılaştığım problemlere benimle birlikte çözüm arayan arkadaşlarım *Aycan SARAK*, *Burcu KELEŞ* ve *Gülcan ÜZÜLMEZ*'e, hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmamda da yanımda olan maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen, özellikle ağaçları keserek numuneleri hazırlayan babam *Cemal CANSU*'ya ve annem *Naciye CANSU*'ya sonsuz teşekkür ederim.

ÇIĞDEM CANSU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|-------------|
| ÖZET | v |
| SUMMARY | vi |
| TEŞEKKÜR | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xvii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xxi |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| | |
| 2. ULTRASES | 4 |
| 2.1 Ultrasesin Tarihçesi | 5 |
| 2.2 Ultrasesin Tanımı | 7 |
| 2.3 Ultrases Dalga Çeşitleri | 8 |
| 2.3.1 Enine dalgalar | 9 |
| 2.3.2 Boyuna dalgalar | 10 |
| 2.3.3 Yüzey dalgaları | 10 |
| 2.4 Ultrases Dalgalarının Temel Özellikleri | 11 |
| 2.4.1 Ultrases dalgaların iki ortam ara yüzeyinden kırılma ve yansıması | 12 |
| 2.4.2 Akustik empedans | 15 |
| 2.4.3 Ultrasesin enerji şiddeti | 15 |
| 2.4.4 Ultrases basıncı | 16 |
| 2.4.5 Katı ortamlarda ultrases dalgalarının yayılması ve ultrases hızı için temel bağıntılar..... | 16 |
| 2.5 Ultrases Oluşturulması ve Algılanması. | 19 |
| 2.5.1 Piezoelektrik transduser | 19 |
| 2.5.2 Manyetostriksiyon transduser | 24 |
| 2.5.3 Elektriksiyon transduser | 25 |
| 2.6 Ultrasesin Genel Kullanım Alanları | 26 |

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

| | |
|--|-----------|
| 2.6.1 Endüstri ve teknolojide ultrasesin kullanım alanları | 26 |
| 2.6.2 Biyoloji, tıp ve ziraatte ultrasesin kullanım alanları | 27 |
| 2.7 Ultrasesin Avantaj ve Dezavantajları | 28 |
| 3. AĞACIN GENEL ÖZELLİKLERİ | 30 |
| 3.1 Ağacın Mikroskopik Özellikleri | 30 |
| 3.1.1 Bitki hücre yapısı | 30 |
| 3.1.2 Bitki dokuları | 33 |
| 3.1.3 İğne yapraklı ağaçların mikroskopik yapısı | 36 |
| 3.1.4 Yapraklı ağaçların mikroskopik yapısı | 38 |
| 3.1.5 İğne yapraklı ve yapraklı ağaç hücreleri arasındaki farklar..... | 40 |
| 3.2 Ağacın Makroskopik Yapısı | 41 |
| 3.2.1 Enine kesitte görülen özellikler..... | 42 |
| 3.2.2 Radyal ve teğet kesitte görülen özellikler | 45 |
| 3.3.3 Fiziksel karakteristikler | 45 |
| 3.3 Odunun Kimyasal Yapısı | 46 |
| 3.1.1 Odunun asal bileşikleri | 47 |
| 3.1.2 Odunun yan bileşikleri | 50 |
| 3.4 Odun Su İlişkisi | 51 |
| 3.4.1 Odun rutubet ilişkisi..... | 51 |
| 3.4.2 Daralma ve genişleme | 53 |
| 3.5 Odunun Yoğunluğu Üzerinde Etkili Olan Faktörler | 53 |
| 3.6 Ağaç Malzemenin Karakteristik Özellikleri..... | 54 |
| 3.7 Ağaç Malzemenin Ticaretteki Önemi | 55 |
| 3.8 Ağaç Malzemenin Rasyonel Kullanımı | 56 |

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

| | |
|---|-----------|
| 4. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ | 57 |
| 4.1 Adi Ardıç | 57 |
| 4.2 Kara Çam | 58 |
| 4.3 Göknar | 59 |
| 4.4 Saçlı Meşe | 61 |
| 4.5 Ak Dut | 62 |
| 4.6 Ak Söğüt | 63 |
| 4.7 Fransız Akçaağaç | 64 |
| 4.8 Yaz İhlamuru | 65 |
| 4.9 Adi Ceviz | 66 |
| 5. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN ALETLER | 68 |
| 5.1 Ultra Sonic Tester | 68 |
| 5.2 Tavlama Fırını | 69 |
| 5.3 Yüksek Sıcaklık Fırını | 70 |
| 5.4 Elektronik Tartı ve Kumpas | 71 |
| 6. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI VE DENEYİN YAPILIŞI..... | 72 |
| 6.1 Numunelerin Hazırlanması | 72 |
| 6.1.1 Ağaç numunelerin temin edildiği yerler ve numaralandırılması | 72 |
| 6.1.2 Ağaç çeşitlerine göre numunelerin gösterimi | 73 |
| 6.2 Deneyin Yapılışı..... | 79 |
| 7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR | 82 |
| 7.1 Yoğunlukların Hesaplanması | 82 |
| 7.2 Ultrases Dalgalarının Geçiş Sürelerinin Ölçümleri..... | 92 |
| 7.3 Boyuna Ultrases Dalgalarının Geçiş Hızının Hesaplanması | 96 |

İÇİNDEKİLER (devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 7.4 Enine Ultrases Dalgalarının Geçiş Hızının Hesaplanması..... | 105 |
| 7.5 Numunelerin μ Sabitlerinin Hesaplanması..... | 110 |
| 7.6 Numunelerin λ Sabitlerinin Hesaplanması | 119 |
| 7.7 Numunelerin Y (Young) Modüllerinin Hesaplanması | 128 |
| 7.8 Numunelerin B (Hacim) Modüllerinin Hesaplanması..... | 137 |
| 7.9 Numunelerin K (Sıkışma) Katsayılarının Hesaplanması..... | 142 |
| 7.10 Numunelerin E (Dinamik) Elastik Sabitlerinin Hesaplanması..... | 151 |
| 8. SONUÇ VE TARTIŞMA..... | 161 |
| 9. KAYNAKLAR DİZİNİ | 169 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 2.1 Bir su tankındaki dağılımı..... | 4 |
| 2.2 Lord Rayleigh..... | 5 |
| 2.3 Verici ve alıcı ultrasesin iki temel metodu (a) Puls - yakalama (b) Puls- eko..... | 6 |
| 2.4 Ortamda enine dalgaların yayılması | 9 |
| 2.5 Ortamda boyuna dalgaların yayılması..... | 10 |
| 2.6 Ortamda yüzey dalgalarının yayılışı..... | 11 |
| 2.7 Ara yüzeye dik açıyla gelen ultrases dalgasının yansması..... | 13 |
| 2.8 Ara yüzeye eğik açıyla gelen boyuna ultrases dalgasının kırılma ve yansması.... | 13 |
| 2.9 (a) Boyuna ultrases dalgasının sınır açısıyla ara kesit yüzeyinden yansıma (b) Enine ultrases dalgasının sınır açısıyla ara kesit yüzeyinden yansması..... | 14 |
| 2.10 Kübik, izotrop, homojen yapı için elastik sabitleri tansörü..... | 17 |
| 2.11 Kübik, izotrop, homojen yapı için Lamé sabitleri cinsinden elastik sabitleri tansörü | 17 |
| 2.12 Piezoelektrik olayda en çok kullanılan kristaller (a) Kuartz kristalinin resmi (b)Turmalin kristalinin resmi | 21 |
| 2.13 (a) Bir kuartz kristali (b) Curie kesiti (c) Kuartz kristalinden kesilmiş x kesimli levha | 21 |
| 2.14 Piezoelektrik olay (a)Denge durumundaki kuartz kristali (b)Basınç kuvveti uygulanmış kuartz kristali (c)Germe kuvveti uygulanmış kuartz kristali..... | 22 |
| 2.15 Ters piezoelektrik olay (a) kristale polarizasyonu yönünde voltaj uygulandığında (b)kristale polarizasyonunun tersi yönde voltaj uygulandığında..... | 23 |
| 2.16 Bir manyetostriksiyon transdüser..... | 25 |
| 2.17 Ultrasonik metodların avantaj ve dezavantajları..... | 29 |
| 3.1 Bir bitki hücresinin yapısı..... | 31 |
| 3.2 Çamda ilk bahar ve yaz odunu trakeidleri..... | 37 |
| 3.3 İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların boyuna ve radyal yöndeki hücreleri..... | 41 |
| 3.4 Meşe gövdesinde enine, radyal ve teğet kesit görünüşü..... | 42 |

ŞEKİLLER DİZİNİ(Devam)

| Şekil | Sayfa |
|--|-------|
| 3.5 Ağacın enine kesitinde görülen yapılar..... | 44 |
| 3.6 (a) Glikoz birimi (b) Selüloz oluşumu..... | 48 |
| 3.7 Lignini oluşturan fenil propan birimleri İğne yapraklı ağaçlara ait fenil propan yapısı Yapraklı ağaçlara ait fenil propan yapısı..... | 49 |
| 5.1 Ultra Sonic Tester cihazının blok diyagramı..... | 68 |
| 5.2 Nüve MF 120 Tavlama fırını..... | 70 |
| 5.3 Yüksek sıcaklık fırını..... | 71 |
| 5.4 Scout- Pro Elektronik tartı..... | 71 |
| 6.1 Beyşehir Gölü havzası'nın haritadaki yeri..... | 72 |
| 6.2 Adi Ardıç ağacı numunesi..... | 73 |
| 6.3 Kara Çam ağacı numunesi..... | 74 |
| 6.4 Gökmar ağacı numunesi..... | 75 |
| 6.5 Saçlı Meşe ağacı numunesi..... | 75 |
| 6.6 Ak Dut ağacı numunesi..... | 76 |
| 6.7 Ak Söğüt ağacı numunesi..... | 77 |
| 6.8 Fransız Akçaağaç ağacı numunesi..... | 77 |
| 6.9 Yaz Ihlamur ağacı numunesi..... | 78 |
| 6.10 Adi Ceviz ağacı numunesi..... | 79 |
| 6.11 Deney düzeneğinin resmi..... | 80 |
| 7.1 Adi Ardıç ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 83 |
| 7.2 Kara Çam ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 84 |
| 7.3 Gökmar ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 85 |
| 7.4 Saçlı Meşe ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 86 |
| 7.5 Ak Dut ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 87 |

ŞEKİLLER DİZİNİ(Devam)

| <u>Şekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 7.6 Ak Söğüt ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 88 |
| 7.7 Fransız Akçaağaç ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 89 |
| 7.8 Yaz Ihlamuru ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği... | 90 |
| 7.9 Adi Ceviz ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği..... | 91 |
| 7.10 Adi Ardiç ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 97 |
| 7.11 Kara Çam ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 98 |
| 7.12 Gök nar ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 99 |
| 7.13 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 100 |
| 7.14 Ak Dut ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 101 |
| 7.15 Ak Söğüt ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 102 |
| 7.16 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 103 |
| 7.17 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 104 |
| 7.18 Adi Ceviz ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği..... | 105 |
| 7.19 Adi Ardiç ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 110 |
| 7.20 Kara Çam ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 111 |
| 7.21 Gök nar ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 112 |
| 7.22 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 113 |
| 7.23 Ak Dut ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 114 |
| 7.24 Ak Söğüt ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 115 |
| 7.25 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği..... | 116 |
| 7.26 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği | 117 |
| 7.27 Adi Ceviz ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği | 118 |
| 7.28 Adi Ardiç ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 119 |
| 7.29 Kara Çam ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 120 |
| 7.30 Gök nar ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 121 |
| 7.31 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 122 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

| <u>Şekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 7.32 Ak Dut ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 123 |
| 7.33 Ak Söğüt ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 124 |
| 7.34 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 125 |
| 7.35 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 126 |
| 7.36 Adi Ceviz ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği | 127 |
| 7.37 Adi Ardiç ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği | 129 |
| 7.38 Kara Çam ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 130 |
| 7.39 Gök nar ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 131 |
| 7.40 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 132 |
| 7.41 Ak Dut ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 133 |
| 7.42 Ak Söğüt ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 134 |
| 7.43 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 135 |
| 7.44 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 136 |
| 7.45 Adi Ceviz ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği..... | 137 |
| 7.46 Adi Ardiç ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 143 |
| 7.47 Kara Çam ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 144 |
| 7.48 Gök nar ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 145 |
| 7.49 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 146 |
| 7.50 Ak Dut ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 147 |
| 7.51 Ak Söğüt ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 148 |
| 7.52 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 149 |
| 7.53 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 150 |
| 7.54 Adi Ceviz ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği..... | 151 |
| 7.55 Adi Ardiç ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 152 |
| 7.56 Kara Çam ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 153 |
| 7.57 Gök nar ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 154 |
| 7.58 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 155 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

| <u>Şekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 7.59 Ak Dut ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 156 |
| 7.60 Ak Söğüt ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 157 |
| 7.61 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 158 |
| 7.62 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 159 |
| 7.63 Adi Ceviz ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği..... | 160 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Çizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|----------------|--|
| 7.1 | Adi Ardiç ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....82 |
| 7.2 | Kara Çam ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....84 |
| 7.3 | Gök nar ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....85 |
| 7.4 | Saçlı Meşe ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....86 |
| 7.5 | Ak Dut ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....87 |
| 7.6 | Ak Söğüt ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....88 |
| 7.7 | Fransız Akçaağaç ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....89 |
| 7.8 | Yaz Ihlamuru ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....90 |
| 7.9 | Adi Ceviz ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri.....91 |
| 7.10 | Adi Ardiç ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....92 |
| 7.11 | Kara çam ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....92 |
| 7.12 | Gök nar ağacında boyuna ultrases geçiş süresi93 |
| 7.13 | Saçlı meşe ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....93 |
| 7.14 | Ak Dut ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....94 |
| 7.15 | Ak Söğüt ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....94 |
| 7.16 | Fransız Akçaağaç ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....95 |
| 7.17 | Yaz Ihlamuru ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....95 |
| 7.18 | Adi Ceviz ağacında boyuna ultrases geçiş süresi.....96 |
| 7.19 | Adi Ardiç ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....96 |
| 7.20 | Kara Çam ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....97 |
| 7.21 | Gök nar ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....98 |
| 7.22 | Saçlı Meşe ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....99 |
| 7.23 | Ak Dut ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....100 |
| 7.24 | Ak Söğüt ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....101 |
| 7.25 | Fransız Akçaağaç ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....102 |
| 7.26 | Yaz Ihlamuru ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....103 |
| 7.27 | Adi Ceviz ağacından geçen boyuna ultrases hızı.....104 |

ÇİZELGELER (devam)

| <u>Çizelge</u> | | <u>Sayfa</u> |
|----------------|---|--------------|
| 7.28 | Adi Ardıç ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 105 |
| 7.29 | Kara Çam ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 106 |
| 7.30 | Gök nar ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 106 |
| 7.31 | Saçlı Meşe ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 107 |
| 7.32 | Ak Dut ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 107 |
| 7.33 | Ak Söğüt ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 108 |
| 7.34 | Fransız Akçaağaç ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 108 |
| 7.35 | Yaz Ihlamuru ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 109 |
| 7.36 | Adi Ceviz ağacından geçen enine ultrases hızı..... | 109 |
| 7.37 | Adi Ardıç ağacının μ sabiti değerleri..... | 110 |
| 7.38 | Kara Çam ağacının μ sabiti değerleri..... | 111 |
| 7.39 | Gök nar ağacının μ sabiti değerleri..... | 112 |
| 7.40 | Saçlı Meşe ağacının μ sabiti değerleri..... | 113 |
| 7.41 | Ak Dut ağacının μ sabiti değerleri..... | 114 |
| 7.42 | Ak Söğüt ağacının μ sabiti değerleri..... | 115 |
| 7.43 | Fransız Akçaağaç ağacının μ sabiti değerleri..... | 116 |
| 7.44 | Yaz Ihlamuru ağacının μ sabiti değerleri..... | 117 |
| 7.45 | Adi Ceviz ağacının μ sabiti değerleri..... | 118 |
| 7.46 | Adi Ardıç ağacının λ sabiti değerleri..... | 119 |
| 7.47 | Kara Çam ağacının λ sabiti değerleri..... | 120 |
| 7.48 | Gök nar ağacının λ sabiti değerleri..... | 121 |
| 7.49 | Saçlı Meşe ağacının λ sabiti değerleri..... | 122 |
| 7.50 | Ak Dut ağacının λ sabiti değerleri..... | 123 |
| 7.51 | Kara Çam ağacının Y modülü değerleri..... | 129 |
| 7.52 | Gök nar ağacının Y modülü değerleri..... | 130 |
| 7.53 | Saçlı Meşe ağacının Y modülü değerleri..... | 131 |
| 7.54 | Ak Dut ağacının Y modülü değerleri..... | 132 |

ÇİZELGELER (devam)

| <u>Çizelge</u> | | <u>Sayfa</u> |
|----------------|--|--------------|
| 7.55 | Ak Söğüt ağacının Y modülü değerleri..... | 133 |
| 7.56 | Fransız Akçaağaç ağacının Y modülü değerleri..... | 134 |
| 7.57 | Yaz Ihlamuru ağacının Y modülü değerleri..... | 135 |
| 7.58 | Adi Ceviz ağacının Y modülü değerleri..... | 136 |
| 7.59 | Adi Ardıç ağacının B modülü değerleri..... | 138 |
| 7.60 | Kara Çam ağacının B modülü değerleri..... | 138 |
| 7.61 | Gökнар ağacının B modülü değerleri..... | 139 |
| 7.62 | Saçlı Meşe ağacının B modülü değerleri..... | 139 |
| 7.63 | Ak Dut ağacının B modülü değerleri..... | 140 |
| 7.64 | Ak Söğüt ağacının B modülü değerleri..... | 140 |
| 7.65 | Fransız Akçaağaç ağacının B modülü değerleri..... | 141 |
| 7.66 | Yaz ihlamuru ağacının B modülü değerleri..... | 141 |
| 7.67 | Adi Ceviz ağacının B modülü değerleri..... | 142 |
| 7.68 | Adi Ardıç ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 142 |
| 7.69 | Kara Çam ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 143 |
| 7.70 | Gökнар ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 144 |
| 7.71 | Saçlı Meşe ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 145 |
| 7.72 | Ak Dut ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 146 |
| 7.73 | Ak Söğüt ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 147 |
| 7.74 | Fransız Akçaağaç ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 148 |
| 7.75 | Yaz Ihlamuru ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 149 |
| 7.76 | Adi Ceviz ağacının K sıkışma katsayısı değerleri..... | 150 |
| 7.77 | Adi Ardıç ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri..... | 152 |
| 7.78 | Kara Çam ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri..... | 153 |
| 7.79 | Gökнар ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri..... | 154 |
| 7.80 | Saçlı Meşe ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri..... | 155 |
| 7.81 | Ak Dut ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri..... | 156 |
| 7.82 | Ak Söğüt ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri..... | 157 |

ÇİZELGELER (devam)

| <u>Çizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 7.83 Fransız Akçaağaç ağacının <i>E</i> dinamik elastik sabiti değerleri..... | 158 |
| 7.84 Yaz Ihlamuru ağacının <i>E</i> dinamik elastik sabiti değerleri..... | 168 |
| 7.85 Adi Ceviz ağacının <i>E</i> dinamik elastik sabiti değerleri..... | 159 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler</u> | <u>Açıklama</u> |
|------------------------|--|
| ATP | Adenozin trifosfat |
| B | Hacim modülü (N/m ²) |
| Ca | Kalsiyum |
| E | Dinamik elastik sabiti (kg/cm ²) |
| f | Frekans (1/s) |
| I | Ultrasesin enerji şiddeti (Watt/m ²) |
| K | Sıkışma katsayısı (m ² /N) |
| K | Potasyum |
| Mg | Magnezyum |
| N | Newton (kg.m/s ²) |
| Na | Sodyum |
| O | Oksijen |
| P_m | Ultrases basıncı (kg/m.s ²) |
| Si | Silisyum |
| SiO₂ | Silisyumdioksit |
| t | geçen süre (μ s) |
| Y | Young modülü (N/m ²) |
| Z | Akustik empedans (kg/m ² s) |
| λ | Dalgaboyu (m) |
| v_e | Enine ultrases hızı (m/s) |
| v_b | Boyuna ultrases hızı (m/s) |
| μ, λ | Lame sabitleri (N/m ²) |
| σ | Poisson oranı |
| ρ | Yoğunluk (gr/cm ³) |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

| <u>Kısaltmalar</u> | <u>Açıklama</u> |
|---------------------------|------------------------|
| cm | Santimetre |
| cm² | Santimetrekare |
| cm³ | Santimetreküp |
| et.al | Ve diğerleri |
| gr | Gram |
| KHz | Kilohertz |
| kg | Kilogram |
| MHz | Megahertz |
| m | Metre |
| m² | metrekare |
| mm | Milimetre |
| s | Saniye |
| vb | Ve benzeri |
| vd | Ve diğerleri |
| μs | Mikrosaniye |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

20 KHz-1 GHz frekans aralığındaki insan kulağının işitemeyeceği seslere ultrases denir. Ultrases ilk olarak I. Dünya Savaşı'nın'da düşman denizaltıları tespit edebilmek amacıyla kullanılmaya başlanmış daha sonra ise sanayinin gelişmesiyle birlikte metallerin kusur ve çatlaklarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde ise ultrases hemen hemen her alanda kullanılmaya başlamıştır. Tahribatsız test yöntemlerinden biri olarak kullanılan ultrasesin en önemli özelliği içinden geçtiği maddeye zarar vermemesidir. Bu özelliğinden dolayı özellikle tıp alanında kullanımı oldukça hızlı gelişmiştir. Tıptaki kullanım alanına ultrason adıyla bilinen cihaz örnek gösterilebilir. Bu cihaz sayesinde insan vücudunda bulunan yumuşak dokulara ait farklı oluşumlar ve bozukluklar; ana rahmindeki çocuğun durumu, sakatlığının olup olmadığı ve cinsiyeti gibi insan hayatını etkileyen birçok durum belirlenebilmektedir. Bunun yanı sıra ultrases, beton kalitesinin belirlenmesi, kimyasal reaksiyonların hızlandırılması, sert maddelerin işlenip delinmesi, metallerin ince toz haline getirilmesi, meşrubat sanayisinde şarabın eskitilmesi, biranın yabancı mayalardan arıtılması, sütün sterilize edilmesi gibi birbirinden farklı birçok alanda kullanılmaktadır.

Kendisine oldukça yaygın kullanım alanı oluşturan ultrases, diğer test yöntemlerinden farklı olarak, ağaçta hiçbir tahribat oluşturulmadan çatlak, kusur ve farklı oluşumların tespit edilmesini sağlamanın yanı sıra ağaçtan geçen ultrases hızının ve absorpsiyon katsayısının ölçülmesiyle, fiziksel özellikleri ve odun yapıları hakkında bilgi sahibi olunabilmesini sağlar. Fiziksel özelliklerinin ve odun yapılarının belirlenebilmesi sayesinde ise kullanım yeri oldukça fazla olan, hızlı yenilenemeyen ve dünyada yaşamın devam edebilmesi bakımından önemli rol oynayan ağaçların en uygun kullanım yerinin belirlenmesi ve bu sayede ağacın hammadde olarak kullanıldığı her alanda en az zayıt olacak şekilde ve yapılan malzemelerin uzun süre kullanılması sağlanabilmektedir.

Ağaç malzeme, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren, yakacak, silah ve barınak olarak insanlara hizmet vermeye başlamış, zamanla ise gelişen teknolojilerle kullanım alanı sayısı oldukça artmıştır. Günümüzde odun hammaddesinin 10.000 civarında kullanım alanı olduğu bildirilmektedir. Estetik yapısı, işlenme özellikleri ve kullanım alanlarının fazla olması nedeni ile en eski mühendislik materyali olan ağaç malzeme, bina, mobilya müzik aleti, tel direği, parke olarak masif halde kullanıldığı gibi, çimento ve alçılı yonga levha, kaplama levha, kontraplak, kağıt ve karton yapımında da kullanılmaktadır. Ayrıca, suni ipek, sentetik sünger, tutkal, patlayıcı maddeler gibi birçok maddenin üretilmesinde odun hammadde olarak kullanılmaktadır. Kullanım yerinin bu kadar çok olması ağacın anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır.

Odun hammaddesinin bir başka önemli yanı ise dünyanın birçok yerinde bulunması ve tekrar yetiştirilebilir olmasıdır. Fakat son zamanlarda tarla açma, yoğun kesimler, erozyon, orman yangınları ve özellikle günümüzde etkisini tamamen gösteren küresel ısınma ormanların geleceğini tehdit etmektedir. Odun hammaddesi tekrar yetiştirilebilme özelliğine sahip olmasına rağmen çok uzun sürede yetiştiği için az bulunan ve dikkatli kullanılması gereken bir kaynaktır. Ağaç türlerine ait odunların rasyonel olarak kullanılabilmesi ve en uygun şekilde değerlendirilebilecek kullanım yerlerinin bulunması odunun fiziksel, kimyasal, makroskopik ve mikroskopik özelliklerinin bilinmesine bağlıdır.

Yaptığımız bu çalışmada ultrasesin tarihçesi, ultrases dalga çeşitleri, temel özellikleri, katı bir ortamda ultrases dalgalarının yayılması ve hız için temel bağıntılar verildikten sonra ultrasesin oluşturulması ve algılanmasıyla ilgili bilgiler verilmektedir. Son olarak da ultrasesin kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları hakkında genel bilgiler verilerek bu bölüm bitirilmektedir.

Çalışmamızda ilk olarak ağaçların en küçük yapı taşı olan bitki hücre yapısından bahsedilmektedir, daha sonra bu hücrelerin oluşturduğu dokular hakkında bilgi verilmektedir. Mikroskopik yapıda iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların özellikleri farklı olduğu için ayrı ayrı bilgiler verilmekte, makroskopik yapısı ise genel hatlarıyla

açıklanmaktadır. Daha sonra odunun kimyasal yapısı ve yan bileşikleri, odun su ilişkisi, odunun yoğunluğu üzerinde etkili olan faktörler açıklanmakta ve en son olarak da ağaç malzemelerin karakteristik özellikleri, ticaretteki önemi ve rasyonel kullanımından bahsedilmektedir.

Çalışmamızda tüm numunelerin yetiştikleri yerler, ağaç yapıları, odunlarının genel özellikleri, yoğunlukları ve kullanıldığı yerler gibi temel özellikleri açıklanmaktadır. Numuneler hazırlanırken ağaçların yetiştiği yer enlem ve boylamlarıyla belirtilerek haritada gösterilmiştir. Haritada gösterilen bölgeden kesilen ağaçların kaç metre yükseklikten kesildiği ve türüne ait bilgiler verildikten sonra, bu ağaçlardan elde edilen dikdörtgenler prizması şeklindeki numunelerin boyutları hakkında genel bilgiler verilmekle birlikte resimlerle gösterilmektedir. Deneyin yapılışı hakkında bilgi verilirken ise ilk olarak deney düzeneği açıklanmakta ve resimle gösterilmektedir. Daha sonra numunelerden hangi işlemlerden sonra ölçüm alındığı, tablo ve grafiklerde nasıl açıklandığı ifade edilmektedir.

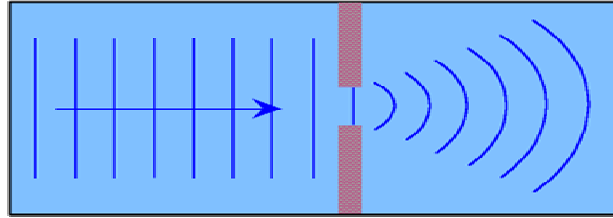
Numunelerin birinci ve ikinci yüzeyler teğet kesit, üçüncü yüzey ise enine kesitleri gösterecek şekilde hazırlanmıştır. Teğet kesitlerden belirlenen üç konumdan enine kesitlerde ise belirlenen iki konumdan ölçümler alınmaktadır. İlk olarak on farklı ağaç numune için, kesildikten sonra (1. işlem), kurutmadan sonra (2. işlem) ve üç aylık bir süreçte on beşer günlük aralıklarla (sırasıyla 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. işlem) suda bekletildikten sonra ağırlık ve hacim değişimleri ile birlikte yoğunluklar gösterilmektedir. Daha sonra yine aynı şekilde her numune için belirlenen konumlardan ultrases geçiş süresi, boyuna ve enine ultrases hız değerleri tablolarda gösterilmektedir. Ultrases hızları ve yoğunluklar kullanılarak ve ağaç yapısı kompleks bir yapı gösterdiğinden ağaç numunelerimizi bir yaklaşımla homojen ve izotrop olarak kabul ederek her numuneye ait , Lamé sabitleri olarak bilinen μ ve λ sabitleri, Y young modülleri, B hacim modülleri, K sıkışma katsayıları, E dinamik elastik sabitleri hesaplanarak tablo (tablo 7.1 - 7.90) ve grafiklerde (grafik 7.1-7.63) gösterilmektedir.

BÖLÜM 2

ULTRASES

2.1 Ultrasesin Tarihçesi

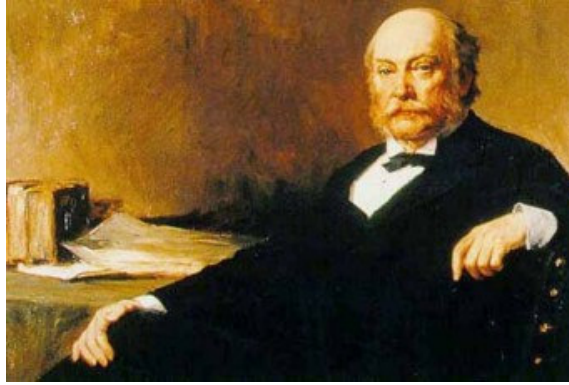
Endüstriyel uygulamalarla birlikte birçok mühendislik teorileri gibi ultrases, en büyük ve en hızlı gelişimini 19.yy sonu ve 20.yy' da gerçekleştirmiştir; fakat genel ses dalgalarını anlamamız oldukça eskidir. M.Ö. 240' larda, Yunan filozof Chrysippus, su içinde dalgaları gözlemleyerek, sesin dalganın şeklini aldığı tahmininde bulundu. Fakat Galileo Galilei (Akustiğin babası olarak bilinir) ve Martin Mersenne'nin sesi tanımlayan ilk kuralları geliştirmesi 16. yüzyılın sonu ve 17. yüzyılın başına rastlar. Sesin ilk matematiksel teorisini 1686'da Isaac Newton parçacıklar arasında iletilen basınç puls (pulse) ' un bir serisi olarak yorumlayarak geliştirdi. Newton teorisi dağılma gibi dalga olaylarını da hesaba kattı (Şekil 2.1). Sonra Euler, Lagrange ve d'Alembert'in Newtonun teorisini genişletmesi dalga denkleminin geliştirilmesini sağladı.



Şekil 2.1 Bir su tankındaki dağılım. Delikten geçen su dalgasının yayılması(www.gcsescience.com/Diffraction-Water-Waves.gif)

Dalga eşitliği ses dalgalarının matematiksel olarak açıklanmasına olanak verir. 19. yüzyılın sonunda ultrasoniğin en ünlü fizikçilerinden biri olan Lord Rayleigh (John William Strutt, 1842-1919; Şekil 2.2), ultrasonik tahribatsız test yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan Rayleigh dalgalarını ortaya çıkardı . Rayleigh ayrıca parça içinde yayılan, Lamb dalgaları olarak adlandırılan, yönlendirilmiş dalgaları (guided waves) keşfeden Lamb ile çalıştı.

Dalga yayılımı için kapalı form denklemlerinin hemen hemen hepsi 19. yüzyılın sonunda çözüldü. Daha sonra bilgisayarlar, çeşitli şekillerin kusurlarından yansımaları ve çoklu katmanları içeren karmaşık problemlerin çözümü için olanak verdi.

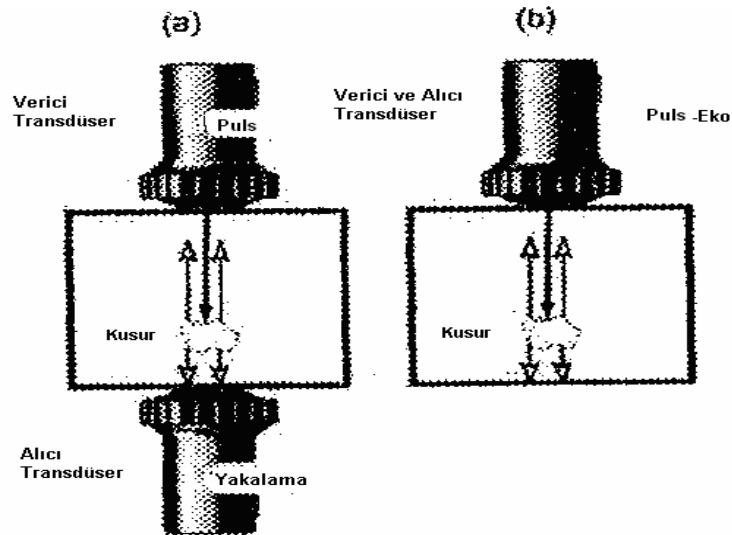


Şekil 2.2 Lord Rayleigh. (<http://www.elektromania.net/bilimadamlari/?id=36>)

Modern metodlarımız gelişmiş olmasına rağmen, ses dalgaları tahribatsız test Yöntemleri için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bir nesneye hafifçe vurma testi sağlıklı ses çıkıp çıkmadığını görmek için basit ve zaman almayan bir testtir ve bu vurma testi “çan gibi ses çıkarma” ve “çınlama” gibi ifadeler kazandırmıştır. Bu test, bir objenin içindeki çatlak veya kusurun onun doğal frekansını değiştirebileceği prensibi üzerine çalışır. Eğer bugün bir tren istasyonuna giderseniz, vagon tekerlerine vuran uzun el çekiçli çalışmanı hala görebilirsiniz. Bu test metoduyla ilgili sıkıntı şudur ki test yalnızca düşük (duyulabilir) frekanslara sahip olabilecek genişlikteki kusurlara karşı hassastır. Daha küçük fakat kritik olan çatlakları ortaya çıkarmak için ultrasonik dalgalarla kontrol etmek gerekir diğer bir deyişle sadece ultrasonik dalgalar tahribatsız test metodu olarak kabul edilir.

1880 yılında Curie kardeşler ultrasonik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren kristalleri buldular. 1881’de Lippman aynı kristallerde elektrik enerjisini ultrasonik enerjiye dönüştüren zıt piezoelektrik diye bilinen ters etkiyi buldu (Shull and Tittmann, 2002). Yüksek frekanslı dalgaların araştırılması 19. yüzyıla kadar ortaya çıkarılamadı. Modern ultrasonik çağ 1917 yılında Langevin’in denizaltını tespit etmek için quartz

resonatör ve yüksek frekanslı akustik dalgaları kullanmasıyla başlar (http://www.ob-ultrasound.net/ultrasonics_history.html). Langlevi'in düşman denizaltıları kontrol amacıyla, kendi adını taşıyan ultrases vericisi alıcısı sistemini gerçekleştirmesiyle ultrasesin mühendislik alanında ilk kullanımı başlamıştır (Savaroğlu, 1996). Bu uygulamanın başarısı, I. Dünya Savaşı boyunca yapılan denizaltı keşfini de içeren diğer sualtı uygulamalarına yol açtı. Savaşın sona, ultrasonik uygulamalar hızla gelişti. 1930'lu yıllarda Sokolov test materyallerinde ultrason kullanarak çalışmalarını sundu. Aşağı yukarı aynı zamanlarda Mulhauser, ayrı bir verici ve alıcısı olan kaçma yakalama (pitch-catch) metodunu kullanarak ultrasonik kusur tespit cihazının patentini aldı. 1940'da Iron ve Stell Enstitüsü ürünlerinin hem performansını hem tutarlılığını geliştirme isteği ile demir ve çelik için ultrasonik test metodları geliştirdi. Bu metotta da iki transdüser kullanıldı (Şekil 2.3a).



Şekil 2.3 Verici ve alıcı ultrasesin iki temel metodu: (a) Puls-yakalama (ayrılmış transduserler) ve (b) Puls-eko (tek transduser) (Sull And Titmann, 2002).

1940'ların başında, Firestone Simmons ultrasonik testleri tamamıyla değiştirdi. Diğer yeniliklerin arasında, ultrason 'puls'(pulse) kavramını tanıttılar. Daha önce kullanılan sürekli dalga metodları ses oranlarına karşı son derece düşük sinyallere

sahipti ve yorumlanması çok güçlü. Firestone ayrıca alıcı ve vericinin (pulse - echo) birleştiği tek transduser yaklaşımını tanıttı (Şekil 2.3b).

1941 yılında II. Dünya Savaşı başladığında Japonya da metal kusur tespiti ve ultrasonikteki araştırmalar azaldığında Amerika ve Almanya radarın geliştirilmesine ve ultrasonik üzerine olan araştırmalarına devam etti. 1945 yılında II. Dünya Savaşı bittiğinde kısa bir süre yüksek güçlü elektronik çalışmalar yasaklandı. 1948 yılında tekrar çalışmalara başlayan Japonya, Amerika ve İngiltere'den çalışmaları ele alan Japon şirketleri vasıtasıyla tahribatsız incelemelerde kendi kusur tespit edicilerini geliştirdi. 1949 yılında Japon şirketleri kendi kusur tespit edicilerini üretmeye başladı. 1952 yılında tahribatsız test metodlarında Japonya şirketleri resmen kabul gördü, ilk yıllarda tahribatsız test yöntemlerinde ultrasonik Japonya'da uygulandı (http://www.ob-ultrasound.net/ultrasonics_history.html). Bu gelişmelerden sonra günümüzde Tahribatsız incelemelerde ultrasonik kullanılmaya başlandı.

2.2 Ultrases Tanımı

İnsan kulağının işitemeyeceği 20Hz ile 1GHz frekans aralığındaki arasındaki akustik dalgalara ultrases denir. 1 GHz frekansın üzerindeki ses dalgalarına ise hipersonic ses denir. Ultrases dalgaları yüksek (ultra) frekanslı ses (sonic) dalgalarıdır. Bir dakikada 20.000'in üzerinde (veya 20.0000 Hz üzerindeki bir frekansta titreşir, bu da insanların duyabilmesi için çok hızlıdır. Tahribatsız Test Metodu (NDE) uygulamalarında, ultrasonik frekanslar genellikle 50kHz'den birkaç GHz kadar yüksekliğe sıralanır.

Ultrases dalgaları boşlukta yayılmaz; ancak katı, sıvı ve gaz halinde bulunan maddeler içinde farklı ultrases hızları ile yayılır (Ilıcan, 1995). Aynen ses gibi, bir titreşim hareketi olup, titreşim hareketiyle doğar, titreşim hareketi olarak yayılır ve titreşim hareketi olarak algılanır. Ortamda ultrases dalgaları yayılırken atomlar ve moleküller denge konumları etrafında titreşir, bu titreşimler ortam boyunca yayılırlar dolayısı ile ultrases mekanik bir enerjidir (Aral, 1989).

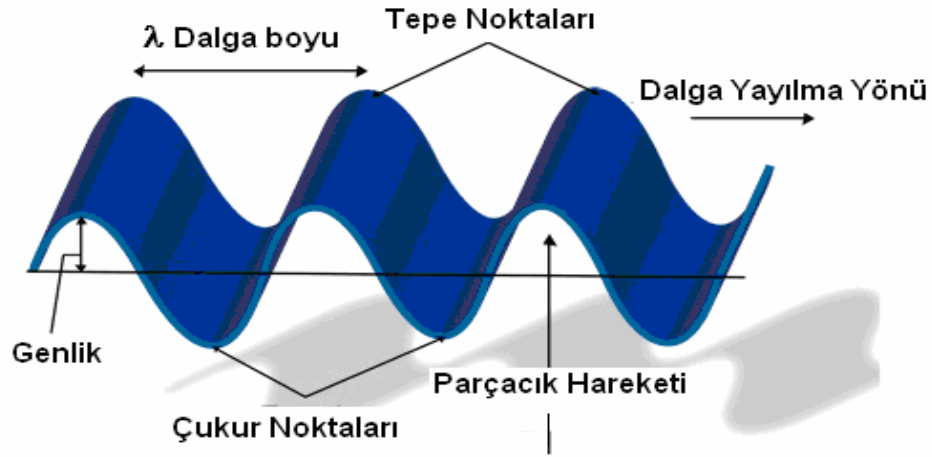
2.3 Ultrases Dalga Çeşitleri

Ses dalgaları mekanik dalgalardır ve katı sıvı ve gaz ortamlarda yayılabilirler. Aynı zamanda ses dalgaları maddesel ortamlarda boyuna dalgalar şeklinde yayılmaktadır ve enerjisini iletiği ortama dalgalar halinde yayılmaktadır. Ultrases dalgalarının yayılabilmeleri için bir ortam gerektiğinden, ultrases dalgalarının ilerleme yönü ile parçacıkların hareketinin yönü ultrases dalgasının çeşidini göstermektedir. Uygulamada en çok kullanılan ultrases dalgaları enine dalgalar, boyuna dalgalar ve yüzey dalgalarıdır (Uçgun, 1991).

2.3.1 Enine dalgalar

Enine dalga, dalganın üretildiği ortamdaki parçacıkların titreşim yaptığı doğrultuya dik doğrultuda salınım yapmasıyla oluşur. Örneğin, enine bir dalga pozitif x ekseninde salınım hareketi yaparsa, y-z düzlemi üzerinde yukarıya ve aşağıya doğru salınım yapmaktadır (http://en.wikipedia.org/wiki/Transverse_wave). Enine ultrases dalgaları sıvı ve gazlarda moleküller, atomlar yani parçacıklar arasındaki bağlar çok zayıf olduğundan yayılamazlar. Katı ortamların atom ve molekülleri yani ortam parçacıkları arasındaki kuvvetli bağlardan dolayı enine dalganın yayılması yalnız katı ortamlarda mümkündür. Ortam parçacıklarının art arda maksimum iki yer değiştirme yaptığı noktalar arası uzaklık λ dalga boyu kadardır.

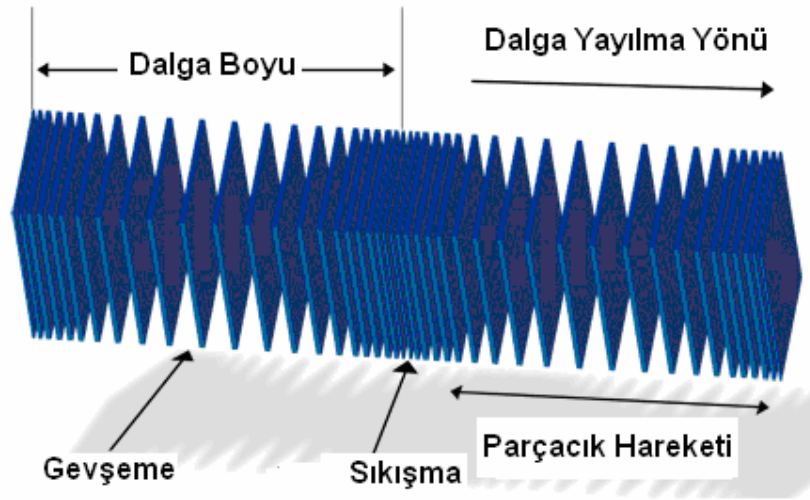
Ortamların cinsine göre ortamda yayılan enine dalganın yayılma hızı V_e çeşitli değerler alır. Homojen izotrop bir ortamdaki enine dalganın yayılma hızı sabittir ve boyuna dalganın yayılma hızının yaklaşık yarısına eşittir (Aral,1989).



Şekil 2.4 Ortamda enine dalgaların yayılması
 (<http://electronics.howstuffworks.com/noise-canceling-headphone.htm/printable>)

2.3.2 Boyuna dalgalar

Boyuna ultrases dalgasında, dalganın yayıldığı ortamdaki parçacıkların yer değiştirme hareketi, dalganın yayılma doğrultusuna paraleldir (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/tralon.html>). Bu tip dalgalara basınç dalgaları da denir. Dalga ortamda ilerlerken sıkışma ve gevşemeler meydana gelir. Bu iki sıkışma ve gevşemeler ortamda dalga yayılma doğrultusunda ilerler. İki sıkışma ve iki gevşeme arasındaki uzaklık λ dalga boyu kadardır. Ortamda V_b hızıyla ilerleyen bir ultrases dalgasının λ dalga boyu ile frekansı arasındaki bağıntı $V_b = \lambda \cdot f$ dir. Aynı ortamda yayılan ultrases dalgasının yayılma hızının sabit olduğu düşünülürse frekansın değiştirilmesiyle ortamda yayılacak dalga boyunun değiştirilmesi imkanının olduğu görülmektedir (Aral, 1989).

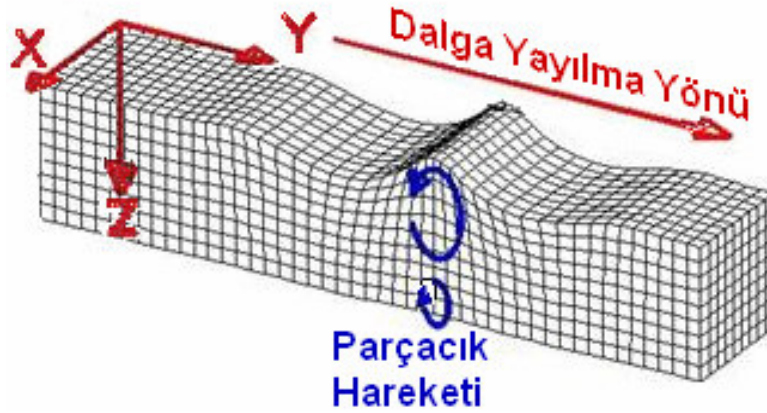


Şekil 2.5 Ortamda boyuna dalganın yayılması
(<http://electronics.howstuffworks.com/noise-canceling-headphone.htm/printable>)

Boyuna ultrases dalgaları katı, sıvı ve gaz ortamların hepsinde yayılabilir. Bu özelliğinden dolayı, boyuna ultrases dalgaları oldukça fazla alanda kullanılmaktadır (İlcan, 1995).

2.3.3 Yüzeysel dalgaları

Yaklaşık bir asır önce Lord Rayleigh yüzeysel dalgaların varlığını ortaya koymuş ve teorisini oluşturmuştur. Enine ve boyuna dalgaların bileşimi olan yüzeysel dalgalarında ortam parçacıklarının hareketi dalganın yayılma doğrultusuna dik elipsler şeklindedir. Boyuna dalganın yüzeye ve yayılma doğrultusuna paralel, enine dalganın yüzeye ve yayılma doğrultusuna dik hareket ettirmek istediği parçacık, yayılma doğrultusuna göre dik eliptik hareket yapar (Aral,1989).



Şekil 2.6 Ortamda yüzey dalgalarının yayılışı
<http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>

Rayleigh yüzey dalgaları su dalgalarından önemli bir şekilde ayrılır. Bir su dalgasındaki bütün parçacıklar saat yönünde hareket eder. Rayleigh yüzey dalgalarında ise yüzeydeki parçacıklar ters saat yönünde eliptik hareket ederken, dalga boyunun 1/5'inden fazla derinlikteki parçacıklar saat yönünde hareket ederek eliptik hareket yapar (<http://www.kettering.edu/~drussell/Demos/waves/wavemotion.html>).

Yüzey dalgalarının genliği yüzeylerden itibaren aşağıya doğru exponansiyel olarak azaldığı ve bir dalga boyu uzaklıkta sıfır olduğu için sadece cisimlerin yüzeyleri incelenebilir (Aral,1989). Bu dalgaların yayılma hızları elektromanyetik dalgaların yayılma hızlarından yaklaşık 10^5 kez küçüktür. Bundan dolayı birçok elektronik devrelerde değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bu dalgaların enerjisi yüzeyde yoğunlaştığı için, yayılma doğrultusuna dik yüzeydeki herhangi bir çatlak veya engelden enerjisinin büyük bir kısmını geri yansıtır. Bu şekilde numune yüzeylerindeki mikro çatlakların tespiti sağlanır.

2.4 Ultrases Dalgalarının Temel Özellikleri

2.4.1 Ultrases dalgaların iki ortam ara yüzeyinde yansıma ve kırılması

Ultrases dalgaları da ışık dalgaları gibi farklı iki ortamın ara yüzeyine geldiklerinde yansır ve kırılır. Esnek bir ortamda ultrases dalgası yayılırken, farklı

empedansa sahip bir ortamın arakesitine ulaştığında ultrases dalgasının bir kısmı ikinci ortama girer, bir kısmı ise ara yüzeyden yansıyarak geri döner.

Bu dalgaların yansıma ve kırılma açıları, ışığın geldiği ortamın kırıcılık indisiyle geliş doğrultusunun normalle yaptığı açının sinüsünün, ışığın gittiği ortamın kırıcılık indisiyle gidiş doğrultusunun normalle yaptığı açının sinüsüyle çarpımına eşitlenmesiyle oluşan formüle dayalı fiziğin optik dalında yer alan Snell Kanunu ile hesaplanabilir. Snell kanunu;

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

n_1 : ışığın geldiği ortamın kırıcılık indisi

n_2 : ışığın gittiği ortamın kırıcılık indisi

θ_1 : ışığın geliş doğrultusunun normalle yaptığı açı

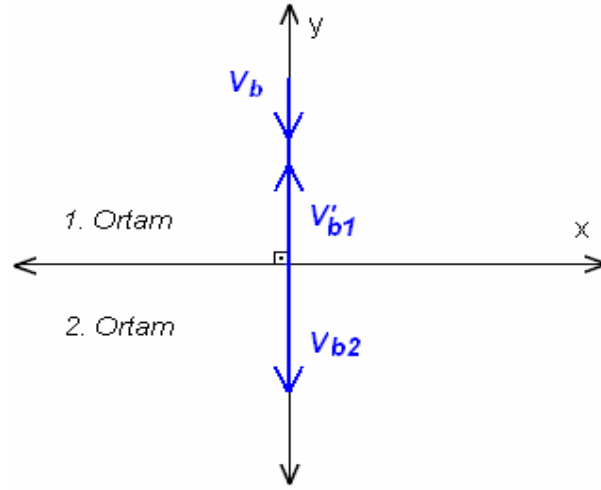
θ_2 : ışığın kırıldıktan sonraki gidiş doğrultusunun normalle yaptığı açı

v_1 : ışığın 1. ortamdaki hızı

v_2 : ışığın 2. ortamdaki hızı

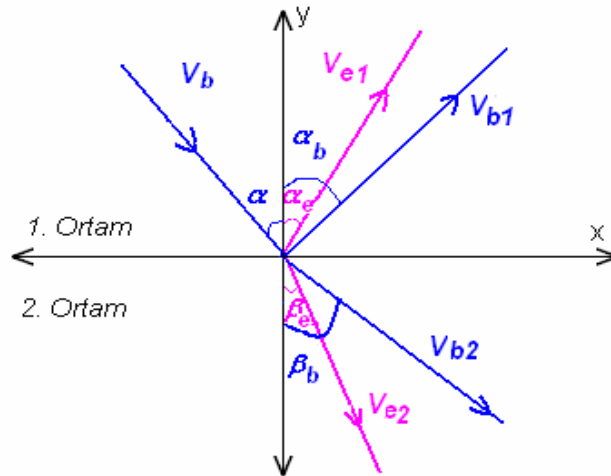
formülü ile gösterilmektedir.

Ara yüzeye dik olarak gelen bir ultrases dalgasının bir kısmı aynı doğrultuda yansıyarak geri dönerken diğer kısmı ise doğrultusunu değiştirmeden diğer ortamda ilerler.



Şekil 2.7 Ara yüzeye dik açıyla gelen ultrases dalgasının yansıması (Aral, 1989)

Boyuna ultrases dalgası katı bir ortamın ara yüzeyine eğik açı ile gelmişse gelen boyuna dalga, dört dalgaya bölünür. Bu dört dalganın ikisi kırılan, diğer ikisi ise yansıyan dalgalardır. Ara yüzeyden yansıyan ve kırılan dalgalardan biri enine dalga diğeri ise boyuna dalgadır. Yani ara kesite gelen boyuna dalga, yansımış enine ve boyuna dalgalar ve kırılmış enine ve boyuna dalgalar olmak üzere dört dalga oluşturur.



Şekil 2.8 Ara yüzeye eğik açıyla gelen boyuna ultrases dalgasının kırılma ve yansıması (Aral, 1989).

Snell kanunu eğik açıyla arakesit yüzeyine gelen boyuna ultrases dalgasına uygulandığında;

$$\text{Yansıyan boyuna dalga için: } \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_b} = \frac{v_b}{v_{b1}}$$

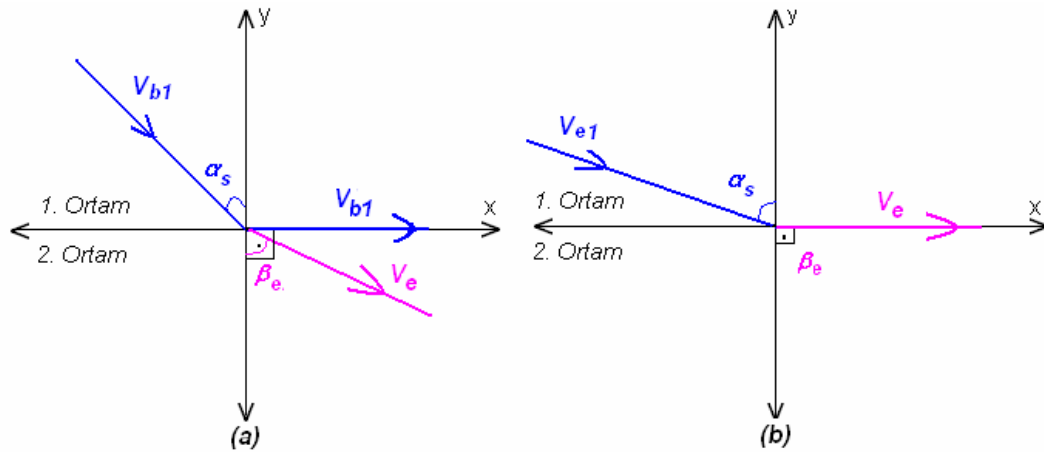
$$\text{Yansıyan enine dalga için: } \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_e} = \frac{v_b}{v_{e1}}$$

$$\text{Kırılan boyuna dalga için: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta_b} = \frac{v_b}{v_{b2}}$$

$$\text{Kırılan enine dalga için : } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta_e} = \frac{v_b}{v_{e2}}$$

eşitlikleri ile yansıma ve kırılma açıları hesaplanabilir.

Arakesit yüzeyine belirli bir sınır açısıyla gelen boyuna ultrases dalgasının bir kısmı enine dalga olarak diğer ortama geçerken diğer kısmı boyuna dalga olarak arakesit yüzeyi üzerine paralel olarak yansır. Sınır açısıyla gelen enine dalga ise arakesit yüzeyine paralel enine dalga olarak yansır.



Şekil 2.9 (a) Boyuna ultrases dalgasının sınır açısıyla arakesit yüzeyinden yansıma ve kırılması (b) Enine ultrases dalgasının sınır açısıyla ara kesit yüzeyinden yansıması (Aral, 1989)

2.4.2 Akustik empedans

Akustik empedans, sesin yayılımına karşı ortamın gösterdiği dirençtir. Buna kısaca ses direnci de denilebilir. Her ortamın sesin yayınımına karşı gösterdiği direnç farklıdır. Ortamın yoğunluğu ile sesin o ortamdaki yayılma hızının çarpımı yine o ortam için akustik empedansı vermektedir (Peker, 1989). Bu ifade

$$Z = \rho.v$$

bağıntısı ile gösterilir. ρ (kg/m^3) ortamın yoğunluğu, v (m/s) ise sesin ortamdaki yayılma hızıdır.

2.4.3 Ultrases' in enerji şiddeti

Mekanik bir enerji olan ultrases enerji şiddeti ile titreşen atomun veya molekülün genliği arasındaki bağıntı, ortalama dalga şiddeti olan $I = 2\pi^2 \rho f^2 A_m^2 v$ denkleminde, mekanik dalga empedansı $Z = \rho.v$ eşitliğinin koyulmasıyla,

$$I = \frac{1}{2} Z \omega^2 A_m^2$$

ifadesi olarak bulunabilir (Aral, 1989). Bu ifadedeki Z, ortamın akustik empedansı olup birimi $\text{kg}/\text{m}^2 \text{s}$ dir. ω , açısal frekans olup birimi 1/s veya Hertz dir. A_m ise titreşimin maksimum genliği olup birimi m' dir. Bunlara göre ultrases enerji şiddeti I'nın birimi Watt/m^2 olur.

2.4.4 Ultrases basıncı

Ultrasesin içinde yayıldığı ortamlarda yarattığı titreşim bir basınç oluşturur. Buna kısaca ultrases basıncı adı verilir. Ultrases basınç ifadesi

$$P_m = Z \cdot \omega \cdot A_m$$

dir. Z, ortamın akustik empedansı olup birimi $\frac{kg}{m^2s}$ dir. $\omega = 2\pi f$ açısal frekans olup birimi 1/s'dir. A_m , titreşimin maksimum genliği olup birimi m dir (Aral,1989).

Enerji şiddetindeki eşitliğe, basınç için yazılan denklem yerleştirilirse akustik ses şiddeti ile akustik basınç arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı olabileceği görülür.

$$I = \frac{1}{2} \frac{P_m^2}{Z}$$

Ses basıncını duyularımızla anlayabiliriz. Şiddetli bir gürültünün kulak zarını zorlayarak rahatsız etmesi buna örnek olarak verilebilir (Peker, 1989).

2.4.5 Katı ortamlarda ultrases dalgalarının yayılması ve ultrases hızı için temel bağıntılar

Herhangi bir ortama ultrases dalgası gönderildiği zaman şekil değiştirir. Etki eden kuvvetler ortadan kalktıktan sonra ise ortam eski haline dönerse bu ortama esnek ortam denir. Ultrases dalgalarının katı ortamlarda yayılmasının en genel ifadesi;

$$\frac{\partial^2 \psi(r)}{\partial t^2} = \frac{C}{\rho} \frac{\partial^2 \psi(r)}{\partial r^2}$$

şeklindedir. Ortamın esneklik özelliklerini, genel dalga denkleminde C ile gösterilen ortamın elastik sabitleri ifade eder. Hiçbir simetriyi içermeyen anizotropik bir yapının

21 tane bağımsız elastik sabiti varken kübik bir yapıdaki kristalin simetriden dolayı bağımsız elastik sabitleri 3'e iner. Homojen ve izotrop yapıda ise her yönden simetri olduğu için birbirinden bağımsız elastik sabitlerinin sayısı 2'ye iner. C'nin genel formu bir tansörele ifade edilebilir. Elastik sabiti tansörü her tür kristal yapı için çıkarılmış olup literatürde tablolar halinde verilmektedir (Aral, 1989).

Şekil 2.10 homojen ve izotropik kübik bir yapıdaki elastik sabitlerinin tansör formunu, şekil 2.11 ise homojen, izotropik bir ortamın elastik sabitlerinin Lamé sabitleri cinsinden tansör formunu göstermektedir.

$$C = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{11} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{12} & C_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} \end{vmatrix}$$

Şekil 2.10 Kübik, izotrop, homojen yapı için elastik sabitleri tansörü (Aral, 1989).

$$C = \begin{vmatrix} \lambda + 2\mu & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda + 2\mu & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & \lambda + 2\mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu \end{vmatrix}$$

Şekil 2.11 Kübik, izotrop, homojen yapı için Lamé sabitleri cinsinden elastik sabitleri tansörü (Aral, 1989).

Elastik sabiti tansörü göz önünde bulundurularak genel dalga denkleminin kullanılmasıyla homojen izotrop bir katı ortamda yayılan bir boyuna dalganın hız ifadesi, Lamme' sabitleri cinsinden,

$$v_b = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

şeklinde bulunabilir. Yine böyle bir ortamda yayılan ultrases dalgaların hızı ise,

$$v_e = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

şeklinde ifade edilir (Ilıcan,1995). Eğer ortamın yoğunluğu ρ , bilinirse λ ve μ sabitleri rahatlıkla hesaplanabilir.

Ortamın yoğunluğu bilinirse, homojen izotrop bir katı ortamda enine ve boyuna dalgaların hızlarının ölçülmesiyle, λ ve μ Lamme' sabitleri hesaplanabildiği gibi ortama ait Young modülü ve Poisson oranı hesaplanabilir. Ortama ait Young modülü,

$$Y = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + \mu}$$

şeklinde hesaplanabilirken, ortamın σ Poisson oranı,

$$\sigma = \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)}$$

formülünden bulunabilir. Boyun ve enine ultrases dalgalarının Y young modülü ve σ oranları cinsinden ifadeleri,

$$v_b = \sqrt{\frac{Y(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{Y}{\rho \cdot 2(1 + \sigma)}}$$

olarak yazılabilir (Ilıcan, 1995).

2.5 Ultrases Oluşturulması ve Algılanması

Ultrases bir titreşim enerjisi yani mekanik bir enerjidir. Ultrases oluşturmak titreşim enerjisi oluşturmak demektir. Bir müzik aletinin telini, yani hava moleküllerin titreştirmek günlük hayatta bilinen ses üretme yöntemlerinden biridir. Sesin algılanması da benzer prensibe dayanır. Havadan gelen ses dalgaları kulağın veya mikrofonun zarını titreştirir. Kulak zarına gelen bu titreşimler beyne iletilerek ses olarak algılanırken, mikrofona gelen titreşimler elektrik enerjisine dönüştürülerek algılanır. Ultrases frekansları üretmek yine bir titreşim hareketi üretmek ve algılamak da titreşim enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek demektir. Yüksek frekanslı bu titreşimleri meydana getiren ve algılayan aletlere transduser adı verilir. Transduserler yüksek frekanslı titreşim enerjileri üretir ve bu yüksek frekanslı titreşim enerjilerini elektrik enerjisine dönüştürür.

2.5.1 Piezoelektrik transdüser

Latince “bastırmak-press” anlamına gelen “piezo” ön ekinden türetilen “piezoelektrik” kavramı basitçe, üzerine mekanik bir basınç uygulanan bazı kristal ve seramik malzemelerde bir elektriksel gerilimin oluşması olarak tanımlanır. Piezoelektrik etki denen bu olayın tersi de söz konusudur. Piezoelektriği bulan Pierre Curie ve Paul Curie kardeşler, bazı kristal türlerinin üzerine bir ağırlık koyulduğunda ya da eksenleri boyunca sıkıştırıldıklarında, kristalin yüzeyleri arasında bir gerilimin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Piezoelektrik denilen bu olayın keşfini bir yıl sonra Lippmanın ters piezoelektrik etkiyi açıklaması izledi. Piezoelektriğin matematiksel ve kristalografik teorisi ise, keşfinden birkaç yıl sonra tamamlandı (<http://stu.inonu.edu.tr/~idal/piezo.htm>).

Katı maddeler yüklü parçacıklardan oluşur ve nötr bir katı madde içerisinde negatif ve pozitif yüklü parçacıklar denge halindedir. Bazı katı malzemelerin üzerine mekanik bir kuvvet uygulandığında yüzey yükleri oluşur ve bir kristalde piezoelektrik özelliğin gözlenmesi bu yüzey yüklerinin oluşmasına bağlıdır.

Bazı anizotrop cisimler sıkıştırıldığında yüzeylerinde elektrik yükler meydana geliyorsa ve çekildiği zaman zıt yükler oluşuyorsa bu olaya piezoelektrik olay adı verilir. Piezoelektrik olan anizotrop bir cisim bir elektrik alan içerisine getirildiği zaman boyutlarında değişme olursa bu olaya zıt piezoelektrik olay adı verilir (Aral, 1989). Piezoelektrik özelliğin gözlenebilmesi yani cisim sıkıştırıldığında yüzeyde yüklerin oluşabilmesi için cismin simetri özelliğinin olması yüklerin oluşması için gerekli koşulları kısıtlamaktadır bu sebepten dolayı simetri merkezi olmayan kristaller piezoelektrik olay için en uygun malzeme grubundadır. Elektriksel olarak yüksüz ve yapısal olarak simetri merkezi bulunmayan bir kristale basınç uygulandığında artı ve eksi yüklerin merkezi birbirinden ayrılır ve kristalin karşılıklı yüzeyleri zıt yükle yüklenir. Bu yükler, karşılıklı iki yüzey arasında elektrik alan yaratır ve kristalin karşılıklı yüzeyleri arasında ölçülebilir bir potansiyel enerji oluşturur. Piezoelektrik olayı ifade eden bu sürecin tersi olan ters piezoelektrik olay ise kristalin karşılıklı yüzeyleri arasına bir elektrik gerilimi uygulandığında kristal içerisindeki yüklerin birbirini itmesi ve çekmesinden kaynaklanan kristaldeki boyut değiştirmesi olarak tanımlanır.

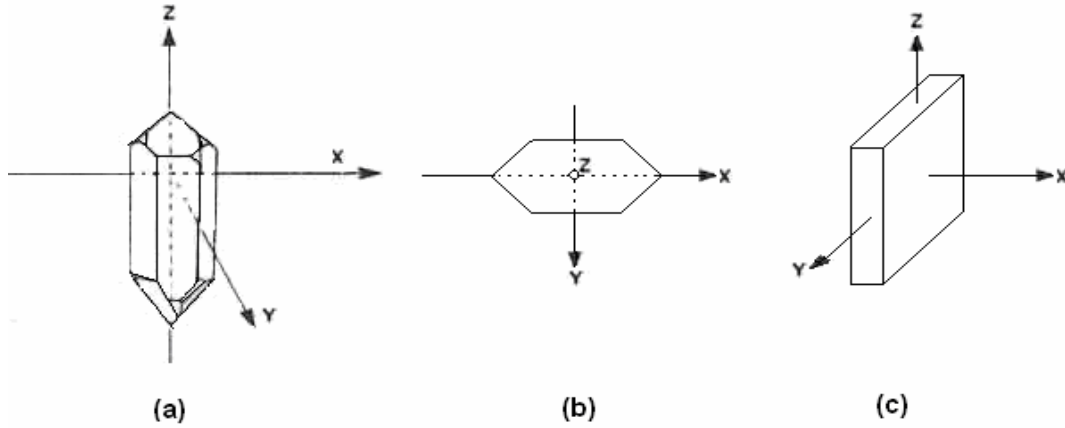
Piezoelektrik özellik gösteren anizotrop cisimlerden en çok kullanılanı kuartz kristalidir. Bu kristalin hem piezoelektrik özelliği iyidir hemde sert ve sağlam olduğu için kolay kırılıp bozulmaz. Turmalın kristali de yine oldukça iyi piezoelektrik özelliği göstermekte ve kullanılmaktadır. Bunlardan başka kadmiyum sulphit ve çinko oksit gibi tek kristaller, doğada kuartz kristali gibi çok az bulunmasına rağmen bunlar da piezoelektrik özelliğe sahip kristallerdir. Laboratuarlarda kolayca elde edilen Rachele tuzları, amonyum dihidrojen fosfat, potasyum dihidrojen fosfat, lityum sülfat gibi yapma kristaller iyi piezoelektriğe sahip olmalarına rağmen dayanıklı olmadıkları için fazla kullanılmaz.



Şekil 2.12 Piezoelektirik olayda en çok kullanılan kristaller,(a) Kuartz kristalinin resmi (<http://www.rockhounds.com/rockshop/quartz11.jpg>) (b) Turmalin kristalinin resmi (<http://www.kcminerals.com/tourmaline.htm>).

Kuartz kristalleri tabiata altı yüzlü prizma üzerine, altı yüzlü iki piramidin konulmasıyla oluşan bir şekilde billurlaşır (Aral,1989). Piramidin yüzeylerinin biri dardır, bunu takip eden diğer yüzey ise geniştir (Şekil.11.a). Kristal, z eksenini etrafında 120° lik bir dönme simetrisine sahiptir. Bu nedenle, z eksenini boyunca kristal optikçe izotropdur ve optik eksen adını almaktadır. Kristalin optik eksenine dik olan düzlem kesit, Curie kesiti olarak adlandırılır ve altı kenarlıdır (Şekil 11.b). Curie kesitinin köşelerini birleştiren x eksenini, elektrik eksenini; bu kesitin kenarlarının ortasını birleştiren y eksenini, üçüncü eksen olarak adlandırılır.

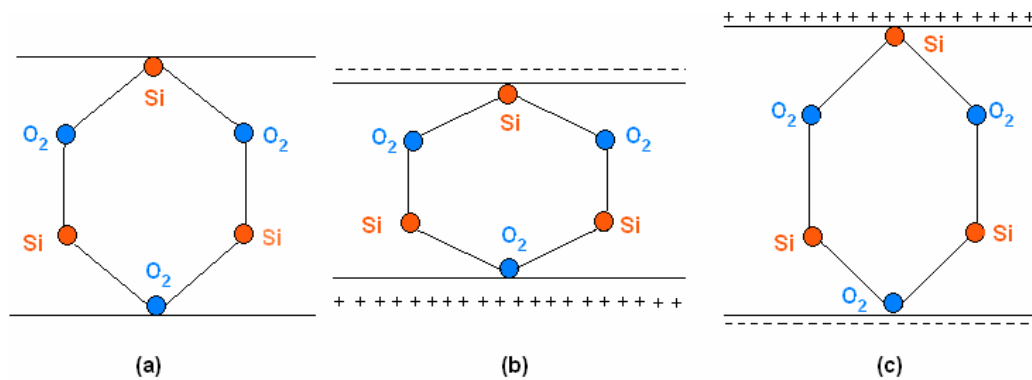
x eksenine dik olarak kesilen kuartz kristal levhasına x kesimli kuartz levha adı verilir (Şekil.11.c). Bu şekilde kesilmiş kuartz levhaya basınç uygulandığında x eksenine dik yüzeylerde zıt yükler meydana gelir bu nedenle bu eksene elektrik eksen adı verilir. Kristale x doğrultusunda bir germe kuvveti uygulanırsa yine x eksenine dik yüzeylerde elektrik yükler meydana gelir fakat bu durumda artı ve eksi yükler yer değiştirir.



Şekil 2.13 (a) bir kuartz kristali (b) Curie kesiti (c) Kuartz kristalinden kesilmiş x kesimli levha (Aral, 1989).

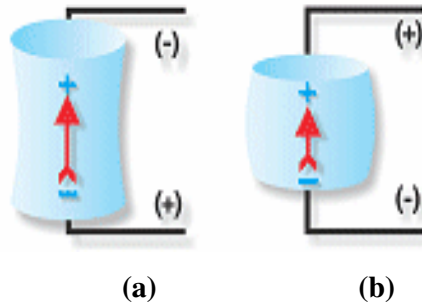
Piezoelektrik olay Şekil 2.14'de bir SiO_2 kuartz kristali yardımıyla açıklanmaktadır. SiO_2 kuartz kristali denge durumunda iken Si atomları 4 adet (+), O_2 atomları da 4 adet (-) yüke sahiptirler. Bu yükler birbirlerini simetriden dolayı dengelemektedirler (Şekil 2.14.a).

Bu kristale bir basınç uygulandığında simetri bozular, O_2 atomlarının üst yüzeye yaklaşmasından, Si atomlarının da alt yüzeye yaklaşmasından dolayı üst yüzey (-) yüklerle yüklenirken alt yüzey de (+) yüklerle yüklenir (Şekil 2.14.b).



Şekil 2.14 Piezoelektrik olay (a) Denge durumundaki kuartz kristali (b) Basınç kuvveti uygulanmış kuartz kristali (c) Germe kuvveti uygulanmış kuartz kristal (Aral, 1989)

Kristale bir germe kuvveti uygulandığında ise basınç uygulandığı durumdaki gibi kristalin simetrisi bozulur ve yük dengesi değişir. O_2 atomları üst yüzeyden uzaklaştığı için üst yüzey (+) yüklerle yüklenir. Si atomları da alt yüzeyden uzaklaştığı için alt yüzey (-) yüklerle yüklenir (Şekil 2.14.c). Bu olaya piezoelektrik olay denir.



Şekil 2.15 Ters piezoelektrik olay (a) kristale polarizasyonu yönünde voltaj uygulandığında (b) kristale polarizasyonunun tersi yönünde voltaj uygulandığında (<http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2004/phillips/PZ/pz-effect.html>)

Ters piezoelektrik olayda ise x kesimli bir kristalin yüzeylerine x doğrultusunda bir elektrik alan uygulandığında artı yükler eksi yükleri çekeceğinden dolayı kristalin boyu x-y doğrultusunda artar (Şekil 2.13.a). Kristale -x doğrultusunda bir elektrik alan uygulandığında ise artı ve eksi yüklerin birbirini itmesinden dolayı kristalin boyu x-y doğrultusunda azalır (Şekil2.13.b). Bu olaya da ters piezoelektrik olay adı verilir. Zıt piezoelektrikten yararlanılarak 1000 MHz'e kadar yüksek frekanslı ultrases dalgaları ve piezoelektrikten yararlanılarak yine 1000 MHz'e kadar yüksek sabit frekanslı elektriksel titreşimler elde edilmiştir.

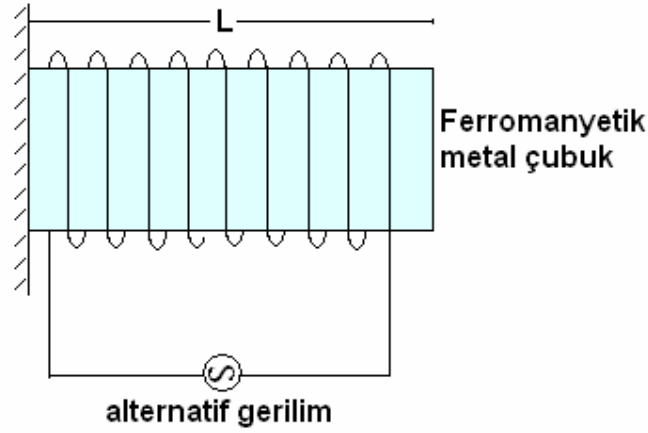
Günümüzde birçok kristalin piezoelektrik özelliğinden yararlanılmaktadır. Piezoelektrik kristaller her tür elektronik donanımda, saatlerde, akustik ve hassas ölçüm yapan mikroskoplarda, yarı iletken ve entegre devre teknolojilerinde ve yüksek ses üretimi için ultrasonik aygıtlardaki transdüser yapımında kullanılmaktadır (<http://stu.inonu.edu.tr/~idal/piezo.htm>).

Transdüserlerde boyuna ultrases dalgaları elde etmek için x kesimli, enine ultrases dalgası elde etmek içinse y kesimli piezoelektrik kristaller kullanılır. Kristallerin salınımları kristallerin kesim moduna ve kristallerin doğasına bağlıdır. Piezoelektrik özellik gösteren kristaller titreşim yapabilmeleri için iki yüzü iletken bir metalle gümüşle veya altınla kaplanması daha iyi sonuç verir. Bu kaplama işi kimyasal olarak veya elektrolizle yapılabilmeyle beraber en iyisi metalin boşlukta buharlaştırılması ve buharlaşan kısmın istenilen yüzeyler üzerinde toplanmasıdır. Seramik biliminin son senelerde gelişmesiyle piezoelektrik özellik gösteren seramiklerle transdüserler yapılmıştır. Seramik transdüserler polikristal yapıdadır. Bunlar birbirlerine bağlı birçok kristalcikten oluşur ve istenilen ölçülerde ve şekillerde kalıplara dökülür. Fırınlarda sertleştirilir sonra yüzleri altın veya gümüşle kaplanır. Ultrasesi odaklama yeteneğine sahip konkav transdüserler piezoelektrik özellik gösteren seramiklerden kolaylıkla yapılabilir (Aral, 1989).

2.5.2 Manyetostriksiyon transduserler

Bir manyetik alan içerisine sokulan demir, nikel ve kobalt gibi ferromanyetik metallerin ve permandur krominum gibi bazı alaşımların boylarında uzama ya da kısılma olur. Bu uzama ve kısılma, maddenin cinsine ve manyetik alanın büyüklüğüne bağlıdır; manyetik alanın yönüne ise bağlı değildir. Ferromanyetik özellik gösteren maddelerin manyetik alana girdiklerinde boylarının değişmesi olayına manyetostriksiyon olay denilmektedir. Manyestriksiyon olayda piezoelektrik olay gibi tersinirlik gösterir. Bir basınç veya germe kuvveti uygulanan ferromanyetik maddelerin manyetik özelliklerinde bir değişme görülür.

Basit bir manyetostriksiyon transduser, ferromanyetik özellik gösteren bir metal çubuğun bir selenoid içine konulmasıyla yapılabilir. Selonoide uygulanan alternatif gerilim çubukta boyuna alternatif bir değişmeye sebep olur. Çubukta meydana getirilen boyuna titreşimin frekansı, uygulanan alternatif frekansın iki katı kadardır.



Şekil 2.16 Bir manyetostriksiyon transdüser (Aral, 1989)

Manyetostriksiyon transdüserler ile 100 KHz'e kadar frekans elde edilebilir. Bu piezoelektrik transduserlerin frekansından oldukça düşük olmasına rağmen gücü çok yüksektir.

2.5.3 Elektriksiyon transduserler

Bütün dielektrik malzemeler ve bazı cisimler bir elektrik alana konulduğu zaman boylarında uzama veya kısalma olur. Elektrik alanda boyları kısalıp uzayabilen maddelere ferroelektrik maddeler adı verilmektedir. Ferroelektrik bir madde elektrik alan içerisinde konulduğunda uzuyor ve elektrik alanın yönü değiştirildiğinde yine uzuyorsa ya da bir elektrik alanda boyu kısalıyor ve elektrik alanın yönü değiştirildiğinde de boyu kısalıyorsa bu olaya elektriksiyon olayı denilir. Ferroelektrik cisimler yüzey titreşiminin sinüsoidal olması için polarlanır. Polarlama yapılırken cismin elektriksiyon özelliğinin kaybolması için cisim Curie sıcaklığının üstüne kadar ısıtılır ve ısıtma işleminden sonra kuvvetli bir elektrik alan içerisinde soğutulur. Böylece cisim polarlanmış olur ve polarlanmış ferroelektrik cisimlere bir alternatif gerilim uygulandığında cismin boyundaki değişim sinüsoidal olur. Yani polarlanmış ferroelektrik cisimler piezoelektrik cisimler gibi kullanılabilir.

Baryum titanat, kurşun zirkonat, demir-kobat, nikel çok kullanılan elektriksiyon transduserlerdir. Bu transduserlerin güçlerinin çok büyük olması ve üretilen ultrasesin bir noktada odaklanabilmesinden dolayı ultrases enerjisi ile mekanik matkap gibi metalleri delme imkanı doğar (Aral, 1989).

2.6 Ultrasesin Genel Kullanım Alanları

2.6.1 Endüstri ve teknolojide ultrasesin kullanım alanları

Bugün, endüstri ve teknoloji alanında yaygın olarak ultrasonik sistemler kullanılmaktadır. Madde ile çalışılan tüm sektörlerde ultrasonik hata dedektörleri kullanılarak malzemenin gözle görülemeyen kusurları ve kusurların yerleri tespit edilmektedir. Örneğin demirdöküm sektöründe malzemenin içindeki gaz boşluğu, çekinti boşluğu gibi hatalar tespit edilirken, kumpas ve komperatör gibi ölçü aletleriyle ölçülemeyen malzemelerin kalınlıkları 0.1mm hassasiyetle ölçülmektedir (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_3946.pdf). İnşaat sektöründe kullanılan, tuğla ve betonun yapısındaki ve otomobil lastikleri gibi bazı plastik üretimdeki hatalarda aynı şekilde kontrol edilir.

Çok yüksek frekanslı olan ultrasonik dalgalar, yoğunluk farkı ve bazı sebeplerden dolayı birbiri içinde normal şartlarda homojen olarak karışmayan sıvıların, homojen olarak karışmasını sağlar. Örneğin sıvı haldeki demir-kurşun (Fe-Pb), alüminyum-kadmiyum (Al-Cd)'un donma anında yoğunluk farkı ve diğer faktörlerden dolayı homojen halde karışıp alaşım oluşturulması çok zordur. Fakat soğuma anında ultrasonik dalgalar gönderilirse düzgün ve kaliteli bir alaşım elde edilmiş olur.

Ultrasonik filtreler, katı sıvı, gaz, toz ve duman parçacıklarını sıkıştırabilmektedir. Bu özelliği sayesinde fabrika bacalarından çıkan zararlı atıklar filtre tarafından tutulup sıkıştırılarak bazı boya ve kimyasal madde yapımında kullanılacak hale getirerek havanın kirlenmesini önlemektedir. Ayrıca hava alanları ve limanların çevresinde oluşan sis ve dumanların ultrasonik dalgalarla dağıtılarak, uçak ve gemilerin geliş ve gidişlerindeki güvenliği sağlar.

1950 yılında Amerikan patentiyle üretilen bir cihaz, körlere kılavuzluk yapmaktadır. Baston şeklinde elde taşınan bu cihaz, sürekli olarak ultrasonik dalgalar yayar ve engelden yansıyan dalgalar kulağa yerleştirilen mikrofonla benzer başka bir cihaz tarafından algılanarak, görmeyen insanların engelleri hissetmesini sağlar.

Kimyasal reaksiyonlarda reaksiyon hızını arttırmakta ve uzun zincirli kimyasal yapıya sahip polimerlerin parçalanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca fiber plastik ve bazı maddelerin eritilmesinde, merceklerin temizlenmesinde, cevher saflaştırılmasında kullanılmaktadır.

2.6.2 Biyoloji tıp ve ziraatte ultrasesin kullanım alanları

Ultrases cihazları tıpta yaygın olarak kullanılan ve teşhiste ilk başvuru alan cihazlardan biridir. Hücre ve dokularda meydana gelen bozukluklar ve hastalıklar ultrases kullanılarak yapılan ultrason adı verilen cihazlar kullanılarak tespit edilebilir. Ultrason cihazları sıvı ve katı ayırımını çok iyi yapabilen cihazlardır bu sebeple özellikle yumuşak dokuların incelenmesinde kullanılır. Karaciğer, mide, akciğer, kalp, böbrekler gibi organların incelenmesinin yanında ana rahminde bulunan bebeğin sağlık durumu, kaç günlük olduğu ve cinsiyeti gibi özellikler ultrason ile tespit edilebilmektedir. Tıptaki bu tür uygulamalarda dokulara zarar verilmemesi için düşük şiddetli ultrases dalgaları kullanılmaktadır. Yüksek şiddetli ultrasonik dalgalar ise bazı cerrahi ameliyatlarda kullanılmaktadır.

Ultrases dalgalarının ziraatte de oldukça geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Ekilecek olan tohumlara düşük şiddetli ultrases dalgaları uygulandığı zaman, tohumlar hem daha çabuk hem de daha verimli büyümektedir. Ultrases dalgalarına tutularak ekilen patateslerin normal olarak ekilen patateslerden bir hafta önce olgunlaştığı ve veriminin %50 arttığı yapılan incelemelerde gözlemlenmiştir. Filizlenmeye sebep olan önemli bazı kimyasal reaksiyonların hızı da ultrases dalgaları ile artmaktadır (<http://sizinti.com.tr/konular.php?KONUID=3877>).

2.7 Ultrasesin Avantaj ve Dezavantajları

Ultrasonik, endüstrinin oldukça geniş bir alanına yayılmış uygulamalarıyla oldukça esnek ve güvenilir bir tahribatsız test yöntemidir. Tahribatsız test yöntemlerinden sadece iki tanesi x- ışınları metodu ve ultrasonik metod yüzey altı çatlaklarını tam olarak gösterir. Diğer tekniklerden, manyetik parçacık (magnetic particle) ve girdaplı akım (eddy current) , bazı yüzey çizgilerini tespit edebilir; fakat sadece yüzeyin hemen altındakileri tespit eder. x-ışını tekniğinden farklı olarak ultrasonik metodlar çevresel açıdan ve sağlık açısından risk içermez. Bunlara ek olarak ultrasonik metodlar temaslı ve temassız ölçüm yapılabilmesini sağlar. Ultrasonik problemler ayrıca karmaşık geometriye sahip testler için dizayn edilebilirler. Son olarak da ultrasonik inceleme seramiklerden metallere, metallere kadar tüm madde çeşitleri için kullanılabilir.

Ultrasonik teknikler avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajlara da sahiptir. İlk olarak oldukça tecrübeli teknik eleman gerektirir. Bunun yanı sıra, temassız metodları olmasına rağmen transdüselerin çoğu, cisimle temas gerektirir. Ayrıca ultrasonik dalgalar genellikle, dalganın hareket yönüne paralel yöndeki boyuna uzanmış, düzlem kusur ve çatlakları tespit edemeyebilir. Son olarak ta ultrasonik metodu kullanmak biraz pahalı bir yöntemdir. Ultrasonik metodları kullanmanın avantaj ve dezavantajları kısaca şekil 2.17’de gösterilmektedir.

| AVANTAJLARI | DEZAVANTAJLARI |
|--|---|
| <p>1-) Parçanın derinlerindeki kusurların tespitini sağlayan yüksek nüfuz gücü vardır.</p> <p>2-) Uygun koşullarda oldukça küçük kusurları tespit edebilen yüksek hassasiyete sahiptir.</p> <p>3-) İç kusurların derinliklerinin belirlenmesinde diğer tahribatsız test yöntemlerine göre oldukça kesin sonuç ve doğruluk sağlar.</p> <p>4-) Ölçüm yapabilmek için sadece bir yüzeye ihtiyaç vardır.</p> <p>5-) Kusurların doğasının, şeklinin ve büyüklüğünün belirlenmesinde oldukça iyidir.</p> <p>6-) Kompleks geometrik cisimlerin ölçümleri yapılabilir.</p> <p>7-) Materyallerin birçok özelliği hesaplanabilir.</p> <p>8-) Bütün materyallerde kullanılabilir.</p> <p>9-) Taşınabilir.</p> <p>10-) Güvenlidir.</p> | <p>1-) Elle yapılan işlemler tecrübeli uzman kişilerin dikkat ve titizliğini gerektirir.</p> <p>2-) İnceleme işleminin geliştirilmesi için geniş kapsamlı teknik bilgi gerekir.</p> <p>3-) Pürüzlü, düzensiz şekilli, oldukça küçük veya oldukça ince olan ya da homojen olmayan cisimlerin incelenmesi zordur.</p> <p>4-) Yüzey, boya ve benzeri maddelerden temizlenerek hazırlanmalıdır.</p> <p>5-) Dalganın ilerleme yönüne dik yüzey kusurlarını tespit edemeyebilir.</p> <p>6-) Temassız ölçüm metodları kullanılmadığı zaman cisim ve transduser arasına ultrasonik dalga enerjisinin etkili iletimini sağlamak için temas maddesine ihtiyaç vardır.</p> <p>7-) Paslanmayı engelleyici madde içermeyen subazlı temas maddesi kullanılırsa, inceleme yapılan parçalar su geçirmez olmalıdır.</p> <p>8-) Pahalı bir yöntemdir.</p> |

Şekil 2.17 Ultrasonik metodların avantaj ve dezavantajları

BÖLÜM 3

AĞACIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Ağaç malzeme, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren yakacak, silah ve barınak olarak hizmet vermeye başlamış, günümüzde ise gelişen teknolojilerle kullanım alanı sayısı çok artmıştır. Bugün odun hammaddesinin 10.000 civarında kullanım yeri bulunduğu bilinmektedir. Örneğin; bina yapımı, mobilya ve dekorasyon işleri, parke, müzik aleti, tel direği olarak masif halde kullanıldığı gibi, kaplama levha, kontrplak, kağıt ve karton üretiminde de kullanılmaktadır. Ayrıca suni ipek fotoğraf filmleri, sentetik sünger, hayvan yemi gibi birçok maddenin üretilmesinde odun hammaddesinden yararlanılmaktadır.

Ağaç malzemelerinin bu kadar çok kullanılmasının nedeni, anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşenlerinden kaynaklanmaktadır.

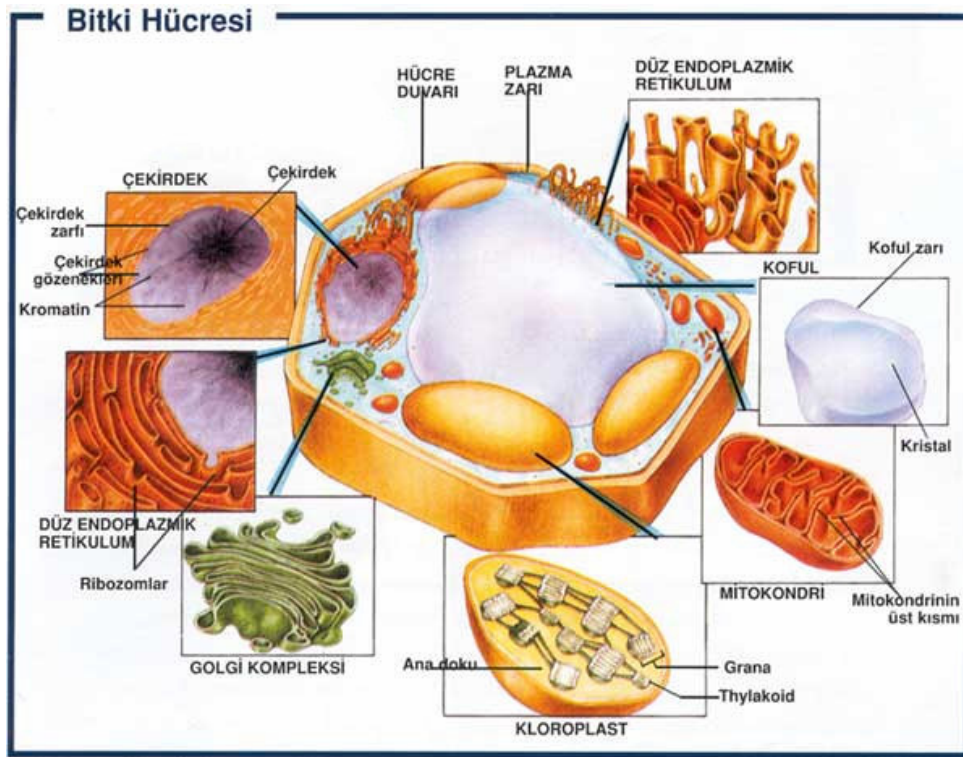
3.1 Ağacın Mikroskopik Özellikleri

3.1.1 Bitki hücre yapısı

Tüm canlılar hücre adı verilen küçük birimlerden meydana gelmiştir. Hayvan ve bitki hücreleri temel olarak aynı olmasına rağmen bitki hücresinde, hayvan hücresinde bulunmayan hücre duvarı ve plastidler vardır. Bir bitki hücresi esas bakımından hücre çeperi ve protoplast olmak üzere iki kısımdan oluşur. Hücre duvarı cansız olup iç kısımdaki lümen ismi verilen boşlukta protoplastı içerir. Bitki hücrelerinde protoplast, hücre duvarı denilen, hücreye belli bir şekil veren bir örtüyle çevrilmiştir, protoplazma tarafından salgılanan cansız maddelerden meydana gelir. Protoplast hücre içerisine fazla miktarda su girerek şişmesini engeller. Hücre duvarını oluşturan başlıca karbonhidratlar selüloz, hemiselüloz ve pektindir. Hücre duvarının kalınlığı hücrenin tipine ve yaşına göre farklılık gösterir (Bozcuk, 2006). Bitki hücresini hayvan hücresinden ayıran diğer bir organel ise plastidlerdir. Plastidler özelliklerine göre üç gruba ayrılır. Kloroplastlar bitkiye yeşil renk, kromoplastlar sarı kırmızı turuncu renkleri verir, levkoplastlar ise

renksizdir (Karamanoğlu,1983). Bitki hücresinin diğer organelleri hayvan hücresinin organelleriyle aynı yapıdadır.

Hücre çekirdeği, hücredeki en kalabalık ve en kolay ayırt edilebilen yapıdır. Hücrenin kumanda merkezidir. Üzeri çekirdek gözenekleri olarak adlandırılan ikili bir zarla çevrilidir. Hücrenin genetik malzemesi olan DNA hücre çekirdeğinde bulunur. Çekirdeğin büyük çoğunluğu kromatinlerden oluşur. Kromatin DNA'nın yapılanmamış biçimidir.



Şekil 3.1 Bir bitki hücresinin yapısı (<http://www.bitkidunyasi.net/images/bitki1.jpg>)

Endoplazmik Retikulum, keseler ve tüpler ağı görünümlü zarlardan oluşur. Endoplazmik retikulumun bazı bölümleri, dış yüzeyine yapışmış ribozomlar nedeniyle granüllü yapıdadır; bazı bölümleri ise granülsüzdür. Granülsüz endoplazmik retikulum, yağ asitlerinin ve zar parçalarının sentezinde rol oynar. Endoplazmik retikulumda, kimyasal maddeleri işlemeyi sağlayan ve zehirleri etkisiz hale getiren enzimler bulunur.

Golgi Kompleksi, birbiri üzerine yığılmış gibi duran düz ve zar benzeri keselerden oluşur. Golgi kompleksi genellikle ribozom bulundurmeyen endoplazmik zardan meydana gelmiştir. Kimyasal yapılarında RNA ve protein bulunmaktadır. Golgi kompleksinin, özellikle salgı hücrelerinde bol olarak bulunmaları onların salgı işinde rol oynayabileceği fikrini verir (Bozcuk, 2006).

Mitokondri, hücrenin enerji üretimini gerçekleştirir. Mitokondri oksijeni ve besin maddelerini ATP'ye (Adenozin trifosfat) çevirir. ATP hücrenin metabolizma etkinliklerinde kullanılan mekanik enerjidir. Mitokondri enerji sağlamanın yanı sıra stoplazmadaki kalsiyum ve öteki elektrik yüklü parçacıkların kontrol edilmesine yardım eder. Yağ asitlerindeki ve aminoasitlerdeki enerjinin parçalanıp geri kazanılmasında rol oynar (<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/hucre/01.swf>).

Vakuol olarak da bilinen koful, sitoplazmadan ince bir zar ile ayrılır. Bitki hücrelerinde daha büyük boyutlarda görülürler. Bazı hücrelerde hücrelerin değişmez organeli olup, bazılarında ise gerektiğinde oluşan ve işi biter bitmez kaybolan yapılardır. Hücre ve çevresi ile su alışverişi yapar. Vakuol hücrenin çevresiyle yoğunluk farkı oluştuğu zaman hücre içerisine giren fazla suyu pompalayarak küçük kanalcıklar aracılığı ile dışarıya atmaktadır. Koful bitki hücresinde hayvan hücresine göre oldukça büyüktür. Genç bitki hücresinde küçük ve çok sayıda, yaşlı bitki hücresinde ise büyüktür, bir veya iki tanedir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Koful>).

Plazma zarı, genellikle hücreyi çevresinden ayıran bir sınır gibidir ve hücreyi bir arada tutar. Çok hücreli canlılarda, öteki hücrelerle birleşerek dokuları oluşturur. Plazma zarının yapısı, hücrenin tipine göre değişse de bütün zarlar iki temel molekül türü olan protein ve lipitlerden oluşur. Lipitler hücrenin suda çözünebilir içeriğinin dışarı sızmasına engel olur (<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/hucre/01.swf>).

3.1.2 Bitki dokuları

Belli bir görevi yapmak üzere, aynı kökenden gelen, aralarında iş bölümü olan ve toplu bir sistem meydana getiren aynı şekil ve yapıdaki hücre gruplarına doku, dokuların iç ve dış yapılarını inceleyen bilim koluna ise doku bilimi veya histoloji denir.

Dokular meydana gelirken hücreler arasında boşluklar oluşur. Dokuda boşlukların meydana gelmesi ve dokunun havalanması çok önemlidir. Bölünme yeteneği olan meristem hücrelerinin orta lamelleri, özellikle hücre köşelerinde eriyerek hücreler arası boşlukları (lümenleri) meydana getirir. Bu durumda birbirine komşu olan iki hücrenin kalınlaşan çeperleri, hücre köşelerinde birbirinden uzaklaşmış olur. Bu boşluklar çoğunlukla hava ile doludur. Hücreler arası boşluklar enine kesitlerde çoğunlukla küçük üçgen ya da dörtgen halinde görülürler. Uzunluğuna kesitte ise boru şeklinde kanallar halindedir. Bitki dokuları görevlerine göre; temel, koruyucu, iletim destek ve salgı doku olmak üzere beşe ayrılır (Karamanoğlu, 1983).

3.1.2.1 Temel doku (parankima)

Bitkinin hemen hemen her organında bulunan ve bitkinin temel yapısını meydana getiren dokudur. Bu doku parankima hücrelerinden oluşur. Parankima hücreleri çoğunlukla eni boyuna eşit olan hücrelerdir. Çeperleri ince sitoplazmaları bol, canlı hücrelerdir. Hücre çeperinde basit geçitler vardır. Parankima hücrelerinin görevleri çeşitlidir, ileri yapılı bir bitkinin, besin maddelerinin hazırlanması ve toplanması, iletilmesi ve solunum gibi en önemli hayat fonksiyonları parankima hücrelerinde olur. Temel doku hücreleri havadan ve güneş ışığından yararlanabilmek amacıyla genel olarak bitkilerin dış kısımlarında ve yüzeye yakın bölümlerinde bulunur. Parankima hücrelerinin bu çeşitli görevlerine karşılık yapıları arasında farklar çok azdır. Parankima hücreleri organlar arasındaki dokuları doldurursa “dolgu parankiması”, eğer hücreler içerisinde fazla miktarda şeker, nişasta, protein gibi besin maddeleri yedek besin olarak toplamışsa “depo parankiması”; besin yerine su depo etmiş olan parankima hücreleri “su depo parankiması”, içerisinde fazla miktarda kloroplast bulunduran parankima hücreleri ise “asimilasyon parankiması” olarak adlandırılır.

İletim doku elemanları arasında yani ksilem ve floem dokusunda özellikle besin maddelerini depolama görevini yapan ise ksilem ve floem parankimalarıdır.

3.1.2.2 Koruyucu doku

Bitkilerde organların dışında bulunan ve iç kısımdaki dokuları yaralanma, kuraklık ve diğer aşırı çevre koşullarına karşı koruyan dokudur. Hücre çeperi mantarlaşmış ve hücre çeperi mantarlaşmamış olan koruyucu doku olarak ikiye ayrılır. Hücre çeperi mantarlaşmamış olan koruyucu dokuya epidermal sistem de denir. Epidermal, sistem genelde tek hücre sırasından yapılmış bir tabaka halinde bitkinin tüm yüzeyini örten ve dış ortamla madde alışverişine yardımcı olan “epidermis” (deri doku), epidermisin hücre arası boşluklarında biriken gaz ve su buharının ortamla değişimini sağlayan “stoma” (gözenek), stomalara benzer yapıda olan bitkilerdeki fazla suyun sıvı damlacıklar halinde dışarıya verilmesini sağlayan “hidatod” (su savlağı) ve epidermisin dışarıya doğru çıkıntı olarak meydana getirdiği bitkiyi aşırı sıcak, aşırı su kaybı ve hayvanlara karşı koruyan “tüyler”den oluşur. Hücre çeperi mantarlaşmış olan koruyucu doku ise epidermis hücrelerinin veya epidermis hücrelerinin altındaki birkaç tabaka parankima hücrelerinin mantarlaşmasından oluşan kutis dokusu, hücre arası boşlukları bulunmayan bir hücre dizisinden meydana gelen ve özellikle kökte bulunan endodermis ve epidermis yada parankima dokularının sonradan bölünme yeteneği kazanarak oluşturdukları çok katmanlı, organının dış yüzeyini tamamen kaplayan mantar dokudan oluşur.

3.1.2.3 İletim doku

Bitkilerde kökler vasıtasıyla alınan anorganik maddeleri yani su ve suda erimiş besin tuzlarını bitkinin suyu kullanan organlarına ileten ve diğer taraftan yapraklarda asimilasyon sonucunda meydana gelen organik maddelerin, bitkinin gereken organlarına iletilmesi iletim doku ile gerçekleşmektedir. Bitkilerde bir yandan diğer yana iletilen besin maddelerinin hepsi sıvıdır. Teknikte sıvı iletimini sağlayan en iyi araç borudur ve bitkilerde de sıvı iletimi yapan iletim dokuları boru şeklindedir. İletim dokuları ksilem ve floem olmak üzere iki ayrı iletim dokudan meydana gelmektedir.

ksilem köklerle alınan su ve besin tuzlarını aşağıdan yukarıya, floem ise asimilasyon ürünü olan organik maddelerin yukarıdan aşağıya doğru iletimini sağlar.

Ksilem dört ayrı hücre çeşidinden meydana gelir. Bunlar trake, trakeid, ksilem parankiması ve ksilem sklerankimasıdır. Trake, silindir şeklinde üst üste dizili hücrelerin aralarındaki üst ve alt çeperlerinin erimesi ile meydana gelen borulardır. Trakeidler uzun silindir veya prizma şeklinde iki uçları sivri bağımsız hücrelerdir. Trake ve trakeidler cansız hücrelerdir. Ksilem parankiması genel olarak uzun ve prizma şeklinde hücrelerdir. ksilem sklerankiması ise iletim dokuyu destekleme görevi yapan hücrelerdir

Floem de ksilem gibi birleşik bir dokudur ve dört çeşit hücreden oluşur. Bunlar kalburlu borular, arkadaş borular, floem parankiması ve floem sklerankimasıdır. Kalburlu borular floemin en önemli elemanlarıdır. Bunlar da trake ve trakeidler gibi uzun silindir veya boru şeklindedir fakat iletilen organik madde olduğu için selüloz çeperleri trake ve trakeidlerinki gibi kalın değildir. Boruların enine çeperleri kalbur gibi deliklidir. Arkadaş hücreleri kalburlu boruların yanında, onlar gibi uzun; fakat onlardan dar hücrelerdir. Floem parankiması besin maddelerinin depo edilmesini sağlar, floem sklerankiması ise ksilemde olduğu gibi dokuyu destekleme görevini yapar.

3.1.2.4 Destek doku

Bitkilerin birçok görevini gerektiği gibi yapabilmesi için belirli bir dikliğe sahip olmaları gerekmektedir. Genç dokularda dikliği hücre içindeki su basıncı sağlarken yaşlanmış kısımlarda ise çeperleri kalınlaşmış hücreler sağlar. Bir ağacın gövdesinin dik olmasını rüzgar gibi mekanik etkilere karşı koyabilmesini destek doku sağlar. Destek doku, hücre çeperleri ergin, kalın ve çoğunlukla odunlaşmış, protoplastlarını kaybetmiş ölü hücrelerden oluşan “sklerenkima” ve bitkinin genç yani büyümekte olan organlarında bulunup buradaki direnci sağlayan “kollenkima” adı verilen iki hücrelerinden oluşur.

3.1.2.5 Salgı Doku

Hücreler tarafından salgılanan her çeşit maddeye salgı maddesi, salgıyı meydana getiren hücre topluluğuna da salgı doku denilir. Salgı maddeleri sıvı ya da katı halde olabilir. Katı olduğu zaman amorf ya da kristal şeklindedir. Salgı maddeleri her ne kadar metabolizma artığı olarak atılmaktaysa da, bitki için değişik yararlar sağlar. Örneğin reçine ve tanen gibi antiseptik maddeler bitkiyi çürümekten, alkonit gibi zehirler bitkiyi zararlı canlılardan korur, nektar ve bazı kokulu maddeler tozlaşmada böcekleri cezbetmeye yararlar.

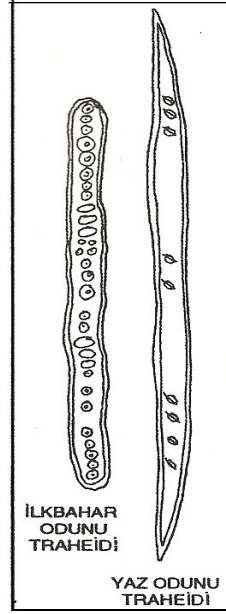
Salgı hücreleri ya da bunların oluşturduğu salgı organlarının belirli bir kökeni yoktur. Bitkinin herhangi bir organında ya da dokusu içerisinde bulunabilir.

3.1.3 İğne yapraklı ağaçların mikroskopik yapısı

İğne yapraklı ağaçların odunları genellikle homojen yapıda, düzgün lifli ve hafiftir. Çoğunlukla bina inşaatında kullanılmakla beraber düzgün gövdeli ağaçlar tel direği ve iskele direkleri olarak kullanılır. İğne yapraklı ağaçlarda ksilem oldukça basit yapıda olup dört beş çeşitten fazla hücre içermez.

3.1.3.1 Trakeid hücreler

İğne yapraklı ağaçlarda hacmin %90-95'i boyuna trakeid hücrelerinden oluşur. Bu hücreler gövde eksenine paralel yönde uzanan uzun ince bir yapıdadır. İkbahar odunu içinde olanlar, enine kesitte dikdörtgen veya altıgen şeklinde, orta kısımları (lümenleri) geniş, hücre çeperi ince olup su iletme görevini yapar. Yaz odunu içindekiler ise dikdörtgen şeklinde olup lümenleri küçülmüş, hücre çeperi kalınlaşmış olup ağacı destekler. Trakeid çeperindeki geçitler ise besi suyunun ağaç gövdesi çevresince dolaşımını sağlar (Örs ve Keskin, 2001).



Şekil 3.2 Çamda ilk bahar ve yaz odunu trakeidleri (Örs ve Keskin, 2001).

3.1.3.2 Paranzim hücreleri

İğne yapraklı ağaç odunlarında boyuna paranzim, öz ışını paranzimi ve epitelyum paranzimi olmak üzere üç çeşit paranzim hücresi vardır. Bu hücrelerin çeperlerinde basit geçitler oluşur. Boyuna paranzim hücreleri bazı iğne yapraklı ağaçlarda boyuna yönde uzanırlar, yapı olarak trakeidlere benzerler ve prizmatik şekillidir. Eğer iğne yapraklı ağaçlarda bulunuyorlarsa, dokunun %1-2 sini oluşturur (Bozkurt ve Erdin,1997). Özışını paranzim hücreleri küçük, ince veya kalın çeperli prizmatik hücrelerdir. Enine ve radyal yönde bulunurlar. Esas görevi besin maddelerini depo etmektir. Epitelyum paranzimi ise ağaçta boyuna yönde bulunur.

3.1.3.3 Reçine kanalları

Bazı iğne yapraklı ağaçlarda bulunan reçine kanalları, normal reçine kanalı ve patolojik reçine kanalı olmak üzere iki çeşittir. Reçine kanalları, hücreler arasında oluşan bir boşluktur. Yan yana duran farklılaşmamış boyuna trakeidlerin arasındaki orta lamelin eriyerek hücreler arasında bir boşluk meydana gelmesi ve kanal

oluşturmasından meydana gelir. Bu boşluk, kanal içerisinde reçine salgılayan özel bir tipteki parankim hücresi olan epitelium hücreleri ile çevrelenmiştir. Reçine kanalları ağaç gövdesinde dik ve yatık yönde uzanırlar. Dik ve yatık yöndeki reçine kanalları ağaç gövdesinde birbirleri ile ilişkili olarak reçine kanalları ağı sistemi oluşturur.

3.1.3.4 Öz ışın

Özden çevreye doğru uzanan öz ışınları iğne yapraklı ağaçlarda çoğunlukla bir hücre genişliğindedir, bazen iki hücre genişliğinde olan bölümleri de bulunabilir. İğne yapraklı ağaçlarda öz ışınları ya tamamen öz ışını parankim hücrelerinden ya da öz ışını trakeidleriyle birlikte öz ışını parankim hücrelerinden oluşur. Tek bir hücreden oluşan öz ışınlar homojen yapıda, iki tip hücreden oluşan öz ışınlar heterojen yapıdadır.

3.1.4 Yapraklı ağaçların mikroskopik yapısı

Yapraklı ağaç odunlarında besi suyu iletme görevini üst üste gelerek ve aralarındaki zarın erimesiyle meydana gelen boru şeklindeki trakeler ile trakeidler, destekleme görevini lifler, besin görevini ise parankim hücreleri yapar.

3.1.4.1 Trake hücreleri

Yapraklı ağaçlarda iletimi sağlayan özel tip hücrelere trake adı verilmektedir. Trakeler odun dokusu içinde, belli olmayan sayıda uç uca birleşerek, aralarındaki bölmelerin az veya çok erimesi ile uzun tüp şeklinde borular oluştururlar. Örneğin meşelerin 18 m'ye kadar uzunlukta iletim borusu oluşturdukları tespit edilmiştir. Trakeler, çapları büyük olduğu için enine kesitte büyükçe boşluklar veya delikler şeklinde, boyuna kesitlerde ise iğne çiziklerine benzer oldukları görülmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Bir trakede birbiri üzerine sıralanmış olan her üniteye “segman” adı verilir. Trake segmanları arasında “performasyon tablası” denilen bölmeler bulunur. Trakeler yıllık odun halkaları içerisindeki dağılımları bakımından farklılık gösterir. İlbahar

odunu içerisinde büyük çaplı trakelerin delikli ve gevşek bir yapı oluşturduğu yapraklı ağaçlara halkalı büyük trakeliler denir. Meşe, dişbudak, dut ve akasya; halkalı büyük trakeli yapılarıdır. Trakelerin yıllık odun halkası içerisinde çap bakımından önemli bir fark göstermeden yıllık halkalarda düzenli bir dağılım gösterdiği yapraklı ağaçlara dağınık trakeliler denilmekte olup, kavak, söğüt, çınar ve ceviz dağınık büyük trakeli; kayın akçaağaç, huş, gürgen ve ıhlamur dağınık küçük trakeli yapraklı ağaçlar grubundadır (Örs ve Keskin, 2001).

3.1.4.2 Trakeid hücreleri

Yapraklı ağaçlarda trakelere benzeyen fakat uçları kapalı olduğu için trakeid özelliğinde olan ve besi suyu iletme görevi gören boyuna yönde vasküler trakeidler, radyal yönde uzanan vasisentirik trakeidler bulunur.

3.1.4.3 Lifler

Genel anlamda lif terimi, selüloz üretim metodları ile elde edilen tüm odunsu hücrelere verilen isimdir. Hücre bilimi bakımından ise yapraklı ağaçlarda bulunan özel bir hücre tipini belirtmektedir. Lifler trakeler gibi ölü hücrelerden olup ağacı destekleme görevi görür. Libriform ve lif trakeidler olmak üzere iki şekilde bulunur. Libriform lifleri ve lif trakeidler uzun uca doğru incelen ve genellikle kalın çeperli hücrelerdir. Uçları kapalı, sivri, bazen çatallı yapıdadır. Enine kesitleri genellikle yuvarlaktır. Yaz odunun yıllık halka sınırı yakınında liflerin çeperlerinin kalınlaşmış, teğet yönde yassılaştıkları görülebilir. Lif trakeidler ile libriform lifleri aynı ağaç türünde bulunabilir. Örneğin; dişbudak, kavak, söğüt libriform liflerden, ceviz, gürgen ve kiraz lif trakeidlerden oluşurken Akçaağaç, ıhlamur, kayın meşe libriform lifleri ile lif trakeitlerinden oluşmaktadır.

Lifler iğne yapraklı ağaçların yaz odunu trakeidlerine benzerlik gösterse de aralarında büyük farklılıklar vardır. Odun dokusunun yaklaşık %50'sini kapsar ve destek görevi üstlenir. Kalın çeperli liflerin katılım payının artması, odunun yoğunluğunu, direncini, yüzey işlemleri ile kullanım yerini etkilemektedir. Liflerin

boyu kısa olduğundan yapraklı ağaçlar kağıt yapımında hammadde olarak fazla tercih edilmez. Çünkü kağıt direnci üzerinde lif uzunluğu önemli derecede etkili olmaktadır. Bu sebepten yapraklı ağaçlar yerine, iğne yapraklı ağaçlar trakeidlerinden dolayı tercih edilir.

3.1.4.4 Paransimler

Protoplazmalarını uzun süre muhafaza ederek hayatta kalan ve öncelikle besin maddesi depo eden, ayrıca karbonhidratları ileten hücrelerdir. Yapraklı ağaç paransimleri boyuna paransim ve öz ışını paransimleri olmak üzere iki tiptedir. Boyuna paransimler yapraklı ağaçlarda oldukça önemli hücrelerdir ve bazı yapraklı ağaçlarda bulunmamakla beraber, genellikle birçok yapraklı ağaçta değişik miktarda görülmektedir. Boyuna paransim hücreleri ince çeperli olup kısa bir yapıdadır.

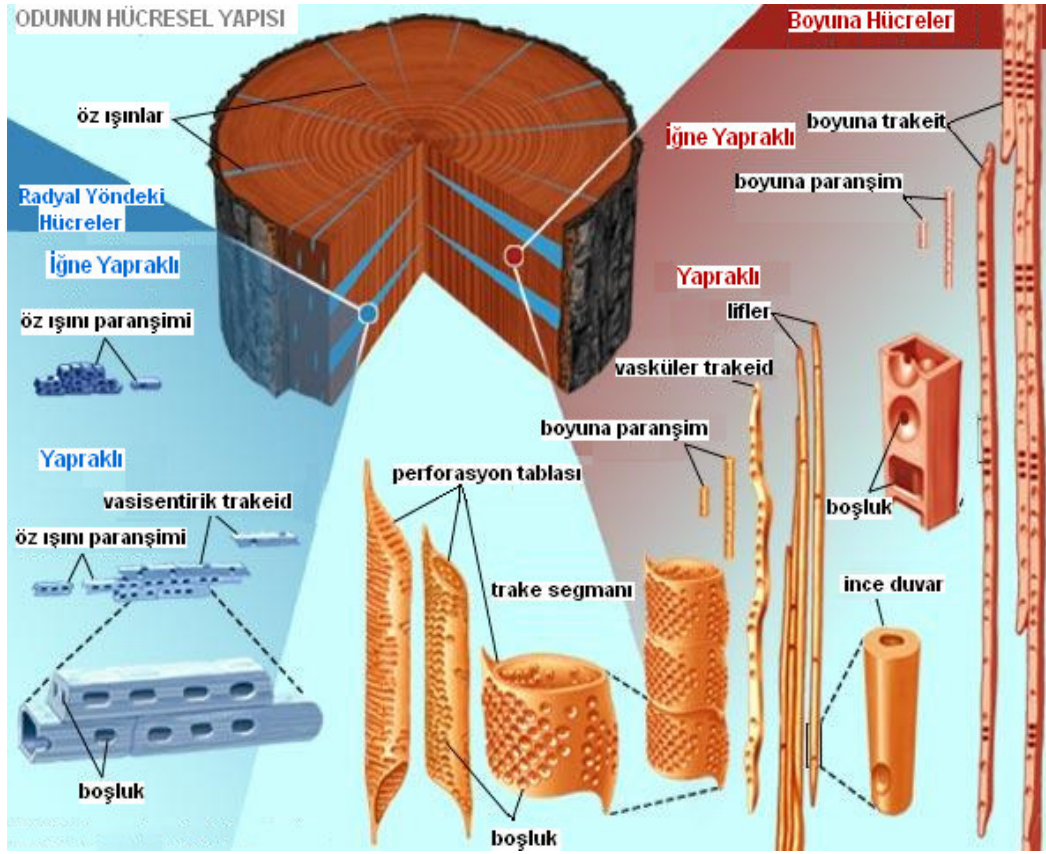
3.1.4.5 Öz ışınları

Öz ışınları yarıçap yönünde uzanan paransim hücreleridir. Primer öz ışınları öze kadar, diğerleri odunun dokularında başlayıp çevreye kadar uzanır. Yapraklı ağaç öz ışını paransim hücrelerinde boyuna paransimlerdeki gibi sakız veya kristal halde depo maddeleri bulunabilir. Yapraklı ağaçlarda öz ışınları teğet yönde 1-30 hücre yada daha fazla hücre genişliğinde olmakla beraber iğne yapraklı ağaçlarda öz ışınları 1-2 hücre genişliğindedir. Ayrıca iğne yapraklı ağaçlardan farklı olarak, yapraklı ağaçlarda öz ışınları sadece paransim hücrelerden oluşmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

3.1.5 İğne yapraklı ve yapraklı ağaç hücreleri arasındaki farklar

İğne yapraklı ağaç odunları tekdüze bir yapıya, yapraklı ağaçlar ise daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Trakeler sadece yapraklı ağaçlarda bulunmakta, iğne yapraklı ağaçlarda hiçbir zaman görülmemektedir. Öz ışınları iğne yapraklı ağaçlarda çoğunlukla bir, bazen iki hücre genişliğinde olmakla beraber, yapraklı ağaçlarda 1-30 veya daha fazla hücre genişliğinde olabilmektedir. Öz ışını ortalama olarak iğne yapraklı ağaçların %5-8'i kadarken yapraklı ağaçların %17 si kadardır (Bozkurt ve

Erdin, 1997). İğne yapraklı ağaçlarda hücreler düzgün sıralar oluşturmakta, yapraklı ağaçlarda ise böyle bir düzen görülmemektedir. Ayrıca iğne yapraklı ağaçların aksine, yapraklı ağaçlarda öz ışınları nadiren düzgün sıralar halinde bulunur. Birçok yapraklı ağaç türünde bir düzen söz konusu değildir.

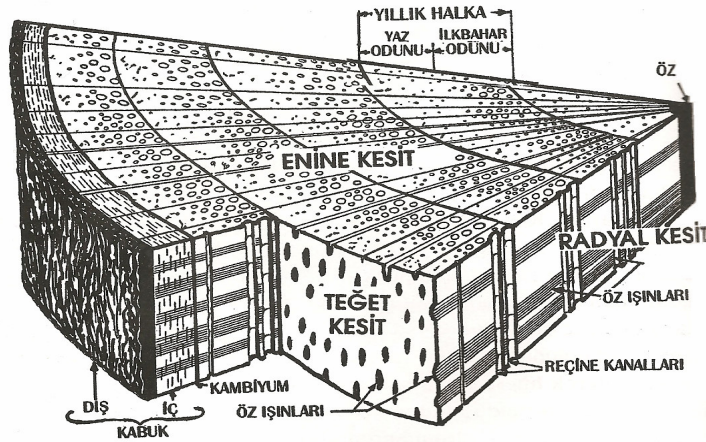


Şekil 3.3 İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların boyuna ve radyal yöndeki hücreleri (<http://www.britannica.com/eb/article-216135/wood>).

3.2 Ağacın Makroskopik Yapısı

Ağaç malzemenin makroskopik özellikleri, çıplak gözle veya lup(10×) ta incelendiğinde görülebilen özellikleridir. Ağaç malzemelerin hepsinde görülen bu özellikler ağacın boyuna eksenine kesiliş şekline göre değişmektedir. Ağaç gövdesinde

enine, boyuna radyal ve boyuna teğet olmak üzere birbirinden farklı üç kesit vardır. Enine kesit ağacın boyuna eksenine dik yönde, radyal kesit ağaç boyunca ve yarıçap yönünde teğet kesit ise ağaç boyunca fakat yıllık halka sınırına teğet yönde kesilmesiyle elde edilir. Odunların makroskopik özellikleri sadece kesim yönleriyle değil fiziksel özellikleriyle de değişmektedir.



Şekil 3.4 Meşe gövdesinde enine, radyal ve teğet kesit görünüşü (Örs ve Keskin, 2001).

3.2.1 Enine kesitte görülen özellikler

3.2.1.1 Kabuk

Odunu saran kabuğun makroskopik görünüşü ağaç türlerine ve yaşa göre değişmektedir. Ağaç türlerine göre düz çatlaklı veya lifli yapıda olabilir. Yaşlı ağaçlarda ise iç ve dış kabuk olmak üzere iki bölümden oluşur.

3.2.1.1 Öz

Normal olarak ağaç gövdesinin ortasında bulunan öz, ilk yıllarda ağacın kökleriyle alınan suyun yapraklara iletim görevini yapar. Paranzim hücrelerden oluşan

süngerimsi bir yapıda olan özdeki hücreler bir süre sonra canlılıklarını kaybeder. İğne yapraklı ağaçlarda çok küçük ve aynı şekillidir ve doğrudan gözle görülemez. Yapraklı ağaçlarda ise biçim, renk ve yapı bakımından farklılıklar gösterir ve gözle görülebilir. Renk bakımından ise siyahtan beyaza kadar değişiklikler gösterebilir.

3.2.1.2 Öz ışınları

Paranşim hücrelerinden oluşan öz ışınları ender olarak özden başlayarak çevre yönüne doğru uzanır ve odun içerisinde herhangi bir yerde son bulur. Bunlara primer öz ışınları denirken odunun herhangi bir yerinden başlayan ve çevreye kadar uzanan öz ışınlarına seconder öz ışınları denir. Öz ışınları besin maddelerini kabuk ve öz arasında iletme ve depo etme görevini yapar. Teknik bakımdan ise direnci azaltarak yarıma ve kuruma sırasında çatlama oluşmasını kolaylaştırır.

3.2.1.3 Yıllık halkalar

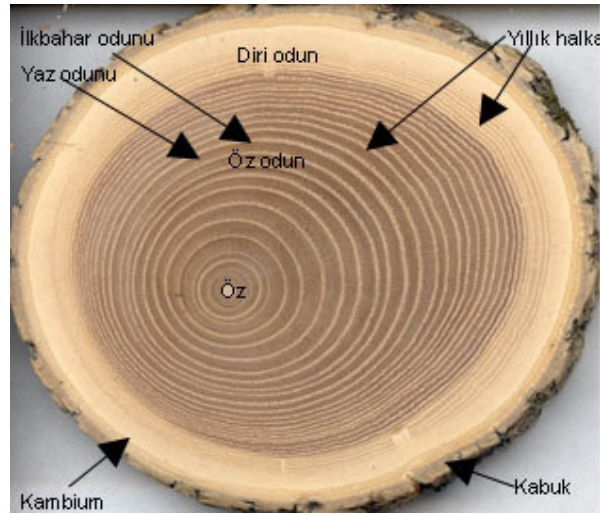
Gövdenin enine kesitinde özün etrafında az veya çok belirli iç içe geçmiş halkalar şeklinde görülen oluşumlara yıllık halka ismi verilmektedir. Ağaçlarda belirli dönemlerde kambiyum iç tarafa doğru bölünerek öz etrafında yıllık halkaları oluşturur. Soğuk ve ılıman iklim bölgelerinde kambiyum kış aylarında duraklama gösterir. Duraklama evresinden önce oluşan odun hücrelerinin lümenlerinin dar, çeperlerinin kalın olması sonucu sık yapılı bir doku meydana gelirken, ilkbaharda da oluşan hücrelerin lümenleri geniş çeperleri ince olmasından dolayı yıllık halka sınırları belirginleşir. Tropikal iklimlerde ise yağışlı ve kuraklık şartlarının birbirini takip etmesiyle ancak belirgin halde görülebilir.

İlkbaharda oluşan daha gevşek yapıda, ince çeperli ve geniş lümenli hücrelerden oluşan kısmın yoğunluğu daha az, hava boşluğu daha fazla ve rengi daha açıktır. Yıllık halkaların bu kısmına ilkbahar odunu denir. Daha sonra oluşan kalın çeperli ve dar lümenli hücrelerden oluşan kısım ise yaz odunu adını alır. Yaz odunu sık yapıda olup daha yoğun ve rengi daha koyudur.

3.2.1.4 Öz ve diri odun

Ağaçlarda gençlik, erginlik ve yaşlılık olmak üzere üç hayat dönemi vardır. Bu dönemlerde oluşan odun da genç odun, ergin odun, yaşlı odun adını alır. Genç odun öze yakın yıllık halkaları içine alır. Ergin odun belirli bir sürede sonra oluşan odun yapısıdır. Yaşlı odun ise çok yaşlı ağaçlarda görülür.

Gövdenin dış tarafında besi suyu iletimi ve gıda maddesi depo etme görevi gören, canlı hücrelerin oluşturduğu açık renkli kısma “diri odun” adı verilir. Ağaçta çap arttıkça, öze yakın yerlerdeki yıllık halkalardaki dokular besi suyu iletimi ve gıda maddesi depo etme görevini yapamaz. Gövdenin iç kısmında özü çevreleyen ve ölü dokulardan oluşan iç odun kısmı sadece mekanik destek görevi yapar ve “öz odun” olarak adlandırılır.



Şekil 3.5 Ağacın Enine kesittin de görülen yapılar

3.2.2 Radyal ve teğet kesitlerde görülen özellikler

Radyal ve teğet yüzeyler hem birbirlerinden, hem de enine yüzeylerden farklı karakteristiklere sahiptirler. Radyal kesit, öz ışınlarına paralel olarak alınan yüzeydir. Bu kesitte öz, yıllık halkalar, ilkbahar ve yaz odunu tabakası, diri odun ve öz odun boyuna şeritler halinde uzanır. Reçine kanalları ve trakeler ince çizikler halinde, öz ışınları ise genişliklerine göre ince mozaikler veya levhacıklar halinde görülür.

Teğet kesit ise yıllık halkalara teğet yönde alınan boyuna yüzeylerdir. İlkbahar ve yaz odunu arasındaki renkler kontrastı nedeniyle, teğet yüzey üzerinde açık koyulu düzensiz dalgalı şekiller görülür.

Açıklanan bütün özellikler normal şartlar altında büyümüş bir ağaçtan elde edilecek olan malzemede belirlenmiş özelliklerdir. Çeşitli kusurların bulunması nedeniyle radyal ve teğet yüzeyde görünüş büyük ölçüde değişiklik göstermektedir.

3.2.3 Fiziksel karakteristikler

3.2.3.1 Renk

Ağaçlarda diri odun çoğunlukla sarımsı beyaz ve pembe tonlarda, öz odun ise beyazdan siyaha kadar çeşitli renklerde olabilir. Renk, lif yapısı ve görünüş özellikleriyle birlikte, ağaç malzemelerin dekoratif bakımdan kalitesini yükseltmektedir. Ağaçların renk farkı sadece farklı ağaç türleri arasında değil aynı ağaçta bile farklılıklar gösterir. Ayrıca kesimden sonra oksidasyon nedeniyle bir süre sonra odunun rengi koyulaşmaktadır.

3.2.3.2 Lif yapısı

Odunda liflerin yerleşimi düzenli ya da düzensiz olarak görülür. Düzgün liflilik ağaç malzemenin direnç özellikleri, işlemede kolaylık ve zayıflığın azalması bakımından önemlidir. Liflerin düzensiz oluşu ise direnci azaltmakta çalışmayı düzensizleştirmekte

ve işlenmeyi zorlaştırmaktadır; fakat düzensiz lifler odunda güzel görünümlü şekiller oluşturması bakımından da tercih sebebidir.

3.2.3.3 Parlaklık

Parlaklık, malzeme yüzeyine gelen ışınların yansıma özelliğidir. Radyal yüzeylerdeki öz ışın levhacıklarının ışığı daha iyi yansıtılmalarından dolayı, enine ve teğet yüzeylere göre daha parlaktır. Öz odunda yabancı maddeler bulunduğu için diri odundan daha parlaktır. Birçok ağaç türünün odunu parlak değildir.

3.2.3.4 Koku ve tat

Öz odunda bulunan eterik yağlar, reçine ve tanenli maddeler ağaç malzemeye koku vermekte ve tanınmasında yardımcı olmaktadır. Koku veren maddeler uçucu olduklarından açık havada bırakılan ağaç malzeme kokusunu kaybeder. Bu nedenle en belirgin olarak yeni kesilmiş yüzeylerde hissedilir

Tat, uçucu ekstratif maddelerin odunda depolanmasından kaynaklanır. Örneğin, Meşe ve kestane fazla miktarda tanen içerdiği için acı bir tada sahiptir. Yeni kesilmiş odunda özellikle öz odunda daha belirgindir. Yapı ve görünüş itibarıyla çok benzeyen ağaçları birbirinden ayırmak için kullanılabilen bir özelliktir.

3.3 Odunun Kimyasal Yapısı

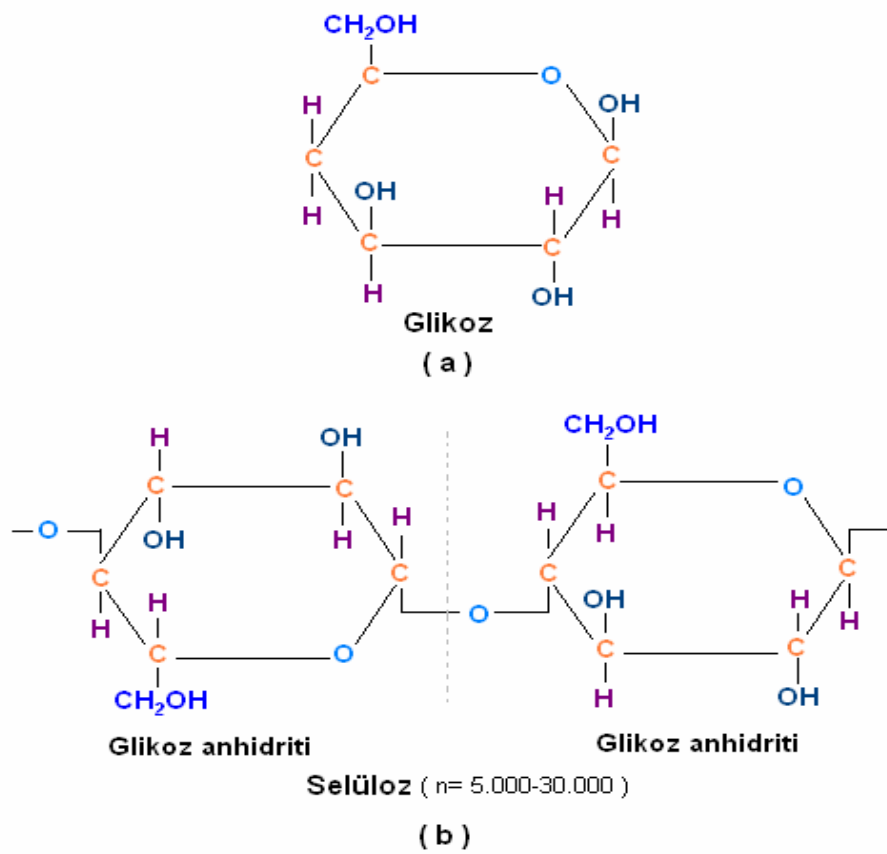
Odunun elementer bileşimi esas itibarıyla C,H ve O' dan meydana gelmekte, çok az miktarda N ve kül de bulunmaktadır. Hücre çeperindeki inorganik bileşikler, yakıldıktan sonra kül olarak ortaya çıkmaktadır. Kül içerisinde Ca, K, Mg, Na ve SiO₂ vardır. Kuru ağırlığına oranla %3'ten fazla miktarda SiO₂ varsa, kesici aletleri körleştirdiğinden, işleme özellikleri bakımından önemlidir. Kül miktarı genel olarak yapraklı ağaç odunlarında, iğne yapraklı ağaç odunlarından ve öz odunda diri odundan daha fazla miktardadır.

Odunsu hücre çepheri C, H, O'nun çeşitli kombinasyonlarında birleşmesiyle oluşan selüloz, hemiselüloz ve ligninden meydana gelmekte, az miktarda da pektin bulunmaktadır. Selüloz odunun en önemli bileşenidir. İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda odunun kuru ağırlığının % 60-85 kadarı selülozdan oluşur, %25-30 kadarı hemiselüloz ve %15-20 kadarı da ligninlerden oluşur. Odunun %90'ını meydana getiren bu maddeler odunun asal bileşikleridir. Bunlara ek olarak odunda hücre çeperine ve hücre lümenine yerleşmiş birçok organik ve inorganik yan bileşikler bulunur. Bunlardan organik olanlarına, tanenler, uçucu yağlar, sakız, nişasta ve renk maddeleri; inorganik olanlara ise silis ve kalsiyum tuzları örnek olarak verilebilir.

3.3.1 Odunun asal bileşikleri

3.3.1.1 Selüloz

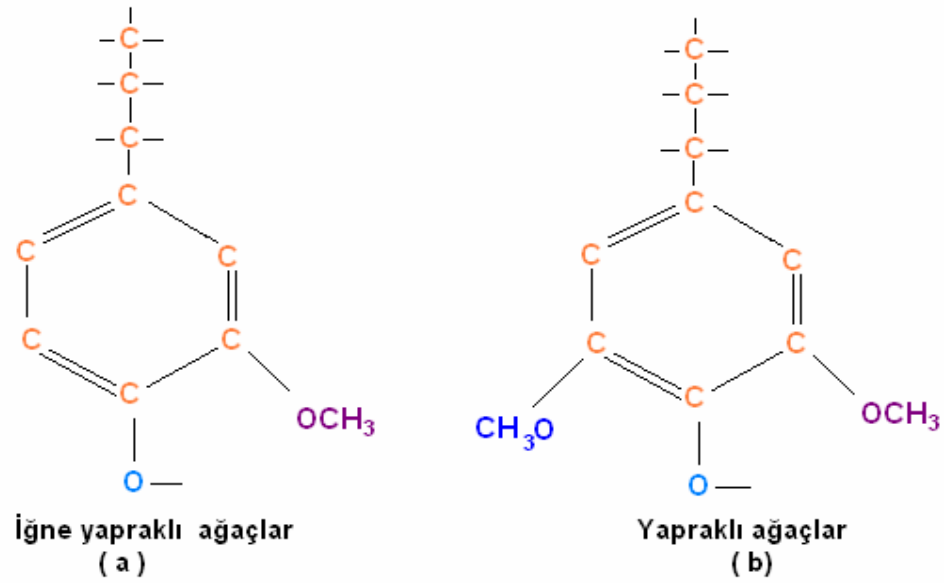
Ağaçlar fotosentez sonucu glikoz ve basit şekerler üretir. Üretilen bu maddeler ağaçlarda odun, kabuk ve yaprak oluşumunda kullanılmaktadır. Ağaçta kuru ağırlık itibarıyla en çok bulunan madde selülozdur ve ağaç tarafından direk glikoz birimlerinden üretilir. Ağaç tarafından üretilen glikoz dal, kök ve ana gövdesine taşınır ve karmaşık işlemlerden sonra kimyasal formülü $C_6H_{12}O_6$ olan her bir glikoz biriminden bir molekül su çıkarılarak glikoz kimyasal değişikliğe uğrar ve anhidrit glikoz ($C_6H_{10}O_5$) oluşur. Glikozun anhidrit glikoza dönüşmesi ($C_6H_{12}O_6 - H_2O \rightarrow C_6H_{10}O_5$) şeklinde gösterilebilir. Anhidrit glikoz birimlerinin uzun bir zincir polimerleri teşkil edecek şekilde her biri 180° dönerek uç uca bağlanmasıyla selüloz $(C_6H_{10}O_5)_n$ meydana gelir (Şekil 3.6). Polimerizasyon denilen bu olayda n, polimerizasyon derecesini veya her bir selüloz zincirindeki anhidrit glukoz birimlerinin sayısını göstermektedir. Selülozun polimerizasyon derecesi ortalama olarak 10.000 olup, 30.000'e kadar değiştiği tespit edilmiştir. En uzun selüloz molekülü $5 \mu m$ (1/20 mm) boyda olup elektron mikroskopla dahi görülememektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Selüloz yüksek oranda su emicidir.



Şekil 3.6 (a) Glikoz birimi (b) Selüloz oluşumu

3.3.1.2 Hemiselüloz

Odun polyosları adı verilen hemiselüloz hücre çeperinde polisakkaritlerin %35-50'sini teşkil eder. Hemiselülozlar kimyasal yapıları itibariyle selülozik olmayan karbonhidratlardır. Molekülleri selülozdan daha küçük ve dallı budaklı bir yapıya sahiptir. Sulandırılmış asitlerde hidrolize olarak şeker ve şeker asitlerini oluşturur. Hemiselüloz hücrelerin kimyasal yapısını meydana getirdiği gibi nişasta rezerv maddesi olarak da odunda yer alır.



Şekil 3.7 Lignini oluşturan fenil propan birimleri (a) İğne yapraklı ağaçlara ait fenil propan yapısı. (b) Yapraklı ağaçlara ait fenil propan yapısı (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Hemiselüloz, bütün ağaçlarda kuru ağırlığının %20-35'ini meydana getirmesine rağmen iğne yapraklı ağaçlardaki hemiselüloz bileşimi ile geniş yapraklı ağaçlardaki hemiselüloz bileşimi oldukça farklıdır. Bu farklar aynı ağacın gövdesi, dalları, kökleri ve kabuğu arasında da ortaya çıkmaktadır. Selüloz kadar olmasa da su emicidir (Günay, 2007).

3.3.1.3 Lignin

Lignin, fenil propan birimlerinden meydana gelen yüksek molekül ağırlığında kompleks bir polimerdir. Lignin, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmasına rağmen ne bir karbonhidrattır ne de bu sınıf giren bir bileşiktir (Şekil 3.7). Çeşitli formlarda bulunduğundan, tam yapısı kesin olarak bilinmemektedir. Lignin hücreler arasında ve hücre çeperinde yerleşmiştir. Hücreler arasında hücreleri birleştirici, hücre çeperinde ise sertlik veren bir rol oynar. Ağaç türlerine göre değişik oranlarda bulunmasına rağmen yaklaşık olarak odunun 1/4'ünü oluşturmaktadır.

Lignin odun içerisinde renksiz bir maddedir. Havayla temas ettiğinde, özellikle güneş ışığı etkisinde kaldığı zaman sarı renge dönüşür. Mekanik yolla elde edilen odun hamurundan yapılmış gazete kağıdının güneş ışığında sararmasının nedeni lignin içeriğinin fazla olmasıdır. Lignin aynı zamanda termoplastik bir maddedir. Yüksek sıcaklıklarda yumuşak ve esnek olup, soğuduğunda tekrar sertleşmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

3.3.1.4 Pektin

Pektin, karbonhidratlar veya bunlarla yakından ilgili olan bileşiklerden oluşur. Ancak pektinin yapısı tam olarak bilinmemektedir. Özellikle kambiyum hücrelerinin hücre çeperlerinde odun dokusundaki orta lamel, primer çeperi ile kenarlı geçitlerin borusunda bulunmaktadır. Odun içerisindeki miktarı % 0.5'ten azdır.

3.3.2 Odunun yan bileşikleri

Hücre çeperinin esas bileşikleri dışında hücre çeperi ya da lümenine yerleşen maddelerdir. Büyük oranda soğuk su, alkol, benzen, aseton veya eter ile çözülebilmeleri sebebiyle ekstratif maddeler denir. Ancak bazılarının çözülmesi çok güçtür. En önemlileri polifenoller ve reçineler gibi organik bileşikleridir.

3.3.2.1 Yağlar

Yağ asitleri ile gliserinin meydana getirdiği esterlerdir. Yağlar da glikoz gibi C, H, O atomlarından oluşur; fakat yağdaki O atomlarının H atomlarına oranı, glikozdan çok daha azdır. Hemen hemen her bitki hücresinde az veya çok miktarda yağ bulunur. Oda sıcaklığında (20°C) katı halde bulunan yüksek erime sıcaklığına sahip yağlara katı yağlar denilirken oda sıcaklığında sıvı halde bulunan yağlara ise sıvı yağlar denilir. Zeytinyağı ve ayçiçeği yağı sıvı yağlara, kakao yağı ise bitki hücresinde bulunan katı yağlara örnektir.

3.3.2.2 Eterik yağlar

Eterik yağların kimyasal yapıları birbirinden oldukça farklıdır. Eterik yağlar hemen hemen bütün kokulu bitkilerin değişik organlarında özel salgı hücrelerinde bulunur. Bunları diğer yağlardan ayıran önemli özellik uçucu olmaları ve kağıt üzerine konuldukları zaman uçarak bir leke bırakmamalarıdır. Çoğunlukla sıvı ve hoş kokulu olduklarından parfümeri ve kozmetik yapımında kullanılırlar. Eterik yağları bitkide ısı ayarlayıcı etki yaparak su kaybını önlemektedir.

3.3.2.3 Reçine

Reçineler eterik yağların oksidasyonu ile meydana gelir. Bitkilerin çeşitli organlarında özellikle salgı hücrelerinde meydana gelir ve sonra kanallarda birikir, yaralanma ile dışarı çıkarlar. Antepfıstığıgiller (Anacardiaceae) ve çamgiller (Pianaceae) reçine yönünden oldukça zengindir. Reçineler antiseptik özelliklerinden dolayı bitkilerde koruyucu bir rol oynar ve su kaybını önler. Suda erimez ve asidik özellik gösterir.

3.3.2.4 Tanen

Tanenler fenol türevlerinden meydana gelen heterojen bir gruptur. Genellikle glikozit yapıda bulunan, hidroksil gruplarını içeren çeşitli aromatik maddelerden meydana gelen bileşiklerdir. Bazı dokularda çok fazla bulunur. Tanen bileşiğinin temel maddesi gallik asit ve digallik asitlerdir. Meşe mazısı, çay yaprağı, kahve tohumları tanen yönünden oldukça zengindir. Tanenler su ve alkolde çözünür, tatları buruktur.

3.4 Odun Su İlişkisi

3.4.1 Odun rutubet ilişkisi

Yaşayan ağaçların bütün kısımlarında doğal olarak su bulunmaktadır. Su miktarı ağaç türü, yaşı, yetiştirilme yeri şartları ve mevsimlere göre değişmektedir.

Bunlardan başka aynı ağaçtaki diri odun ve öz odun arasında da rutubet miktarı farklıdır.

Yaşayan ağaçlarda su miktarı, ksilemin toplam ağırlığının yarısını aşmaktadır. Kesildikten sonra ise ortama rutubet vermeye başlar; fakat odundaki rutubet tamamen bitmez. Hücre çeperinde daima bir miktar su kalır. Hücre çeperi içerisinde tutulan suya “bağlı su”, ağacın ksilem borularındaki lümenlerinde tutulan suya ise “serbest su” denilir.

Ağaç malzemeler rutubet bakımından kendisini bulunduğu ortama uydurabilen higroskopik maddelerdir. Bu maddeler bulunduğu ortama göre belli bir rutubet derecesine kadar ulaştıktan sonra rutubet almaları ya da vermeleri sona erer. Buna “denge rutubeti” denilir. Odunundaki hücre çeperinin suya doymuş haline lif doymuşluk noktası denir ve her ağaç türü için değişiklik gösterir. Çok uzun süre suda kalmış odun içerisindeki bütün boşluklar su ile dolar. Bu hal suni ve ekstrem bir durum olup “tam yaş hal” olarak adlandırılır. Diğer bir suni ve ekstrem hal ise bir kurutma dolabında $103 \pm 2^{\circ}C$ ’de ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutularak içerisindeki suyun buharlaştırılmasıyla elde edilen “tam kuru hal” dir (Örs ve Keskin, 2001).

Odun su ilişkileri üzerinde sıcaklık az da olsa etkilidir. Yüksek sıcaklıklar ağaç malzemeleri etkiler. Örneğin $100^{\circ}C$ nin üzerindeki sıcaklıklarda uzun süre bekletildiğinde, daha az higroskopik olmaktadır. Yani normal oduna göre daha az rutubet almaktadır.

Taze haldeki ağaç malzemenin de rutubet miktarı oldukça farklıdır ve türler arasında çok büyük farklılıklar gösterir. Taze haldeki odunda rutubet miktarındaki değişimler ağaç türüne, yetiştirme yerine, ağaç yaşına ve ağacın hacmine bağlıdır. Özellikle iğne yapraklı ağaçlarda ağaç yaşı ilerledikçe, taze haldeki rutubet miktarında azalma görülmektedir. Odunda diri odundan öz oduna doğru gidildikçe hücre çeperindeki rutubet yavaş bir şekilde azalmaktadır. Geniş yapraklı ağaçlarda diri ve öz

odun arasındaki rutubet farkı daha az, iğne yapraklı ağaçlarda ise diri odun rutubeti genellikle öz odundan 3- 4 kat daha fazla olmaktadır.

3.4.2 Daralma ve genişleme

Odun higroskopik sınırlar olarak bilinen % 0-28 rutubet miktarı arasında hücre çeperine bağlı su kayboldukça selüloz zincirleri birbirlerine yaklaştığından daralır, tam tersi durumda ise selüloz zincirleri arasına su doldukça birbirinden uzaklaşarak genişler. Odunda lif doygunluk noktası altında bu niteliklerden doğan olaylara “çalışma “denir. Ağaç malzemelerde daralma ve genişleme tamamen geri dönüşümlü bir olaydır. Lif doygunluk noktasının üstünde su alıp vermesiyle bu özellikleri değişmez. Buna göre serbest su alınıp verilmesi sırasında odun çalışmaz (Örs ve Keskin, 2001).

Ağaç malzemenin çalışması her yönde aynı olmayıp liflere paralel yönde en az, yıllık halkalara teğet yönde ise en fazladır. Normal yapıdaki bir odunda genişleme ve daralma miktarı enine yönde ihmal edilecek kadar küçüktür. Radyal ve teğet yöndeki, genişlemeler ve daralmalar arasındaki fark da büyük değildir (Bozkurt ve Erdin,1997).

Aynı türe ait odunların genişleme ve daralmaları farklılık gösterir. Bu farklılıklar, odunun büyüklüğü ve şeklinden, yoğunluk arttıkça daralma ve genişlemelerin artmasından dolayı odunun yoğunluğundan ve kurutma hızından kaynaklanmaktadır.

3.5 Odunun Yoğunluğu Üzerinde Etkili Olan Faktörler

Odunun yoğunluğu, diğer özellikleri ve kullanım imkanları hakkında fikir veren önemli bir faktördür. Yoğunluğu fazla olan odunun yoğunluğu düşük olan oduna göre direnci, esnekliği, sertliği daha fazladır ve aşındırıcı etkilere daha iyi karşı koyar. Bazı yerlerde ise odunun yumuşaklığı ve kolay işlenmesi istenebilir. Bu özelliklerin arandığı durumlarda ise yoğunluğu düşük olan ağaç türlerinin kullanılması gerekir.

Odonlarda yıllık halka genişliğine göre yoğunluk da değişiklikler gösterir. Yapraklı ağaçlarda yıllık halka genişliği arttıkça yoğunluk artma, iğne yapraklı ağaçlarda ise yıllık halka genişliği arttıkça yoğunluk azalma eğilimindedir. Yaş artışı ile yıllık halka genişliği azalacağı için iğne yapraklı ağaçlarda yoğunluk yaşla artarken yapraklı ağaçlarda yoğunluk azalmaktadır. İlkbahar odunu yaz odunundan daha düşük yoğunluktadır. Buna bağlı olarak yaz odunu katılımı arttıkça yoğunlukta artış gözlenmektedir. Öz odunun oluşumunda hücre çeperi ve lümenine yerleşen ekstraktif maddeler de yoğunluğu arttırıcı yönde etki yapmaktadır. Yoğunluğu etkileyen diğer bir faktör ise odundaki rutubet miktarıdır. Rutubet miktarı arttıkça odunun yoğunluğu da artar. Lif doygunluk noktasından sonra hacim sabit kaldığı için yoğunluk artışı daha da fazladır.

3.6 Ağaç Malzemenin Karakteristik Özellikleri

Ağaç malzeme, diğer ana mühendislik materyallerinden daha kompleks bir yapıdadır. Bu durum, odunun kompleks hücre yapısından ileri gelmekte ve bazı genel karakteristik özellikler kazanmasını sağlamaktadır.

Ağaç malzemeyi oluşturan hücrelerin çeperleri selülozik polimerler, selülozik olmayan karbonhidratlar ve lignin karışımından oluşmaktadır. Bu nedenle kısa süreli yüklemelerde hücre çeperindeki selüloz elastik, uzun süreli yüklemelerde ise lignin plastik davranış göstermektedir.

Ağaç malzeme anizotropik yapıya sahiptir. Üç ana yönde (enine, boyuna ve radyal) değişik fiziksel özellikler gösterir. Bunun nedeni, hücre çeperindeki selülozun yapısı ve düzeni, hücrenin ağaç eksenine paralel ve dik yönde uzamaları ve ağaç gövdesi içerisinde simetrik olarak yerleşmeleridir.

Ağaç higroskopik bir hammaddedir. Atmosferdeki rutubet ve sıcaklık değişiklikleri ile rutubet kazanır veya kaybeder. Anizotropik yapıya sahip olduğundan, rutubet değişiklikleri üç ana yönde farklı boyutsal değişikliklere neden olur. Rutubet

miktardaki değişimler odunun direnci ve elektrik iletkenliği gibi bazı fiziksel özelliklerini de etkiler.

Ağaç yanıcı bir maddedir. Bu özelliği ile dünya ekonomisinde uzun yıllar ana yakıt kaynaklarından biri olmuştur. Alkol ve bazı gazların üretimi için kullanılabilir.

Ağaç mantarlar, böcekler, termitler, bakteriler gibi bazı organizmalar tarafından basit şekere dönüştürülerek tahrip edilebilir. Açık havada kullanıldığında hidrolize ve oksidasyona uğrayabilir. Atmosfer şartlarında 100 yılda 6 mm aşındığı tespit edilmiştir. Aşınmayı önlemek için yüzeylere koruyucu boyalar kullanılması gerekmektedir.

Ağaç lif yapısı ve içerisinde hava bulunması nedeniyle son derece mükemmel bir izolasyon malzemesidir. Örneğin tuğladan 6, cam pencereden 8, eşit kalınlıktaki betondan 15, alüminyumdan 1700 defa daha fazla ısı izolasyonu sağlar. Yani önemli derecede termik izolasyon özelliklerine sahip bir malzemedir. Ayrıca kuru halde iken elektriği iletmez. Bu özelliği elektrik direği olarak kullanımında önemlidir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

3.7 Ağaç Malzemenin Ticaretteki Önemi

Orman ağaçları taksonomik bakımdan dünyamızın çeşitli bölgelerinde farklılıklar gösterir. Cins ve tür bakımından en büyük değişiklik tropik ormanlarda bulunmaktadır. Sıcak ve rutubetli bölgeler, soğuk ve kurak bölgelerden daha çok cins ve türe sahiptir. İğne yapraklı ağaçlar genellikle kuzey yarımküreye, yapraklı ağaçlar ise güney yarımküreye gidildikçe artmaktadır. Ağaç türlerinin sayısı bakımından da iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlar arasında farklılıklar vardır. Odun hammaddesi elde edilen iğne yapraklı ağaçlar 550 türü, geniş yapraklı ağaçlar ise 20.000 türü kapsar.

Bir ağaç türünün ticari öneminin olması üç kritere bağlıdır. Bunlar ağaç büyüklüğü, odunun hammadde kalitesi ve bulunabilme miktarıdır. Esas faktör ağacın büyüklüğüdür. İrsi özellikler ve büyüme şartları ağacın büyüklüğünü etkiler. Örneğin; meşe, kayın gibi birçok yapraklı koru ormanları usulsüz kesimler, yangın ve otlama

nedeniyle baltalık ormana dönüşürse, hammadde bakımından kalitesi düşük ve nispeten küçük boyutlarda ağaç malzeme üretilcektir. Odunun hammadde kalitesi, malzemenin çeşitli endüstriyel kullanım yerleri için uygun olup olmadığını belirtmektedir. Ayrıca belirli bir yerde yetişen ve az miktarda bulunan odun hammaddesinin de ticari bir önemi yoktur.

3.8 Ağaç Malzemenin Rasyonel Kullanımı

Ağaçtan elde edilen odun hammaddesinin ancak dörtte biri kullanılmaktadır. Bir kısmı ormanda terk edilmekte, bir kısmı ise üretim sırasında zayıf olarak ayrılmaktadır. Ağaç şekli tamamen silindirik olmayıp uca doğru incelendiği için liflere paralel yönde biçimde kayıplar olmaktadır. Örneğin tomruklardan kereste ve kaplamalık levha elde edilmesinde % 40-50'si, kağıt ve selüloz üretiminde %50 ve daha fazlası atık olarak terk edilmektedir. Özellikle odunun kimyasal yapısında bulunan ligninden istifade edilemediği gibi ağaç hacminin %10-15'i olan kabuktan da fazla yararlanılamamaktadır.

Rutubetle ağaç malzeme boyutlarında değişiklikler meydana geldiği için ciddi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle ağaç türü seçiminde sadece düşük daralma yüzdesi olan bir tür değil, aynı zamanda radyal ve teğet yönlerdeki boyut değişimleri arasında minimum fark olanlar tercih edilmelidir. Boyutsal değişimler çok önemli olduğundan kullanılmadan önce, malzeme kullanım yerine göre uygun rutubete kadar kurutulmalıdır.

Ağaç malzeme, yenilebilir kaynaklardan elde edildiğinden, üretim-tüketim dengesi iyi kurulduğunda bir ülkenin ana hammadde kaynağıdır. Ayrıca, geniş çapta endüstriyel kullanım alanı olduğundan dünyadaki en önemli hammaddelerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle ağaç malzemenin ekonomik kullanımına dikkat edilmelidir. Ağaç malzemenin rasyonel olarak kullanılması, ancak yapısını, özelliklerini iyi tanımakla ve ormanlardan kaliteli hammadde üretmekle mümkündür.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ

4.1 Adi Ardıç (*Juniperus communis* L.)

Çok geniş bir yayılış bölgesine sahip olan bu türün, yüksek boylu (15m'ye kadar boylanabilir), yerde sürünen çalı, birkaç tepe sürgününe sahip piramidal, sütun şeklinde olmak üzere çok değişik habitusları olan coğrafi alttür, varyete ve kültivarları vardır (Yaltırık ve Efe, 2000). Kışın yaprağını dökmeyen ve siyahımsı mor meyveleri olan bir ağaçtır (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Ard%C4%B1%C3%A7>). Kabuğu gri-kahverenginde, önceleri pürüzsüz, daha sonraları asma gövdesi gibi boyuna çatlaklıdır. Yapraklar iğne yaprak şeklinde olup, sürgünlere dik açı teşkil edecek biçimde üçlü çevrel dizilmişlerdir. Sert ve uç kısımları sivri batıcı olan iğne yapraklar 10-15mm uzunlukta ve 1-2 mm genişliktedir. Üzümsü kozalaklar 6-9 mm çapında, kısa bir sap ile sürgüne bağlıdır. İki veya üç yılda olgunlaşır. Birinci yılın sonbaharında yeşil, ikinci yılın sonbaharında ise üzeri dumanlı, siyahımsı bir renk alır. Her bir kozalakta 2-3, ender olarak da tek tohum bulunur (Yaltırık ve Efe, 2000).

Ardıç cinsi 60 türü ile kuzey yarım kürede (Alaska'dan Meksika'ya kadar Kuzey Amerika'da, tüm Avrupa'da, Kuzey ve Doğu Afrika'da, Ön Asya, Doğu Asya ile Orta ve Kuzey Asya'da) geniş bir coğrafi yayılışa sahiptir (Yaltırık ve Efe, 2000).

Ülkemizde Güney ve Batı Anadolu'nun alçak yerlerinde, özellikle maki içerisinde, Toroslar ve Antitoroslar üzerinde, dağlık bölgelerde orman sınırları üstünde Karabük, Keltepe, Gümüşhane, Yıldız Dağları, Manisa Dağı ve Maraş Ahır Dağında görülmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Diri odun sarımsı renkte, öz odun ise açık kahverenginde ya da kırmızımsı morumsu kahverengindedir. Reçine kanalı yoktur (Bozkurt ve Erdin, 1997). Yıllık

halka sınırları keskin, kaba dalgalıdır. Yaz odunu özellikle öz odun içerisinde daha koyu, mor renkli dar şeritler halindedir (Örs ve Keskin, 2001).

Tam kuru yoğunluğu $480 \frac{kg}{m^3}$, hava kurusu yoğunluğu $510 \frac{kg}{m^3}$ tür. Çivi ve vida tutma direnci iyidir (Örs ve Keskin, 2001).

Odunları hafif ve yumuşak olup, güç yarıdır. Eğilme bükülme kabiliyeti az, direnci düşüktür (Bozkurt ve Erdin, 1997). Çivi ve vida tutma direnci iyidir (Örs ve Keskin, 2001). Yapı malzemesi, kapı-pencere doğraması, mobilya, çit direği, baston kırbaç sapları, oyuncak yapımında, tornacılıkta ve kurşun kalem endüstrisinde kullanılmaktadır.

4.2 Kara Çam (Pinus nigra Arnold)

Kara Çam(Pinus nigra Arnold) gövdesinin ve dallarının kalınlığı, gri ve derin çatlaklı kabuğu, iğne yapraklarının koyu yeşil rengi ile diğer çam türlerinden ayrılır. 30 35 m'ye kadar boylanabilir (<http://www.ogm.gov.tr/agaclarimiz/agac3.htm>). Yaşlı gövdesi derin çatlaklı, kalın ve esmer kabukları vardır. Sarıçam'a göre daha kalın dallıdır. Bol reçineli olan tomurcuklar büyük, silindirik ve uçları da sivridir; tomurcuk pullarının kenarları kirpiklidir (Yaltırık ve Efe, 1994). Koyu yeşil ve sivri olan yaprakları 4-18 cm uzunluğundadır. Sürgün uçlarındaki yaprakları ise tomurcuğa doğru yöneldiğinden uçta 'çanak' görünümünde bir boşluk meydana gelir. İğne yaprakların kenarları ince dişli, uç kısımları sert ve iğne gibi batıcıdır. Yumurtamsı konik şeklindeki kozalakları, simetrik ve yok denecek kadar kısa saplıdır. Kozalakların boyu 3,5-10 (yada 12)cm arasında değişir(<http://www.istanbul.edu.tr/duyurular/IUBeyazitAgacTurleri.pdf>). Karaçam, deniz kenarlarına yakın saf kum topraklarında, ağır balçık ve killi topraklarda yetişebilir, anataşı krater olan kireççe zengin topraklarda daha iyi gelişme gösterir (Yaltırık ve Efe, 2000).

Dünya üzerinde çok geniş bir alanda, parçalı küçük alanlar halinde yer alan karaçam'ın asıl yayılış alanı, Güney Avrupa'dan başlamakta ve Türkiye'ye doğru

uzanmaktadır. Ayrıca Afrika'nın kuzeybatısı ile Cezayir ve Fas'ta doğal olarak bulunmaktadır (Akyürekli, 2003).

Kara Çam ülkemizde özellikle Karadeniz'in iç bölgelerinde, Batı ve Güney Anadolu'da görülmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Çamlarda diri odun sarımsı ya da kırmızımsı beyaz renkte, öz odunu ise kırmızımsı kahverengindedir . Yıllık halka sınırları belirli düzenli daire şeklinde ve yaz odunu morumsu koyu kahverenkli. Reçine kanalları fazla miktarda olduğundan çıplak gözle dahi görülebilmektedir. Yoğunluk bakımından türler arasında farklılıklar vardır. Geniş halkalı çamlarda, yoğunluğun daha düşük olabileceği göz ardı edilmemelidir. Genellikle çam odunu orta derecede yumuşak orta ağırlıkta, yüksek derecede elastikiyet modülü ve eğilme direncine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Tam kuru yoğunluğu $520 \frac{kg}{m^3}$, hava kurusu yoğunluğu $560 \frac{kg}{m^3}$ tür. Liflere paralel basınç direnci $4790000 \frac{kg}{m^2}$, çekme direnci $11330000 \frac{kg}{m^2}$, liflere dik çekme direnci ise $234000 \frac{kg}{m^2}$ dir (Örs ve Keskin, 2001).

Çam odunu kolay işlenen, iyi tutkallanan, iyi çivi tutan bir malzemedir. İnşaat kerestesi, doğrama, emprenye edildiğinde toprak ve suyla temas eden köprü malzemesi, maden direği, tel direği, bayrak direği, kontraplak ambalaj sandığı yapımında, kağıt ve selüloz sanayisinde kullanılmaktadır.

4.3 Gökmar (Abies cilicica carr.)

Abies cilicica carr. Toros Dağlarında 1300-2000 m yükseklikler arasında, uygun toprak koşullarında 25-30 m'ye kadar boylanan birinci sınıf orman ağaçlarındandır (Yaltrık ve Efe, 1994). Yaz kış yeşil, boylu orman ağaçlarıdır. Piramidal veya dar konik bir şekilde gelişme gösterir. Gövde genel olarak çatallanma göstermez, dallar gövdeye çevrel olarak dizilmiştir. Kozalakları yukarıya doğru dik olarak durur. Bu

özelliği ile kozalakları aşağıya bakan ladinlerden ayrılır. Kökleri kuvvetlidir ve kazık köktür (<http://wikipedia.org/wiki/G%C3%B6knar>). Gövde kabuğu kül grisi renkte ve pürüzsüz olup ileri yaşlarda boyuna çatlaklıdır ve daha sonra da pullu olur. Genç sürgünler gri-esmer, parlak ve çıplak veya esmer tüylüdür. Sürgünlere seyrek olarak dizilmiş olan iğne yapraklar açık yeşil renklidir. Doğal göknar türlerimiz içerisinde en büyük kozalaklı olanıdır, ortalama 15, 20 cm uzunluğunda ve 6cm çapındadır. Kozalak pulları yelpaze biçimindedir (Yaltırık ve Efe, 1994).

Göknar türleri genellikle yarı gölge ortamlarda iyi gelişme gösterir. Nemli ve verimli orman topraklarını tercih ederler. Ancak nemli, kumlu veya killi topraklarda iyi gelişirler. Kireçli topraklardan hoşlanmazlar, hava nisbi neminin yüksek, yaz aylarının yağışlı ve serin olması gerekir(<http://wikipedia.org/wiki/G%C3%B6knar>).

50 kadar türü bulunan Göknar ülkemizde, Kuzey Afrika ve Himalayalarda doğal olarak yetişir.(http://www.ibreliler.com/icerik/ibreliler_agaclar/ob_ibreliler/abies_goknar).

Odunu sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Yaz odunu kırmızımsı veya morumsu kahve renkli olup, açık renkli ilkbahar odunundan belirgin bir şekilde ayırt edilir. Yıllık halka sınırları ladine benzer. Ancak, reçine kanalları yoktur. Yapısı daha kaba, rengi kırmızımsı beyaz olup radyal kesitte mat görüntü verir (Örs ve Keskin 2001).

Uludağ göknarının tam kuru yoğunluğu $400 \frac{kg}{m^3}$, hava kurusu yoğunluğu $440 \frac{kg}{m^3}$, liflere paralel basınç direnci $3580000 \frac{kg}{m^2}$, liflere dik çekme direnci ise $140000 \frac{kg}{m^2}$ dir (Örs ve Kesin, 2001). Douglas göknarının ki ise hava kurusu yoğunluğu $510 \frac{kg}{m^3}$, tam kuru yoğunluğu $470 \frac{kg}{m^3}$ tür (Bozkurt ve Erdin, 2000).

İşlenmesi ve yapıştırılması kolaydır, boyanması ve çivi tutma özelliği iyi değildir. İyi ve çabuk kurutulur. Rutubetli şartlarda dayanıksızdır. Göknar odunları bina

inşaatında iç kısımlarda, mobilyada ara ve iç bölmelerde, kaplama levha altlığı, pedavra, müzik aletleri, ambalaj sandıkları yapımında, kağıt ve selüloz sanayinde kullanılır.

4.4 Saçlı Meşe (*Quercus cerris*)

Saçlı Meşe (*Quercus cerris* L.) 25- 30 m'ye kadar boyu olan, 1-1,20 m çap yapabilen, geniş tepeli bir ağaçtır. Yaşlı ağaçların gövdeleri gri-beyaz renkli, derin çatlaklıdır. Genç sürgünler hafif köşeli, açık kahverenginde veya kızıl-kestane renginde olup, yumuşak sık tüylüdür. Tomurcuklar 4 mm boyunda olup, çok pullu, pulların üzeri yumuşak sık tüylerle örtülmüş ve yaklaşık 1 cm boyundaki çok sayıda ipliksi (saç gibi) kulakçıklar ile çepeçevre sarılmıştır. Bu özellik Saçlı Meşenin karakteristiklerinden birisidir. Yaprak ayasının alt yüzü soluk yeşil veya yeşilimtrak-beyaz olup sık yıldız tüylerle kaplıdır; üst yüzü ise koyu yeşil ve dağınık yıldız tüylüdür. Meyve kadehleri iki yılda olgunlaşır, bu nedenle kalın bir sapı vardır. Kadehin pulları saç gibi ince iplikçikler halinde yana ve aşağıya doğru sarkıktır (Yaltırık ve Efe, 2000).

Orta ve Güneydoğu Avrupa ile Önasya'da genel bir coğrafi yayılımı vardır (Yaltırık, 1998).

Saçlı Meşenin (*Quercus cerris* L.) ülkemizde Kuzeydoğu ve Doğu Anadolu hariç diğer bölgelerde çok geniş bir yayılımı vardır. Deniz seviyesinden 1500-1900m yüksekliklerde yetişir (Yaltırık ve Efe, 2000).

Diri odunu genellikle geniş, sarımsı kahverengidir, öz odunu ise kırmızımsı kahverengidir. Odunu diğer meşelere göre sert ve ağır olup daha az eğilme özelliğine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Meşenin yumuşak ya da sert olması çoğunlukla yetiştiği yere bağlıdır. Kalın ve seyrek halkalı meşenin kerestesi sert olur. Zor işlenir kolay yarılr (<http://www.ormanendustrimuh.4t.com/agacturleri.htm>).

Meşenin hava kurusunun özgül ağırlığı türlerine göre ortalama $650 \frac{kg}{m^3}$ ile $1000 \frac{kg}{m^3}$ arasındadır (Günay, 2007). Liflere paralel basınç direnci $6500000 \frac{kg}{m^2}$ dir (Örs ve Keskin, 2001).

Kalın ve seyrek halkalı sert meşe kereste yapıların iç ve dış bölümlerinde, kapı, pencere merdiven, döşeme kaplamasında, parke yapımında kullanılır. Takım sapları fiçı,vagon, gemi, kayık, köprü ve iskele ayaklarında sert meşe olumlu sonuç verir (<http://www.ormanendustrimuh.4t.com/agacturleri.htm>).

4.5 Ak Dut (Morus Alba L.)

Ak Dut (morus alba L.), 15 m' ye kadar boy yapabilen, kalın dallı geniş tepeli bir ağaçtır. Yan tomurcuklar yumurta biçiminde, kızıl kestane rengindedir, çıplaktır; sürgünler parlak sarımsı- kahverenginde olup, gençken hafif tüylüdür ve çıplaktır. Yapraklar geniş yumurtamsı şekillidir, 6-18 cm uzunluğunda olup kısa sivri uçludur, ayanın dip tarafı yuvarlak veya yürek şeklindedir; yaprak kenarı uçları küt kaba dişlidir, üst yüzü açık eşil ve pürüzsüz, alt yüzü damarlar boyunca tüylüdür veya hemen hemen çıplaktır (Yaltırık ve Efe 2000).

Ak Dut (morus alba L.) vatanı Çin ve Kore'dir ve Asya içerisindeki ve Avrupadaki diğer ülkelere buradan yayılmıştır. Olgunlaşmış meyveleri beyaz olan bir tür olan akdut, genellikle Türkiye ve Avrupa'da bulunmaktadır; olgunlaşmış meyvesi koyu mor olan dut türü ise Asya' da genel olarak yayılış gösterir (Kusano, et al., 2002).

Ülkemizin hemen her bölgesinde yetişmektedir (Yaltırık ve Efe, 1998).

Dikine uzayan gövdesi koyu renkli ve çatlaklı yapıda bir kabukla örtülüdür. (<http://www.sagliksayfam.com/besinler-ve-ozellikleri/dut.html>). Odunu sarı renkli ve dayanıklıdır. Odunu dayanıklı olduğu için araba tekerleği, tarım aletleri, takunya ve

müzik aletleri (özellikle bağlamanın gövdesi) yapımında kullanılır (Yaltırık ve Efe, 1998).

4.6 Ak Söğüt (*Salix Alba* L.)

Söğütler yapraklı ağaçlardır. Söğüt türleri arasında 30 m boylanabilen ama küçük çalı şeklinde 3 m gelişen türlerde bulunmaktadır. Ağaç şeklinde büyüyen söğüt türleri çabuk büyür; fakat fazla yaşamaz (http://www.botanicgroup.com/product_info.php/language/tr/info/p719_Salix-alba--Tristis---Trauerweide.html). Ülkemizde doğal olarak yetişen yaklaşık 12 türünden *Salix albada* ağaç boyu 6-25 m, gövde orta çapı 1 m kadardır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Dere kenarlarında, çayırlarda ve sulak alanlarda görülür. Hızlı büyüyen bir ağaçtır. Aksöğüt adını, yapraklarının alt yüzeyini, genç sürgünlerini ve tomurcuklarını kaplayan yumuşak beyaz tüylerinden alır. Kabuğu gençliğinde gri renklidir. Ağaç yaşlandıkça esmer renk alır ve yaşlanan ağacın kabuğunda çatlamlar meydana gelir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Ak_s%C3%B6%C4%9F%C3%BCt). Sık, ince ve uzun bir kök sistemi geliştirir. Kolay ve oldukça istilacı kök yapabilme özelliğine sahiptir. Söğüt ağacı orta boyda, başta ensiz koni formunda daha sonra yuvarlak enli bir yapıdadır. (http://www.botanicgroup.com/product_info.php/language/tr/info/p719_Salix-alba--Tristis---Trauerweide.html).

Ak Söğüt geniş coğrafi yayılışa sahiptir. Tüm Avrupa, kuzeybatı Afrika, Güney, Batı ve Orta Asya ve Batı Sibirya' da yayılmıştır (Yaltırık ve Efe, 2000).

Ülkemizin ormanlarında çoğunlukla keçi söğüdüne (*Salix capres*) rastlanır, köy yolları, dere ve göl kenarlarında ise aksöğüte (*Salix Alba*) rastlanır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Diri odun, geniş, beyazımsı renkte, öz odun açık kahverengimsi ile soluk kırmızımsı ya da grimsi kahverengindedir. Yıllık halkalar çoğunlukla geniş, yaz odunu dardır. Yıllık halka sınırları belirgin değildir. Kahverenginde öz lekelerine sık sık

rastlanmaktadır. Dekoratif özelliği yoktur. Odunu yumuşak ve hafiftir (Bozkurt ve Erdin, 2000)

Ak Söğüdün tam kuru yoğunluğu $520 \frac{kg}{m^3}$, hava kurusu yoğunluğu $550 \frac{kg}{m^3}$ tür.

Kullanış yeri kavağa benzer. Ortopedik malzemelerin yapımında, spor aletlerinde, kutu ve sandık yapımında, mobilya iç kısımlarında, sepet, çit yapımında ve ambalaj talaşı olarak kullanılmaktadır.

4.7 Fransız Akçaağacı (Acer monspessulanum L.)

Çoğunlukla yaprağını döken boylu veya kısa boylu ağaçlardır. Sürgünlerde karşılıklı olarak yer alan tomurcuklar pulludur. Bazı türlerinde yaprak sapı koparıldığında beyaz bir sıvı çıkar. Fransız Akçaağacı 15m ye kadar boylanabilen bir ağaçtır ve bu ağacın yaprakları genellikle kenarları üç lopludur ve sapı koparılnca süt çıkmaz. Meyve yanlardan basık, küre biçimindedir. Kanatlar arasında 40-85 derecelik dar açı vardır(Yaltrık ve Efe, 2000).

En geniş yayılışını Akdeniz bölgesinde yapar.

Diri odunu pembemsi beyaz, öz odunu daha koyu pembemsi beyaz ya da kahverengindedir. Enine kesitte traheler lupla bile zor fark edilir. Odunu parlak değildir (Yaltrık ve Efe, 2000). Akçaağacın rengi zamanla kendiliğinden sararır (<http://www.ormanendustrimuh.4t.com/agacturleri.htm>).

Akçaağaç türlerinin hava kurusu yoğunluğu $550 - 800 \frac{kg}{m^3}$ arasında değişmektedir. Odunu sert olup güç eğilir, şok direnci yüksektir (Bozkurt ve Erdin,

1997). Liflere paralel basınç direnci $5800000 \frac{kg}{m^2}$, eğilme direnci ise $11200000 \frac{kg}{m^2}$ dir (Örs ve Keskin, 2001).

Odunu uçak yapımında (pervanelerde), müzik aletleri, mutfak aletleri, cetvel tahtaları, ağaç saplar (balta v.b.), tüfek ağaç kısımları, bobin ve makara yapımında, özellikle enine dalgalı görünüşte olanlar kaplama levha, mobilya ve parke yapımında kullanılmaktadır.

4.8 Yaz İhlamuru (*Tilia platyphyllos Scop.*)

Yaz İhlamuru (*Tilia platyphyllos Scop*) 20-30m'ye kadar boy, 0,6 ve 1,0 m'ye kadar gövde orta çapı 10, 20 m kullanılabilir gövde uzunluğuna sahip bir ağaçtır. (Bozkurt ve Erdin, 2000). Genç sürgünleri tüylüdür. Yapraklar geniş olarak yumurta şeklindedir, ucu birden sivrilir ve kenarları testere dişlidir. Ayanın üstü kısa tüylü veya çıplak, soluk yeşil renkli olan alt yüzü damar koltuklarında kümeler halinde ve tüm yüzeyinde basit olan tüyler taşır. Yaprak sapı 3, 5 cm uzunluğunda ve tüylüdür. Simoz çiçek kurulu 3, 5 adet çiçek taşır, sarkık durur.

Ülkemiz ormanlarında karışık olarak yetişen bu ağaç cinsi, gümüşü ihlamur, Kafkas ihlamuru, yaz ihlamuru türleri ile temsil edilir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Yaz ihlamuru (*tilia platyphyllos Scop.*) Türkiye'de Trabzon, Çanakkale ve Isparta'da doğal olarak yayılış gösterir (Yaltırık ve Efe, 1994).

Koyu renkli bir öz odunu yoktur. İç kısımda olgun odun özelliklerine sahiptir. Odunun beyazımsı ile sarımsı, bazen kırmızımsı beyaz ya da açık kahverengimsi renkte ve parlak değildir. Yıllık halka sınırları fazla belirgin olmayıp, trakeler dağınık düzendedir. Yaz odunu tabakasının en son kısımlarında lifler çok yassılaştırmıştır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Odunu yumuşak, hafif, ince düzgün lifli olup, düşük elastikiyet modülüne ve orta derecede eğilme direncine sahiptir. Kurutulurken fazla

çalışılırsa da, çatlama ve çarpılma gibi kusurları az görülmektedir. Odunu dayanıksızdır. Mantar ve böceklere karşı hassastır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Yumuşak odunlu olup tam kuru yoğunluğu 490 kg/m^3 , hava kurusu yoğunluğu 530 kg/m^3 tür. Liflere paralel basınç direnci 5200000 kg/m^2 , eğilme direnci ise 10600000 kg/m^2 dir (Örs ve Keskin, 2001).

4.9 Adi Ceviz (*Juglans regia* L.)

Adi Ceviz (*Juglans regia* L.), 25-30m' ye kadar boy, 2,5 m' ye kadar göğüs çapı yapabilen kalın dallı, geniş tepeli bir ağaçtır (Yaltırık, 1998). Kütük sürgünü verir, ışık ağacıdır. Anavatanı Asya olan bu türün ağır bir odunu vardır. Derin, kireç bakımından zengin hafif topraklarda daha iyi yetişir. Dere yataklarındaki birikinti topraklar en iyi yetiştirme ortamıdır. İlk yaşlarda derine giden kuvvetli kök yaptığından büyümesi yavaştır, daha sonra hızlanır.

Asya' da esas yayılış yeri İran, Kafkasya ve Anadolu'dur. Romalılar tarafından Avrupa'ya getirilmiştir.

Adi Ceviz (*Juglans regia*) ülkemizin hemen hemen her bölgesinde, özellikle tarım arazisi üzerinde görülmektedir. Fakat odunu çok değerli olan cevizler Kuzey Anadolu'da yetişmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Diri odunu sarımsı veya kırmızımsı kül renginde, öz odunu ise kül rengimsi kahve renklidir. Öz ışınları gözle görünmez. Yıllık halkaları kesin ve belirgin bir şekilde birbirinden ayrılır. İlkbahar ve yaz odunları farklı renkte olmasından dolayı enine kesitte değişik renkte paralel çizgiler görünür. Cevizin köke yakın bölümlerinden çıkarılan kök kaplamalar çok canlı simetrik desenler elde etme imkanı verir.

Tam kuru yoğunluğu 640 $\frac{kg}{m^3}$, hava kurusu yoğunluğu 680 $\frac{kg}{m^3}$ tür. Liflere paralel basınç direnci 7200000 $\frac{kg}{m^2}$, eğilme direnci ise 14.700.000 $\frac{kg}{m^2}$ dir (Örs ve Keskin, 2001).

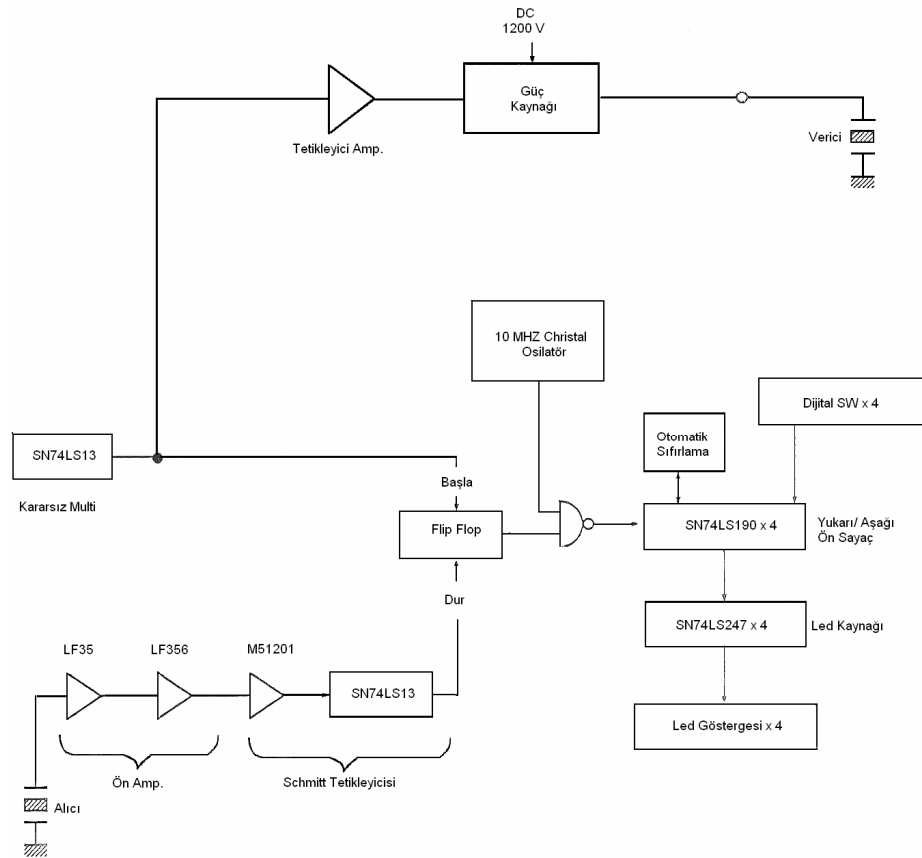
Önceleri kaplama ve masif mobilya üretiminde değerlendirilen adi ceviz bugün daha çok parke, tüfek kundağı ve dipçığı yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca tornacılık, oymacılık işlerinde, spor ve müzik aletleri yapımında değerlendirilmektedir (Ünsal, vd., 2000).

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ALETLER

5.1 Ultra Sonic Tester

Deneyley Marui& Co., LTD. isimli bir Japon firmasının imal etmiş olduğu Ultra Sonic Tester (U.S.T) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Atma-yakalama(pitch-catch) metoduna göre imal edilmiş cihazın blok diyagramı şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Ultra Sonic Tester (U.S.T) cihazının blok diyagramı (Mauri& Co., LTD.)

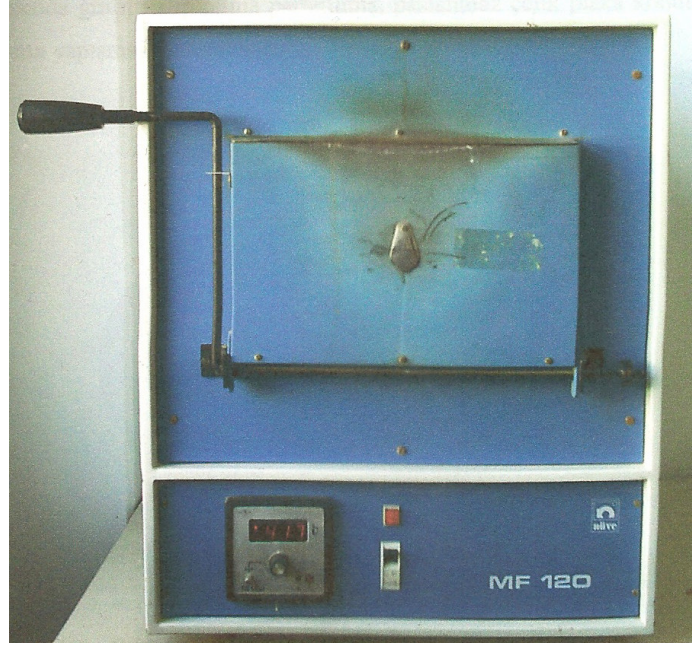
Cihazın küçük boyutlu, taşınabilir olması ve şarj edilerek kullanılabilmesi en önemli özelliklerinden birisidir. Bu özelliği sayesinde laboratuvar dışındaki ortamlarda da rahatlıkla ölçümler alınabilir.

Atma- yakalama (pitch-catch) metoduna göre imal edilen Ultra Sonic Tester cihazı çeşitli frekanslarda ultrasonik dalgalar oluşturan transduserlere sahiptir ve aynı frekansa sahip transduserlerin her birinden ikişer tane bulunmaktadır. Birisi puls (pulse) ları göndermek diğeri ise ortamdan geçen bu puls (pulse) ları yakalamak içindir. Ana cihaza ek olarak transduserlerin güvenli bir şekilde muhafaza edilebilmesi için ayrı bir kutu bulunmaktadır.

Ultra Sonic Tester cihazı ultrases dalgalarının ortamı geçiş süresini, dijital olarak, 0.1 ile 999.9 μs arasında gösterebilmektedir. Yani ölçümler $\pm 0.1\mu s$ hassaslıkla alınabilmektedir. Ortamın özelliğine göre 15 m'ye kadar olan mesafelerden ölçüm olmak mümkündür. Cihaz uygun bir osiloskoba bağlantı yapılarak ortama gönderilen ve alınan atma (pulse) ların şekillerini osiloskop ekranında görmek mümkündür. Ayrıca cihaz, bir kaydedici yardımıyla okunan geçiş sürelerini kağıda da kaydedebilmektedir (Marui& Co.,LTD).

5.2 Tavlama Fırını

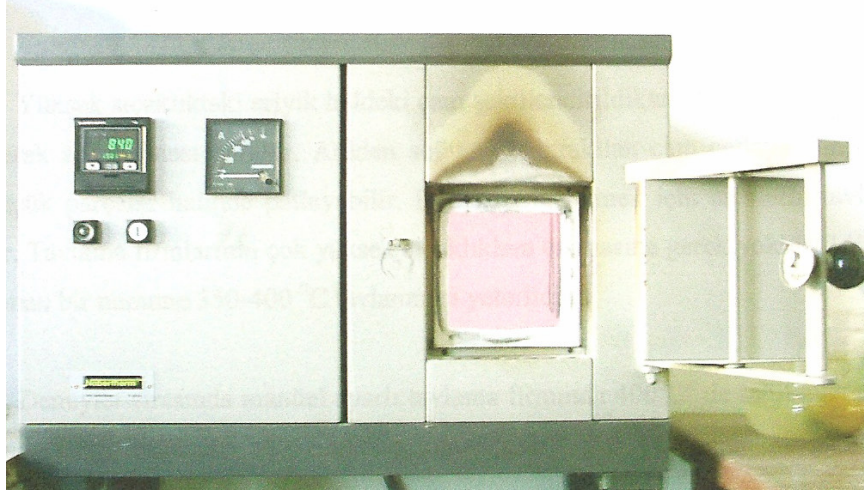
Deneyin ikinci aşaması olan kurutma işleminden sonra ultrases geçiş süresinin ölçümlerini alabilmek için numunelerin suyunu kaybederken odun kurutma kusurları olan çatlama, hücre çökmesi ve şekil değiştirmelerini önlemek amacıyla ilk olarak Nüve MF 120 isimli tavlama fırını kullanılmıştır. Manuel ayarlı tavlama fırınında 30°C'den başlayarak belirli zamanlarda 10°C'lik artışlarla sıcaklık 90°C'ye kadar kademeli olarak arttırılarak fırında numunelerin, suyunun yavaş yavaş buharlaşması sağlanmıştır.



Şekil 5.2 Nüve MF 120 Tavlama fırını

5.3 Yüksek Sıcaklık Fırını

Numunelerin sağlıklı kurutulmasında 90°C 'den sonraki sıcaklık önemli bir faktör olduğu için ve tavlama fırınının manuel olarak çalışmasından ve çok hassas olmamasından dolayı sıcaklığı ve zamanı otomatik olarak ayarlanabilen yüksek sıcaklık fırını kullanılmıştır. Numuneler tavlama fırınından çıkarıldıktan sonra mobilen resistanslı yüksek sıcaklık fırınında 90°C 'den 103°C ' ye kadar küçük sıcaklık artışları yapılması ile sağlıklı bir kurutma sağlanmış olur.



Şekil 5.3 Yüksek sıcaklık fırını

5.4 Elektronik Tartı ve Kumpas

Deneyin en önemli kısımlarından birisi olan yoğunluğun hesaplanması için ağırlık ölçümünde şekil 5.4'te gösterilen Scout Pro isimli, çekeri 2 kg olan ve 0.001gr hassaslıkla ölçüm yapan elektronik tartı kullanılmıştır. Yoğunluğun hesaplanması için diğer önemli etken olan hacim ise kumpas yardımıyla 0.01cm hassaslıkla ölçülmüştür.



Şekil 5.4 Scout –Pro Elektronik tartı

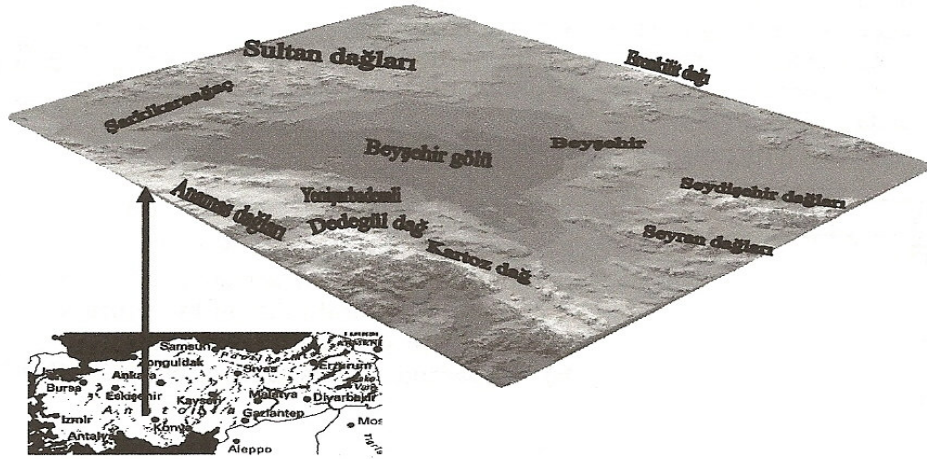
BÖLÜM 6

DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI VE DENEYİN YAPILIŞI

6.1 Numunelerin Hazırlanması

6.1.1 Ağaç numunelerin temin edildiği yerler ve numaralandırılması

Ağaç numuneleri $38^{\circ}03'$ – $37^{\circ}26'$ kuzey enlemleri ile $31^{\circ}46'$ – $31^{\circ}15'$ doğu boylamlarında bulunan (Özkan, 2004), Beyşehir Gölü havzasında yer alan, Isparta'nın Yenişarbademli ilçesinden ve Dedegül dağından temin edilmiştir.



Şekil 6.1 Beyşehir Gölü havzasının haritadaki yeri.

Numuneler hazırlanırken, kesilen ağaçlardan Ultra Sonic Tester cihazında ölçüm almayı engellemeyecek boyutlarda, dikdörtgenler prizması şeklinde ve bütün numuneler aynı boyutta olacak şekilde takozlar kestirildi. Kesilen takozların test cihazımızın transdüseri ile iletiminin en iyi şekilde olabilmesi için yüzeyler zımparalanarak tamamen pürüzsüz hale getirildi. Pürüzlerin giderilebilmesi için yapılan zımparalama

işleminde yüzey uzunluklarında mm boyutunda farklılıklar oluştu. Numuneler homojen olmadığı için 3 yüzey üzerinde farklı konumlar belirlendi ve bu konumlardan alınan ölçümlerin ortalamaları alınarak deneyin daha sağlıklı olması sağlanmış oldu.

Numunelerimizin teğet kesitleri 1. ve 2. yüzey olarak, enine kesitleri ise 3. yüzey olarak isimlendirildi. Her bir yüzey üzerinde belirlenen ve ölçüm alınan konumlar; 1. Konum, 2. Konum, 3. Konum olarak gösterildi.

6.1.2 Ağaç çeşitlerine göre numunelerin gösterimi

6.1.2.1 Adi Ardıç ağacı numunesi

Ardıç ağacı numunesi Dedegül Dağı'nda 1300 m yükseklikte yetişmiş olan *Juniperus communis* L türüne ait olan bir ağaçtan elde edildi. Numune $7.29cm \times 7.21cm \times 11.85cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.2 Adi Ardıç ağacı numunesi

6.1.2.2 Kara Çam ağacı numunesi

Çam ağacı numunesi Dedegül Dağı'nda 1700 m yükseklikte yetişmiş olan *Pinus nigra* Arnold türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $7.09\text{cm} \times 7.01\text{cm} \times 11.71\text{cm}$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.3 Kara Çam ağacı numunesi

6.1.2.3 Gökmar ağacı numunesi

Gökmar ağacı numunesi Dedegül Dağı'nda 1300 m yükseklikte bulunan *Abies cilicica* carr. türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $7.11\text{cm} \times 7.2\text{cm} \times 11.83\text{cm}$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.4 Gökmar ağacı numunesi

6.1.2.4 Saçlı meşe

Saçlı meşe Dedegül Dağı'nda 1700 m yükseklikte yetişmiş olan quercus cerris türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $7.11cm \times 7.19cm \times 11.83cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.5 Saçlı Meşe ağacı numunesi

6.1.2.5 Ak Dut ağacı numunesi

Dut ağacı numunesi Yenişarbademli ilçe merkezinden 1150m yükseklikte yetişmiş morus alba L türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $6.99cm \times 7.09cm \times 11.86cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.6 Ak Dut ağacı numunesi

6.1.2.6 Ak Söğüt ağacı numunesi

Söğüt ağacı numunesi Yenişarbademli ilçe sınırlarında 1150m yükseklikte bulunan çay kenarından yetişen Salix Alba L türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $7.12cm \times 7.03cm \times 11.92cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.7 Ak Sögüt ağacı numunesi

6.1.2.7 Fransız Akçaağacı

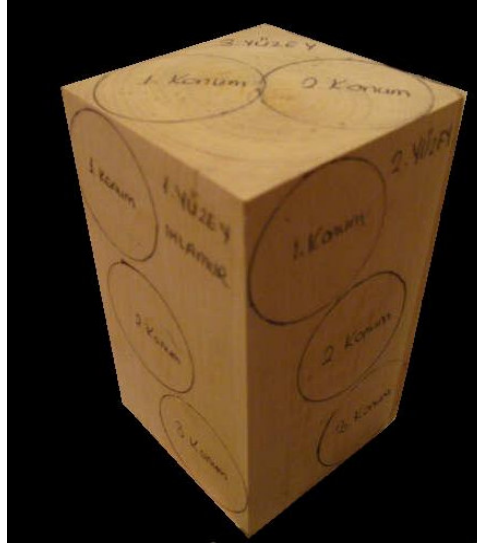
Fransız akçaağacı Dedegül Dağın'da 1700m yükseklikte yetişmiş olan *Acer monspessulanum* L. türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $7.19cm \times 7.29cm \times 11.84cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.8 Fransız Akçaağaç ağacı numunesi

6.1.2.8 Yaz Ihlamur ağacı numunesi

Ihlamur ağacı numunesi Dedegül Dağından 1700m yükseklikte bulunan *Tilia platyphyllos* Scop. türün de bir ağaçtan elde edildi. Numune $6.95cm \times 6.87cm \times 11.88cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.9 Yaz Ihlamur ağacı numunesi

6.1.2.9 Adi Ceviz Ağacı Numunesi

Ceviz ağacı numunesi Yenişarbademli ilçe merkezinde 1150m yükseklikte (rakım) yetişen *Juglans regia* L. türüne ait bir ağaçtan elde edildi. Numune $6.79cm \times 7.11cm \times 11.81cm$ ölçülerinde dikdörtgenler prizması olacak şekilde hazırlandı.



Şekil 6.10 Adi Ceviz ağacı numunesi

6.2 Deneyin Yapılışı

Deneyler, önceki bölümde detaylarıyla anlatılan, Ultra Sonic Tester cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, 50 KHz'lik boyuna dalga yayan 1330 numaralı transdüser alıcı, 1333 numaralı transdüser verici olacak şekilde alınmıştır. Ölçümlerde transdüserlere uygulanan kuvvetlerin her numune için aynı olmasını sağlamak amacıyla 2,5 kg ağırlığında homojen bir cismin ağırlık merkezi belirlenerek, cismin ağırlık merkezi transdüserin üzerine gelecek şekilde yerleştirilerek ölçümler alınmıştır. Anlatılan deney düzeneği aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 6.12 Deney düzeneğinin resmi

Deneylere başlarken, ilk olarak Scout- Pro isimli hassas tartı cihazı ile ağırlıklar belirlendi. Daha sonra kumpas yardımıyla 0.01cm hassaslıkla numunelerin L boyutları ölçüldü. Numunelere uygulanan her işlem öncesi tartma ve boyutlarının ölçme işlemi yapıldı. Bu verilerden numunelerin yoğunlukları $\rho = \frac{m}{v}$ formülü ile hesaplandı.

Ayrıca Ultra Sonic Tester cihazı ile boyuna dalganın numune üzerinde belirtilen 3 yüzeyin numaralandırılmış konumlarındaki geçiş süresi (t) $0.1\mu s$ hassaslıkla ölçüldü ve buradan numunelerin, belirlenmiş yüzey ve konumlardaki yayılma hızları $v = L/t$ formülü ile hesaplandı. Enine ultrases dalgaların hızları, boyuna ultrases dalgalarının hızlarının yaklaşık yarısıdır (Ilıcan, 1995). Daha önceden yapılan araştırmalardan yararlanarak ölçülen boyuna ultrases dalgaların hızlarının yarısını alınarak, enine ultrases

dalgalarının hızları yaklaşık olarak hesaplandı. Ağaç yapısı kompleks bir yapı gösterdiğinden ağaç numunelerimizi bir yaklaşımla homojen ve izotrop olarak kabul ederek, bu elde edilen verilerden μ ve λ elastik sabitleri, Y young modülleri, B hacim modülleri, K sıkışma katsayıları ve E dinamik elastik sabitleri hesaplandı.

Deneyle, numunelere uygulanan işlemlere göre 3 aşamalı olarak gerçekleştirildi. İlk aşama kesildikten sonra alınan ölçüm ve değerlendirmeleri kapsar, ikinci aşama numunelerin kurutulduktan sonraki, 3. aşama ise suda belirli periyotlarla bekletildikten sonraki ölçüm ve değerlendirmeleri kapsar. Kesildikten sonra numunelerin hazırlanması için geçen 15 gün sonunda ilk ölçümler alındı. Kesildikten 15 gün sonra alınan ölçümlere ait grafik ve tablolarda bu aşama 1. işlem olarak tanımlandı.

İkinci aşamada kurutma işlemi gerçekleştirildi. 1. işlem sonrasında ölçümleri alınan numuneler tavlama fırınında ilk başta $30^{\circ}C$ de kurutulmaya başlandı, daha sonra sıcaklık $90^{\circ}C$ 'ye kadar çıkarıldı. $90^{\circ}C$ 'den sonra yüksek enerji fırınında sıcaklık belirli kademelerle $103^{\circ}C$ 'ye kadar artırıldı. Düşük sıcaklıkta başlanmasının sebebi numunelerin birden su kaybederek çatlama riskini önlemek içindir. Numunelerin ağırlıkları sabit oluncaya kadar kurutma işlemi devam ettirildi ve sonra yukarıda anlatılan ölçümler alındı. Numunelerin kurutulduktan sonraki alınan ölçümlere ait değerler, grafikler ve tablolarda 2. işlem olarak tanımlandı.

Daha sonraki aşamada numuneler suda bekletilmeye başlandı. İlk olarak 15 gün sonunda numunelerin ölçümleri alındı ve suda ilk 15 gün bekletilme işleminden sonraki değerler, grafik ve tablolarda 3. işlem olarak adlandırıldı. Daha sonra sırasıyla 30 gün sonundaki değerler 4. işlem, 45 gün suda bekletildikten sonraki değerler 5. işlem, 60 gün suda bekletildikten sonraki değerler 6. işlem, 75 gün suda bekletildikten sonraki değerler 7. işlem, 90 gün suda bekletildikten sonraki değerler ise 8. işlem olarak grafiklerde ve tablolarda adlandırıldı.

BÖLÜM 7

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1 Yoğunlukların Hesaplanması

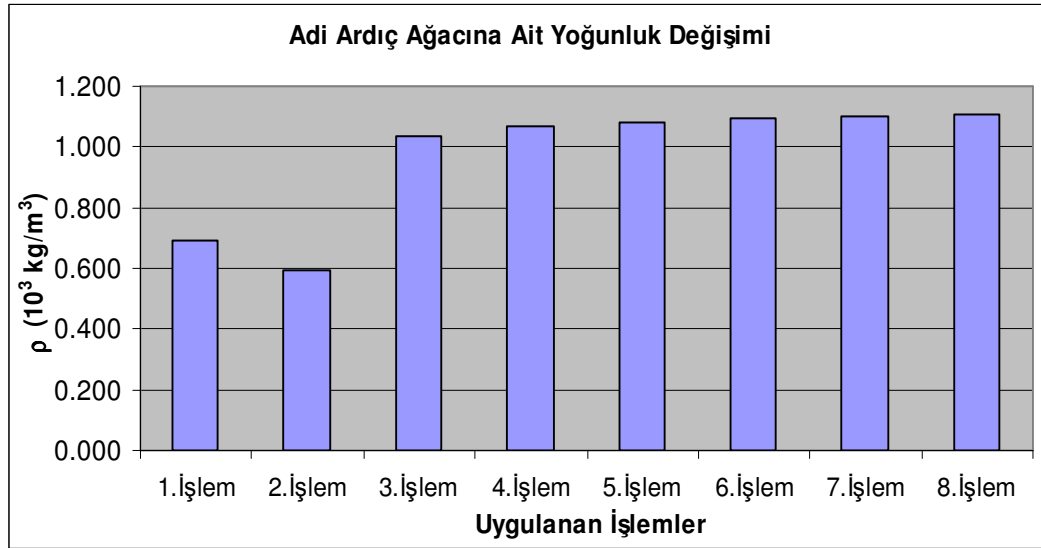
Numuneler, 1. işlem kesildikten sonra, 2. işlem kurutulduktan sonra, 3. işlem 15 gün, 4. işlem 30 gün, 5. işlem 45 gün, 6. işlem 60 gün, 7. işlem 75 gün 8. işlem ise 90 gün suda bekletildikten sonra olmak üzere, her bir işlemden sonra tek tek elektronik tartı cihazıyla tartıldı ve kumpas yardımıyla hacimleri ölçülerek yoğunlukları kg/m^3 biriminde hesaplandı.

7.1.1 Adi Ardıç Ağacı

Adi ardıç ağacının ortalama tam kuru yoğunluğu 480, hava kurusu yoğunluğu $510 kg/m^3$ olarak literatürde yer almaktadır. Yapılan deneyde numuneler kesildikten sonra $695 kg/m^3$ kurutma işleminden sonra $591 kg/m^3$, 90 gün suda bekledikten sonra ise $1110 kg/m^3$ yoğunluk değerine ulaştığı görülmektedir. 1. işlem ve 2. işlem arasında $104 kg/m^3$ lük bir yoğunluk azalması görülürken 2. işlemle 8. işlem arasında ise $519 kg/m^3$ lük yoğunluk artışı görülmektedir.

Tablo 7. 1 Adi Ardıç ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m^3 | Yoğunluk 10^3 kg/m^3 |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. İşlem | 434.6 | 625.3 | 0.695 |
| 2. İşlem | 360.7 | 610.7 | 0.591 |
| 3. İşlem | 648.0 | 627.7 | 1.032 |
| 4. İşlem | 672.6 | 630.5 | 1.067 |
| 5. İşlem | 684.1 | 630.8 | 1.084 |
| 6. İşlem | 692.2 | 632.2 | 1.095 |
| 7. İşlem | 697.1 | 633.2 | 1.101 |
| 8. İşlem | 703.6 | 633.7 | 1.110 |



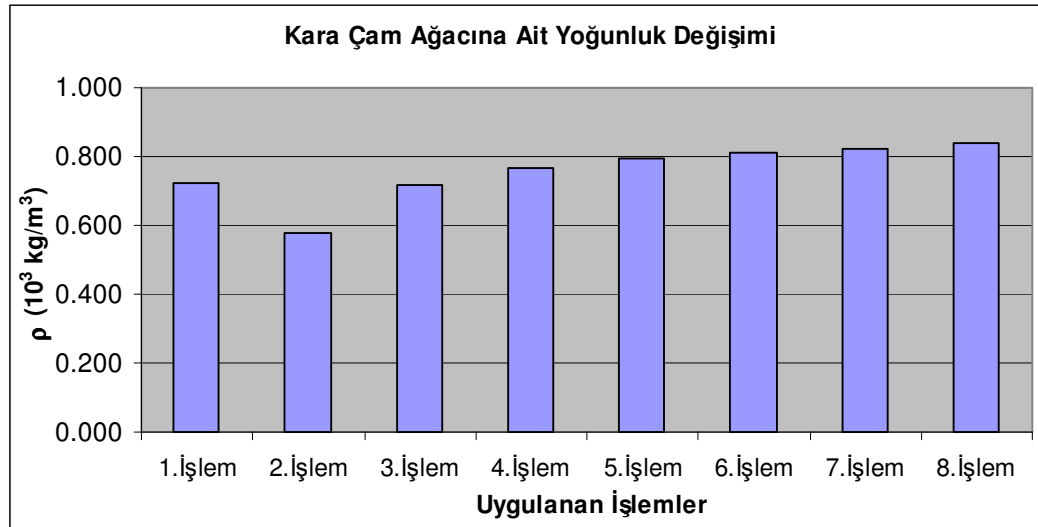
Şekil 7. 1 Adi Ardiç Ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.1.2 Kara Çam Ağacı

Kara Çam ağacının literatürde ortalama tam kuru yoğunluğu 520 kg/m^3 , hava kuru yoğunluğu 560 kg/m^3 olarak geçmektedir. Yapılan deneyde numuneler kesildikten sonra 723 kg/m^3 kurutma işleminden sonra 578 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 837 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaşmaktadır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 145 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması varken 2. işlemle 8. işlem arasında 259 kg/m^3 lük yoğunluk artışı gözlenmektedir.

Tablo 7. 2 Kara Çam ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m^3 | Yoğunluk 10^3 kg/ m^3 |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1.İşlem | 421.4 | 582.5 | 0.723 |
| 2.İşlem | 320.5 | 554.9 | 0.578 |
| 3.İşlem | 416.4 | 582.8 | 0.714 |
| 4.İşlem | 449.9 | 585.5 | 0.768 |
| 5.İşlem | 465.0 | 587.1 | 0.792 |
| 6.İşlem | 477.0 | 588.5 | 0.811 |
| 7.İşlem | 485.0 | 588.5 | 0.824 |
| 8.İşlem | 493.0 | 589.0 | 0.837 |



Şekil 7. 2 Kara Çam ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

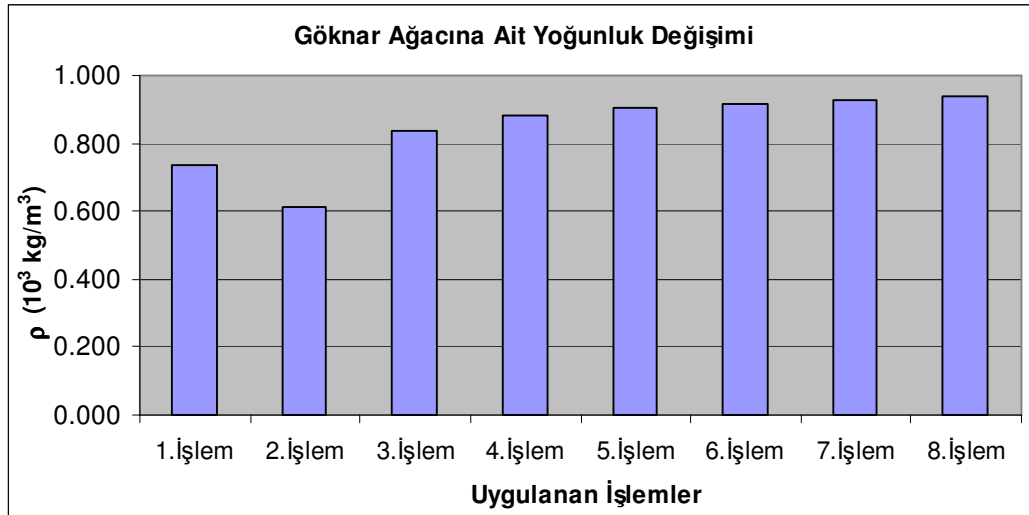
7.1.3 Gökmar Ağacı

Gökmar ağacının ortalama tam kuru yoğunluğu $470 \text{ kg}/m^3$, hava kurusu yoğunluğu $510 \text{ kg}/m^3$ tür. Yapılan deneyde numuneler kesildikten sonra $736 \text{ kg}/m^3$ kurutma işleminden sonra $612 \text{ kg}/m^3$, 90 gün suda bekledikten sonra ise $936 \text{ kg}/m^3$

yoğunluk değerine ulaşmaktadır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 124 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması görülürken 2. işlemle 8 işlem arasında ise 324 kg/m^3 lük yoğunluk artışı görülmektedir.

Tablo 7. 3 Gök nar ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m ³ | Yoğunluk 10^3 kg/m ³ |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.İşlem | 449.3 | 610.7 | 0.736 |
| 2.İşlem | 356.2 | 582.2 | 0.612 |
| 3.İşlem | 515.0 | 613.7 | 0.839 |
| 4.İşlem | 543.1 | 614.0 | 0.885 |
| 5.İşlem | 555.4 | 614.5 | 0.904 |
| 6.İşlem | 564.5 | 615.1 | 0.918 |
| 7.İşlem | 569.0 | 615.7 | 0.924 |
| 8.İşlem | 576.4 | 615.7 | 0.936 |



Şekil 7. 3 Gök nar ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

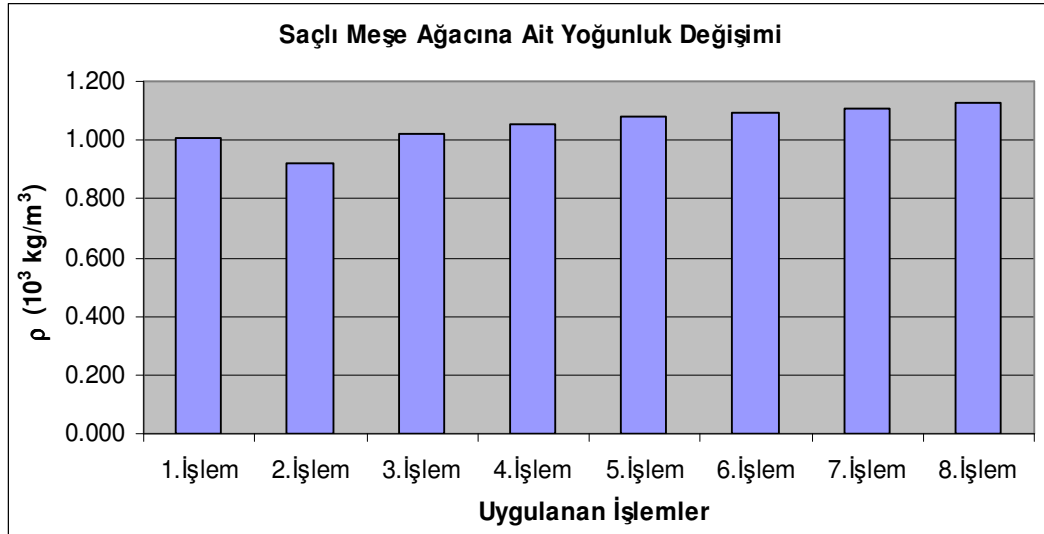
7.1.4 Saçlı Meşe Ağacı

Meşe ağacının hava kuru yoğunluğu türüne ortalama 650 kg/m^3 ile 1000 kg/m^3 arasındadır. Yapılan deneyde numuneler kesildikten sonra 1007 kg/m^3

kurutma işleminden sonra 921 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 1125 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaştığı görülmektedir. 1. işlem ve 2. işlem arasında 86 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması olurken 2. işlemle 8. işlem arasında 204 kg/m^3 lük yoğunluk artışı olduğu görülmektedir.

Tablo 7. 4 Saçlı Meşe ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m ³ | Yoğunluk 10^3 kg/m ³ |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.İşlem | 608.7 | 604.8 | 1.007 |
| 2.İşlem | 529.3 | 574.6 | 0.921 |
| 3.İşlem | 609.7 | 597.2 | 1.021 |
| 4.İşlem | 634.9 | 603.6 | 1.052 |
| 5.İşlem | 652.5 | 605.3 | 1.078 |
| 6.İşlem | 665.0 | 606.6 | 1.096 |
| 7.İşlem | 673.1 | 607.2 | 1.109 |
| 8.İşlem | 683.2 | 607.2 | 1.125 |



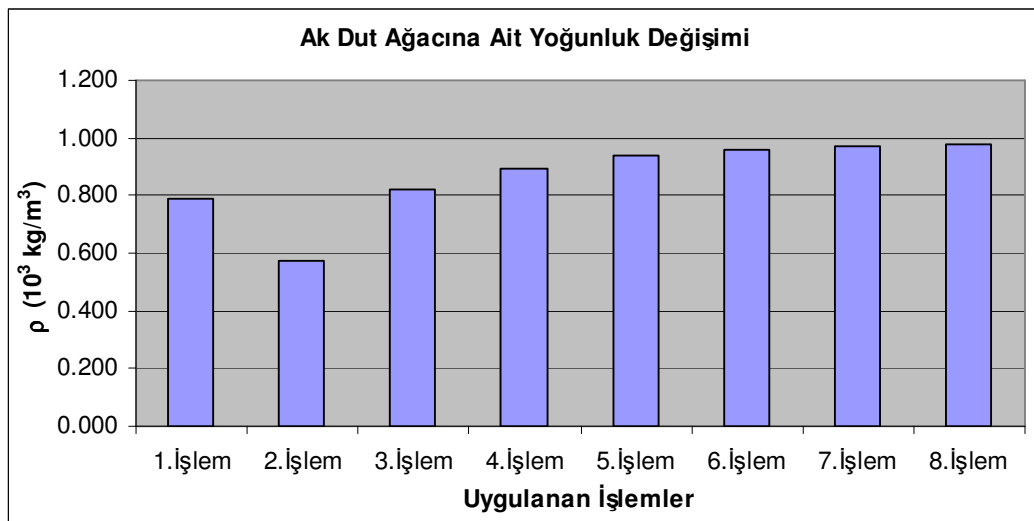
Şekil 7. 4 Saçlı Meşe ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.1.5 Ak Dut Ağacı

Dut ağacına ait literatürde yoğunluklarla ilgili bilgiler bulunmamaktadır. Yapılan deneyde kesildikten sonra 787 kg/m^3 kurutma işleminden sonra 572 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 981 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaşmaktadır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 215 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması varken 2. işlemle 8. işlem arasında 409 kg/m^3 lük yoğunluk artışı gözlenmektedir.

Tablo 7. 5 Ak Dut ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^3 kg | Hacim 10^{-6} m^3 | Yoğunluk 10^3 kg/m^3 |
|--------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.İşlem | 463.0 | 588.0 | 0.787 |
| 2.İşlem | 312.6 | 546.5 | 0.572 |
| 3.İşlem | 478.7 | 580.6 | 0.824 |
| 4.İşlem | 525.4 | 586.3 | 0.896 |
| 5.İşlem | 551.2 | 588.3 | 0.937 |
| 6.İşlem | 563.7 | 589.1 | 0.957 |
| 7.İşlem | 573.5 | 591.3 | 0.970 |
| 8.İşlem | 580.4 | 591.6 | 0.981 |



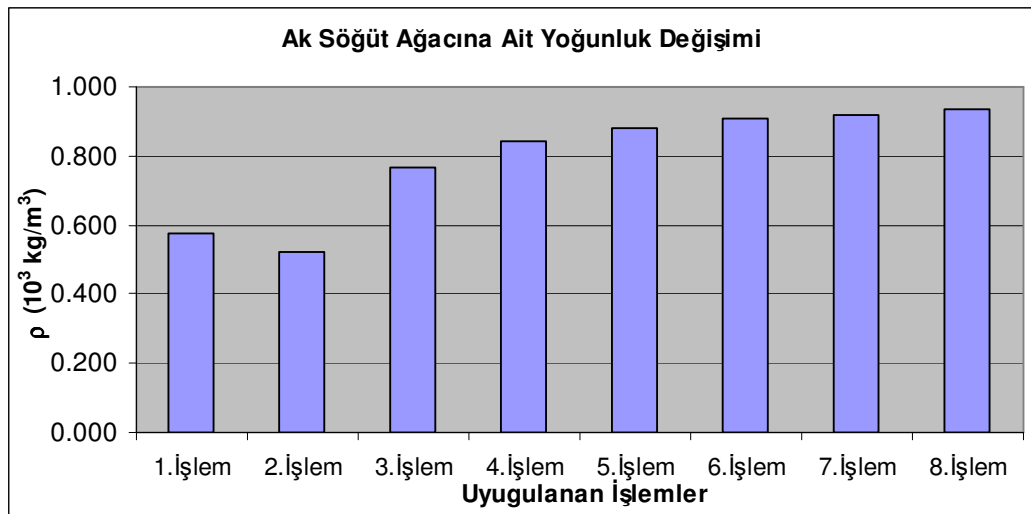
Şekil 7. 5 Ak Dut ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.1.6 Ak Söğüt Ağacı

Ak Söğüt ağacının tam kuru yoğunluğu 520 kg/m^3 , hava kurusu yoğunluğu 550 kg/m^3 tür. Yaptığımız deneyde numuneler kesildikten sonra 579 kg/m^3 kurutma işleminden sonra 522 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 934 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaşmıştır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 57 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması varken 2. işlemle 8. işlem arasında ise 412 kg/m^3 lük yoğunluk artışı görülmektedir.

Tablo 7. 6 Ak Söğüt ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m ³ | Yoğunluk 10^3 kg/m ³ |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.İşlem | 345.6 | 597.1 | 0.579 |
| 2.İşlem | 293.2 | 561.2 | 0.522 |
| 3.İşlem | 465.4 | 608.2 | 0.765 |
| 4.İşlem | 515.5 | 610.4 | 0.845 |
| 5.İşlem | 539.4 | 612.8 | 0.880 |
| 6.İşlem | 557.8 | 613.8 | 0.909 |
| 7.İşlem | 564.4 | 614.5 | 0.919 |
| 8.İşlem | 573.7 | 614.5 | 0.934 |



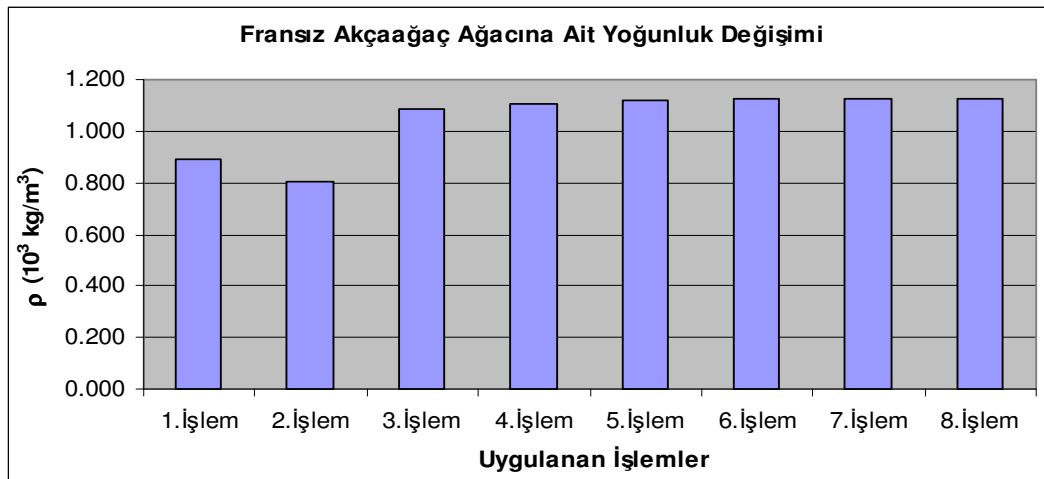
Şekil 7. 6 Ak Söğüt ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.1.7 Fransız Akçaağaç Ağacı

Fransız akçaağacı ağacının hava kurusu yoğunluğu $550- 800 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Yaptığımız deneyde numuneler kesildikten sonra 892 kg/m^3 kurutma işleminden sonra 806 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 1129 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaşmaktadır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 86 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması varken, 2. işlemle 8. işlem arasında 323 kg/m^3 lük yoğunluk artışı görülmektedir.

Tablo 7. 7 Fransız Akçaağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m ³ | Yoğunluk 10^3 kg/m ³ |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.İşlem | 553.6 | 620.6 | 0.892 |
| 2.İşlem | 485.4 | 602.5 | 0.806 |
| 3.İşlem | 683.2 | 629.9 | 1.085 |
| 4.İşlem | 698.5 | 631.7 | 1.106 |
| 5.İşlem | 705.3 | 631.5 | 1.117 |
| 6.İşlem | 712.3 | 632.9 | 1.126 |
| 7.İşlem | 714.1 | 634.0 | 1.126 |
| 8.İşlem | 716.1 | 634.2 | 1.129 |



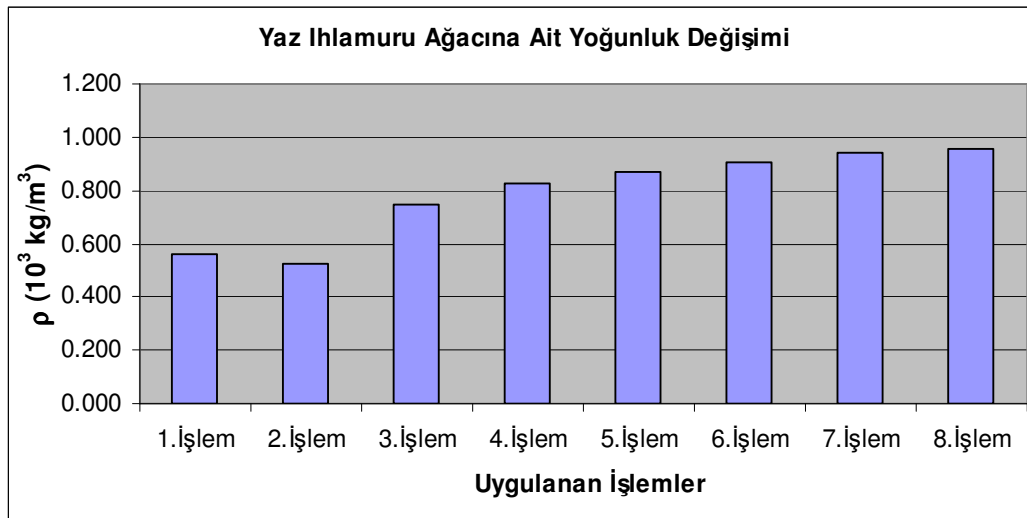
Şekil 7.7 Fransız Akçaağaç ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.1.8 Yaz İhlamuru Ağacı

Yaz ihlamuru ağacının tam kuru yoğunluğu 490 kg/m^3 hava kuru yoğunluğu 530 kg/m^3 tür. Yapılan deneyde numuneler kesildikten sonra 560 kg/m^3 kurutma işleminden sonra 521 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 959 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaşmaktadır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 39 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması varken 2. işlemle 8. işlem arasında ise 438 kg/m^3 lük yoğunluk artışı görülmektedir.

Tablo 7. 8 Yaz İhlamuru ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m ³ | Yoğunluk 10^3 kg/m ³ |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.İşlem | 317.8 | 567.2 | 0.560 |
| 2.İşlem | 269.0 | 516.3 | 0.521 |
| 3.İşlem | 443.9 | 591.8 | 0.750 |
| 4.İşlem | 492.1 | 597.9 | 0.823 |
| 5.İşlem | 521.1 | 598.5 | 0.871 |
| 6.İşlem | 544.9 | 599.8 | 0.908 |
| 7.İşlem | 563.7 | 600.7 | 0.938 |
| 8.İşlem | 576.1 | 600.7 | 0.959 |



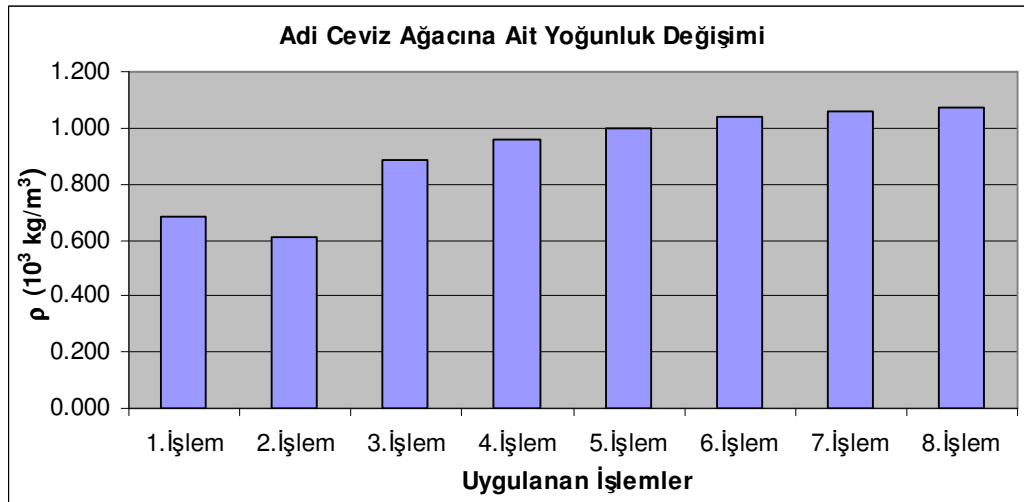
Şekil 7. 8 Yaz İhlamuru ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.1.9 Adi Ceviz Ağacı

Adi ceviz ağacının tam kuru yoğunluğu 640 kg/m^3 hava kurusu yoğunluğu 680 kg/m^3 tür. Yapılan deneyde numuneler kesildikten sonra 682 kg/m^3 kurutma işleminden sonra 611 kg/m^3 , 90 gün suda bekledikten sonra ise 1072 kg/m^3 yoğunluk değerine ulaşmaktadır. 1. işlem ve 2. işlem arasında 71 kg/m^3 lük bir yoğunluk azalması görülürken, 2. işlemle 8. işlem arasında 461 kg/m^3 lük yoğunluk artışı görülmektedir.

Tablo 7.9 Adi Ceviz ağacının uygulanan işlemler sonrası yoğunluk değerleri

| Uygulanan işlemler | Kütle 10^{-3} kg | Hacim 10^{-6} m ³ | Yoğunluk 10^3 kg/m ³ |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.İşlem | 393.3 | 576.4 | 0.682 |
| 2.İşlem | 323.5 | 529.5 | 0.611 |
| 3.İşlem | 529.2 | 598.3 | 0.884 |
| 4.İşlem | 578.1 | 603.1 | 0.959 |
| 5.İşlem | 607.2 | 606.3 | 1.001 |
| 6.İşlem | 629.7 | 606.5 | 1.038 |
| 7.İşlem | 645.0 | 608.2 | 1.061 |
| 8.İşlem | 653.1 | 609.2 | 1.072 |



Şekil 7.9 Adi Ceviz ağacına ait uygulanan işlemlere göre yoğunluk değişim grafiği

7.2 Ultrases Dalgalarının Geçiş Sürelerinin Ölçümleri

Ultra Sonic Tester cihazıyla 50 KHz'lik boyuna ultrases dalgası üreten ve algılayan transdüserler kullanılarak, numunelerin 3 ayrı yüzeyinde belirlenen farklı konumlardan, boyuna ultrases geçiş süreleri mikrosaniye (μs) biriminden ölçülmüştür.

7.2.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.10 Adi Ardıç ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (μs) | t (μs) | t (μs) | t _{ort} (μs) | t (μs) | t (μs) | t (μs) | t _{ort} (μs) | t (μs) | t (μs) | t _{ort} (μs) |
| 1.İşlem | 40.0 | 40.0 | 39.0 | 39.7 | 38.0 | 40.0 | 39.0 | 39.0 | 47.0 | 47.0 | 47.0 |
| 2.İşlem | - | 58.0 | - | 58.0 | 59.0 | 62.0 | - | 60.5 | 46.0 | 43.0 | 44.5 |
| 3.İşlem | 43.0 | 40.0 | 41.0 | 41.3 | 44.0 | 52.0 | 44.0 | 46.7 | 50.0 | 51.0 | 50.5 |
| 4.İşlem | 39.0 | 40.0 | 39.0 | 39.3 | 40.0 | 46.0 | 41.0 | 42.3 | 49.0 | 50.0 | 49.5 |
| 5.İşlem | 38.0 | 39.0 | 38.0 | 38.3 | 39.0 | 44.0 | 39.0 | 40.7 | 49.0 | 50.0 | 49.5 |
| 6.İşlem | 37.0 | 38.0 | 37.0 | 37.3 | 37.0 | 40.0 | 38.0 | 38.3 | 47.0 | 48.0 | 47.5 |
| 7.İşlem | 37.0 | 38.0 | 37.0 | 37.3 | 37.0 | 40.0 | 38.0 | 38.3 | 48.0 | 49.0 | 48.5 |
| 8.İşlem | 36.0 | 37.0 | 36.0 | 36.3 | 37.0 | 39.0 | 37.0 | 37.7 | 47.0 | 48.0 | 47.5 |

7.2.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.11 Kara Çam ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (μs) | t (μs) | t (μs) | t _{ort} (μs) | t (μs) | t (μs) | t (μs) | t _{ort} (μs) | t (μs) | t (μs) | t _{ort} (μs) |
| 1.İşlem | 44.0 | 46.0 | 46.0 | 45.3 | 43.0 | 46.0 | 44.0 | 44.3 | 43.0 | 30.0 | 36.5 |
| 2.İşlem | 54.0 | 57.0 | 57.0 | 56.0 | 38.0 | 38.0 | 37.0 | 37.7 | 38.0 | 29.0 | 33.5 |
| 3.İşlem | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 41.0 | 41.0 | 41.0 | 41.0 | 37.0 | 29.0 | 33.0 |
| 4.İşlem | 43.0 | 42.0 | 43.0 | 42.7 | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 42.0 | 38.0 | 30.0 | 34.0 |
| 5.İşlem | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 42.0 | 41.0 | 42.0 | 41.7 | 37.0 | 29.0 | 33.0 |
| 6.İşlem | 43.0 | 43.0 | 45.0 | 43.7 | 43.0 | 42.0 | 42.0 | 42.3 | 38.0 | 30.0 | 34.0 |
| 7.İşlem | 44.0 | 44.0 | 46.0 | 44.7 | 43.0 | 42.0 | 43.0 | 42.7 | 38.0 | 30.0 | 34.0 |
| 8.İşlem | 45.0 | 44.0 | 45.0 | 44.7 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 39.0 | 30.0 | 34.5 |

7.2.3 Göknaç Ağacı

Tablo 7.12 Göknaç ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1. işlem | 61.0 | 50.0 | 61.0 | 57.3 | 63.0 | 57.0 | 66.0 | 62.0 | 32.0 | 42.0 | 37.0 |
| 2. işlem | - | - | - | - | - | 61.0 | - | 61.0 | 31.0 | 34.0 | 32.5 |
| 3. işlem | 50.0 | 57.0 | 60.0 | 55.7 | 53.0 | 50.0 | 51.0 | 51.3 | 30.0 | 33.0 | 31.5 |
| 4. işlem | 49.0 | 53.0 | 50.0 | 50.7 | 48.0 | 50.0 | 51.0 | 49.7 | 30.0 | 33.0 | 31.5 |
| 5. işlem | 49.0 | 51.0 | 47.0 | 49.0 | 46.0 | 49.0 | 49.0 | 48.0 | 30.0 | 33.0 | 31.5 |
| 6. işlem | 49.0 | 51.0 | 48.0 | 49.3 | 46.0 | 49.0 | 49.0 | 48.0 | 30.0 | 34.0 | 32.0 |
| 7. işlem | 49.0 | 51.0 | 48.0 | 49.3 | 46.0 | 49.0 | 51.0 | 48.7 | 30.0 | 34.0 | 32.0 |
| 8. işlem | 49.0 | 52.0 | 49.0 | 50.0 | 45.0 | 50.0 | 50.0 | 48.3 | 31.0 | 35.0 | 33.0 |

7.2.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.13 Saçlı Meşe ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1. işlem | 46.0 | 46.0 | 47.0 | 46.3 | 48.0 | 46.0 | 47.0 | 47.0 | 34.0 | 33.0 | 33.5 |
| 2. işlem | - | - | 44.0 | 44.0 | 60.0 | 56.0 | - | 58.0 | 31.0 | 35.0 | 33.0 |
| 3. işlem | 44.0 | 43.0 | 41.0 | 42.7 | 45.0 | 42.0 | 45.0 | 44.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 |
| 4. işlem | 42.0 | 41.0 | 41.0 | 41.3 | 42.0 | 41.0 | 41.0 | 41.3 | 31.0 | 31.0 | 31.0 |
| 5. işlem | 40.0 | 40.0 | 39.0 | 39.7 | 40.0 | 41.0 | 39.0 | 40.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 |
| 6. işlem | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 40.0 | 39.0 | 39.3 | 31.0 | 31.0 | 31.0 |
| 7. işlem | 39.0 | 38.0 | 39.0 | 38.7 | 39.0 | 40.0 | 38.0 | 39.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 |
| 8. işlem | 38.0 | 38.0 | 39.0 | 38.3 | 40.0 | 40.0 | 38.0 | 39.3 | 32.0 | 32.0 | 32.0 |

7.2.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.14 Ak Dut ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1.İşlem | 51.0 | 49.0 | 47.0 | 49.0 | 60.0 | 51.0 | 66.0 | 59.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 |
| 2.İşlem | - | 50.0 | 43.0 | 53.7 | - | 64.0 | - | 64.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 |
| 3.İşlem | 51.0 | 52.0 | 49.0 | 50.7 | - | 62.0 | 66.0 | 64.0 | 30.0 | 29.0 | 29.5 |
| 4.İşlem | 49.0 | 48.0 | 44.0 | 47.0 | 53.0 | 51.0 | 53.0 | 52.3 | 30.0 | 29.0 | 29.5 |
| 5.İşlem | 45.0 | 47.0 | 44.0 | 45.3 | 49.0 | 48.0 | 48.0 | 48.3 | 31.0 | 30.0 | 30.5 |
| 6.İşlem | 45.0 | 47.0 | 44.0 | 45.3 | 48.0 | 47.0 | 47.0 | 47.3 | 31.0 | 30.0 | 30.5 |
| 7.İşlem | 45.0 | 47.0 | 44.0 | 45.3 | 48.0 | 47.0 | 47.0 | 47.3 | 31.0 | 30.0 | 30.5 |
| 8.İşlem | 44.0 | 48.0 | 44.0 | 45.3 | 48.0 | 48.0 | 47.0 | 47.7 | 31.0 | 31.0 | 31.0 |

7.2.6 Ak Söğüt

Tablo 7.15 Ak Söğüt ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1.İşlem | - | 48.0 | 60.0 | 54 | - | 47.0 | 63.0 | 55 | 32.0 | 30.0 | 31.0 |
| 2.İşlem | 57.0 | 50.0 | 45.0 | 50.7 | - | - | - | - | 28.0 | 26.0 | 27.0 |
| 3.İşlem | 58.0 | 52.0 | 56.0 | 55.3 | 51.0 | 50.0 | 53.0 | 51.3 | 30.0 | 28.0 | 29.0 |
| 4.İşlem | 54.0 | 49.0 | 53.0 | 52.0 | 51.0 | 47.0 | 53.0 | 50.3 | 31.0 | 29.0 | 30.0 |
| 5.İşlem | 53.0 | 50.0 | 53.0 | 52.0 | 51.0 | 47.0 | 53.0 | 50.3 | 32.0 | 29.0 | 30.5 |
| 6.İşlem | 52.0 | 50.0 | 51.0 | 51.0 | 50.0 | 47.0 | 53.0 | 50.0 | 32.0 | 29.0 | 30.5 |
| 7.İşlem | 52.0 | 50.0 | 51.0 | 51.0 | 50.0 | 47.0 | 52.0 | 49.7 | 33.0 | 30.0 | 31.5 |
| 8.İşlem | 51.0 | 51.0 | 51.0 | 51.0 | 50.0 | 48.0 | 53.0 | 50.3 | 33.0 | 30.0 | 31.5 |

7.2.7 Fransız Akçaağaç Ağacı

Tablo 7.16 Fransız Akçaağaç ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1.İşlem | 39.0 | 38.0 | 37.0 | 38.0 | 42.0 | 40.0 | 37.0 | 39.7 | 34.0 | 36.0 | 35.0 |
| 2.İşlem | 38.0 | 38.0 | 40.0 | 38.7 | 58.0 | 40.0 | 40.0 | 46.0 | 33.0 | 35.0 | 34.0 |
| 3.İşlem | 37.0 | 36.0 | 36.0 | 36.3 | 38.0 | 37.0 | 37.0 | 37.3 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |
| 4.İşlem | 36.0 | 35.0 | 35.0 | 35.3 | 37.0 | 36.0 | 36.0 | 36.3 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |
| 5.İşlem | 35.0 | 35.0 | 34.0 | 34.7 | 36.0 | 35.0 | 35.0 | 35.3 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |
| 6.İşlem | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 34.3 | 36.0 | 35.0 | 34.0 | 35.0 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |
| 7.İşlem | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 34.3 | 36.0 | 35.0 | 34.0 | 35.0 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |
| 8.İşlem | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 34.3 | 36.0 | 35.0 | 34.0 | 35.0 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |

7.2.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.17 Yaz Ihlamuru ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1.İşlem | 52.0 | 56.0 | 54.0 | 54.0 | 50.0 | 45.0 | 49.0 | 48.0 | 29.0 | 26.0 | 27.5 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 41.0 | 63.0 | 42.0 | 48.7 | 28.0 | 26.0 | 27.0 |
| 3.İşlem | 54.0 | 51.0 | 53.0 | 52.7 | 52.0 | 46.0 | 50.0 | 49.3 | 30.0 | 27.0 | 28.5 |
| 4.İşlem | 53.0 | 51.0 | 53.0 | 52.3 | 52.0 | 46.0 | 50.0 | 49.3 | 30.0 | 27.0 | 28.5 |
| 5.İşlem | 53.0 | 51.0 | 52.0 | 52.0 | 52.0 | 46.0 | 49.0 | 49.0 | 31.0 | 28.0 | 29.5 |
| 6.İşlem | 53.0 | 51.0 | 52.0 | 52.0 | 52.0 | 46.0 | 49.0 | 49.0 | 31.0 | 29.0 | 30.0 |
| 7.İşlem | 53.0 | 52.0 | 52.0 | 52.3 | 52.0 | 46.0 | 49.0 | 49.0 | 31.0 | 29.0 | 30.0 |
| 8.İşlem | 53.0 | 53.0 | 52.0 | 52.3 | 52.0 | 47.0 | 49.0 | 49.0 | 31.0 | 29.0 | 30.0 |

7.2.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.18 Adi Ceviz ağacında boyuna ultrases geçiş süresi

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) | t (µs) | t (µs) | t _{ort} (µs) |
| 1.İşlem | 46.0 | 45.0 | 55.0 | 48.7 | 73.0 | 51.0 | 74.0 | 66.0 | 33.0 | 31.0 | 32.0 |
| 2.İşlem | 49.0 | 49.0 | 51.0 | 49.7 | - | - | - | - | 30.0 | 30.0 | 30.0 |
| 3.İşlem | 46.0 | 45.0 | 45.0 | 45.3 | 49.0 | 48.0 | 51.0 | 49.3 | 32.0 | 32.0 | 32.0 |
| 4.İşlem | 46.0 | 45.0 | 44.0 | 45.0 | 48.0 | 48.0 | 49.0 | 48.3 | 33.0 | 34.0 | 33.5 |
| 5.İşlem | 46.0 | 45.0 | 43.0 | 44.7 | 47.0 | 48.0 | 48.0 | 47.7 | 34.0 | 35.0 | 34.5 |
| 6.İşlem | 46.0 | 45.0 | 42.0 | 44.3 | 46.0 | 47.0 | 47.0 | 46.7 | 34.0 | 35.0 | 34.5 |
| 7.İşlem | 45.0 | 44.0 | 42.0 | 43.7 | 45.0 | 47.0 | 47.0 | 46.3 | 34.0 | 35.0 | 34.5 |
| 8.İşlem | 44.0 | 44.0 | 41.0 | 43.7 | 44.0 | 46.0 | 46.0 | 46.3 | 34.0 | 35.0 | 34.5 |

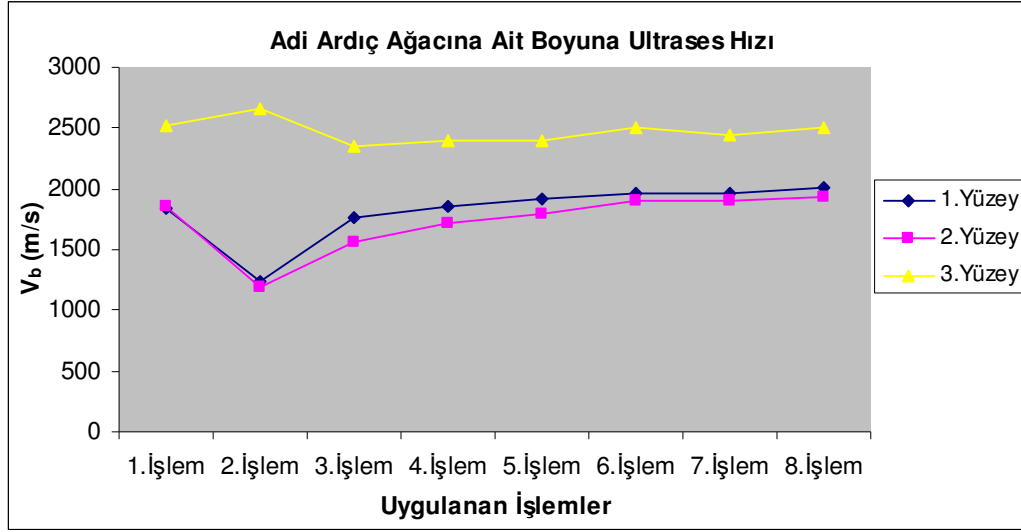
7.3 Boyuna Ultrases Dalgalarının Geçiş Hızının Hesaplanması

Numunelerin ölçüm alınan yüzeylerinin uzunluğu L, numuneden geçen ultrases geçiş süresi t ise $v = L/t$ formülünden boyuna hızlar m/s biriminden hesaplanmıştır.

7.3.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.19 Adi ardıç ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V _b (m/s) | V _b (m/s) | V _b (m/s s) | V _{b ort} (m/s) | V _b (m/s) | V _b (m/s) | V _b (m/s s) | V _{b ort} (m/s) | V _b (m/s) | V _b (m/s s) | V _{b ort} (m/s) |
| 1.İşlem | 1822.5 | 1825.0 | 1876.9 | 1841.5 | 1892.1 | 1810.0 | 1859.0 | 1853.7 | 2517.0 | 2525.5 | 2521.3 |
| 2.İşlem | - | 1244.8 | - | 1244.8 | 1203.4 | 1179.0 | - | 1191.2 | 2565.2 | 2748.8 | 2657.0 |
| 3.İşlem | 1693.0 | 1827.5 | 1782.9 | 1767.8 | 1638.6 | 1398.1 | 1656.8 | 1564.5 | 2368.0 | 2325.5 | 2346.7 |
| 4.İşlem | 1869.2 | 1832.5 | 1882.1 | 1861.3 | 1805.0 | 1582.6 | 1778.0 | 1721.9 | 2418.4 | 2376.0 | 2397.2 |
| 5.İşlem | 1918.4 | 1879.5 | 1934.2 | 1910.7 | 1851.3 | 1654.5 | 1869.2 | 1791.7 | 2418.4 | 2378.0 | 2398.2 |
| 6.İşlem | 1973.0 | 1928.9 | 1986.5 | 1962.8 | 1951.4 | 1822.5 | 1921.1 | 1898.3 | 2521.3 | 2477.1 | 2499.2 |
| 7.İşlem | 1973.0 | 1928.9 | 1986.5 | 1962.8 | 1959.5 | 1822.5 | 1923.7 | 1901.9 | 2470.8 | 2426.5 | 2448.7 |
| 8.İşlem | 2027.8 | 1983.8 | 2041.7 | 2017.7 | 1959.5 | 1869.2 | 1975.7 | 1934.8 | 2523.4 | 2477.1 | 2500.2 |

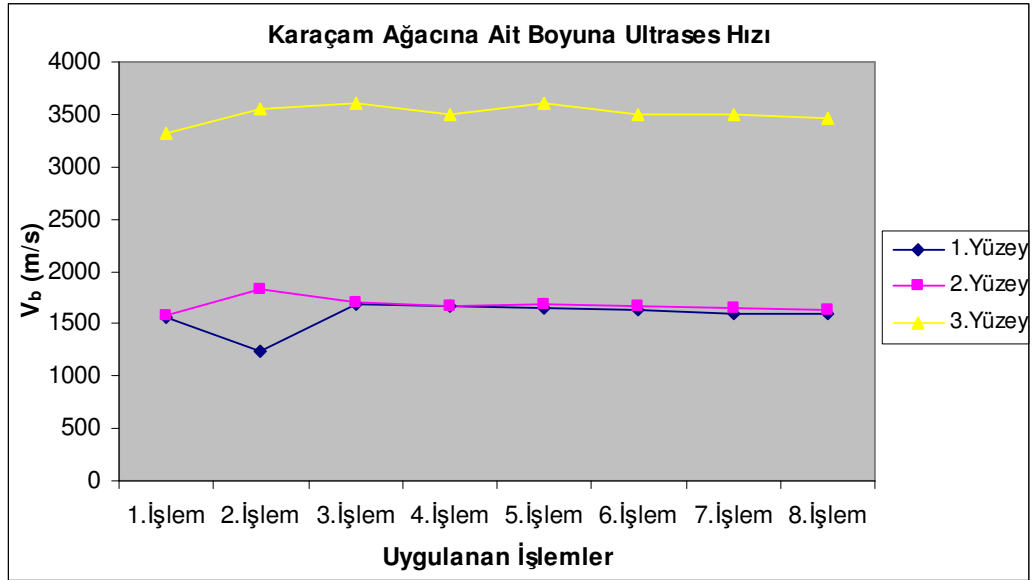


Şekil 7.10 Adi Ardıç ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.20 Kara Çam ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|---------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b\text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b\text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 1625.0 | 1543.5 | 1530.4 | 1566.3 | 1632.6 | 1526.1 | 1590.9 | 1583.2 | 2723.3 | 3906.7 | 3315.0 |
| 2.İşlem | 1292.6 | 1210.5 | 1208.8 | 1237.3 | 1810.5 | 1813.2 | 1840.5 | 1821.4 | 3073.7 | 4031.0 | 3552.4 |
| 3.İşlem | 1702.4 | 1695.2 | 1673.8 | 1690.5 | 1719.5 | 1707.3 | 1702.4 | 1709.8 | 3175.7 | 4027.6 | 3601.6 |
| 4.İşlem | 1667.4 | 1697.6 | 1639.5 | 1668.2 | 1683.3 | 1669.0 | 1664.3 | 1672.2 | 3092.1 | 3903.3 | 3497.7 |
| 5.İşlem | 1669.8 | 1658.1 | 1641.9 | 1656.6 | 1685.7 | 1714.6 | 1666.7 | 1689.0 | 3178.4 | 4037.9 | 3608.2 |
| 6.İşlem | 1669.8 | 1658.1 | 1568.9 | 1632.3 | 1646.5 | 1673.8 | 1669.0 | 1663.1 | 3094.7 | 3903.3 | 3499.0 |
| 7.İşlem | 1631.8 | 1620.5 | 1534.8 | 1595.7 | 1646.5 | 1673.8 | 1630.2 | 1650.2 | 3094.7 | 3903.3 | 3499.0 |
| 8.İşlem | 1597.8 | 1620.5 | 1568.9 | 1595.7 | 1648.8 | 1634.9 | 1630.2 | 1638.0 | 3015.4 | 3906.7 | 3461.0 |

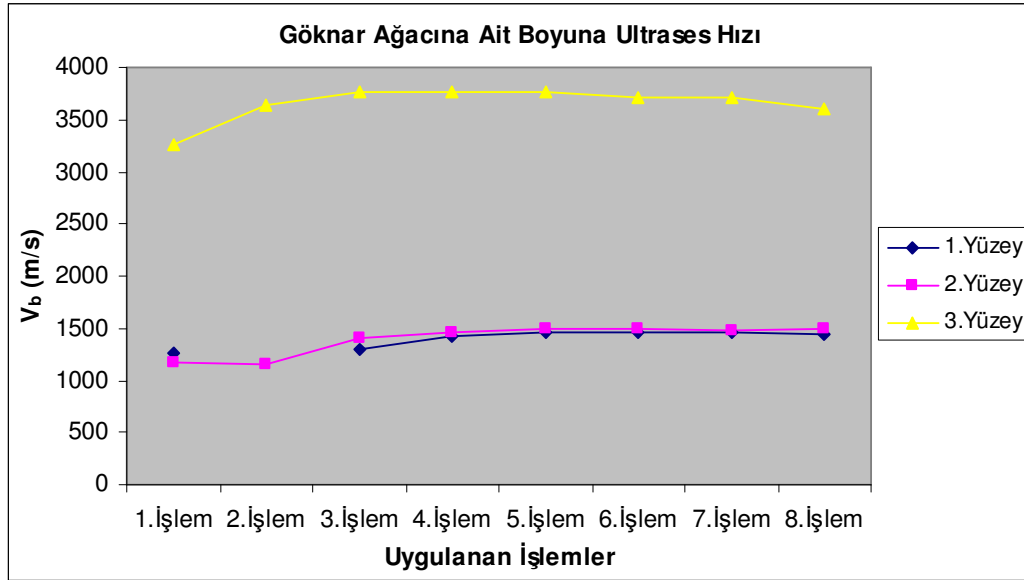


Şekil 7.11 Kara Çam ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.3 Gökmar Ağacı

Tablo 7.21 Gökmar ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) |
| 1. İşlem | 1168.9 | 1434.0 | 1183.6 | 1262.2 | 1141.3 | 1263.2 | 1093.9 | 1166.1 | 3690.6 | 2826.2 | 3258.4 |
| 2. İşlem | - | - | - | - | - | 1155.7 | - | 1155.7 | 3812.9 | 3473.5 | 3643.2 |
| 3. İşlem | 1426.0 | 1259.6 | 1205.0 | 1296.9 | 1358.5 | 1442.0 | 1415.7 | 1405.4 | 3943.3 | 3600.0 | 3771.7 |
| 4. İşlem | 1455.1 | 1356.6 | 1446.0 | 1419.2 | 1500.0 | 1442.0 | 1415.7 | 1452.6 | 3943.3 | 3600.0 | 3771.7 |
| 5. İşlem | 1457.1 | 1409.8 | 1538.3 | 1468.4 | 1565.2 | 1471.4 | 1475.5 | 1504.1 | 3943.3 | 3600.0 | 3771.7 |
| 6. İşlem | 1457.1 | 1411.8 | 1508.3 | 1459.1 | 1565.2 | 1471.4 | 1475.5 | 1504.1 | 3943.3 | 3494.1 | 3718.7 |
| 7. İşlem | 1459.2 | 1411.8 | 1510.4 | 1460.5 | 1565.2 | 1471.4 | 1417.6 | 1484.8 | 3943.3 | 3494.1 | 3718.7 |
| 8. İşlem | 1461.2 | 1384.6 | 1479.6 | 1441.8 | 1600.0 | 1442.0 | 1446.0 | 1496.0 | 3816.1 | 3385.7 | 3600.9 |

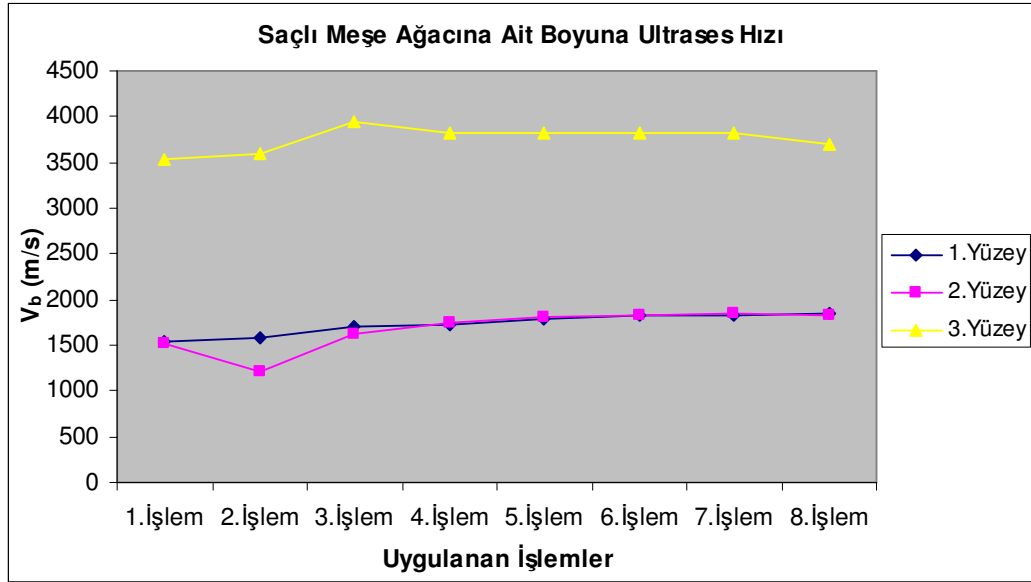


Şekil 7.12 Gök nar ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.22 Saçlı Meşe ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 1554.3 | 1543.5 | 1508.5 | 1535.4 | 1500.0 | 1556.2 | 1525.5 | 1527.2 | 3482.0 | 3584.8 | 3533.4 |
| 2.İşlem | - | - | 1577.3 | 1577.3 | 1163.3 | 1251.0 | - | 1207.1 | 3812.9 | 3371.4 | 3592.2 |
| 3.İşlem | 1590.9 | 1790.7 | 1726.8 | 1702.8 | 1593.3 | 1692.9 | 1588.9 | 1625.0 | 3946.7 | 3940.0 | 3943.3 |
| 4.İşlem | 1692.9 | 1729.3 | 1726.8 | 1716.3 | 1716.4 | 1751.2 | 1756.1 | 1741.2 | 3822.6 | 3816.1 | 3819.4 |
| 5.İşlem | 1780.0 | 1775.0 | 1815.4 | 1790.1 | 1805.0 | 1753.7 | 1846.2 | 1801.6 | 3822.6 | 3816.1 | 3819.4 |
| 6.İşlem | 1828.2 | 1823.1 | 1815.4 | 1822.2 | 1853.8 | 1800.0 | 1848.7 | 1834.2 | 3822.6 | 3816.1 | 3819.4 |
| 7.İşlem | 1828.2 | 1871.1 | 1815.4 | 1838.2 | 1856.4 | 1802.5 | 1900.0 | 1853.0 | 3822.6 | 3816.1 | 3819.4 |
| 8.İşlem | 1876.3 | 1871.1 | 1815.4 | 1854.3 | 1810.0 | 1802.5 | 1900.0 | 1837.5 | 3703.1 | 3696.9 | 3700.0 |

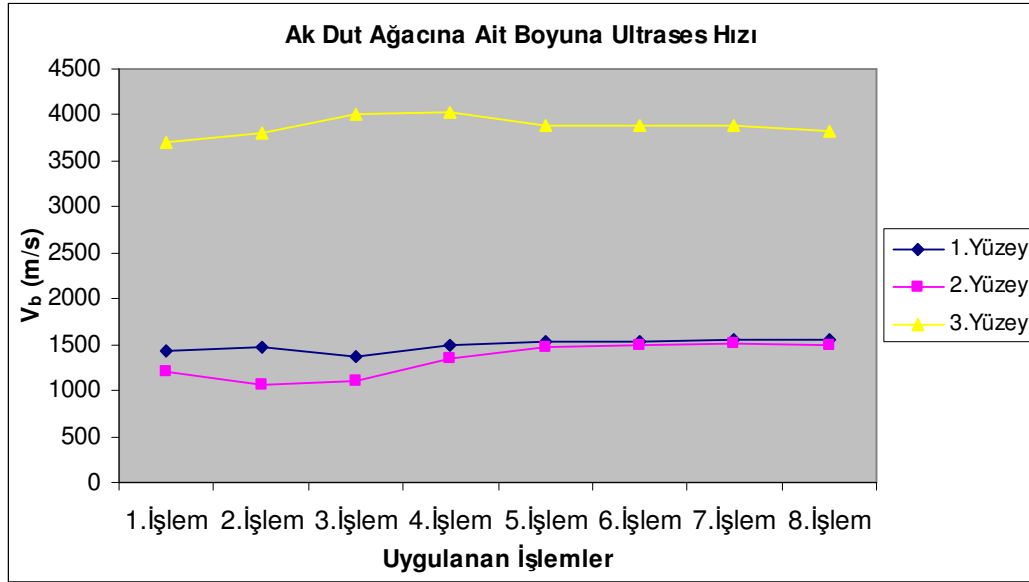


Şekil 7.13 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.5 Akdut Ağacı

Tablo 7.23 Ak Dut ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|---------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b\text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b\text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 1366.7 | 1430.6 | 1487.2 | 1428.2 | 1175.8 | 1387.3 | 1081.8 | 1215.0 | 3706.3 | 3709.4 | 3707.8 |
| 2.İşlem | - | 1356.0 | 1581.4 | 1468.7 | - | 1067.2 | - | 1067.2 | 3809.7 | 3816.1 | 3812.9 |
| 3.İşlem | 1354.9 | 1328.8 | 1426.5 | 1370.1 | - | 1132.3 | 1077.3 | 1104.8 | 3943.3 | 4086.2 | 4014.8 |
| 4.İşlem | 1418.4 | 1447.9 | 1593.2 | 1486.5 | 1337.7 | 1380.4 | 1349.1 | 1355.7 | 3950.0 | 4096.6 | 4023.3 |
| 5.İşlem | 1548.9 | 1485.1 | 1593.2 | 1542.4 | 1449.0 | 1470.8 | 1491.7 | 1470.5 | 3822.6 | 3963.3 | 3893.0 |
| 6.İşlem | 1551.1 | 1485.1 | 1595.5 | 1543.9 | 1472.9 | 1502.1 | 1527.7 | 1500.9 | 3822.6 | 3963.3 | 3893.0 |
| 7.İşlem | 1551.1 | 1487.2 | 1597.7 | 1545.4 | 1477.1 | 1504.3 | 1529.8 | 1503.7 | 3822.6 | 3963.3 | 3893.0 |
| 8.İşlem | 1586.4 | 1456.3 | 1597.7 | 1546.8 | 1477.1 | 1475.0 | 1529.8 | 1494.0 | 3822.6 | 3835.5 | 3829.0 |

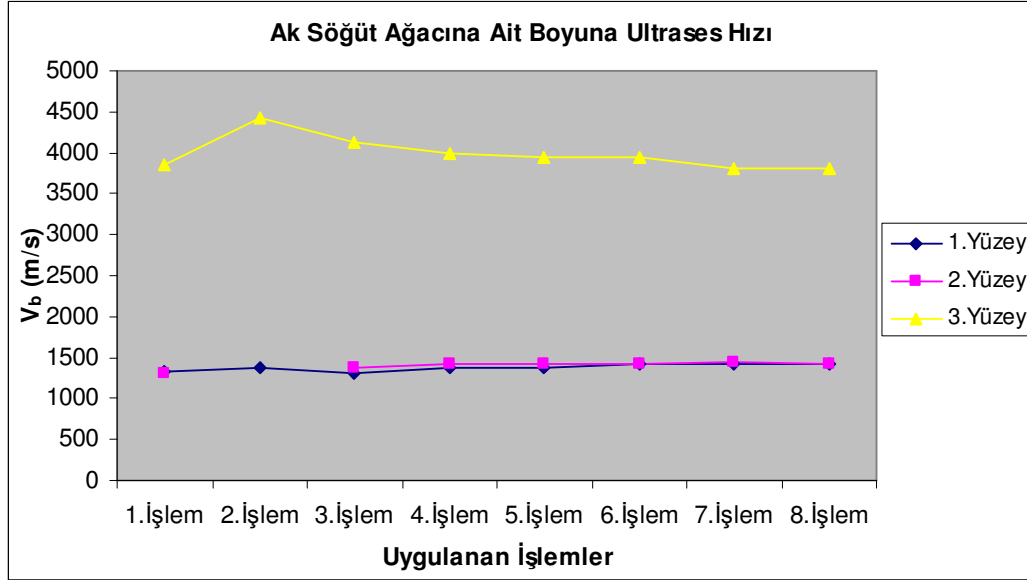


Şekil 7.14 Ak Dut ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.6 Ak Söğüt Ağacı

Tablo 7.24 Ak Söğüt ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|---------------|-------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b ort}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b ort}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b ort}$ (m/s) |
| 1. İşlem | - | 1487.5 | 1191.7 | 1339.6 | - | 1495.7 | 1114.3 | 1305 | 3709.4 | 3990.0 | 3849.7 |
| 2. İşlem | 1210.5 | 1384.0 | 1542.2 | 1378.9 | - | - | - | - | 4239.3 | 4600.0 | 4419.6 |
| 3. İşlem | 1237.9 | 1378.8 | 1287.5 | 1301.4 | 1392.2 | 1410.0 | 1339.6 | 1380.6 | 3970.0 | 4282.1 | 4126.1 |
| 4. İşlem | 1331.5 | 1465.3 | 1362.3 | 1386.4 | 1392.2 | 1542.6 | 1341.5 | 1425.4 | 3854.8 | 4134.5 | 3994.7 |
| 5. İşlem | 1358.5 | 1438.0 | 1366.0 | 1387.5 | 1396.1 | 1504.3 | 1343.4 | 1414.6 | 3734.4 | 4134.5 | 3934.4 |
| 6. İşlem | 1384.6 | 1440.0 | 1421.6 | 1415.4 | 1424.0 | 1506.4 | 1343.4 | 1424.6 | 3734.4 | 4134.5 | 3934.4 |
| 7. İşlem | 1384.6 | 1442.0 | 1425.5 | 1417.4 | 1426.0 | 1508.5 | 1371.2 | 1435.2 | 3621.2 | 3996.7 | 3808.9 |
| 8. İşlem | 1413.7 | 1413.7 | 1425.5 | 1417.6 | 1426.0 | 1477.1 | 1345.3 | 1416.1 | 3621.2 | 3996.7 | 3808.9 |

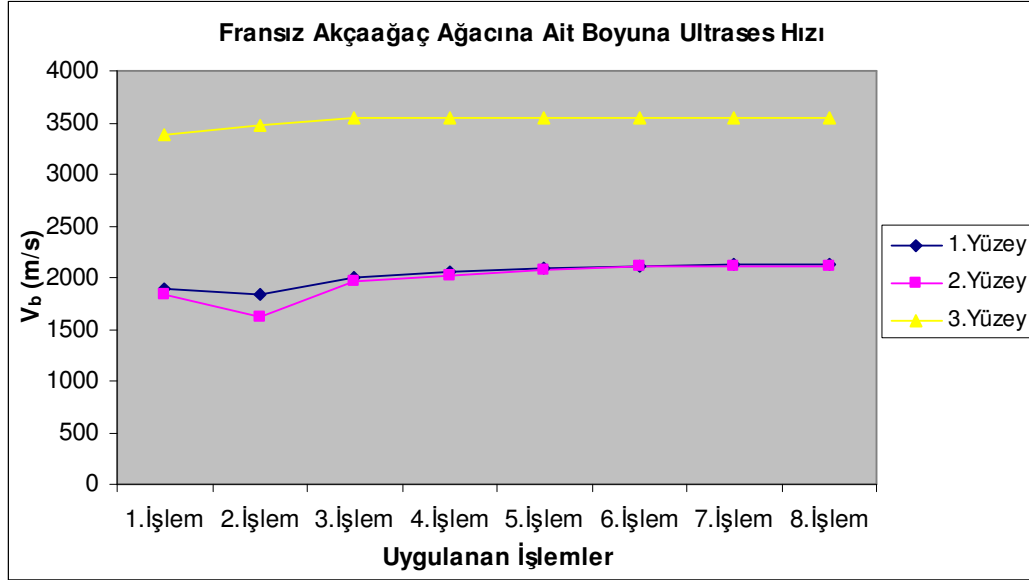


Şekil 7.15 Ak Söğüt ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.7 Fransız Akçağaç Ağacı

Tablo 7.25 Fransız Akçağaç ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 1846.2 | 1886.8 | 1945.9 | 1893.0 | 1731.0 | 1825.0 | 1973.0 | 1843.0 | 3476.4 | 3280.6 | 3378.5 |
| 2.İşlem | 1775.0 | 1865.8 | 1868.4 | 1836.4 | 1232.8 | 1802.5 | 1800.0 | 1611.8 | 3584.8 | 3371.4 | 3478.1 |
| 3.İşlem | 1956.8 | 2005.6 | 2013.9 | 1992.1 | 1928.9 | 1994.6 | 1983.8 | 1969.1 | 3590.9 | 3488.2 | 3539.6 |
| 4.İşlem | 2013.9 | 2065.7 | 2080.0 | 2053.2 | 1981.1 | 2050.0 | 2038.9 | 2023.3 | 3590.9 | 3488.2 | 3539.6 |
| 5.İşlem | 2071.4 | 2065.7 | 2144.1 | 2093.8 | 2038.9 | 2108.6 | 2097.1 | 2081.5 | 3590.9 | 3488.2 | 3539.6 |
| 6.İşlem | 2074.3 | 2126.5 | 2144.1 | 2115.0 | 2038.9 | 2108.6 | 2158.8 | 2102.1 | 3590.9 | 3488.2 | 3539.6 |
| 7.İşlem | 2077.1 | 2129.4 | 2150.0 | 2118.9 | 2038.9 | 2108.6 | 2158.8 | 2102.1 | 3590.9 | 3488.2 | 3539.6 |
| 8.İşlem | 2077.1 | 2129.4 | 2150.0 | 2118.9 | 2041.0 | 2108.6 | 2161.8 | 2103.8 | 3590.9 | 3488.2 | 3539.6 |

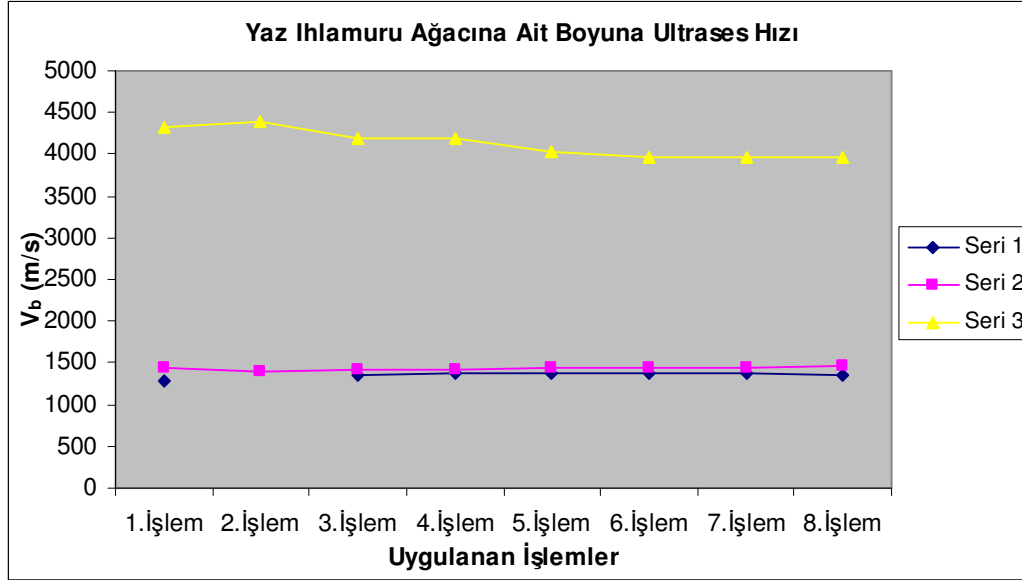


Şekil 7.16 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.8 Yaz İhlamuru Ağacı

Tablo 7.26 Yaz İhlamuru ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|---------------|-------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b ort}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b ort}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b ort}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 1340.4 | 1246.4 | 1277.8 | 1288.2 | 1380.0 | 1533.3 | 1391.8 | 1435.1 | 4103.4 | 4561.5 | 4332.5 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 1602.4 | 1049.2 | 1554.8 | 1402.1 | 4246.4 | 4557.7 | 4402.1 |
| 3.İşlem | 1324.1 | 1396.1 | 1339.6 | 1353.3 | 1350.0 | 1521.7 | 1390.0 | 1420.6 | 3966.7 | 4396.3 | 4181.5 |
| 4.İşlem | 1354.7 | 1402.0 | 1343.4 | 1366.7 | 1355.8 | 1528.3 | 1402.0 | 1428.7 | 3970.0 | 4400.0 | 4185.0 |
| 5.İşlem | 1358.5 | 1402.0 | 1369.2 | 1376.6 | 1361.5 | 1530.4 | 1430.6 | 1440.9 | 3841.9 | 4239.3 | 4040.6 |
| 6.İşlem | 1358.5 | 1402.0 | 1369.2 | 1376.6 | 1363.5 | 1532.6 | 1430.6 | 1442.2 | 3841.9 | 4093.1 | 3967.5 |
| 7.İşlem | 1362.3 | 1376.9 | 1369.2 | 1369.5 | 1363.5 | 1532.6 | 1430.6 | 1442.2 | 3841.9 | 4093.1 | 3967.5 |
| 8.İşlem | 1362.3 | 1350.9 | 1369.2 | 1360.8 | 1390.2 | 1595.8 | 1430.6 | 1472.2 | 3841.9 | 4093.1 | 3967.5 |

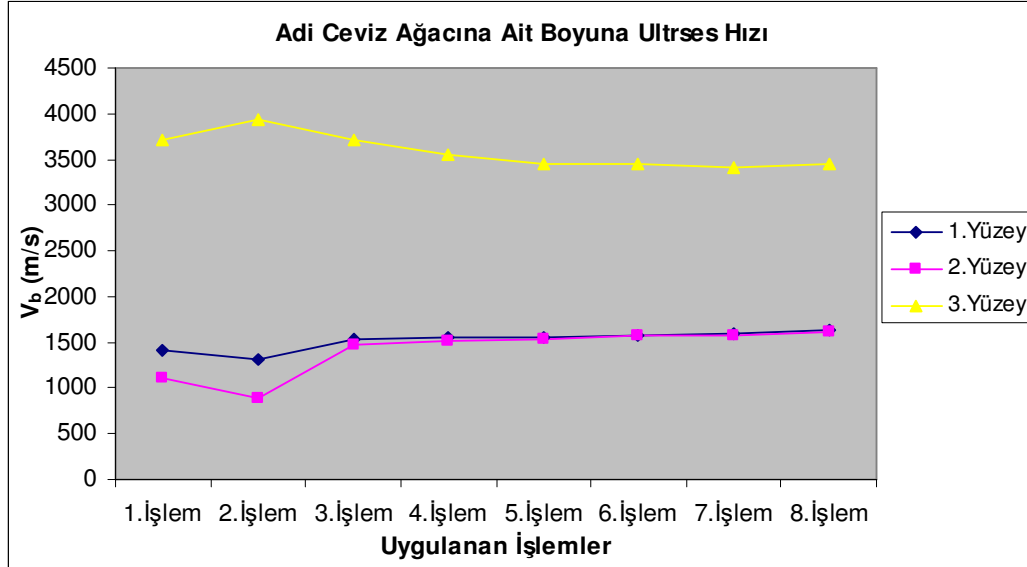


Şekil 7.17 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait boyuna ultrases hız grafiği

7.3.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.27 Adi Ceviz ağacından geçen boyuna ultrases hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) | V_b (m/s) | V_b (m/s s) | $V_{b \text{ ort}}$ (m/s) |
| 1. İşlem | 1478.3 | 1508.9 | 1236.4 | 1407.8 | 980.8 | 1409.8 | 968.9 | 1119.8 | 3593.9 | 3816.1 | 3705.0 |
| 2. İşlem | 1340.8 | 1328.6 | 1274.5 | 1314.6 | - | - | - | - | 3933.3 | 3936.7 | 3935.0 |
| 3. İşlem | 1508.7 | 1544.4 | 1537.8 | 1530.3 | 1479.6 | 1518.8 | 1431.4 | 1476.6 | 3700.0 | 3712.5 | 3706.3 |
| 4. İşlem | 1515.2 | 1546.7 | 1579.5 | 1547.1 | 1518.8 | 1522.9 | 1493.9 | 1511.8 | 3590.9 | 3494.1 | 3542.5 |
| 5. İşlem | 1519.6 | 1551.1 | 1618.6 | 1563.1 | 1551.1 | 1525.0 | 1531.3 | 1535.8 | 3488.2 | 3397.1 | 3442.7 |
| 6. İşlem | 1519.6 | 1551.1 | 1659.5 | 1576.7 | 1584.8 | 1557.4 | 1563.8 | 1568.7 | 3488.2 | 3397.1 | 3442.7 |
| 7. İşlem | 1555.6 | 1588.6 | 1661.9 | 1602.0 | 1620.0 | 1559.6 | 1568.1 | 1582.6 | 3435.3 | 3391.4 | 3413.4 |
| 8. İşlem | 1590.9 | 1590.9 | 1704.0 | 1628.6 | 1659.1 | 1595.7 | 1602.2 | 1619.0 | 3488.2 | 3397.1 | 3442.7 |



Şekil 7.18 Adi Ceviz ağacı numunesine ait boyuna ultrses hız grafiği

7.4 Enine Ultrses Dalgalarının Geçiş Hızının Hesaplanması

Daha önce yapılan çalışmalardan enine hızların boyuna hızların yaklaşık yarısı olması nedeniyle hesaplanan boyuna hızların yarısı alınarak enine hızlar m/s biriminden tablolarda gösterilmektedir.

7.4.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.28 Adi Ardıç ağacından geçen enine ultrses hızı

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 911.3 | 912.5 | 938.5 | 920.7 | 946.1 | 905.0 | 929.5 | 926.8 | 1258.5 | 1262.8 | 1260.6 |
| 2.İşlem | - | 622.4 | - | 622.4 | 601.7 | 589.5 | - | 595.6 | 1282.6 | 1374.4 | 1328.5 |
| 3.İşlem | 846.5 | 913.8 | 891.5 | 883.9 | 819.3 | 699.0 | 828.4 | 782.3 | 1184.0 | 1162.7 | 1173.4 |
| 4.İşlem | 934.6 | 916.3 | 941.0 | 930.6 | 902.5 | 791.3 | 889.0 | 860.9 | 1209.2 | 1188.0 | 1198.6 |
| 5.İşlem | 959.2 | 939.7 | 967.1 | 955.4 | 925.6 | 827.3 | 934.6 | 895.8 | 1209.2 | 1189.0 | 1199.1 |
| 6.İşlem | 986.5 | 964.5 | 993.2 | 981.4 | 975.7 | 911.3 | 960.5 | 949.2 | 1260.6 | 1238.5 | 1249.6 |
| 7.İşlem | 986.5 | 964.5 | 993.2 | 981.4 | 979.7 | 911.3 | 961.8 | 950.9 | 1235.4 | 1213.3 | 1224.3 |
| 8.İşlem | 1013.9 | 991.9 | 1020.8 | 1008.9 | 979.7 | 934.6 | 987.8 | 967.4 | 1261.7 | 1238.5 | 1250.1 |

7.4.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.29 Karaçam ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 812.5 | 771.7 | 765.2 | 783.2 | 816.3 | 763.0 | 795.5 | 791.6 | 1361.6 | 1953.3 | 1657.5 |
| 2.İşlem | 646.3 | 605.3 | 604.4 | 618.6 | 905.3 | 906.6 | 920.3 | 910.7 | 1536.8 | 2015.5 | 1776.2 |
| 3.İşlem | 851.2 | 847.6 | 836.9 | 845.2 | 859.8 | 853.7 | 851.2 | 854.9 | 1587.8 | 2013.8 | 1800.8 |
| 4.İşlem | 833.7 | 848.8 | 819.8 | 834.1 | 841.7 | 834.5 | 832.1 | 836.1 | 1546.1 | 1951.7 | 1748.9 |
| 5.İşlem | 834.9 | 829.1 | 820.9 | 828.3 | 842.9 | 857.3 | 833.3 | 844.5 | 1589.2 | 2019.0 | 1804.1 |
| 6.İşlem | 834.9 | 829.1 | 784.4 | 816.1 | 823.3 | 836.9 | 834.5 | 831.6 | 1547.4 | 1951.7 | 1749.5 |
| 7.İşlem | 815.9 | 810.2 | 767.4 | 797.8 | 823.3 | 836.9 | 815.1 | 825.1 | 1547.4 | 1951.7 | 1749.5 |
| 8.İşlem | 798.9 | 810.2 | 784.4 | 797.9 | 824.4 | 817.4 | 815.1 | 819.0 | 1507.7 | 1953.3 | 1730.5 |

7.4.3 Gök nar Ağacı

Tablo 7.30 Gök nar ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 584.4 | 717.0 | 591.8 | 631.1 | 570.6 | 631.6 | 547.0 | 583.1 | 1845.3 | 1413.1 | 1629.2 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | - | 577.9 | - | 577.9 | 1906.5 | 1736.8 | 1821.6 |
| 3.İşlem | 713.0 | 629.8 | 602.5 | 648.4 | 679.2 | 721.0 | 707.8 | 702.7 | 1971.7 | 1800.0 | 1885.8 |
| 4.İşlem | 727.6 | 678.3 | 723.0 | 709.6 | 750.0 | 721.0 | 707.8 | 726.3 | 1971.7 | 1800.0 | 1885.8 |
| 5.İşlem | 728.6 | 704.9 | 769.1 | 734.2 | 782.6 | 735.7 | 737.8 | 752.0 | 1971.7 | 1800.0 | 1885.8 |
| 6.İşlem | 728.6 | 705.9 | 754.2 | 729.5 | 782.6 | 735.7 | 737.8 | 752.0 | 1971.7 | 1747.1 | 1859.4 |
| 7.İşlem | 729.6 | 705.9 | 755.2 | 730.2 | 782.6 | 735.7 | 708.8 | 742.4 | 1971.7 | 1747.1 | 1859.4 |
| 8.İşlem | 730.6 | 692.3 | 739.8 | 720.9 | 800.0 | 721.0 | 723.0 | 748.0 | 1908.1 | 1692.9 | 1800.5 |

7.4.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.31 Saçlı Meşe ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 777.2 | 771.7 | 754.3 | 767.7 | 750.0 | 778.1 | 762.8 | 763.6 | 1741.0 | 1792.4 | 1766.7 |
| 2.İşlem | - | - | 788.6 | 788.6 | 581.7 | 625.5 | - | 603.6 | 1906.5 | 1685.7 | 1796.1 |
| 3.İşlem | 795.5 | 895.3 | 863.4 | 851.4 | 796.7 | 846.4 | 794.4 | 812.5 | 1973.3 | 1970.0 | 1971.7 |
| 4.İşlem | 846.4 | 864.6 | 863.4 | 858.2 | 858.2 | 875.6 | 878.0 | 870.6 | 1911.3 | 1908.1 | 1909.7 |
| 5.İşlem | 890.0 | 887.5 | 907.7 | 895.1 | 902.5 | 876.8 | 923.1 | 900.8 | 1911.3 | 1908.1 | 1909.7 |
| 6.İşlem | 914.1 | 911.5 | 907.7 | 911.1 | 926.9 | 900.0 | 924.4 | 917.1 | 1911.3 | 1908.1 | 1909.7 |
| 7.İşlem | 914.1 | 935.5 | 907.7 | 919.1 | 928.2 | 901.3 | 950.0 | 926.5 | 1911.3 | 1908.1 | 1909.7 |
| 8.İşlem | 938.2 | 935.5 | 907.7 | 927.1 | 905.0 | 901.3 | 950.0 | 918.8 | 1851.6 | 1848.4 | 1850.0 |

7.4.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.32 Ak Dut ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 683.3 | 715.3 | 743.6 | 714.1 | 587.9 | 693.6 | 540.9 | 607.5 | 1853.1 | 1854.7 | 1853.9 |
| 2.İşlem | - | 678.0 | 790.7 | 734.4 | - | 533.6 | - | 533.6 | 1904.8 | 1908.1 | 1906.5 |
| 3.İşlem | 677.5 | 664.4 | 713.3 | 685.0 | - | 566.1 | 538.6 | 552.4 | 1971.7 | 2043.1 | 2007.4 |
| 4.İşlem | 709.2 | 724.0 | 796.6 | 743.2 | 668.9 | 690.2 | 674.5 | 677.9 | 1975.0 | 2048.3 | 2011.6 |
| 5.İşlem | 774.4 | 742.6 | 796.6 | 771.2 | 724.5 | 735.4 | 745.8 | 735.2 | 1911.3 | 1981.7 | 1946.5 |
| 6.İşlem | 775.6 | 742.6 | 797.7 | 771.9 | 736.5 | 751.1 | 763.8 | 750.5 | 1911.3 | 1981.7 | 1946.5 |
| 7.İşlem | 775.6 | 743.6 | 798.9 | 772.7 | 738.5 | 752.1 | 764.9 | 751.9 | 1911.3 | 1981.7 | 1946.5 |
| 8.İşlem | 793.2 | 728.1 | 798.9 | 773.4 | 738.5 | 737.5 | 764.9 | 747.0 | 1911.3 | 1917.7 | 1914.5 |

7.4.6 Ak Sögüt Ağacı

Tablo 7.33 Ak Sögüt ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | - | 743.8 | 595.8 | 669.8 | - | 747.9 | 557.1 | 652.5 | 1854.7 | 1995.0 | 1924.8 |
| 2.İşlem | 605.3 | 692.0 | 771.1 | 689.5 | - | - | - | - | 2119.6 | 2300.0 | 2209.8 |
| 3.İşlem | 619.0 | 689.4 | 643.8 | 650.7 | 696.1 | 705.0 | 669.8 | 690.3 | 1985.0 | 2141.1 | 2063.0 |
| 4.İşlem | 665.7 | 732.7 | 681.1 | 693.2 | 696.1 | 771.3 | 670.8 | 712.7 | 1927.4 | 2067.2 | 1997.3 |
| 5.İşlem | 679.2 | 719.0 | 683.0 | 693.8 | 698.0 | 752.1 | 671.7 | 707.3 | 1867.2 | 2067.2 | 1967.2 |
| 6.İşlem | 692.3 | 720.0 | 710.8 | 707.7 | 712.0 | 753.2 | 671.7 | 712.3 | 1867.2 | 2067.2 | 1967.2 |
| 7.İşlem | 692.3 | 721.0 | 712.7 | 708.7 | 713.0 | 754.3 | 685.6 | 717.6 | 1810.6 | 1998.3 | 1904.5 |
| 8.İşlem | 706.9 | 706.9 | 712.7 | 708.8 | 713.0 | 738.5 | 672.6 | 708.1 | 1810.6 | 1998.3 | 1904.5 |

7.4.7 Fransız Akağaç Ağacı

Tablo 7.34 Fransız Akçağaç ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 923.1 | 943.4 | 973.0 | 946.5 | 865.5 | 912.5 | 986.5 | 921.5 | 1738.2 | 1640.3 | 1689.2 |
| 2.İşlem | 887.5 | 932.9 | 934.2 | 918.2 | 616.4 | 901.3 | 900.0 | 805.9 | 1792.4 | 1685.7 | 1739.1 |
| 3.İşlem | 978.4 | 1002.8 | 1006.9 | 996.0 | 964.5 | 997.3 | 991.9 | 984.6 | 1795.5 | 1744.1 | 1769.8 |
| 4.İşlem | 1006.9 | 1032.9 | 1040.0 | 1026.6 | 990.5 | 1025.0 | 1019.4 | 1011.7 | 1795.5 | 1744.1 | 1769.8 |
| 5.İşlem | 1035.7 | 1032.9 | 1072.1 | 1046.9 | 1019.4 | 1054.3 | 1048.6 | 1040.8 | 1795.5 | 1744.1 | 1769.8 |
| 6.İşlem | 1037.1 | 1063.2 | 1072.1 | 1057.5 | 1019.4 | 1054.3 | 1079.4 | 1051.0 | 1795.5 | 1744.1 | 1769.8 |
| 7.İşlem | 1038.6 | 1064.7 | 1075.0 | 1059.4 | 1019.4 | 1054.3 | 1079.4 | 1051.0 | 1795.5 | 1744.1 | 1769.8 |
| 8.İşlem | 1038.6 | 1064.7 | 1075.0 | 1059.4 | 1020.5 | 1054.3 | 1080.9 | 1051.9 | 1795.5 | 1744.1 | 1769.8 |

7.4.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.35 Yaz Ihlamuru ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 670.2 | 623.2 | 638.9 | 644.1 | 690.0 | 766.7 | 695.9 | 717.5 | 2051.7 | 2280.8 | 2166.2 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 801.2 | 524.6 | 777.4 | 701.1 | 2123.2 | 2278.8 | 2201.0 |
| 3.İşlem | 662.0 | 698.0 | 669.8 | 676.6 | 675.0 | 760.9 | 695.0 | 710.3 | 1983.3 | 2198.1 | 2090.7 |
| 4.İşlem | 677.4 | 701.0 | 671.7 | 683.3 | 677.9 | 764.1 | 701.0 | 714.3 | 1985.0 | 2200.0 | 2092.5 |
| 5.İşlem | 679.2 | 701.0 | 684.6 | 688.3 | 680.8 | 765.2 | 715.3 | 720.4 | 1921.0 | 2119.6 | 2020.3 |
| 6.İşlem | 679.2 | 701.0 | 684.6 | 688.3 | 681.7 | 766.3 | 715.3 | 721.1 | 1921.0 | 2046.6 | 1983.8 |
| 7.İşlem | 681.1 | 688.5 | 684.6 | 684.7 | 681.7 | 766.3 | 715.3 | 721.1 | 1921.0 | 2046.6 | 1983.8 |
| 8.İşlem | 681.1 | 675.5 | 684.6 | 680.4 | 695.1 | 797.9 | 715.3 | 736.1 | 1921.0 | 2046.6 | 1983.8 |

7.4.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.36 Adi Ceviz ağacından geçen enine ultrases hızı

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) | V_e (m/s) | V_e (m/s) | $V_{e\text{ ort}}$ (m/s) |
| 1.İşlem | 739.1 | 754.4 | 618.2 | 703.9 | 490.4 | 704.9 | 484.5 | 559.9 | 1797.0 | 1908.1 | 1852.5 |
| 2.İşlem | 670.4 | 664.3 | 637.3 | 657.3 | - | - | - | - | 1966.7 | 1968.3 | 1967.5 |
| 3.İşlem | 754.3 | 772.2 | 768.9 | 765.2 | 739.8 | 759.4 | 715.7 | 738.3 | 1850.0 | 1856.3 | 1853.1 |
| 4.İşlem | 757.6 | 773.3 | 789.8 | 773.6 | 759.4 | 761.5 | 746.9 | 755.9 | 1795.5 | 1747.1 | 1771.3 |
| 5.İşlem | 759.8 | 775.6 | 809.3 | 781.5 | 775.5 | 762.5 | 765.6 | 767.9 | 1744.1 | 1698.6 | 1721.3 |
| 6.İşlem | 759.8 | 775.6 | 829.8 | 788.4 | 792.4 | 778.7 | 781.9 | 784.3 | 1744.1 | 1698.6 | 1721.3 |
| 7.İşlem | 777.8 | 794.3 | 831.0 | 801.0 | 810.0 | 779.8 | 784.0 | 791.3 | 1717.6 | 1695.7 | 1706.7 |
| 8.İşlem | 795.5 | 795.5 | 852.0 | 814.3 | 829.5 | 797.8 | 801.1 | 809.5 | 1744.1 | 1698.6 | 1721.3 |

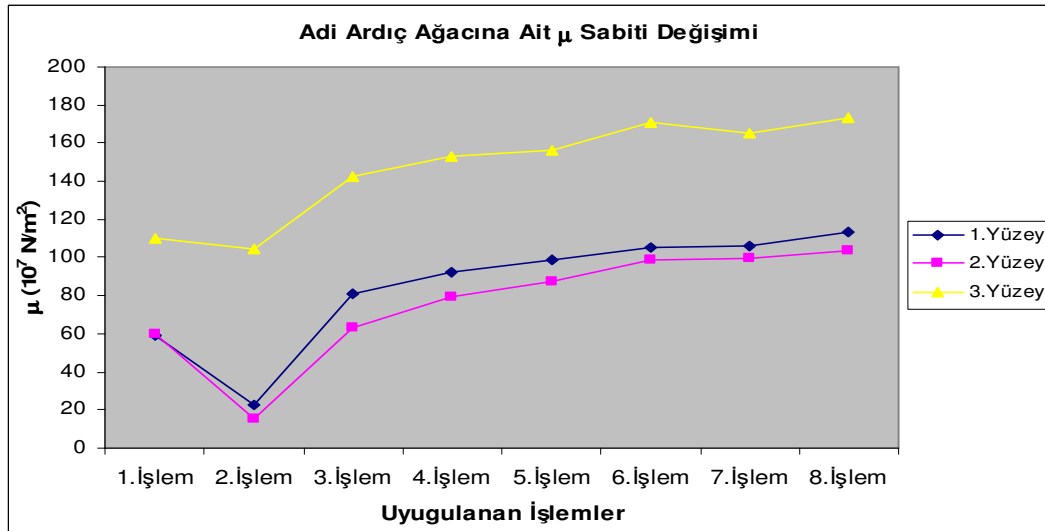
7.5 Numunelerin μ Sabitlerinin Hesaplanması

Lame sabitlerinden birisi olan ve kayma modülü olarak da bilinen μ , 6.4. bölümde hesaplanan enine hızlar ve 6.1.bölümlerde hesaplanan ρ değerleri $v_e = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ denkleminde yerine yazılarak hesaplanmıştır. Her bir yüzey ve her yüzeyin için hesaplanan μ sabitlerinin ortalamaları tablo ve grafiklerde gösterilmektedir.

7.5.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.37 Adi Ardıç ağacının μ sabiti değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 57.7 | 57.9 | 61.2 | 58.9 | 62.2 | 56.9 | 60.0 | 59.7 | 110.1 | 110.8 | 110.4 |
| 2.İşlem | - | 22.9 | - | 22.9 | 21.4 | 20.5 | - | 21 | 97.2 | 111.6 | 104.4 |
| 3.İşlem | 74.0 | 86.2 | 82.0 | 80.7 | 69.3 | 50.4 | 70.8 | 63.5 | 144.7 | 139.6 | 142.1 |
| 4.İşlem | 93.2 | 89.6 | 94.5 | 92.4 | 86.9 | 66.8 | 84.3 | 79.3 | 156.0 | 150.5 | 153.3 |
| 5.İşlem | 99.8 | 95.8 | 101.4 | 99.0 | 92.9 | 74.2 | 94.7 | 87.3 | 158.6 | 153.3 | 155.9 |
| 6.İşlem | 106.6 | 101.9 | 108.0 | 105.5 | 104.2 | 90.9 | 101.0 | 98.7 | 174.0 | 168.0 | 171.0 |
| 7.İşlem | 107.1 | 102.4 | 108.6 | 106.1 | 105.7 | 91.4 | 101.9 | 99.6 | 168.0 | 162.1 | 165.0 |
| 8.İşlem | 114.1 | 109.2 | 115.7 | 113.0 | 106.6 | 97.0 | 108.4 | 104.0 | 176.8 | 170.3 | 173.5 |

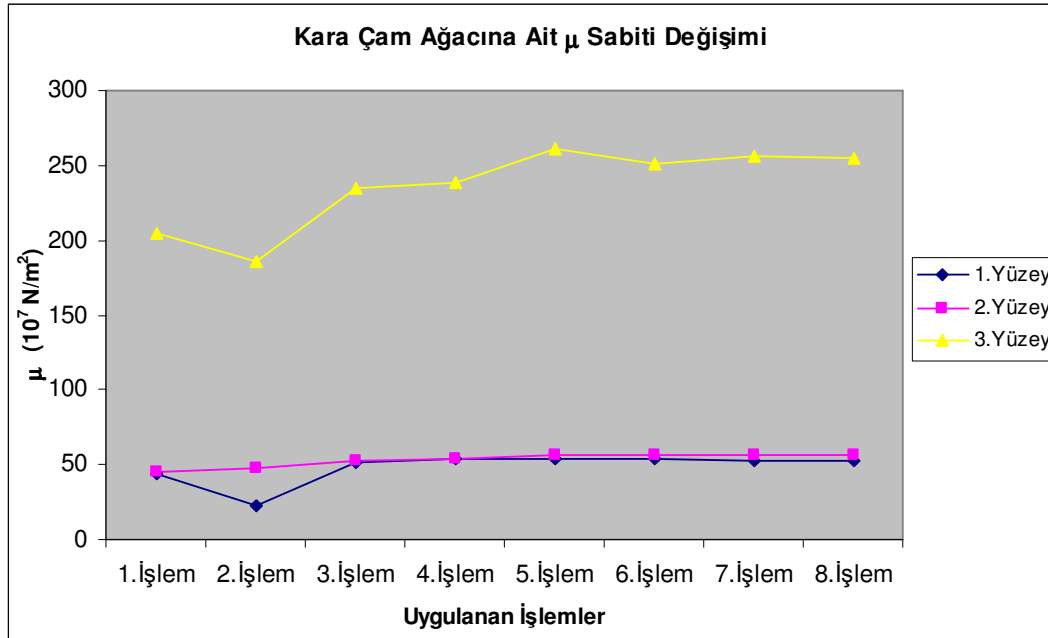


Şekil 7.19 Adi Ardıç ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.38 Kara Çam ağacının μ sabiti değerleri

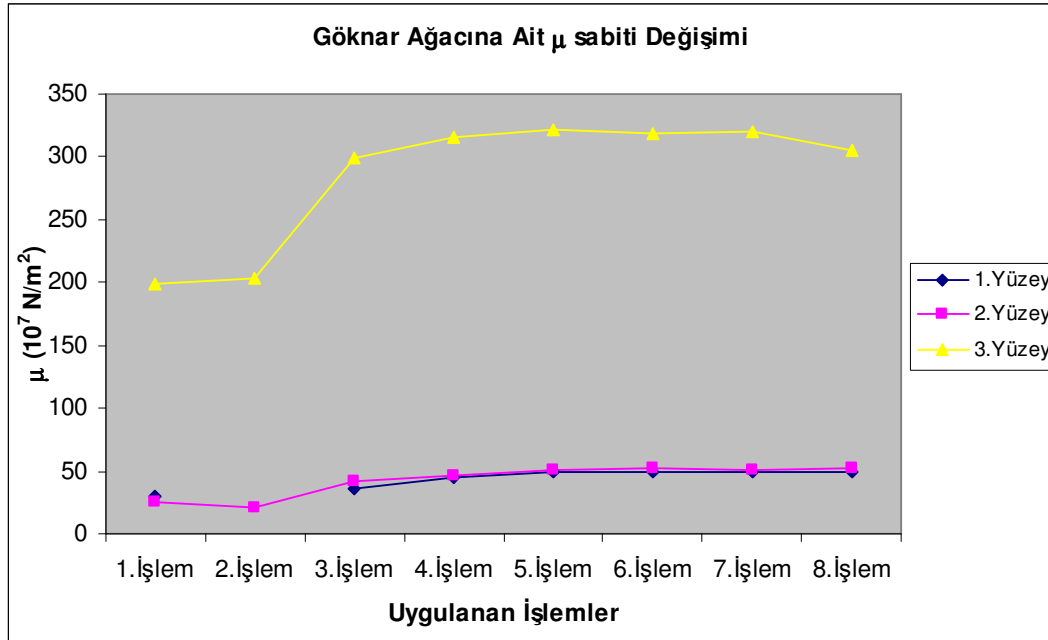
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 47.8 | 43.1 | 42.4 | 44.4 | 48.2 | 42.1 | 45.8 | 45.4 | 134.1 | 276.0 | 205.1 |
| 2.İşlem | 24.1 | 21.2 | 21.1 | 22.1 | 47.3 | 47.5 | 48.9 | 47.9 | 136.4 | 234.6 | 185.5 |
| 3.İşlem | 51.8 | 51.3 | 50.0 | 51.0 | 52.8 | 52.1 | 51.8 | 52.2 | 180.1 | 289.7 | 234.9 |
| 4.İşlem | 53.4 | 55.4 | 51.6 | 53.5 | 54.4 | 53.5 | 53.2 | 53.7 | 183.7 | 292.7 | 238.2 |
| 5.İşlem | 55.2 | 54.4 | 53.4 | 54.3 | 56.3 | 58.2 | 55.0 | 56.5 | 200.0 | 322.8 | 261.4 |
| 6.İşlem | 56.5 | 55.7 | 49.9 | 54.0 | 54.9 | 56.8 | 56.5 | 56.1 | 194.1 | 308.8 | 251.4 |
| 7.İşlem | 54.9 | 54.1 | 48.5 | 52.5 | 55.9 | 57.7 | 54.8 | 56.1 | 197.3 | 313.9 | 255.6 |
| 8.İşlem | 53.4 | 55.0 | 51.5 | 53.3 | 56.9 | 55.9 | 55.6 | 56.1 | 190.3 | 319.4 | 254.8 |

Şekil 7.20 Kara Çam ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.3 Gökmar Ağacı

Tablo 7.39 Gökmar ağacının μ sabiti değerleri

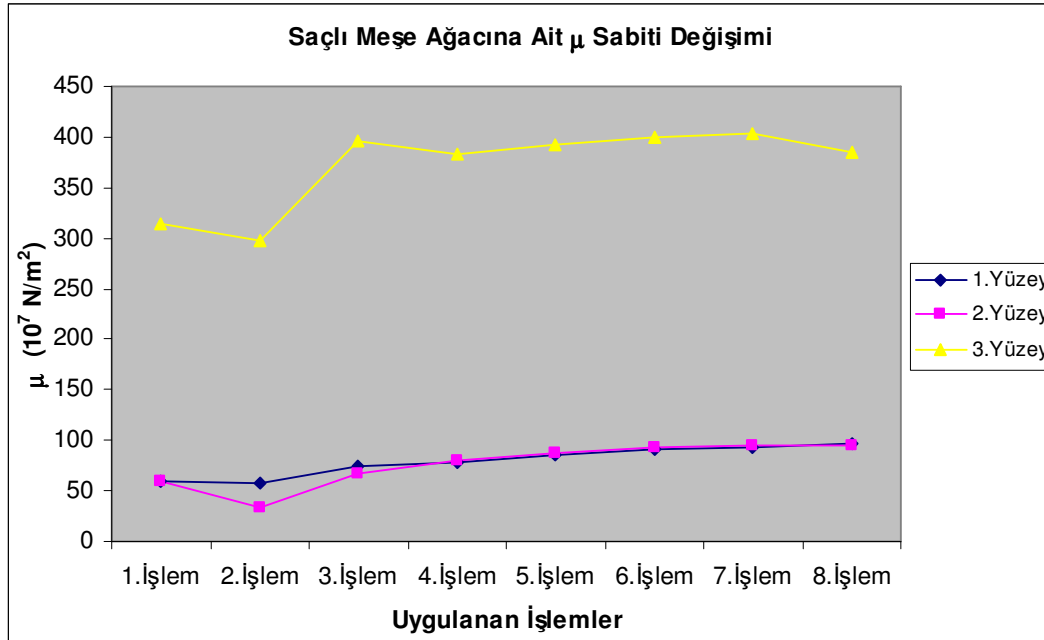
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 25.1 | 37.8 | 25.8 | 29.6 | 24.0 | 29.3 | 22.0 | 25.1 | 250.5 | 146.9 | 198.7 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | - | 20.4 | - | 20.4 | 222.4 | 184.5 | 203.4 |
| 3.İşlem | 42.7 | 33.3 | 30.5 | 35.5 | 38.7 | 43.6 | 42.0 | 41.5 | 326.2 | 271.9 | 299.1 |
| 4.İşlem | 46.8 | 40.7 | 46.2 | 44.6 | 49.8 | 46.0 | 44.3 | 46.7 | 343.9 | 286.6 | 315.2 |
| 5.İşlem | 48.0 | 44.9 | 53.5 | 48.8 | 55.4 | 48.9 | 49.2 | 51.2 | 351.4 | 292.9 | 322.1 |
| 6.İşlem | 48.7 | 45.7 | 52.2 | 48.9 | 56.2 | 49.7 | 50.0 | 51.9 | 356.8 | 280.1 | 318.5 |
| 7.İşlem | 49.2 | 46.0 | 52.7 | 49.3 | 56.6 | 50.0 | 46.4 | 51.0 | 359.3 | 282.1 | 320.7 |
| 8.İşlem | 50.0 | 44.9 | 51.2 | 48.7 | 59.9 | 48.7 | 48.9 | 52.5 | 340.8 | 268.3 | 304.6 |

Şekil 7.21 Gökmar ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.40 Saçlı Meşe ağacının μ sabiti değerleri

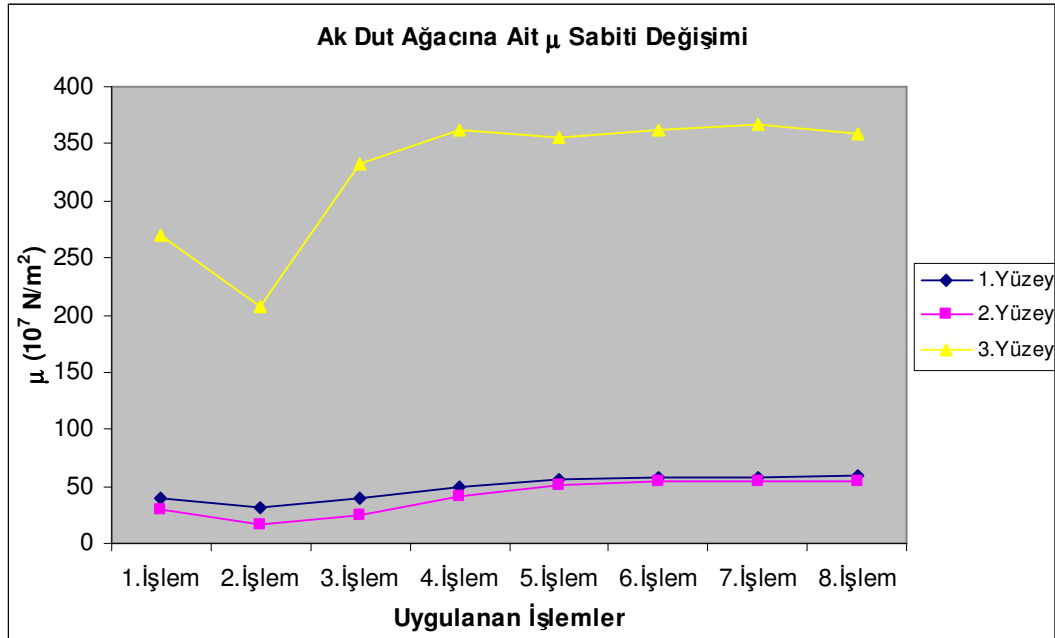
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 60.8 | 59.9 | 57.3 | 59.3 | 56.6 | 60.9 | 58.6 | 58.7 | 305.1 | 323.4 | 314.2 |
| 2.İşlem | - | - | 57.3 | 57.3 | 31.2 | 36.0 | - | 33.6 | 334.8 | 261.8 | 298.3 |
| 3.İşlem | 64.6 | 81.8 | 76.1 | 74.2 | 64.8 | 73.1 | 64.4 | 67.5 | 397.6 | 396.2 | 396.9 |
| 4.İşlem | 75.4 | 78.6 | 78.4 | 77.5 | 77.5 | 80.7 | 81.1 | 79.7 | 384.3 | 383.0 | 383.6 |
| 5.İşlem | 85.4 | 84.9 | 88.8 | 86.4 | 87.8 | 82.9 | 91.9 | 87.5 | 393.8 | 392.5 | 393.2 |
| 6.İşlem | 91.6 | 91.1 | 90.3 | 91.0 | 94.2 | 88.8 | 93.7 | 92.2 | 400.5 | 399.1 | 399.8 |
| 7.İşlem | 92.6 | 97.0 | 91.3 | 93.7 | 95.5 | 90.0 | 100.0 | 95.2 | 405.0 | 403.6 | 404.3 |
| 8.İşlem | 99.0 | 98.5 | 92.7 | 96.7 | 92.2 | 91.4 | 101.5 | 95.0 | 385.7 | 384.4 | 385.1 |

Şekil 7.22 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.41 Ak Dut ağacının μ sabiti değerleri

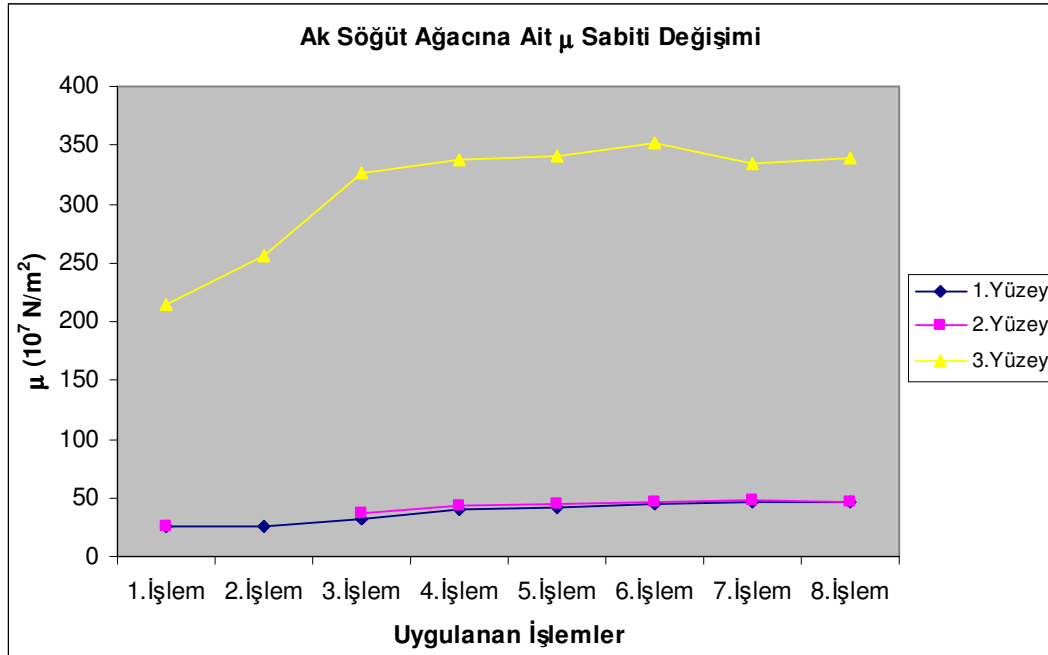
| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 36.8 | 40.3 | 43.5 | 40.2 | 27.2 | 37.9 | 23.0 | 29.4 | 270.4 | 270.9 | 270.6 |
| 2.İşlem | - | 26.3 | 35.8 | 31.1 | - | 16.3 | - | 16.3 | 207.5 | 208.2 | 207.9 |
| 3.İşlem | 37.8 | 36.4 | 41.9 | 38.7 | - | 26.4 | 23.9 | 25.2 | 320.5 | 344.2 | 332.3 |
| 4.İşlem | 45.1 | 47.0 | 56.9 | 49.6 | 40.1 | 42.7 | 40.8 | 41.2 | 349.5 | 375.9 | 362.7 |
| 5.İşlem | 56.2 | 51.7 | 59.5 | 55.8 | 49.2 | 50.7 | 52.1 | 50.7 | 342.3 | 368.0 | 355.1 |
| 6.İşlem | 57.6 | 52.8 | 60.9 | 57.1 | 51.9 | 54.0 | 55.8 | 53.9 | 349.6 | 375.8 | 362.7 |
| 7.İşlem | 58.3 | 53.6 | 61.9 | 58.0 | 52.9 | 54.9 | 56.7 | 54.8 | 354.3 | 380.9 | 367.6 |
| 8.İşlem | 61.7 | 52.0 | 62.6 | 58.8 | 53.5 | 53.4 | 57.4 | 54.8 | 358.4 | 360.8 | 359.6 |

Şekil 7.23 Ak Dut ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.6 Ak Söğüt Ağacı

Tablo 7.42 Ak Söğüt ağacının μ sabiti değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | - | 32.0 | 20.5 | 26.3 | - | 32.4 | 18.0 | 25.2 | 199.1 | 230.4 | 214.7 |
| 2.İşlem | 19.1 | 25.0 | 31.1 | 25.1 | - | - | - | - | 234.7 | 276.4 | 255.6 |
| 3.İşlem | 29.3 | 36.4 | 31.7 | 32.5 | 37.1 | 38.0 | 34.3 | 36.5 | 301.5 | 350.8 | 326.1 |
| 4.İşlem | 37.4 | 45.3 | 39.2 | 40.7 | 40.9 | 50.2 | 38.0 | 43.1 | 313.8 | 360.9 | 337.3 |
| 5.İşlem | 40.6 | 45.5 | 41.1 | 42.4 | 42.9 | 49.8 | 39.7 | 44.1 | 306.9 | 376.2 | 341.5 |
| 6.İşlem | 43.6 | 47.1 | 45.9 | 45.5 | 46.1 | 51.6 | 41.0 | 46.2 | 316.8 | 388.4 | 352.6 |
| 7.İşlem | 44.0 | 47.8 | 46.7 | 46.1 | 46.7 | 52.3 | 43.2 | 47.4 | 301.2 | 366.8 | 334.0 |
| 8.İşlem | 46.6 | 46.7 | 47.4 | 46.9 | 47.5 | 50.9 | 42.2 | 46.9 | 306.1 | 372.8 | 339.5 |

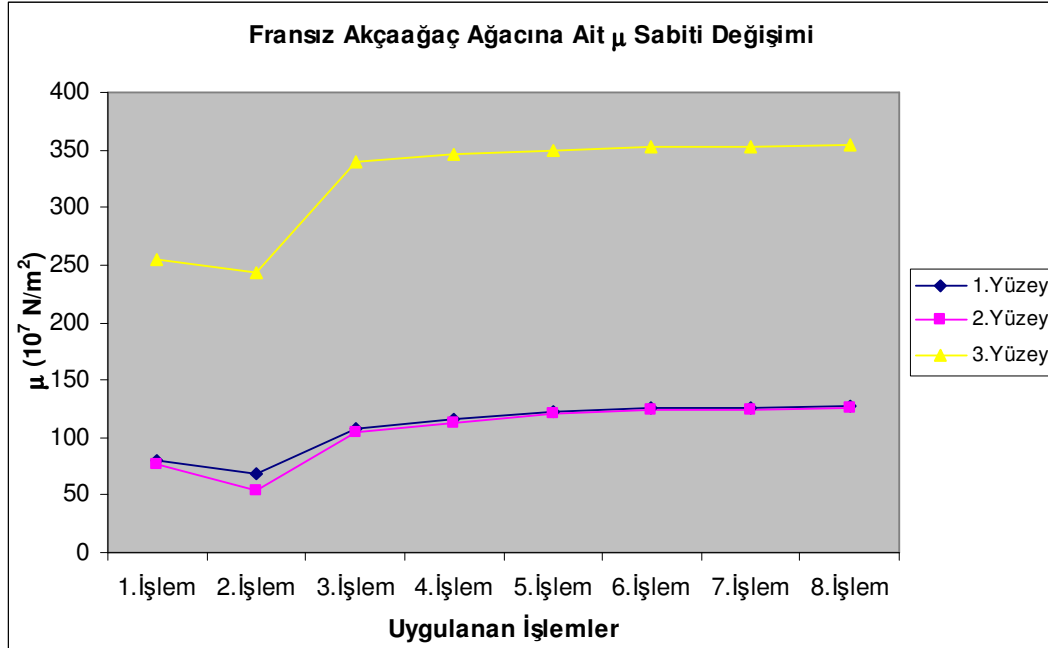


Şekil 7.24 Ak Söğüt ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.7 Fransız Akçağaç Ağacı

Tablo 7.43 Fransız Akçağaç ağacının μ sabiti değerleri

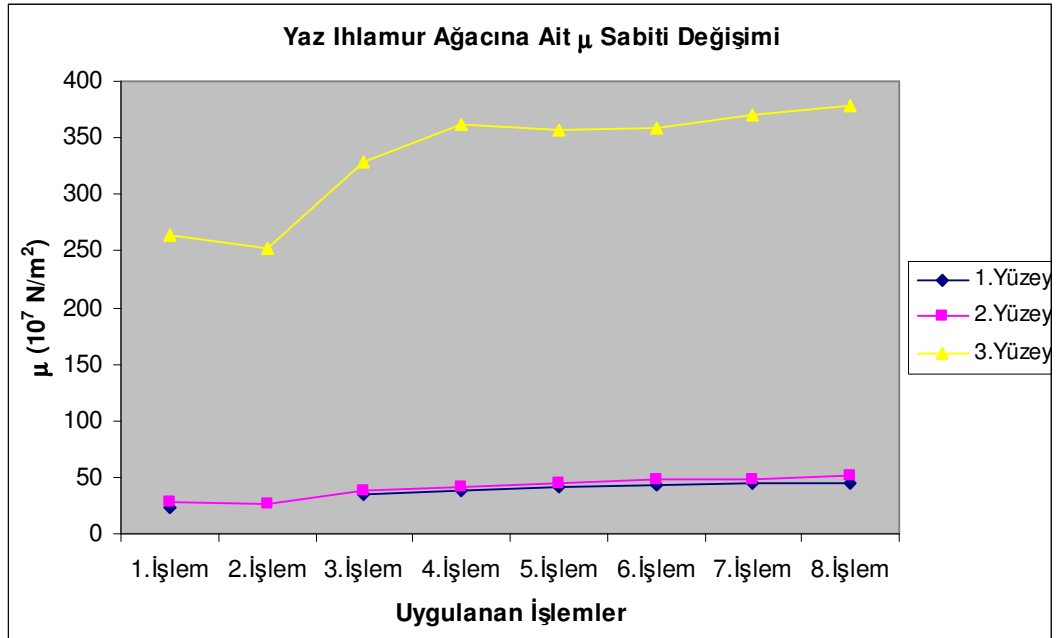
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 76.0 | 79.4 | 84.4 | 80.0 | 66.8 | 74.3 | 86.8 | 76.0 | 269.5 | 240.0 | 254.8 |
| 2.İşlem | 63.5 | 70.1 | 70.3 | 68.0 | 30.6 | 65.4 | 65.3 | 53.8 | 258.8 | 228.9 | 243.9 |
| 3.İşlem | 103.8 | 109.1 | 110.0 | 107.6 | 100.9 | 107.9 | 106.7 | 105.2 | 349.6 | 329.9 | 339.8 |
| 4.İşlem | 112.1 | 118.0 | 119.6 | 116.6 | 108.5 | 116.2 | 114.9 | 113.2 | 356.4 | 336.4 | 346.4 |
| 5.İşlem | 119.8 | 119.2 | 128.4 | 122.4 | 116.1 | 124.2 | 122.8 | 121.0 | 360.1 | 339.8 | 349.9 |
| 6.İşlem | 121.1 | 127.2 | 129.4 | 125.9 | 117.0 | 125.1 | 131.1 | 124.4 | 362.8 | 342.4 | 352.6 |
| 7.İşlem | 121.5 | 127.7 | 130.2 | 126.4 | 117.1 | 125.2 | 131.2 | 124.5 | 363.1 | 342.6 | 352.9 |
| 8.İşlem | 121.8 | 128.0 | 130.5 | 126.8 | 117.6 | 125.5 | 131.9 | 125.0 | 364.0 | 343.5 | 353.7 |

Şekil 7.25 Fransız Akçağaç ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.44 Yaz Ihlamuru ağacının μ sabiti değerleri

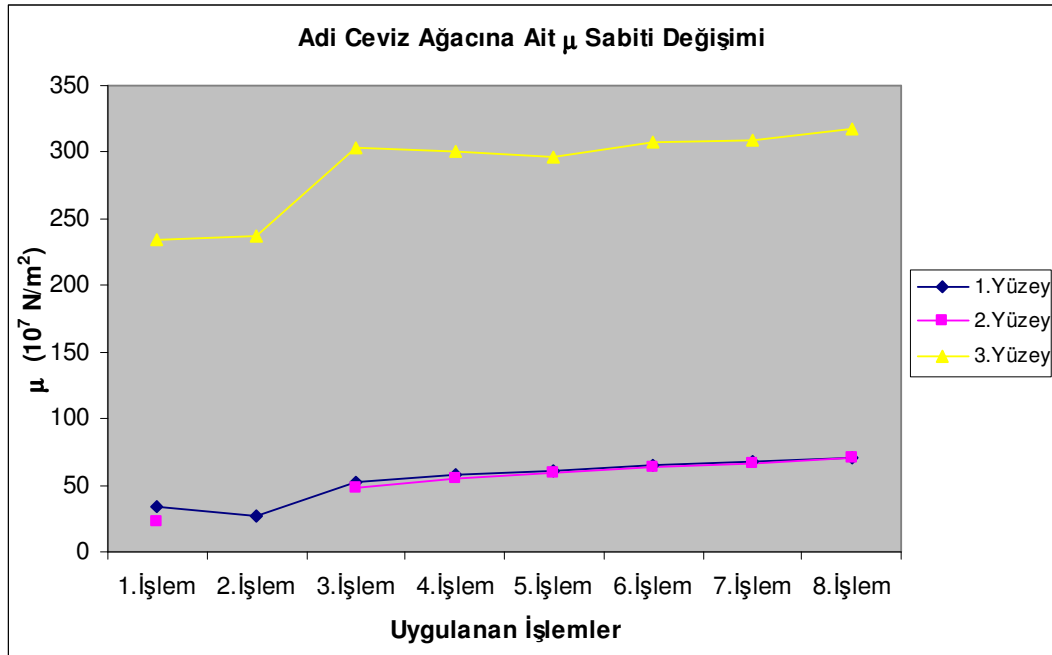
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 25.2 | 21.8 | 22.9 | 23.3 | 26.7 | 32.9 | 27.1 | 28.9 | 235.9 | 291.5 | 263.7 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 33.4 | 14.3 | 31.5 | 26.4 | 234.9 | 270.6 | 252.7 |
| 3.İşlem | 32.9 | 36.6 | 33.7 | 34.4 | 34.2 | 43.4 | 36.2 | 37.9 | 295.1 | 362.5 | 328.8 |
| 4.İşlem | 37.8 | 40.4 | 37.1 | 38.4 | 37.8 | 48.1 | 40.4 | 42.1 | 324.3 | 398.4 | 361.3 |
| 5.İşlem | 40.2 | 42.8 | 40.8 | 41.3 | 40.4 | 51.0 | 44.6 | 45.3 | 321.3 | 391.2 | 356.2 |
| 6.İşlem | 41.9 | 44.6 | 42.6 | 43.0 | 42.2 | 53.3 | 46.5 | 47.3 | 335.2 | 380.5 | 357.8 |
| 7.İşlem | 43.5 | 44.5 | 44.0 | 44.0 | 43.6 | 55.1 | 48.0 | 48.9 | 346.3 | 393.1 | 369.7 |
| 8.İşlem | 44.5 | 43.8 | 45.0 | 44.4 | 46.3 | 61.1 | 49.1 | 52.2 | 353.9 | 401.7 | 377.8 |

Şekil 7.26 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.5.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.45 Adi Ceviz ağacının μ sabiti değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{10^7} N/m ² | μ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 37.3 | 38.8 | 26.1 | 34.1 | 16.4 | 33.9 | 16.0 | 22.1 | 220.3 | 248.4 | 234.4 |
| 2.İşlem | 27.5 | 27.0 | 24.8 | 26.4 | - | - | - | - | 236.3 | 236.7 | 236.5 |
| 3.İşlem | 50.3 | 52.7 | 52.3 | 51.8 | 48.4 | 51.0 | 45.3 | 48.2 | 302.7 | 304.8 | 303.7 |
| 4.İşlem | 55.0 | 57.3 | 59.8 | 57.4 | 55.3 | 55.6 | 53.5 | 54.8 | 309.0 | 292.6 | 300.8 |
| 5.İşlem | 57.8 | 60.2 | 65.6 | 61.2 | 60.2 | 58.2 | 58.7 | 59.1 | 304.6 | 288.9 | 296.8 |
| 6.İşlem | 59.9 | 62.5 | 71.5 | 64.6 | 65.2 | 63.0 | 63.5 | 63.9 | 315.8 | 299.6 | 307.7 |
| 7.İşlem | 64.2 | 66.9 | 73.2 | 68.1 | 69.6 | 64.5 | 65.2 | 66.4 | 312.9 | 305.0 | 308.9 |
| 8.İşlem | 67.8 | 67.8 | 77.8 | 71.2 | 73.8 | 68.2 | 68.8 | 70.3 | 326.1 | 309.3 | 317.7 |

Şekil 7.27 Adi Ceviz ağacı numunesine ait μ sabiti değişim grafiği

7.6 Numunelerin λ Sabitlerinin Hesaplanması

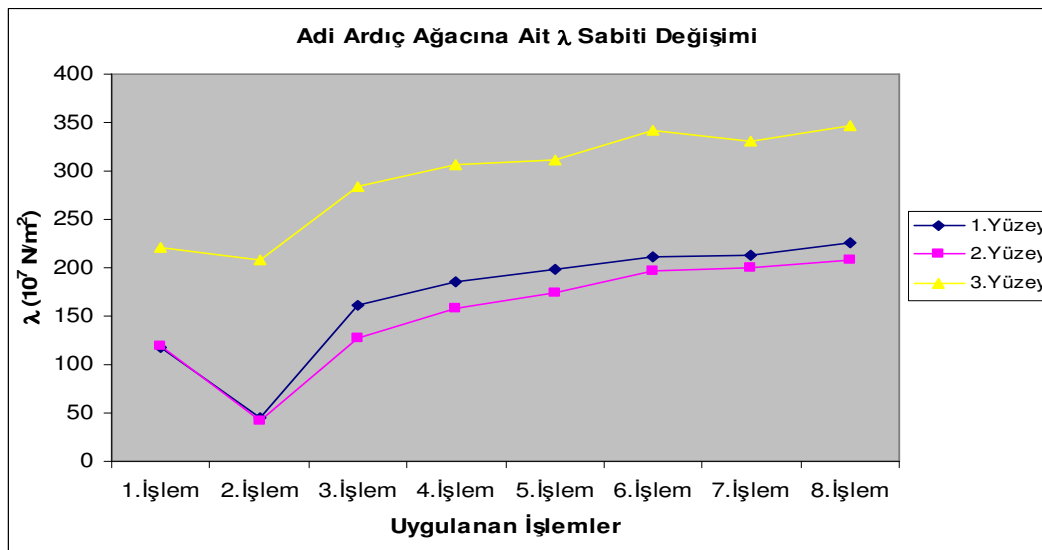
$$2.4. \text{ bölümde ultrases hızı için temel bağıntılarda verilen } v_b = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

denkleminde 6.1. bölümde hesaplanan ρ yoğunluk değeri ile 6.3. bölümde hesaplanan boyuna hızlar ve 6.5. bölümde hesaplanan μ sabitleri yerleştirilerek Lamé elastik sabiti λ her bir numune için hesaplanarak tablo ve grafiklerde gösterilmektedir.

7.6.1 Adi Ardiç Ağacı

Tablo 7.46 Adi Ardiç ağacının λ sabiti değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ_{ort} 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ_{ort} 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ 10^7 N/m ² | λ_{ort} 10^7 N/m ² |
| 1.İşlem | 115.4 | 115.7 | 122.4 | 117.9 | 124.4 | 113.8 | 120.1 | 119.4 | 220.1 | 221.6 | 220.9 |
| 2.İşlem | - | 45.8 | - | 45.8 | 42.8 | 41.1 | - | 42.0 | 194.3 | 223.1 | 208.7 |
| 3.İşlem | 148.0 | 172.4 | 164.1 | 161.5 | 138.6 | 100.9 | 141.7 | 127.1 | 289.4 | 279.1 | 284.3 |
| 4.İşlem | 186.4 | 179.1 | 188.9 | 184.8 | 173.8 | 133.6 | 168.6 | 158.7 | 311.9 | 301.1 | 306.5 |
| 5.İşlem | 199.6 | 191.5 | 202.9 | 198.0 | 185.8 | 148.4 | 189.5 | 174.6 | 317.1 | 306.6 | 311.9 |
| 6.İşlem | 213.1 | 203.7 | 216.0 | 210.9 | 208.5 | 181.8 | 202.0 | 197.4 | 348.0 | 335.9 | 342.0 |
| 7.İşlem | 214.3 | 204.8 | 217.2 | 212.1 | 211.3 | 182.8 | 203.7 | 199.3 | 336.1 | 324.1 | 330.1 |
| 8.İşlem | 228.1 | 218.3 | 231.3 | 225.9 | 213.0 | 193.9 | 216.6 | 207.8 | 353.3 | 340.4 | 346.9 |

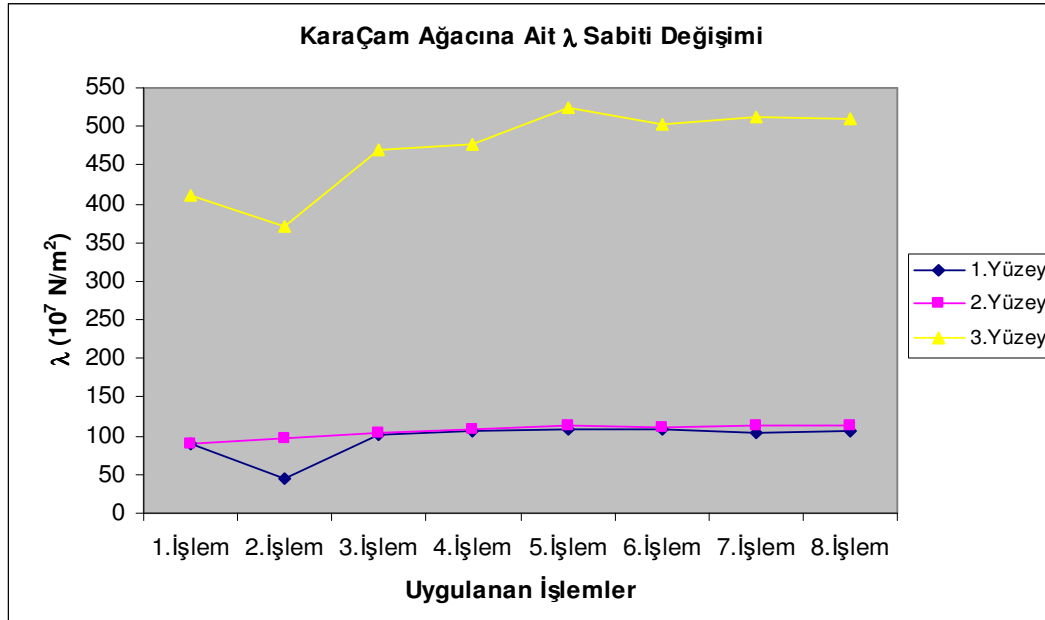


Şekil 7.28 Adi Ardiç ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.47 Kara Çam ağacının λ sabiti değerleri

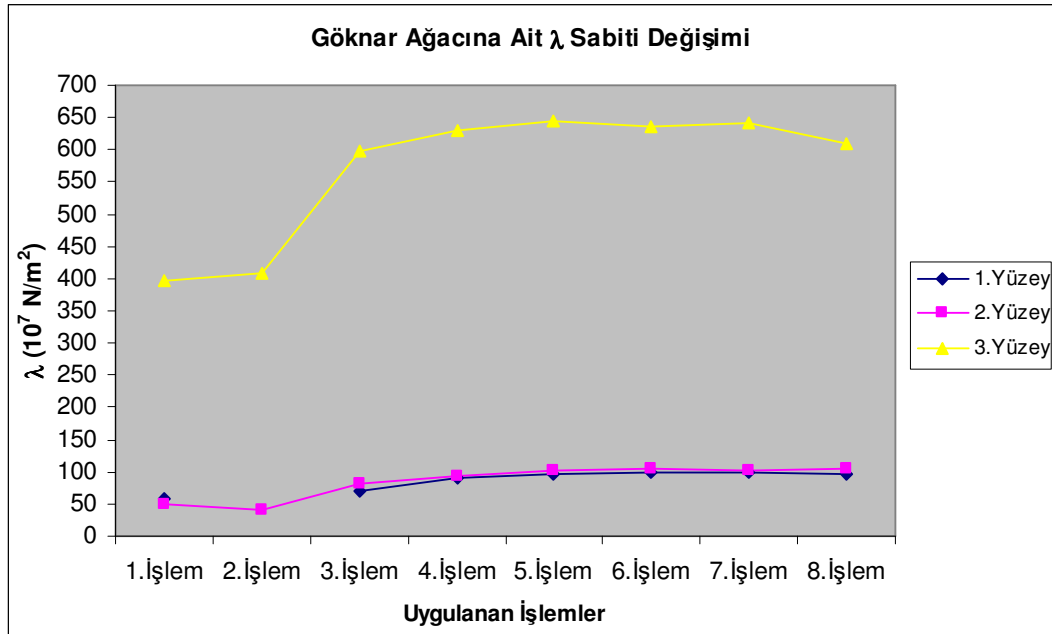
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 95.5 | 86.2 | 84.7 | 88.8 | 96.4 | 84.2 | 91.5 | 90.7 | 268.2 | 552.0 | 410.1 |
| 2.İşlem | 48.2 | 42.3 | 42.2 | 44.3 | 94.7 | 94.9 | 97.8 | 95.8 | 272.8 | 469.2 | 371.0 |
| 3.İşlem | 103.5 | 102.7 | 100.1 | 102.1 | 105.6 | 104.1 | 103.5 | 104.4 | 360.3 | 579.5 | 469.9 |
| 4.İşlem | 106.8 | 110.7 | 103.3 | 106.9 | 108.9 | 107.0 | 106.4 | 107.4 | 367.4 | 585.4 | 476.4 |
| 5.İşlem | 110.4 | 108.9 | 106.8 | 108.7 | 112.5 | 116.4 | 110.0 | 113.0 | 400.0 | 645.7 | 522.9 |
| 6.İşlem | 113.0 | 111.4 | 99.8 | 108.1 | 109.9 | 113.5 | 112.9 | 112.1 | 388.2 | 617.5 | 502.8 |
| 7.İşlem | 109.7 | 108.2 | 97.1 | 105.0 | 111.7 | 115.5 | 109.5 | 112.2 | 394.7 | 627.9 | 511.3 |
| 8.İşlem | 106.8 | 109.9 | 103.0 | 106.6 | 113.8 | 111.8 | 111.2 | 112.3 | 380.5 | 638.7 | 509.6 |

Şekil 7.29 Kara Çam ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.3 Göknaar Ağacı

Tablo 7.48 Göknaar ağacının λ sabiti değerleri

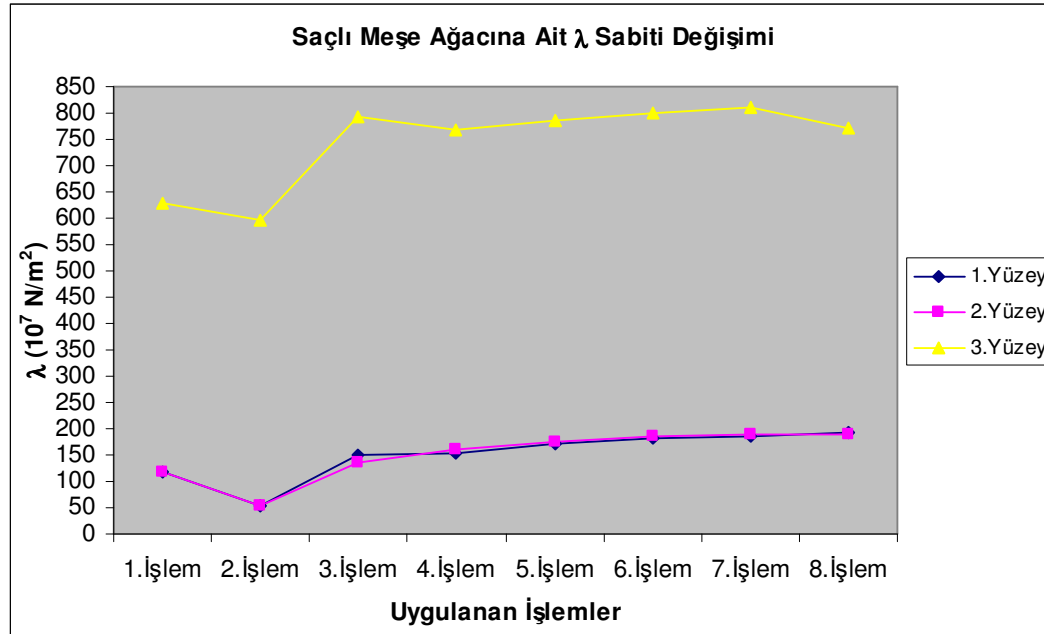
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} 10 ⁷ N/m ²² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} 10 ⁷ N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 50.3 | 75.6 | 51.5 | 59.1 | 47.9 | 58.7 | 44.0 | 50.2 | 501.0 | 293.8 | 397.4 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | - | 40.9 | - | 40.9 | 444.7 | 369.1 | 406.9 |
| 3.İşlem | 85.3 | 66.6 | 60.9 | 70.9 | 77.4 | 87.2 | 84.1 | 82.9 | 652.5 | 543.8 | 598.1 |
| 4.İşlem | 93.6 | 81.4 | 92.5 | 89.2 | 99.5 | 92.0 | 88.6 | 93.4 | 687.8 | 573.2 | 630.5 |
| 5.İşlem | 96.0 | 89.8 | 106.9 | 97.6 | 110.7 | 97.8 | 98.4 | 102.3 | 702.8 | 585.7 | 644.2 |
| 6.İşlem | 97.4 | 91.5 | 104.4 | 97.8 | 112.4 | 99.4 | 99.9 | 103.9 | 713.6 | 560.3 | 636.9 |
| 7.İşlem | 98.4 | 92.1 | 105.4 | 98.6 | 113.2 | 100.0 | 92.9 | 102.0 | 718.6 | 564.2 | 641.4 |
| 8.İşlem | 99.9 | 89.7 | 102.4 | 97.3 | 119.8 | 97.3 | 97.8 | 105.0 | 681.4 | 536.3 | 608.9 |

Şekil 7.30 Göknaar ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.49 Saçlı Meşe ağacının λ sabiti değerleri

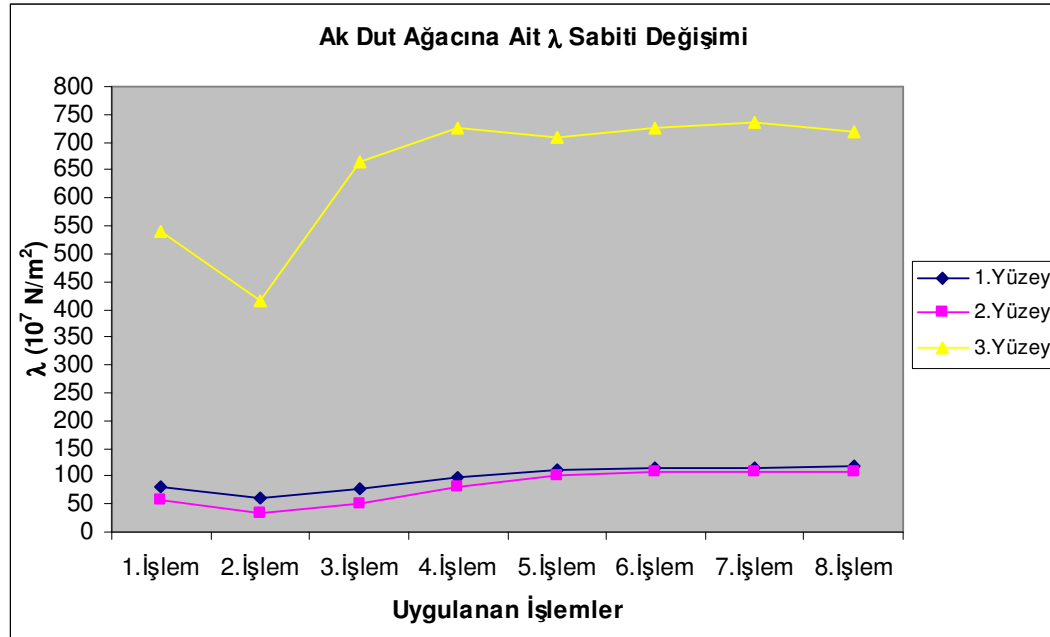
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 121.7 | 120.0 | 114.6 | 118.8 | 113.3 | 122.0 | 117.2 | 117.5 | 610.8 | 647.4 | 629.1 |
| 2.İşlem | - | - | 114.5 | 114.5 | 62.3 | 72.1 | - | 67.2 | 669.3 | 523.3 | 596.3 |
| 3.İşlem | 129.2 | 163.7 | 152.2 | 148.4 | 129.6 | 146.3 | 128.9 | 134.9 | 795.2 | 792.5 | 793.8 |
| 4.İşlem | 150.7 | 157.3 | 156.9 | 155.0 | 155.0 | 161.3 | 162.2 | 159.5 | 768.7 | 766.1 | 767.4 |
| 5.İşlem | 170.8 | 169.8 | 177.6 | 172.7 | 175.6 | 165.8 | 183.7 | 175.0 | 787.6 | 784.9 | 786.2 |
| 6.İşlem | 183.1 | 182.1 | 180.6 | 181.9 | 188.3 | 177.5 | 187.2 | 184.3 | 800.5 | 797.8 | 799.2 |
| 7.İşlem | 185.4 | 194.2 | 182.8 | 187.5 | 191.2 | 180.2 | 200.3 | 190.6 | 810.6 | 807.8 | 809.2 |
| 8.İşlem | 198.0 | 196.9 | 185.3 | 193.4 | 184.3 | 182.7 | 203.0 | 190.0 | 771.2 | 768.6 | 769.9 |

Şekil 7.31 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.50 Ak Dut ağacının λ sabiti değerleri

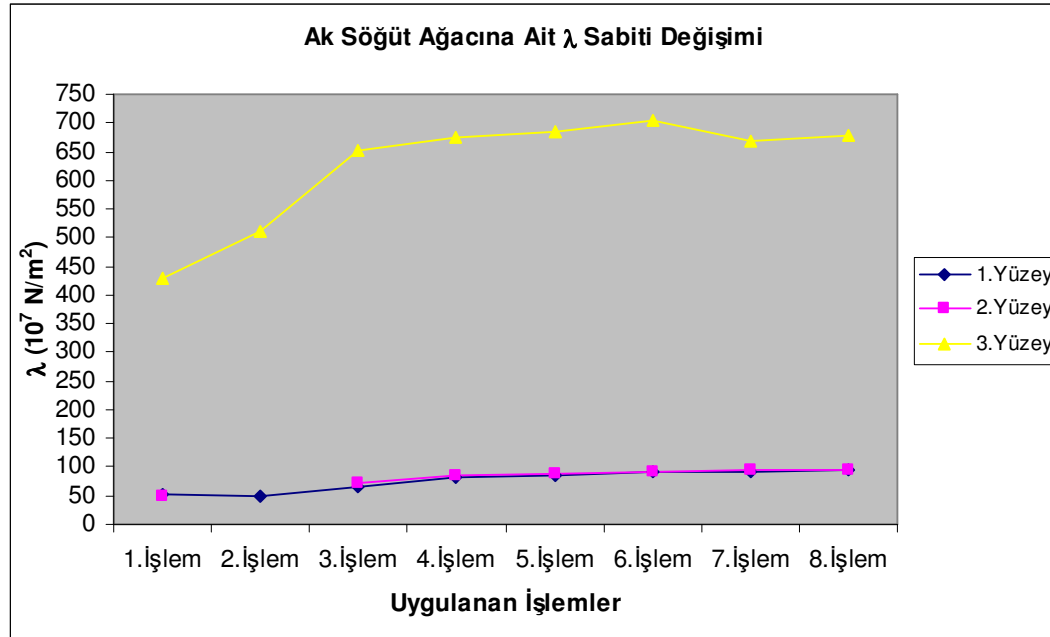
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 73.5 | 80.6 | 87.1 | 80.4 | 54.4 | 75.8 | 46.1 | 58.8 | 540.8 | 541.7 | 541.3 |
| 2.İşlem | - | 52.6 | 71.5 | 62.1 | - | 32.6 | - | 32.6 | 415.1 | 416.5 | 415.8 |
| 3.İşlem | 75.7 | 72.8 | 83.9 | 77.5 | - | 52.9 | 47.8 | 50.4 | 641.0 | 688.3 | 664.7 |
| 4.İşlem | 90.1 | 93.9 | 113.7 | 99.3 | 80.2 | 85.4 | 81.5 | 82.4 | 699.1 | 751.9 | 725.5 |
| 5.İşlem | 112.4 | 103.3 | 118.9 | 111.5 | 98.4 | 101.4 | 104.2 | 101.3 | 684.6 | 735.9 | 710.3 |
| 6.İşlem | 115.1 | 105.5 | 121.8 | 114.1 | 103.8 | 108.0 | 111.7 | 107.8 | 699.1 | 751.5 | 725.3 |
| 7.İşlem | 116.7 | 107.3 | 123.8 | 115.9 | 105.8 | 109.7 | 113.5 | 109.7 | 708.7 | 761.8 | 735.2 |
| 8.İşlem | 123.4 | 104.0 | 125.2 | 117.5 | 107.0 | 106.7 | 114.8 | 109.5 | 716.7 | 721.5 | 719.1 |

Şekil 7.32 Ak Dut ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.6 Ak Söğüt Ağacı

Tablo 7.51 Ak Söğüt ağacının λ sabiti değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | - | 64.0 | 41.1 | 52.6 | - | 64.7 | 35.9 | 50.3 | 398.2 | 460.7 | 429.5 |
| 2.İşlem | 38.3 | 50.0 | 62.1 | 50.2 | - | - | - | - | 469.5 | 552.8 | 511.1 |
| 3.İşlem | 58.6 | 72.7 | 63.4 | 64.9 | 74.1 | 76.1 | 68.7 | 73.0 | 603.0 | 701.5 | 652.3 |
| 4.İşlem | 74.9 | 90.7 | 78.4 | 81.3 | 81.8 | 100.5 | 76.0 | 86.1 | 627.5 | 721.9 | 674.7 |
| 5.İşlem | 81.2 | 91.0 | 82.1 | 84.8 | 85.8 | 99.6 | 79.4 | 88.3 | 613.8 | 752.4 | 683.1 |
| 6.İşlem | 87.1 | 94.2 | 91.8 | 91.1 | 92.1 | 103.1 | 82.0 | 92.4 | 633.7 | 776.7 | 705.2 |
| 7.İşlem | 88.1 | 95.5 | 93.3 | 92.3 | 93.4 | 104.5 | 86.4 | 94.8 | 602.3 | 733.7 | 668.0 |
| 8.İşlem | 93.4 | 93.4 | 94.9 | 93.9 | 95.0 | 101.9 | 84.5 | 93.8 | 612.6 | 746.2 | 679.4 |

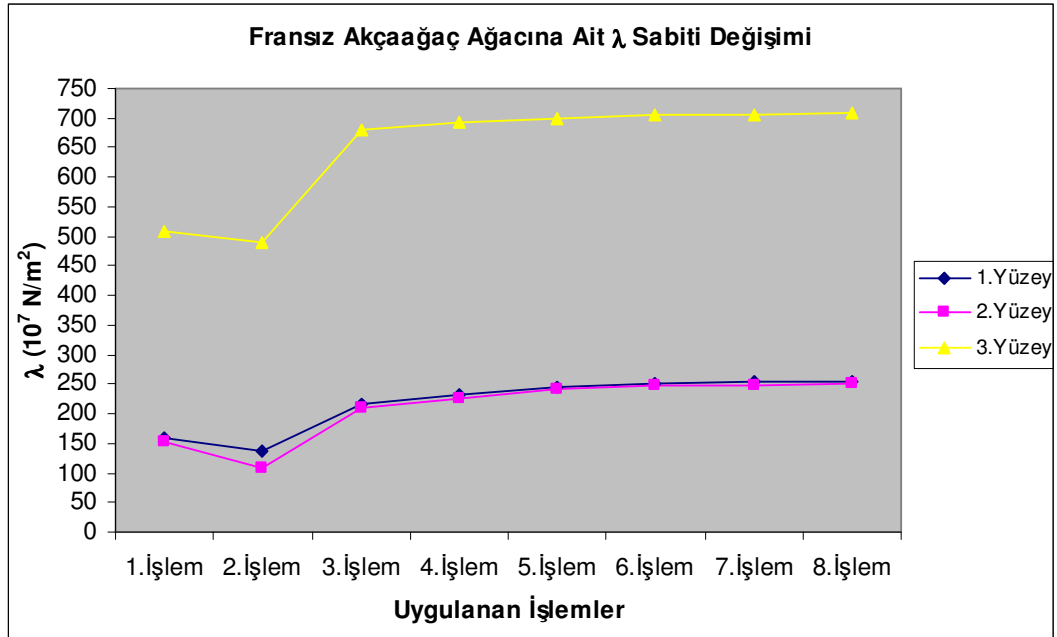


Şekil 7.33 Ak Söğüt ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.7 Fransız Akağaç Ağacı

Tablo 7.52 Fransız Akçağaç ağacının λ sabiti değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 152.0 | 158.8 | 168.9 | 159.9 | 133.6 | 148.5 | 173.6 | 151.9 | 539.0 | 480.0 | 509.5 |
| 2.İşlem | 127.0 | 140.3 | 140.7 | 136.0 | 61.3 | 131.0 | 130.6 | 107.6 | 518.1 | 458.3 | 488.2 |
| 3.İşlem | 207.8 | 218.3 | 220.1 | 215.4 | 201.9 | 215.9 | 213.6 | 210.5 | 699.8 | 660.3 | 680.1 |
| 4.İşlem | 224.3 | 236.0 | 239.3 | 233.2 | 217.1 | 232.5 | 229.9 | 226.5 | 713.3 | 673.1 | 693.2 |
| 5.İşlem | 239.7 | 238.3 | 256.8 | 244.9 | 232.2 | 248.3 | 245.6 | 242.0 | 720.2 | 679.6 | 699.9 |
| 6.İşlem | 242.3 | 254.7 | 258.9 | 252.0 | 234.1 | 250.4 | 262.5 | 249.0 | 726.3 | 685.3 | 705.8 |
| 7.İşlem | 242.8 | 255.2 | 260.2 | 252.7 | 234.0 | 250.2 | 262.3 | 248.8 | 725.7 | 684.8 | 705.3 |
| 8.İşlem | 243.5 | 256.0 | 260.9 | 253.5 | 235.1 | 251.0 | 263.8 | 250.0 | 727.9 | 686.8 | 707.3 |

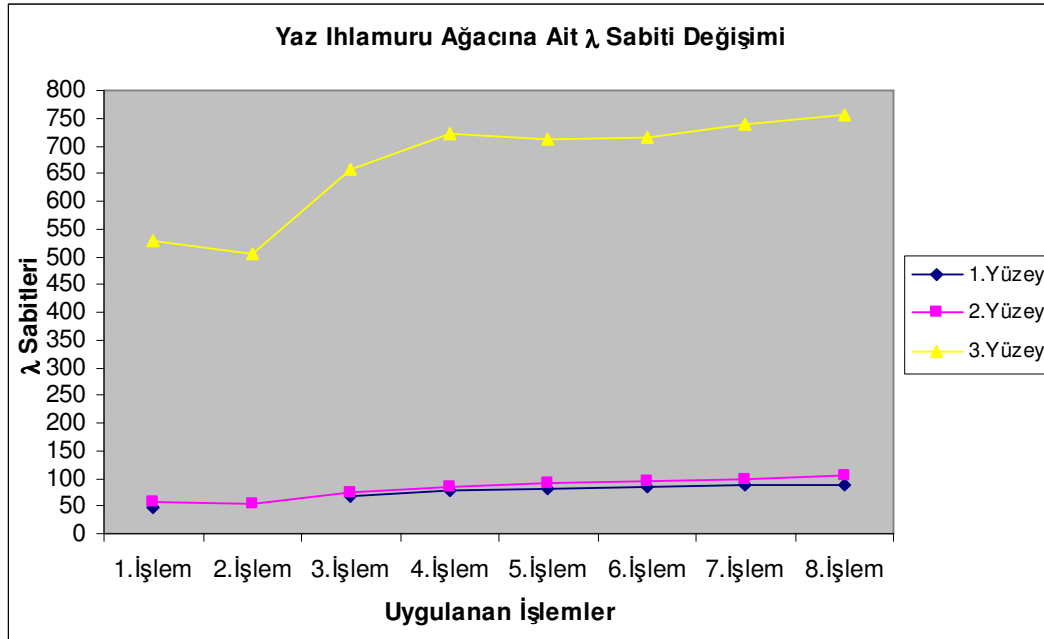


Şekil 7.34 Fransız Akçağaç ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.53 Yaz Ihlamuru ağacının λ sabiti değerleri

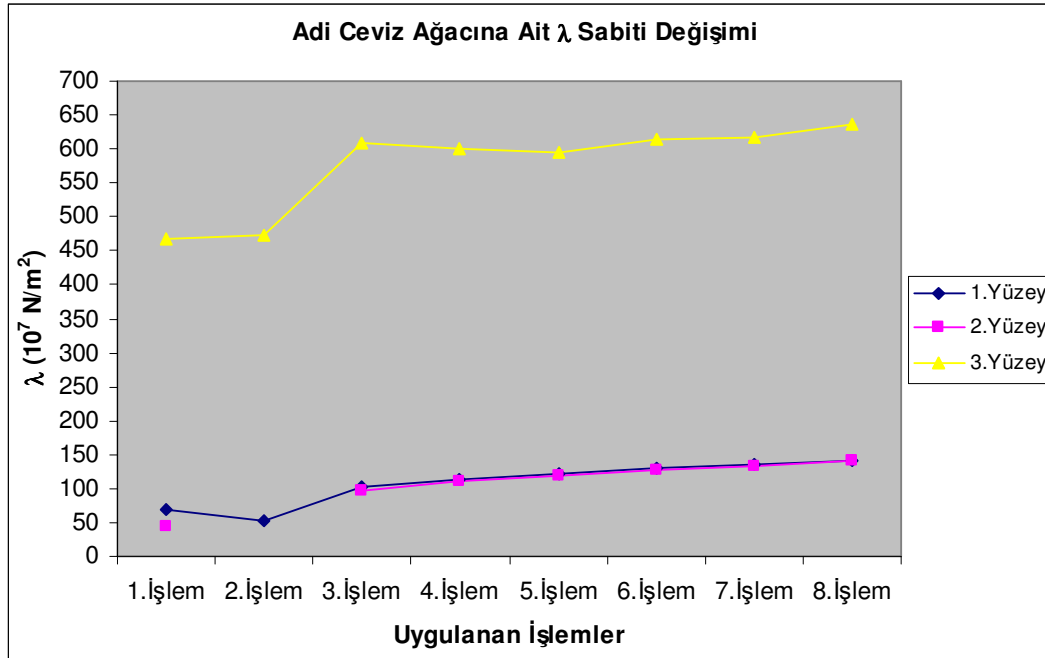
| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 50.3 | 43.5 | 45.7 | 46.5 | 53.3 | 65.9 | 54.3 | 57.8 | 471.7 | 582.9 | 527.3 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 66.9 | 28.7 | 63.0 | 52.9 | 469.8 | 541.2 | 505.5 |
| 3.İşlem | 65.8 | 73.1 | 67.3 | 68.7 | 68.4 | 86.9 | 72.5 | 75.9 | 590.2 | 724.9 | 657.5 |
| 4.İşlem | 75.5 | 80.9 | 74.3 | 76.9 | 75.6 | 96.1 | 80.9 | 84.2 | 648.6 | 796.7 | 722.7 |
| 5.İşlem | 80.3 | 85.6 | 81.6 | 82.5 | 80.7 | 102.0 | 89.1 | 90.6 | 642.6 | 782.4 | 712.5 |
| 6.İşlem | 83.8 | 89.3 | 85.2 | 86.1 | 84.4 | 106.7 | 93.0 | 94.7 | 670.4 | 761.0 | 715.7 |
| 7.İşlem | 87.1 | 89.0 | 88.0 | 88.0 | 87.2 | 110.2 | 96.0 | 97.8 | 692.6 | 786.1 | 739.3 |
| 8.İşlem | 89.0 | 87.5 | 89.9 | 88.8 | 92.7 | 122.1 | 98.1 | 104.3 | 707.7 | 803.3 | 755.5 |

Şekil 7.35 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

7.6.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.54 Adi Ceviz ağacının λ sabiti değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{10^7} N/m ² | λ_{ort} N/m ² |
| 1.İşlem | 74.6 | 77.7 | 52.1 | 68.1 | 32.8 | 67.8 | 32.0 | 44.2 | 440.7 | 496.8 | 468.7 |
| 2.İşlem | 54.9 | 53.9 | 49.6 | 52.8 | - | - | - | - | 472.6 | 473.4 | 473.0 |
| 3.İşlem | 100.7 | 105.5 | 104.6 | 103.6 | 96.8 | 102.0 | 90.6 | 96.5 | 605.4 | 609.5 | 607.5 |
| 4.İşlem | 110.0 | 114.7 | 119.6 | 114.8 | 110.5 | 111.2 | 107.0 | 109.6 | 618.0 | 585.1 | 601.6 |
| 5.İşlem | 115.6 | 120.5 | 131.2 | 122.4 | 120.5 | 116.5 | 117.4 | 118.1 | 609.3 | 577.9 | 593.6 |
| 6.İşlem | 119.9 | 124.9 | 143.0 | 129.2 | 130.4 | 125.9 | 127.0 | 127.8 | 631.7 | 599.1 | 615.4 |
| 7.İşlem | 128.3 | 133.8 | 146.5 | 136.2 | 139.2 | 129.0 | 130.4 | 132.8 | 625.8 | 609.9 | 617.9 |
| 8.İşlem | 135.7 | 135.7 | 155.6 | 142.3 | 147.5 | 136.5 | 137.6 | 140.5 | 652.2 | 618.6 | 635.4 |

Şekil 7.36 Adi Ceviz ağacı numunesine ait λ sabiti değişim grafiği

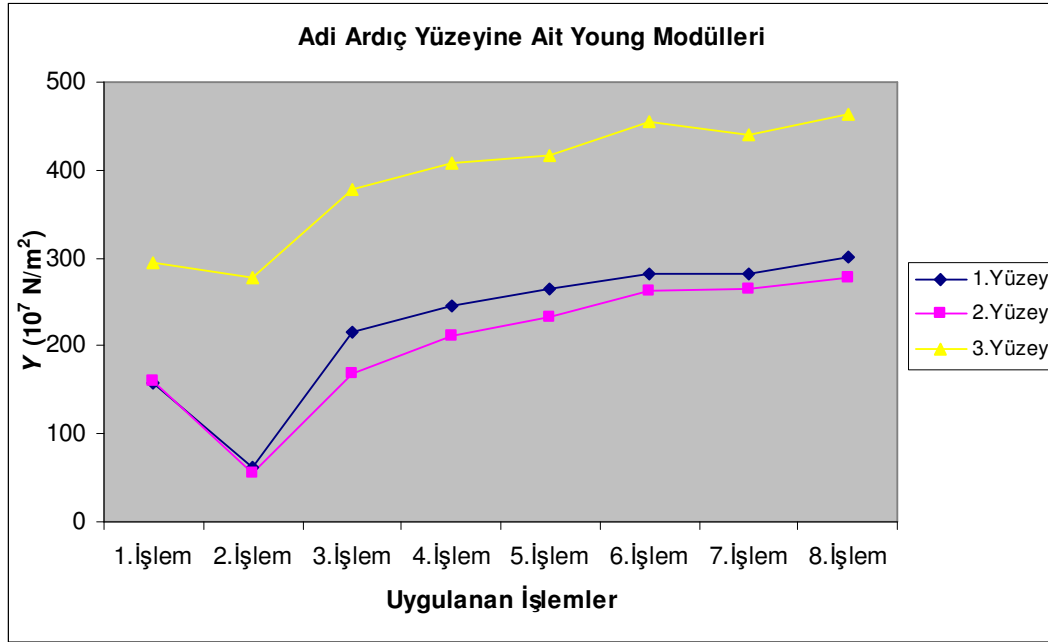
7.7 Numunelerin Y (Young) Modüllerinin Hesaplanması

Tek eksenli gerilme ile normal şekil değiştirme arasındaki oran young modülü olarak adlandırılır (Demiray, 1990). Young Modülüne ait denklem daha önce $Y = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + \mu}$ ile verilmiştir. Denklemde 6.5'te hesaplanan μ ve bölüm 6.6 da hesaplanan λ değerleri yerine koyularak Y modülleri hesaplanmış her bir numune için tablo ve grafiklerde gösterilmiştir.

7.7.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.55 Adi Ardıç ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | $Y_{ort}^{10^7}$ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | $Y_{ort}^{10^7}$ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | $Y_{ort}^{10^7}$ N/m ² |
| 1.İşlem | 153.9 | 154.3 | 163.2 | 157.1 | 165.9 | 151.8 | 160.1 | 159.3 | 293.5 | 295.5 | 294.5 |
| 2.İşlem | - | 61.0 | - | 61.0 | 57.0 | 54.7 | - | 55.9 | 259.1 | 297.5 | 278.3 |
| 3.İşlem | 197.3 | 229.9 | 218.8 | 215.3 | 184.8 | 134.5 | 188.9 | 169.4 | 385.9 | 372.2 | 379.1 |
| 4.İşlem | 248.5 | 238.8 | 251.9 | 246.4 | 231.7 | 178.1 | 224.8 | 211.5 | 415.9 | 401.5 | 408.7 |
| 5.İşlem | 266.1 | 255.4 | 270.5 | 264.0 | 247.8 | 197.9 | 252.6 | 232.8 | 422.8 | 408.8 | 415.8 |
| 6.İşlem | 284.1 | 271.6 | 288.0 | 281.3 | 277.9 | 242.5 | 269.4 | 263.3 | 464.0 | 447.9 | 456.0 |
| 7.İşlem | 285.7 | 273.1 | 289.6 | 282.8 | 281.8 | 243.8 | 271.6 | 265.7 | 448.1 | 432.1 | 440.1 |
| 8.İşlem | 304.4 | 291.3 | 308.5 | 301.4 | 284.2 | 258.6 | 288.9 | 277.2 | 471.3 | 454.2 | 462.8 |

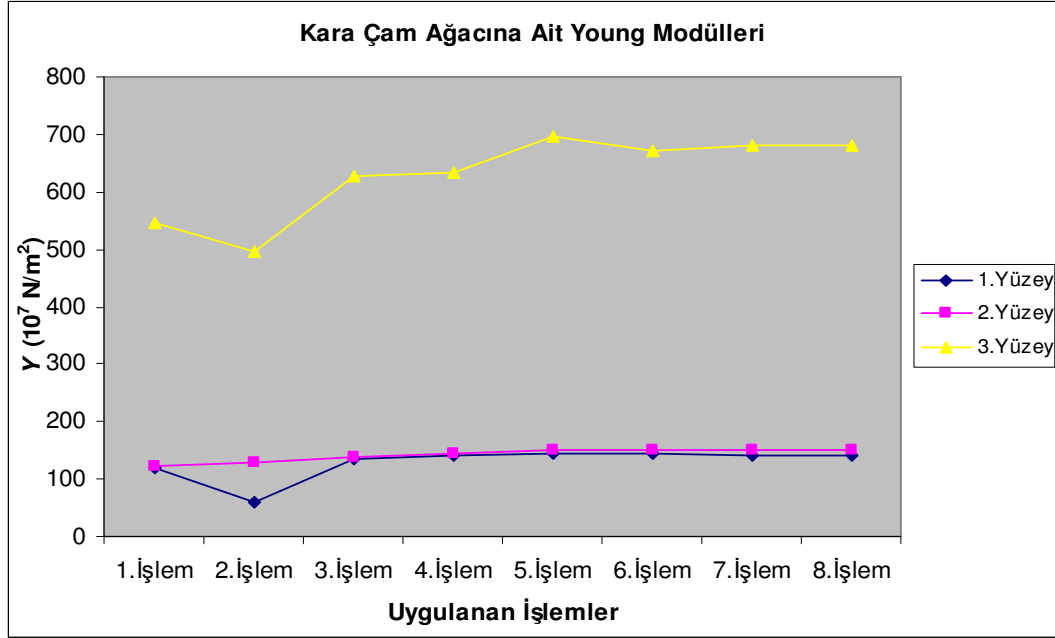


Şekil 7.37 Adi Ardıç ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.56 Kara Çam ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 |
| 1.İşlem | 127.4 | 114.9 | 113.0 | 118.4 | 128.5 | 112.3 | 122.1 | 121.0 | 357.7 | 736.0 | 546.9 |
| 2.İşlem | 64.3 | 56.4 | 56.3 | 59.0 | 126.2 | 126.6 | 130.4 | 127.7 | 363.8 | 625.6 | 494.7 |
| 3.İşlem | 138.0 | 136.9 | 133.4 | 136.1 | 140.8 | 138.8 | 138.0 | 139.2 | 480.4 | 772.6 | 626.5 |
| 4.İşlem | 142.4 | 147.6 | 137.7 | 142.6 | 145.2 | 142.7 | 141.9 | 143.3 | 489.8 | 780.5 | 635.2 |
| 5.İşlem | 147.2 | 145.2 | 142.3 | 144.9 | 150.0 | 155.2 | 146.7 | 150.6 | 533.4 | 860.9 | 697.1 |
| 6.İşlem | 150.7 | 148.6 | 133.0 | 144.1 | 146.5 | 151.4 | 150.5 | 149.5 | 517.6 | 823.3 | 670.5 |
| 7.İşlem | 146.3 | 144.3 | 129.4 | 140.0 | 149.0 | 153.9 | 146.0 | 149.6 | 526.2 | 837.2 | 681.7 |
| 8.İşlem | 142.5 | 146.5 | 137.4 | 142.1 | 151.7 | 149.2 | 148.3 | 149.7 | 507.4 | 851.7 | 679.5 |

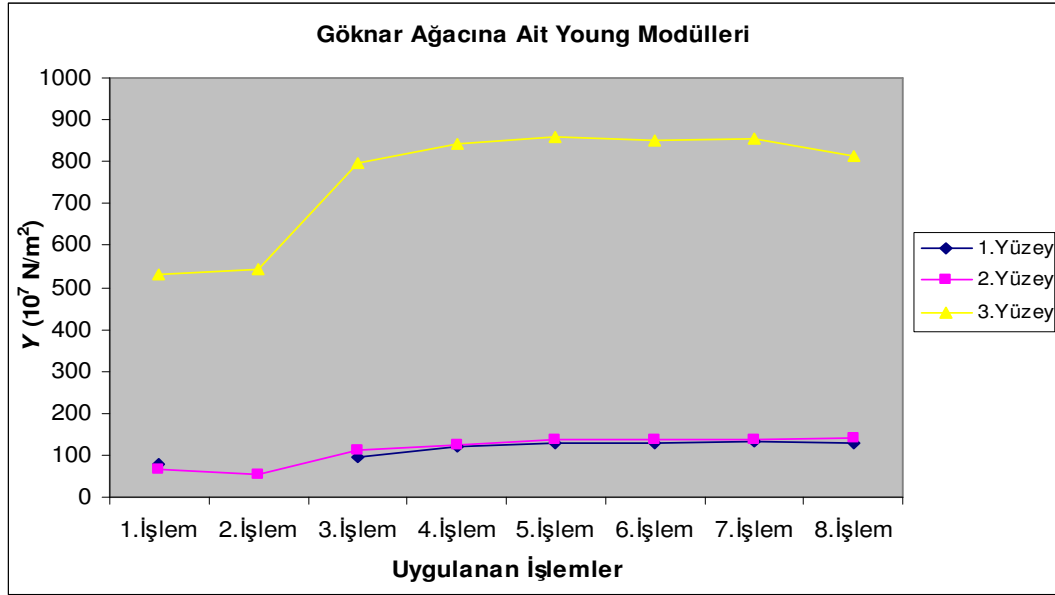


Şekil 7.38 Kara Çam ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.3 Göknaar Ağacı

Tablo 7.57 Göknaar ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 |
| 1. İşlem | 67.0 | 100.9 | 68.7 | 78.9 | 63.9 | 78.3 | 58.7 | 66.9 | 668.1 | 391.8 | 529.9 |
| 2. İşlem | - | - | - | - | - | 54.5 | - | 54.5 | 593.0 | 492.1 | 542.5 |
| 3. İşlem | 113.8 | 88.8 | 81.2 | 94.6 | 103.2 | 116.3 | 112.1 | 110.6 | 869.9 | 725.0 | 797.5 |
| 4. İşlem | 124.9 | 108.5 | 123.3 | 118.9 | 132.7 | 122.6 | 118.2 | 124.5 | 917.0 | 764.3 | 840.6 |
| 5. İşlem | 127.9 | 119.8 | 142.6 | 130.1 | 147.6 | 130.5 | 131.2 | 136.4 | 937.0 | 780.9 | 859.0 |
| 6. İşlem | 129.9 | 121.9 | 139.2 | 130.4 | 149.9 | 132.5 | 133.2 | 138.5 | 951.4 | 747.0 | 849.2 |
| 7. İşlem | 131.2 | 122.8 | 140.6 | 131.5 | 150.9 | 133.4 | 123.8 | 136.1 | 958.1 | 752.2 | 855.2 |
| 8. İşlem | 133.3 | 119.7 | 136.6 | 129.8 | 159.8 | 129.8 | 130.5 | 140.0 | 908.9 | 715.4 | 812.2 |

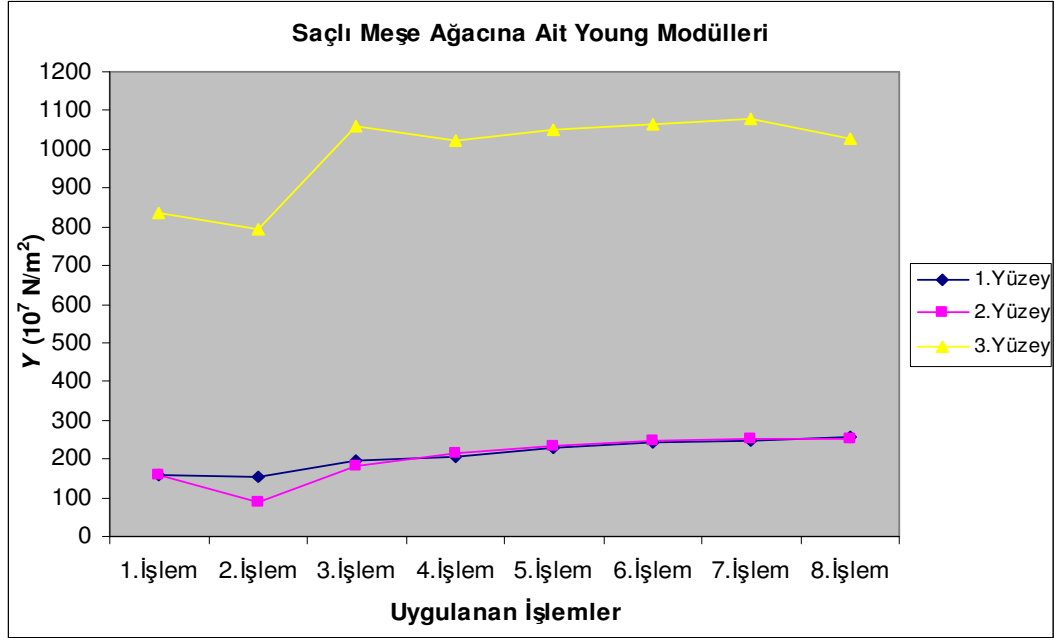


Şekil 7.39 Gök nar ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.58 Saçlı Meşe ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y _{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y _{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y _{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 162.1 | 159.9 | 152.7 | 158.2 | 151.0 | 162.5 | 156.2 | 156.6 | 813.6 | 862.4 | 838.0 |
| 2.İşlem | - | - | 152.8 | 152.8 | 83.1 | 96.1 | - | 89.6 | 892.8 | 698.1 | 795.4 |
| 3.İşlem | 172.3 | 218.3 | 203.0 | 197.8 | 172.8 | 195.1 | 171.8 | 179.9 | 1060.2 | 1056.6 | 1058.4 |
| 4.İşlem | 201.0 | 209.7 | 209.1 | 206.6 | 206.6 | 215.1 | 216.3 | 212.6 | 1024.7 | 1021.3 | 1023.0 |
| 5.İşlem | 227.7 | 226.4 | 236.9 | 230.3 | 234.2 | 221.0 | 245.0 | 233.4 | 1050.2 | 1046.6 | 1048.4 |
| 6.İşlem | 244.3 | 242.9 | 240.9 | 242.7 | 251.2 | 236.8 | 249.8 | 245.9 | 1067.9 | 1064.3 | 1066.1 |
| 7.İşlem | 247.0 | 258.7 | 243.6 | 249.8 | 254.7 | 240.1 | 266.8 | 253.9 | 1080.0 | 1076.3 | 1078.1 |
| 8.İşlem | 264.1 | 262.6 | 247.2 | 258.0 | 245.7 | 243.7 | 270.8 | 253.4 | 1028.6 | 1025.1 | 1026.9 |

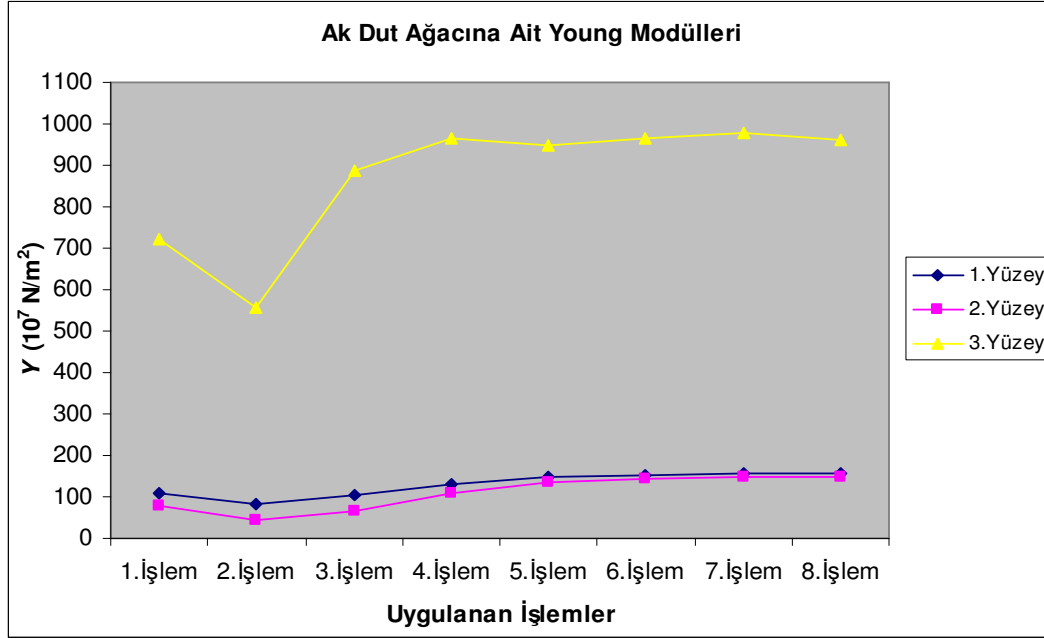


Şekil 7.40 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.59 Ak Dut ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 98.0 | 107.4 | 116.1 | 107.2 | 72.6 | 101.0 | 61.4 | 78.3 | 721.1 | 722.3 | 721.7 |
| 2.İşlem | - | 70.1 | 95.4 | 82.8 | - | 43.4 | - | 43.4 | 553.4 | 555.3 | 554.4 |
| 3.İşlem | 100.9 | 97.1 | 111.9 | 103.3 | - | 70.5 | 63.8 | 67.2 | 854.7 | 917.8 | 886.2 |
| 4.İşlem | 120.2 | 125.2 | 151.6 | 132.4 | 106.9 | 113.8 | 108.7 | 109.8 | 932.1 | 1002.5 | 967.3 |
| 5.İşlem | 149.9 | 137.8 | 158.6 | 148.7 | 131.2 | 135.1 | 139.0 | 135.1 | 912.8 | 981.2 | 947.0 |
| 6.İşlem | 153.5 | 140.7 | 162.4 | 152.2 | 138.4 | 143.9 | 148.9 | 143.7 | 932.2 | 1002.1 | 967.1 |
| 7.İşlem | 155.6 | 143.0 | 165.1 | 154.6 | 141.1 | 146.3 | 151.3 | 146.2 | 944.9 | 1015.7 | 980.3 |
| 8.İşlem | 164.6 | 138.7 | 167.0 | 156.7 | 142.7 | 142.3 | 153.1 | 146.0 | 955.7 | 962.2 | 958.9 |

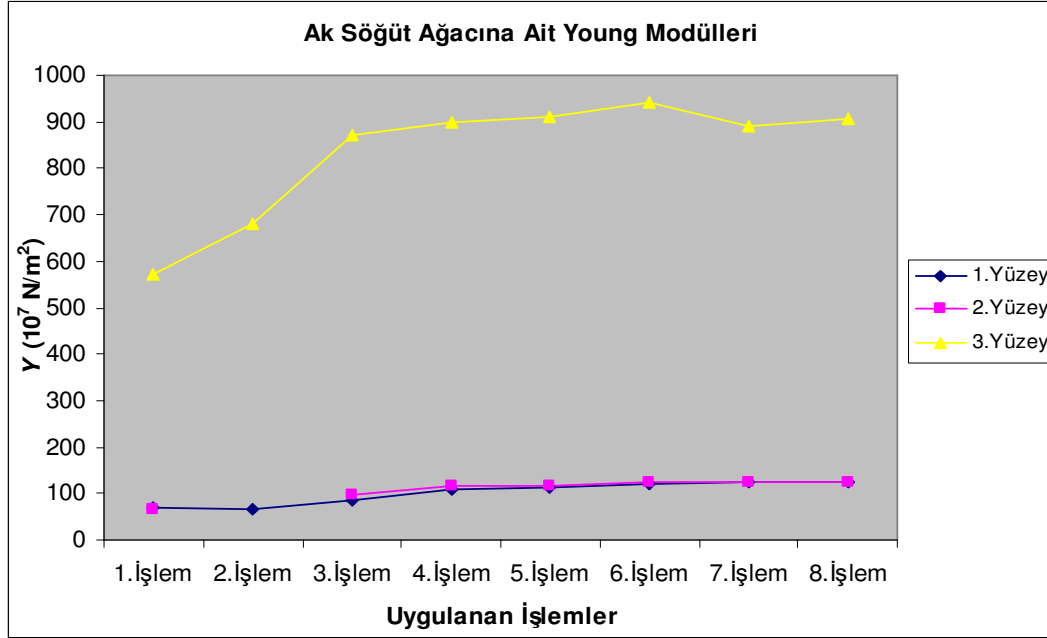


Şekil 7.41 Ak Dut ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.6 Ak Söğüt Ağacı

Tablo 7.60 Ak Söğüt ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y 10^7 N/m^2 | Y_{ort} 10^7 N/m^2 |
| 1. İşlem | - | 85.4 | 54.8 | 70.1 | - | 86.3 | 47.9 | 67.1 | 530.9 | 614.3 | 572.6 |
| 2. İşlem | 51.0 | 66.7 | 82.8 | 66.9 | - | - | - | - | 626.0 | 737.1 | 681.5 |
| 3. İşlem | 78.2 | 97.0 | 84.6 | 86.6 | 98.9 | 101.4 | 91.5 | 97.3 | 804.0 | 935.4 | 869.7 |
| 4. İşlem | 99.8 | 120.9 | 104.5 | 108.4 | 109.1 | 134.0 | 101.3 | 114.8 | 836.7 | 962.5 | 899.6 |
| 5. İşlem | 108.3 | 121.4 | 109.5 | 113.1 | 114.4 | 132.8 | 105.9 | 117.7 | 818.4 | 1003.2 | 910.8 |
| 6. İşlem | 116.2 | 125.6 | 122.4 | 121.4 | 122.9 | 137.5 | 109.3 | 123.2 | 844.9 | 1035.7 | 940.3 |
| 7. İşlem | 117.4 | 127.3 | 124.4 | 123.1 | 124.5 | 139.4 | 115.1 | 126.3 | 803.1 | 978.2 | 890.7 |
| 8. İşlem | 124.4 | 124.4 | 126.5 | 125.1 | 126.6 | 135.8 | 112.7 | 125.0 | 816.3 | 994.3 | 905.3 |

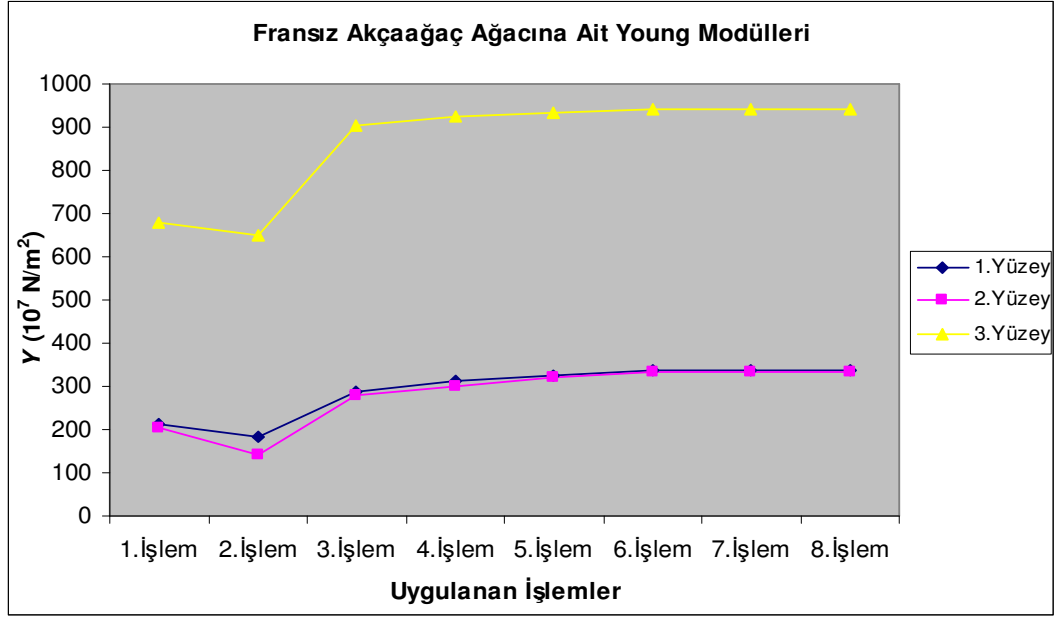


Şekil 7.42 Ak Söğüt ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.7 Fransız Akağaç Ağacı

Tablo 7.61 Fransız Akçağaç ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1. İşlem | 202.7 | 211.7 | 225.2 | 213.2 | 178.2 | 198.1 | 231.5 | 202.6 | 718.7 | 640.0 | 679.4 |
| 2. İşlem | 169.2 | 187.0 | 187.5 | 181.3 | 81.6 | 174.5 | 174.0 | 143.4 | 690.3 | 610.6 | 650.4 |
| 3. İşlem | 276.9 | 290.9 | 293.3 | 287.0 | 269.1 | 287.7 | 284.6 | 280.4 | 932.4 | 879.9 | 906.2 |
| 4. İşlem | 299.0 | 314.6 | 318.9 | 310.8 | 289.3 | 309.8 | 306.4 | 301.9 | 950.6 | 897.0 | 923.8 |
| 5. İşlem | 319.5 | 317.8 | 342.3 | 326.5 | 309.6 | 331.1 | 327.5 | 322.7 | 960.2 | 906.1 | 933.1 |
| 6. İşlem | 322.9 | 339.3 | 345.0 | 335.7 | 312.0 | 333.6 | 349.7 | 331.8 | 967.6 | 913.1 | 940.4 |
| 7. İşlem | 324.0 | 340.5 | 347.1 | 337.2 | 312.1 | 333.8 | 349.9 | 332.0 | 968.2 | 913.6 | 940.9 |
| 8. İşlem | 324.8 | 341.3 | 347.9 | 338.0 | 313.6 | 334.7 | 351.8 | 333.3 | 970.6 | 915.9 | 943.2 |

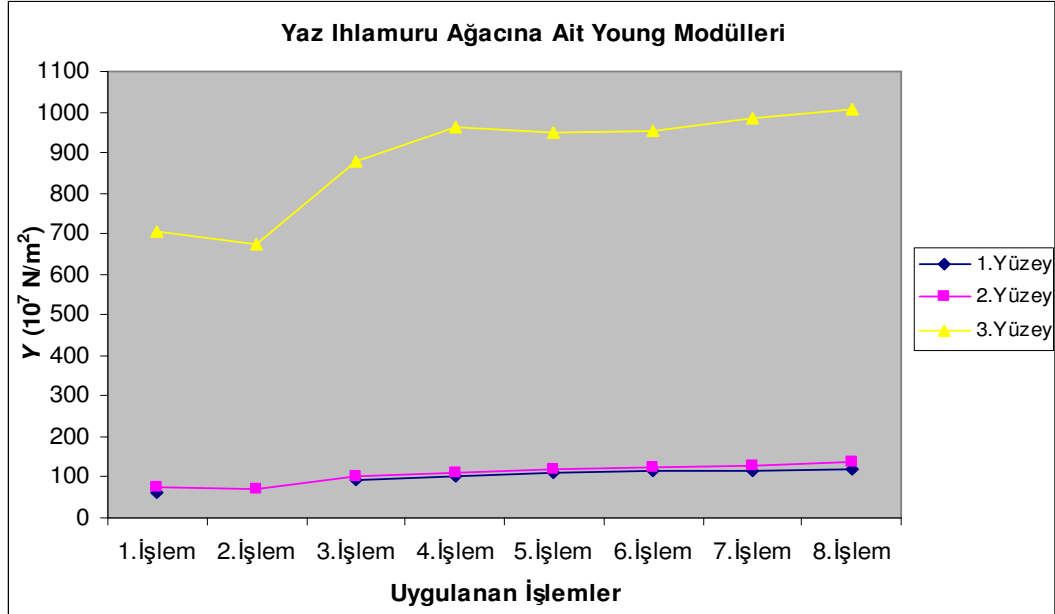


Şekil 7.43 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo7.62 Yaz Ihlamuru ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y _{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y _{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y 10 ⁷ N/m ² | Y _{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 67.1 | 58.0 | 61.0 | 62.0 | 71.1 | 87.8 | 72.4 | 77.1 | 628.9 | 777.2 | 703.1 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 89.2 | 38.2 | 84.0 | 70.5 | 626.4 | 721.6 | 674.0 |
| 3.İşlem | 87.7 | 97.5 | 89.7 | 91.6 | 91.1 | 115.8 | 96.6 | 101.2 | 786.9 | 966.6 | 876.7 |
| 4.İşlem | 100.7 | 107.8 | 99.0 | 102.5 | 100.9 | 128.2 | 107.9 | 112.3 | 864.8 | 1062.3 | 963.6 |
| 5.İşlem | 107.1 | 114.1 | 108.8 | 110.0 | 107.6 | 136.0 | 118.8 | 120.8 | 856.8 | 1043.2 | 950.0 |
| 6.İşlem | 111.8 | 119.0 | 113.5 | 114.8 | 112.6 | 142.3 | 123.9 | 126.3 | 893.9 | 1014.6 | 954.3 |
| 7.İşlem | 116.1 | 118.6 | 117.3 | 117.3 | 116.3 | 147.0 | 128.0 | 130.4 | 923.5 | 1048.1 | 985.8 |
| 8.İşlem | 118.7 | 116.7 | 119.9 | 118.4 | 123.6 | 162.8 | 130.9 | 139.1 | 943.8 | 1071.2 | 1007.5 |

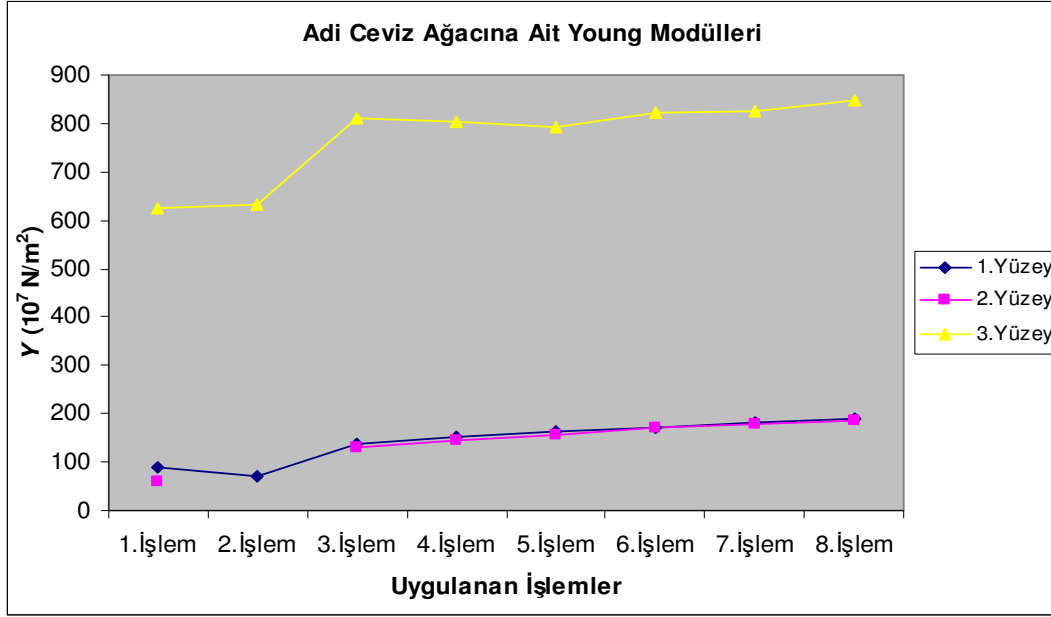


Şekil 7.44 Yaz İhlamuru ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.7.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.63 Adi Ceviz ağacının Y modülü değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{10^7} N/m ² | Y_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 99.4 | 103.6 | 69.5 | 90.8 | 43.8 | 90.4 | 42.7 | 59.0 | 587.5 | 662.4 | 625.0 |
| 2.İşlem | 73.2 | 71.9 | 66.2 | 70.4 | - | - | - | - | 630.2 | 631.2 | 630.7 |
| 3.İşlem | 134.2 | 140.6 | 139.4 | 138.1 | 129.1 | 136.0 | 120.8 | 128.6 | 807.2 | 812.7 | 809.9 |
| 4.İşlem | 146.7 | 152.9 | 159.4 | 153.0 | 147.4 | 148.2 | 142.6 | 146.1 | 824.0 | 780.2 | 802.1 |
| 5.İşlem | 154.2 | 160.6 | 174.9 | 163.2 | 160.6 | 155.3 | 156.5 | 157.5 | 812.4 | 770.5 | 791.5 |
| 6.İşlem | 159.8 | 166.5 | 190.6 | 172.3 | 173.8 | 167.9 | 169.3 | 170.3 | 842.2 | 798.8 | 820.5 |
| 7.İşlem | 171.1 | 178.4 | 195.3 | 181.6 | 185.6 | 172.0 | 173.9 | 177.1 | 834.4 | 813.2 | 823.8 |
| 8.İşlem | 180.9 | 180.9 | 207.5 | 189.8 | 196.7 | 182.0 | 183.5 | 187.4 | 869.6 | 824.8 | 847.2 |



Şekil 7.45 Adi Ceviz ağacı numunesine ait Y modülleri değişim grafiği

7.8 Numunelerin B (Hacim) Modüllerinin Hesaplanması

Bir cisme hidrostatik bir basınç uygulandığı zaman oluşan hacim değişim oranı uygulanan basınçla orantılıdır. Bu orantı sabitine hacim modülü denir (Onaran, 2003).

B hacim modülü $v_b = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$ denklemi ile ifade edilir. Burada v_b , boyuna hız ve ρ da

yoğunluktur. Boyuna hız ayrıca $v_b = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$ ifadesi ile de gösterilir. Birinci

formülde v_b , boyuna hızın yerine ikinci formüldeki boyuna hızın değeri yerleştirildiği zaman hacim modülü B , $B = \lambda + 2\mu$ denklemi ile ifade edilebilmektedir. 6.5. bölümde hesaplanan μ ve 6.6. bölümde hesaplanan λ değerleri, $B = \lambda + 2\mu$ denkleminde yerleştirilerek her bir numune için hesaplanan hacim modülleri tablolarda gösterilmektedir.

7.8.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.64 Adi Ardıç ağacının B modülü değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.işlem | 230.8 | 231.5 | 244.8 | 235.7 | 248.8 | 227.7 | 240.2 | 238.9 | 440.3 | 443.3 | 441.8 |
| 2.işlem | - | 91.5 | - | 91.5 | 85.5 | 82.1 | - | 83.8 | 388.7 | 446.3 | 417.5 |
| 3.işlem | 295.9 | 344.8 | 328.2 | 323.0 | 277.2 | 201.8 | 283.4 | 254.1 | 578.9 | 558.3 | 568.6 |
| 4.işlem | 372.7 | 358.2 | 377.8 | 369.6 | 347.5 | 267.2 | 337.2 | 317.3 | 623.9 | 602.2 | 613.0 |
| 5.işlem | 399.1 | 383.1 | 405.7 | 396.0 | 371.7 | 296.9 | 378.9 | 349.2 | 634.3 | 613.3 | 623.8 |
| 6.işlem | 426.2 | 407.4 | 432.1 | 421.9 | 416.9 | 363.7 | 404.1 | 394.9 | 696.0 | 671.8 | 683.9 |
| 7.işlem | 428.5 | 409.6 | 434.4 | 424.2 | 422.7 | 365.7 | 407.4 | 398.6 | 672.1 | 648.2 | 660.2 |
| 8.işlem | 456.4 | 436.8 | 462.7 | 452.0 | 426.2 | 387.8 | 433.3 | 415.8 | 706.8 | 681.1 | 693.9 |

7.8.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.65 Kara Çam ağacının B modülü değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.işlem | 191.0 | 172.3 | 169.4 | 177.6 | 192.8 | 168.5 | 183.1 | 181.5 | 536.5 | 1104.1 | 820.3 |
| 2.işlem | 96.5 | 84.6 | 84.4 | 88.5 | 189.3 | 189.9 | 195.6 | 191.6 | 545.6 | 938.5 | 742.0 |
| 3.işlem | 207.1 | 205.3 | 200.2 | 204.2 | 211.2 | 208.3 | 207.1 | 208.9 | 720.5 | 1159.0 | 939.8 |
| 4.işlem | 213.7 | 221.5 | 206.6 | 213.9 | 217.7 | 214.1 | 212.8 | 214.9 | 734.7 | 1170.8 | 952.8 |
| 5.işlem | 220.8 | 217.8 | 213.5 | 217.4 | 225.1 | 232.8 | 220.0 | 226.0 | 800.1 | 1291.3 | 1045.7 |
| 6.işlem | 226.0 | 222.9 | 199.5 | 216.1 | 219.8 | 227.1 | 225.8 | 224.2 | 776.3 | 1235.0 | 1005.7 |
| 7.işlem | 219.5 | 216.4 | 194.1 | 210.0 | 223.4 | 230.9 | 219.0 | 224.5 | 789.4 | 1255.7 | 1022.5 |
| 8.işlem | 213.7 | 219.8 | 206.0 | 213.2 | 227.6 | 223.7 | 222.4 | 224.6 | 761.0 | 1277.4 | 1019.2 |

7.8.3 Göknaar Ağacı

Tablo 7.66 Göknaar ağacının B modülü değerleri

| Uygulan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² |
| 1.İşlem | 100.5 | 151.3 | 103.1 | 118.3 | 95.8 | 117.4 | 88.0 | 100.4 | 1002.1 | 587.6 | 794.9 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | - | 81.7 | - | 81.7 | 889.4 | 738.1 | 813.8 |
| 3.İşlem | 170.6 | 133.2 | 121.8 | 141.9 | 154.9 | 174.5 | 168.2 | 165.8 | 1304.9 | 1087.6 | 1196.2 |
| 4.İşlem | 187.3 | 162.8 | 185.0 | 178.4 | 199.0 | 183.9 | 177.3 | 186.8 | 1375.5 | 1146.4 | 1261.0 |
| 5.İşlem | 191.9 | 179.6 | 213.9 | 195.2 | 221.4 | 195.7 | 196.8 | 204.6 | 1405.5 | 1171.4 | 1288.5 |
| 6.İşlem | 194.9 | 182.9 | 208.8 | 195.5 | 224.8 | 198.7 | 199.8 | 207.8 | 1427.1 | 1120.5 | 1273.8 |
| 7.İşlem | 196.8 | 184.2 | 210.8 | 197.3 | 226.4 | 200.1 | 185.7 | 204.1 | 1437.1 | 1128.3 | 1282.7 |
| 8.İşlem | 199.9 | 179.4 | 204.9 | 194.7 | 239.6 | 194.6 | 195.7 | 210.0 | 1363.1 | 1072.9 | 1218.0 |

7.8.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.67 Saçlı Meşe ağacının B modülü değerleri

| Uygulan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² |
| 1.İşlem | 243.3 | 239.9 | 229.2 | 237.4 | 226.6 | 243.9 | 234.4 | 234.9 | 1220.9 | 1294.1 | 1257.5 |
| 2.İşlem | - | - | 229.1 | 229.1 | 124.6 | 144.1 | - | 134.4 | 1339.0 | 1046.9 | 1192.9 |
| 3.İşlem | 258.4 | 327.4 | 304.5 | 296.8 | 259.2 | 292.6 | 257.8 | 269.9 | 1590.3 | 1585.0 | 1587.6 |
| 4.İşlem | 301.5 | 314.6 | 313.7 | 309.9 | 309.9 | 322.6 | 324.4 | 319.0 | 1537.2 | 1532.0 | 1534.6 |
| 5.İşlem | 341.6 | 339.6 | 355.3 | 345.5 | 351.2 | 331.5 | 367.4 | 350.0 | 1575.2 | 1569.9 | 1572.5 |
| 6.İşlem | 366.3 | 364.3 | 361.2 | 363.9 | 376.7 | 355.1 | 374.6 | 368.8 | 1601.5 | 1596.1 | 1598.8 |
| 7.İşlem | 370.7 | 388.2 | 365.5 | 374.8 | 382.2 | 360.3 | 400.3 | 381.0 | 1620.5 | 1615.0 | 1617.8 |
| 8.İşlem | 396.1 | 393.8 | 370.8 | 386.9 | 368.6 | 365.5 | 406.1 | 380.1 | 1542.7 | 1537.5 | 1540.1 |

7.8.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.68 Ak Dut ağacının B modülü değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | 147.1 | 161.2 | 174.2 | 160.8 | 108.9 | 151.5 | 92.2 | 117.5 | 1081.6 | 1083.4 | 1082.5 |
| 2.İşlem | - | 105.2 | 143.0 | 124.1 | - | 65.1 | - | 65.1 | 830.1 | 833.0 | 831.5 |
| 3.İşlem | 151.4 | 145.6 | 167.8 | 154.9 | - | 105.7 | 95.7 | 100.7 | 1282.1 | 1376.7 | 1329.4 |
| 4.İşlem | 180.3 | 187.9 | 227.4 | 198.5 | 160.4 | 170.7 | 163.1 | 164.7 | 1398.1 | 1503.8 | 1450.9 |
| 5.İşlem | 224.8 | 206.7 | 237.8 | 223.1 | 196.7 | 202.7 | 208.5 | 202.6 | 1369.2 | 1471.9 | 1420.5 |
| 6.İşlem | 230.2 | 211.0 | 243.6 | 228.3 | 207.6 | 215.9 | 223.3 | 215.6 | 1398.2 | 1503.1 | 1450.7 |
| 7.İşlem | 233.4 | 214.5 | 247.6 | 231.8 | 211.6 | 219.5 | 227.0 | 219.4 | 1417.3 | 1523.6 | 1470.5 |
| 8.İşlem | 246.9 | 208.0 | 250.4 | 235.1 | 214.0 | 213.4 | 229.6 | 219.0 | 1433.4 | 1443.1 | 1438.3 |

7.8.6 Ak Söğüt Ağacı

Tablo 7.69 Ak Söğüt ağacının B modülü değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{10^7} N/m ² | B_{ort} 10 ⁷ N/m ² |
| 1.İşlem | - | 128.1 | 82.2 | 105.2 | - | 129.5 | 71.9 | 100.7 | 796.4 | 921.5 | 858.9 |
| 2.İşlem | 76.6 | 100.1 | 124.3 | 100.3 | - | - | - | - | 939.0 | 1105.6 | 1022.3 |
| 3.İşlem | 117.3 | 145.5 | 126.8 | 129.9 | 148.3 | 152.1 | 137.3 | 145.9 | 1206.0 | 1403.1 | 1304.5 |
| 4.İşlem | 149.7 | 181.3 | 156.7 | 162.6 | 163.7 | 201.0 | 152.0 | 172.2 | 1255.0 | 1443.7 | 1349.4 |
| 5.İşlem | 162.5 | 182.0 | 164.3 | 169.6 | 171.6 | 199.2 | 158.9 | 176.5 | 1227.6 | 1504.8 | 1366.2 |
| 6.İşlem | 174.2 | 188.4 | 183.7 | 182.1 | 184.3 | 206.2 | 164.0 | 184.8 | 1267.4 | 1553.5 | 1410.4 |
| 7.İşlem | 176.1 | 191.0 | 186.7 | 184.6 | 186.8 | 209.0 | 172.7 | 189.5 | 1204.6 | 1467.4 | 1336.0 |
| 8.İşlem | 186.7 | 186.7 | 189.8 | 187.7 | 189.9 | 203.8 | 169.0 | 187.6 | 1224.8 | 1491.9 | 1358.3 |

7.8.7 Fransız Akağaç Ağacı

Tablo 7.70 Fransız Akçaağaç ağacının B modülü değerleri

| Uygulan- ışlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² |
| 1.İşlem | 304.0 | 317.6 | 337.8 | 319.8 | 267.3 | 297.1 | 347.2 | 303.9 | 1078.0 | 960.0 | 1019.0 |
| 2.İşlem | 253.9 | 280.6 | 281.4 | 272.0 | 122.5 | 261.9 | 261.1 | 215.2 | 1035.8 | 916.1 | 976.0 |
| 3.İşlem | 415.4 | 436.4 | 440.0 | 430.6 | 403.7 | 431.7 | 427.0 | 420.8 | 1399.1 | 1320.2 | 1359.6 |
| 4.İşlem | 448.6 | 471.9 | 478.5 | 466.3 | 434.1 | 464.8 | 459.8 | 452.9 | 1426.1 | 1345.8 | 1386.0 |
| 5.İşlem | 479.3 | 476.6 | 513.5 | 489.8 | 464.3 | 496.6 | 491.3 | 484.1 | 1440.3 | 1359.1 | 1399.7 |
| 6.İşlem | 484.5 | 509.2 | 517.6 | 503.8 | 468.1 | 500.6 | 524.8 | 497.8 | 1451.9 | 1370.1 | 1411.0 |
| 7.İşlem | 485.8 | 510.6 | 520.5 | 505.6 | 468.1 | 500.6 | 524.8 | 497.8 | 1451.9 | 1370.1 | 1411.0 |
| 8.İşlem | 487.1 | 511.9 | 521.9 | 507.0 | 470.3 | 502.0 | 527.6 | 500.0 | 1455.8 | 1373.7 | 1414.8 |

7.8.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.71 Yaz Ihlamuru ağacının B modülü değerleri

| Uygulan- ışlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B 10^7 N/m ² | B_{ort} 10^7 N/m ² |
| 1.İşlem | 100.7 | 87.0 | 91.5 | 93.1 | 106.7 | 131.7 | 108.5 | 115.7 | 943.4 | 1165.8 | 1054.6 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 133.8 | 57.4 | 126.0 | 105.7 | 939.6 | 1082.4 | 1011.0 |
| 3.İşlem | 131.5 | 146.2 | 134.6 | 137.4 | 136.7 | 173.7 | 144.9 | 151.8 | 1180.3 | 1449.8 | 1315.1 |
| 4.İşlem | 151.1 | 161.8 | 148.5 | 153.8 | 151.3 | 192.2 | 161.8 | 168.4 | 1297.2 | 1593.4 | 1445.3 |
| 5.İşlem | 160.7 | 171.1 | 163.2 | 165.0 | 161.4 | 203.9 | 178.2 | 181.2 | 1285.2 | 1564.8 | 1425.0 |
| 6.İşlem | 167.6 | 178.5 | 170.3 | 172.2 | 168.9 | 213.4 | 185.9 | 189.4 | 1340.9 | 1521.9 | 1431.4 |
| 7.İşlem | 174.2 | 177.9 | 175.9 | 176.0 | 174.5 | 220.4 | 192.1 | 195.7 | 1385.2 | 1572.2 | 1478.7 |
| 8.İşlem | 178.0 | 175.0 | 179.8 | 177.6 | 185.3 | 244.2 | 196.3 | 208.6 | 1415.5 | 1606.7 | 1511.1 |

7.8.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.72 Adi Ceviz ağacının B modülü değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B_{ort} \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B_{ort} \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B \cdot 10^7$ N/m ² | $B_{ort} \cdot 10^7$ N/m ² |
| 1.İşlem | 149.1 | 155.3 | 104.3 | 136.2 | 65.6 | 135.6 | 64.1 | 88.4 | 881.3 | 993.6 | 937.5 |
| 2.İşlem | 109.8 | 107.8 | 99.2 | 105.6 | - | - | - | - | 945.2 | 946.8 | 946.0 |
| 3.İşlem | 201.3 | 211.0 | 209.2 | 207.1 | 193.6 | 204.0 | 181.2 | 192.9 | 1210.8 | 1219.0 | 1214.9 |
| 4.İşlem | 220.1 | 229.3 | 239.2 | 229.5 | 221.1 | 222.3 | 213.9 | 219.1 | 1236.0 | 1170.3 | 1203.1 |
| 5.İşlem | 231.3 | 241.0 | 262.4 | 244.9 | 240.9 | 232.9 | 234.8 | 236.2 | 1218.6 | 1155.8 | 1187.2 |
| 6.İşlem | 239.7 | 249.8 | 285.9 | 258.5 | 260.8 | 251.9 | 253.9 | 255.5 | 1263.4 | 1198.2 | 1230.8 |
| 7.İşlem | 256.6 | 267.7 | 292.9 | 272.4 | 278.3 | 258.0 | 260.8 | 265.7 | 1251.6 | 1219.8 | 1235.7 |
| 8.İşlem | 271.3 | 271.3 | 311.3 | 284.6 | 295.1 | 272.9 | 275.2 | 281.1 | 1304.4 | 1237.1 | 1270.8 |

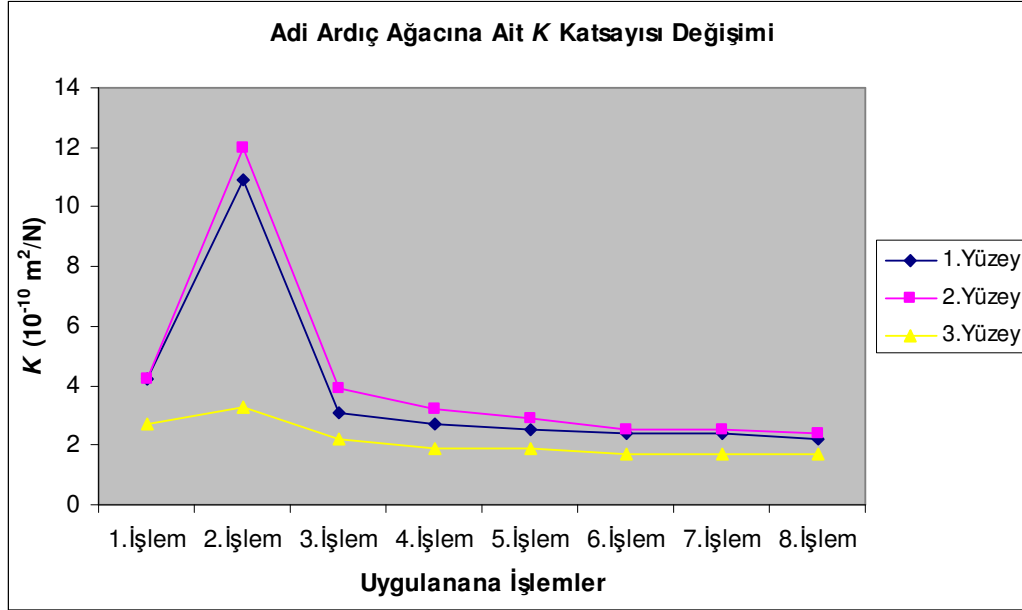
7.9 Numunelerin K (Sıkışma) Katsayılarının Hesaplanması

K sıkışma katsayısı B hacim modülünün tersine eşittir, yani $K = 1/B$ ile verilebilir. K ne kadar büyük ise madde o kadar sıkışıyor demektir. K sıkışma katsayısı küçüldükçe ise madde daha katı haldedir (Ilıcan, 1995).

7.9.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.73 Adi Ardıç ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|---|---|---|--|---|---|---|--|---|---|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K_{ort} \cdot 10^{-10}$ m ² /N ² | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K_{ort} \cdot 10^{-10}$ m ² /N ² | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K \cdot 10^{-10}$ m ² /N | $K_{ort} \cdot 10^{-10}$ m ² /N ² |
| 1.İşlem | 4.3 | 4.3 | 4.1 | 4.2 | 4.0 | 4.4 | 4.2 | 4.2 | 2.3 | 2.3 | 2.7 |
| 2.İşlem | - | 10.9 | - | 10.9 | 11.7 | 12.2 | - | 12 | 2.6 | 2.2 | 3.3 |
| 3.İşlem | 3.4 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.6 | 5.0 | 3.5 | 3.9 | 1.7 | 1.8 | 2.2 |
| 4.İşlem | 2.7 | 2.8 | 2.6 | 2.7 | 2.9 | 3.7 | 3.0 | 3.2 | 1.6 | 1.7 | 1.9 |
| 5.İşlem | 2.5 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.7 | 3.4 | 2.6 | 2.9 | 1.6 | 1.6 | 1.9 |
| 6.İşlem | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 1.4 | 1.5 | 1.7 |
| 7.İşlem | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 1.5 | 1.5 | 1.7 |
| 8.İşlem | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.6 | 2.3 | 2.4 | 1.4 | 1.5 | 1.7 |

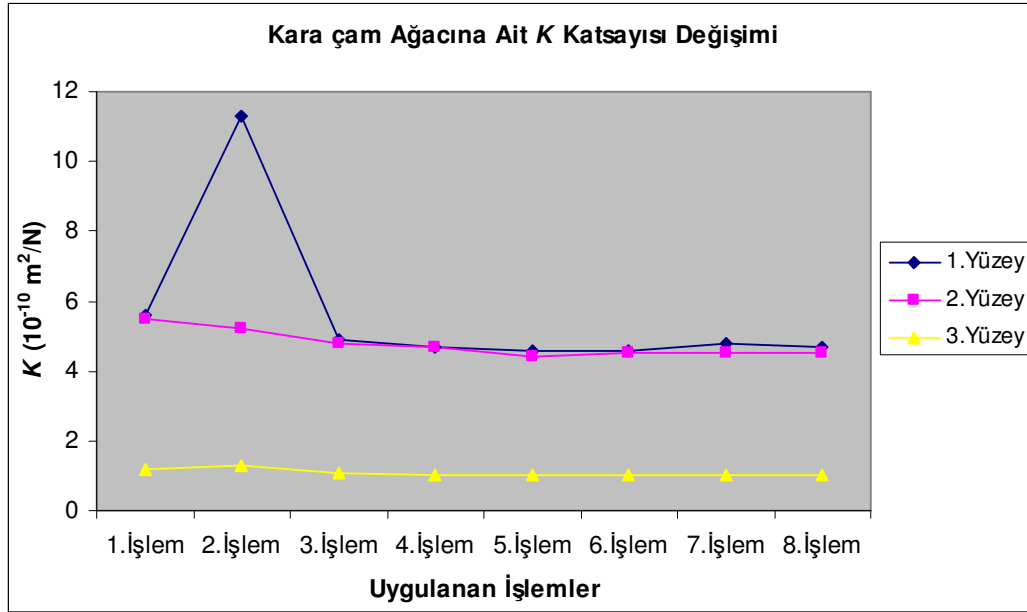


Şekil 7.46 Adi Ardıç ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.74 Kara Çam ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanana İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | K 10^{-10} m^2/N | K 10^{-10} m^2/N | K 10^{-10} m^2/N | K_{ort} 10^{-10} m^2/N^2 | K 10^{-10} m^2/N | K 10^{-10} m^2/N | K 10^{-10} m^2/N | K_{ort} 10^{-10} m^2/N^2 | K 10^{-10} m^2/N | K 10^{-10} m^2/N | K_{ort} 10^{-10} m^2/N^2 |
| 1. İşlem | 5.2 | 5.8 | 5.9 | 5.6 | 5.2 | 5.9 | 5.5 | 5.5 | 1.9 | 0.9 | 1.2 |
| 2. İşlem | 10.4 | 11.8 | 11.9 | 11.3 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 5.2 | 1.8 | 1.1 | 1.3 |
| 3. İşlem | 4.8 | 4.9 | 5.0 | 4.9 | 4.7 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 1.4 | 0.9 | 1.1 |
| 4. İşlem | 4.7 | 4.5 | 4.8 | 4.7 | 4.6 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 1.4 | 0.9 | 1.0 |
| 5. İşlem | 4.5 | 4.6 | 4.7 | 4.6 | 4.4 | 4.3 | 4.5 | 4.4 | 1.2 | 0.8 | 1.0 |
| 6. İşlem | 4.4 | 4.5 | 5.0 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.5 | 1.3 | 0.8 | 1.0 |
| 7. İşlem | 4.6 | 4.6 | 5.2 | 4.8 | 4.5 | 4.3 | 4.6 | 4.5 | 1.3 | 0.8 | 1.0 |
| 8. İşlem | 4.7 | 4.5 | 4.9 | 4.7 | 4.4 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 1.3 | 0.8 | 1.0 |

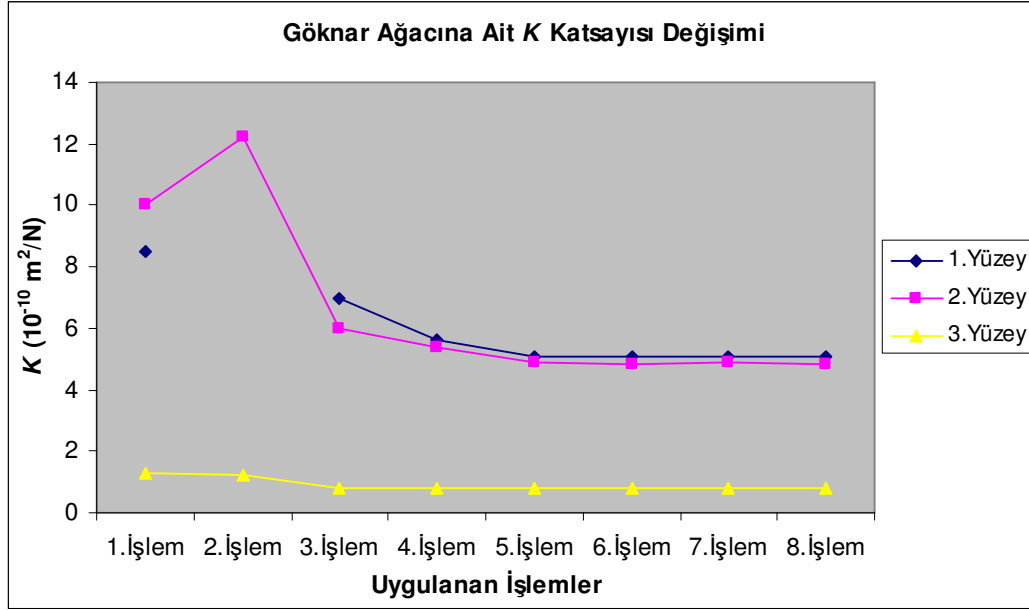


Şekil 7.47 Kara Çam ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.3 Gökmar Ağacı

Tablo 7.75 Gökmar ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ |
| 1.İşlem | 9.9 | 6.6 | 9.7 | 8.5 | 10.4 | 8.5 | 11.4 | 10.0 | 1.0 | 1.7 | 1.3 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | - | 12.2 | - | 12.2 | 1.1 | 1.4 | 1.2 |
| 3.İşlem | 5.9 | 7.5 | 8.2 | 7.0 | 6.5 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| 4.İşlem | 5.3 | 6.1 | 5.4 | 5.6 | 5.0 | 5.4 | 5.6 | 5.4 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| 5.İşlem | 5.2 | 5.6 | 4.7 | 5.1 | 4.5 | 5.1 | 5.1 | 4.9 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| 6.İşlem | 5.1 | 5.5 | 4.8 | 5.1 | 4.4 | 5.0 | 5.0 | 4.8 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| 7.İşlem | 5.1 | 5.4 | 4.7 | 5.1 | 4.4 | 5.0 | 5.4 | 4.9 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| 8.İşlem | 5.0 | 5.6 | 4.9 | 5.1 | 4.2 | 5.1 | 5.1 | 4.8 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |

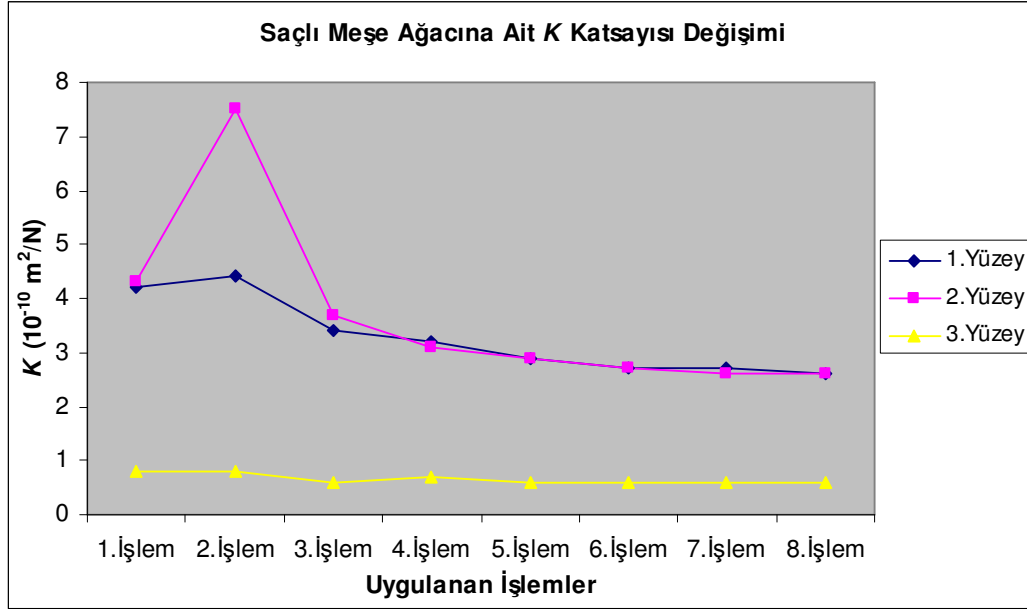


Şekil 7.48 Göknar ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.76 Saçlı Meşe ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ |
| 1.İşlem | 4.1 | 4.2 | 4.4 | 4.2 | 4.4 | 4.1 | 4.3 | 4.3 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 2.İşlem | - | - | 4.4 | 4.4 | 8.0 | 6.9 | - | 7.5 | 0.7 | 1.0 | 0.8 |
| 3.İşlem | 3.9 | 3.1 | 3.3 | 3.4 | 3.9 | 3.4 | 3.9 | 3.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 4.İşlem | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 5.İşlem | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 2.9 | 2.8 | 3.0 | 2.7 | 2.9 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 6.İşlem | 2.7 | 2.7 | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 7.İşlem | 2.7 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.8 | 2.5 | 2.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 8.İşlem | 2.5 | 2.5 | 2.7 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.5 | 2.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 |

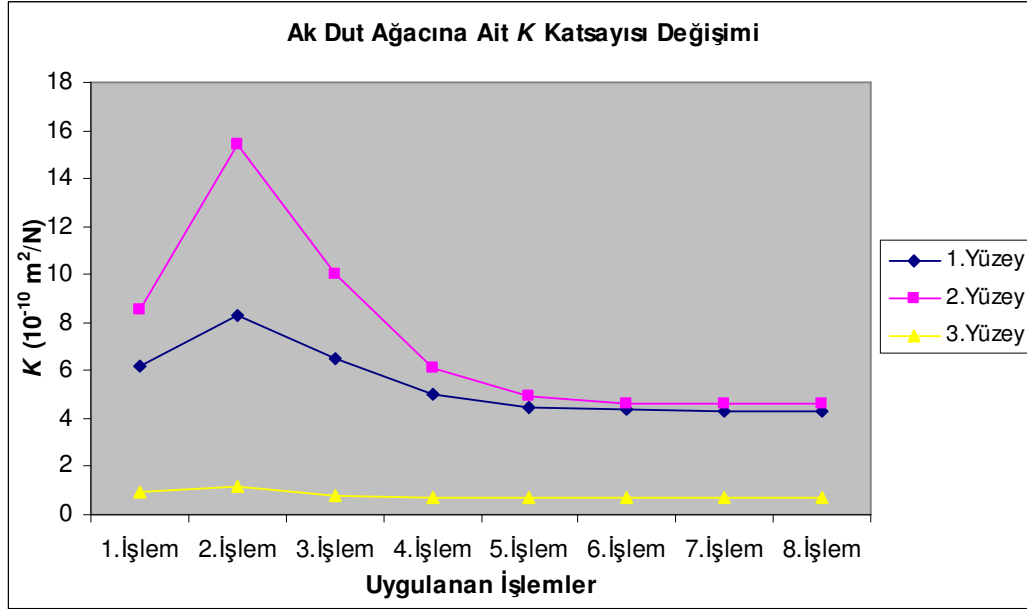


Şekil 7.49 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.77 Ak Dut ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}^{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}^{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}^{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ |
| 1.İşlem | 6.8 | 6.2 | 5.7 | 6.2 | 9.2 | 6.6 | 10.8 | 8.5 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 2.İşlem | - | 9.5 | 7.0 | 8.3 | - | 15.4 | - | 15.4 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 3.İşlem | 6.6 | 6.9 | 6.0 | 6.5 | - | 9.5 | 10.5 | 10 | 0.8 | 0.7 | 0.8 |
| 4.İşlem | 5.5 | 5.3 | 4.4 | 5.0 | 6.2 | 5.9 | 6.1 | 6.1 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 5.İşlem | 4.4 | 4.8 | 4.2 | 4.5 | 5.1 | 4.9 | 4.8 | 4.9 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 6.İşlem | 4.3 | 4.7 | 4.1 | 4.4 | 4.8 | 4.6 | 4.5 | 4.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 7.İşlem | 4.3 | 4.7 | 4.0 | 4.3 | 4.7 | 4.6 | 4.4 | 4.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 8.İşlem | 4.1 | 4.8 | 4.0 | 4.3 | 4.7 | 4.7 | 4.4 | 4.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |

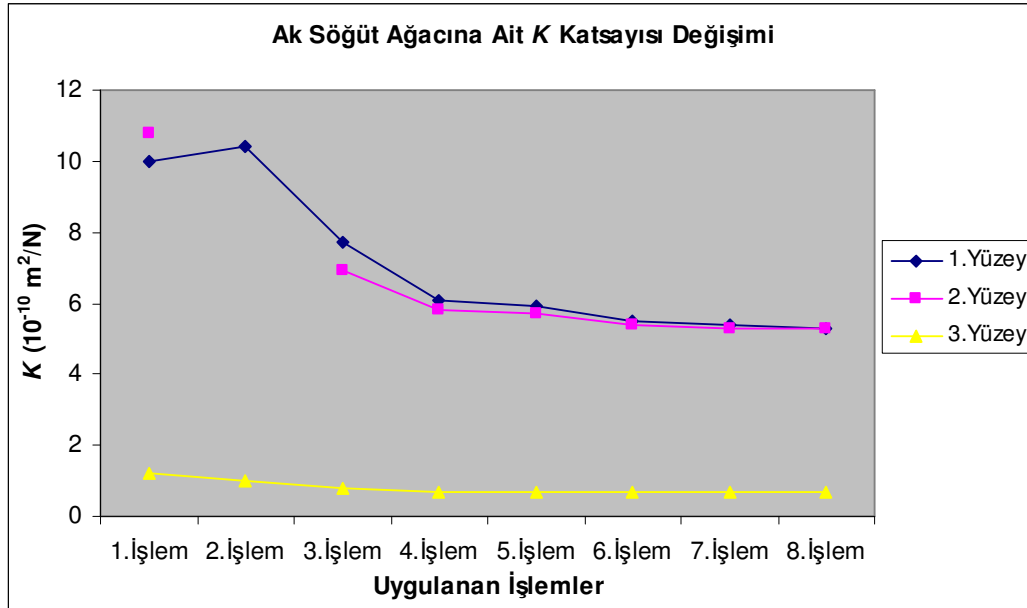


Şekil 7.50 Ak Dut ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.6 Ak Söğüt Ağacı

Tablo 7.78 Ak Söğüt ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² |
| 1.İşlem | - | 7.8 | 12.2 | 10.0 | - | 7.7 | 13.9 | 10.8 | 1.3 | 1.1 | 1.2 |
| 2.İşlem | 13.1 | 10.0 | 8.0 | 10.4 | - | - | - | - | 1.1 | 0.9 | 1.0 |
| 3.İşlem | 8.5 | 6.9 | 7.9 | 7.7 | 6.7 | 6.6 | 7.3 | 6.9 | 0.8 | 0.7 | 0.8 |
| 4.İşlem | 6.7 | 5.5 | 6.4 | 6.1 | 6.1 | 5.0 | 6.6 | 5.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |
| 5.İşlem | 6.2 | 5.5 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.0 | 6.3 | 5.7 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |
| 6.İşlem | 5.7 | 5.3 | 5.4 | 5.5 | 5.4 | 4.8 | 6.1 | 5.4 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 7.İşlem | 5.7 | 5.2 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 4.8 | 5.8 | 5.3 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |
| 8.İşlem | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 4.9 | 5.9 | 5.3 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |

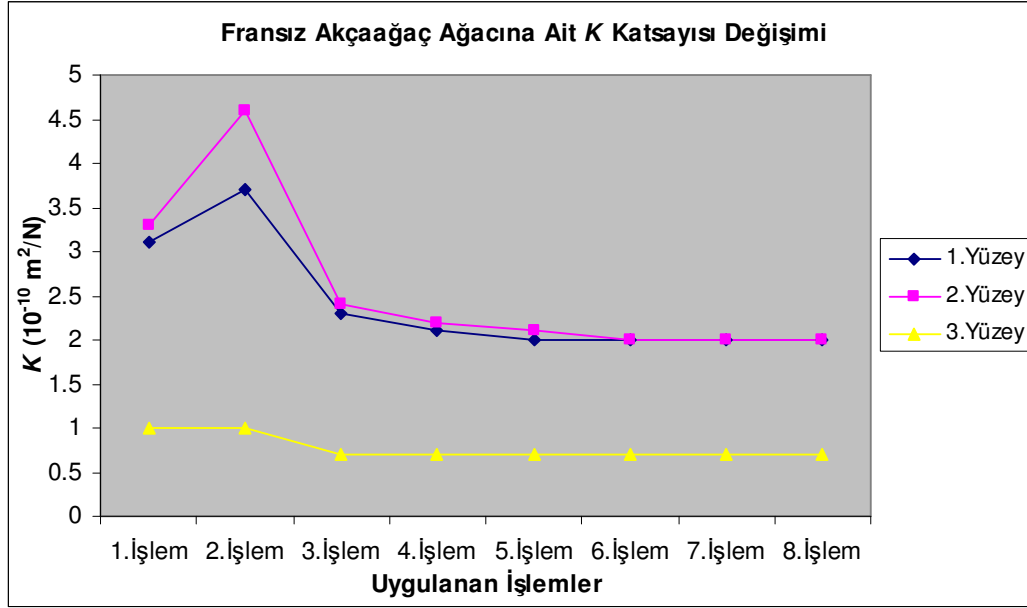


Şekil 7.51 Ak Söğüt ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.7 Fransız Akçağaç Ağacı

Tablo 7.79 Fransız Akçağaç ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² |
| 1.İşlem | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 3.1 | 3.7 | 3.4 | 2.9 | 3.3 | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| 2.İşlem | 3.9 | 3.6 | 3.6 | 3.7 | 8.2 | 3.8 | 3.8 | 4.6 | 1.0 | 1.1 | 1.0 |
| 3.İşlem | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 0.7 | 0.8 | 0.7 |
| 4.İşlem | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 5.İşlem | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 6.İşlem | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 7.İşlem | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 8.İşlem | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |

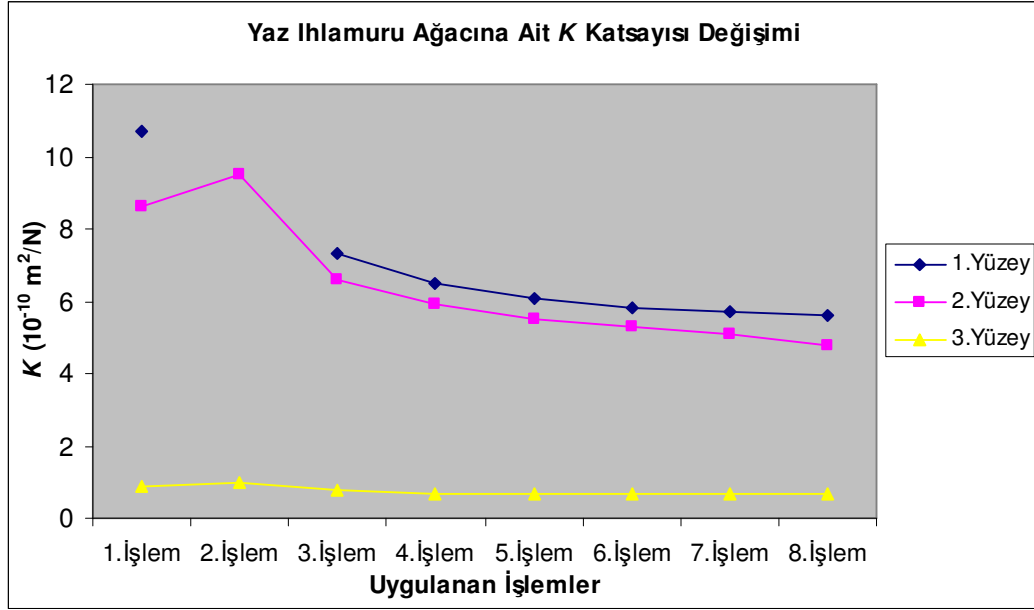


Şekil 7.52 Fransız Akçaağaç ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.80 Yaz Ihlamuru ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{10^{-10}}$ m ² /N | $K_{ort}^{10^{-10}}$ m ² /N ² |
| 1.İşlem | 9.9 | 11.5 | 10.9 | 10.7 | 9.4 | 7.6 | 9.2 | 8.6 | 1.1 | 0.9 | 0.9 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 7.5 | 17.4 | 7.9 | 9.5 | 1.1 | 0.9 | 1.0 |
| 3.İşlem | 7.6 | 6.8 | 7.4 | 7.3 | 7.3 | 5.8 | 6.9 | 6.6 | 0.8 | 0.7 | 0.8 |
| 4.İşlem | 6.6 | 6.2 | 6.7 | 6.5 | 6.6 | 5.2 | 6.2 | 5.9 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 5.İşlem | 6.2 | 5.8 | 6.1 | 6.1 | 6.2 | 4.9 | 5.6 | 5.5 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 6.İşlem | 6.0 | 5.6 | 5.9 | 5.8 | 5.9 | 4.7 | 5.4 | 5.3 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 7.İşlem | 5.7 | 5.6 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | 4.5 | 5.2 | 5.1 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 8.İşlem | 5.6 | 5.7 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 4.1 | 5.1 | 4.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |

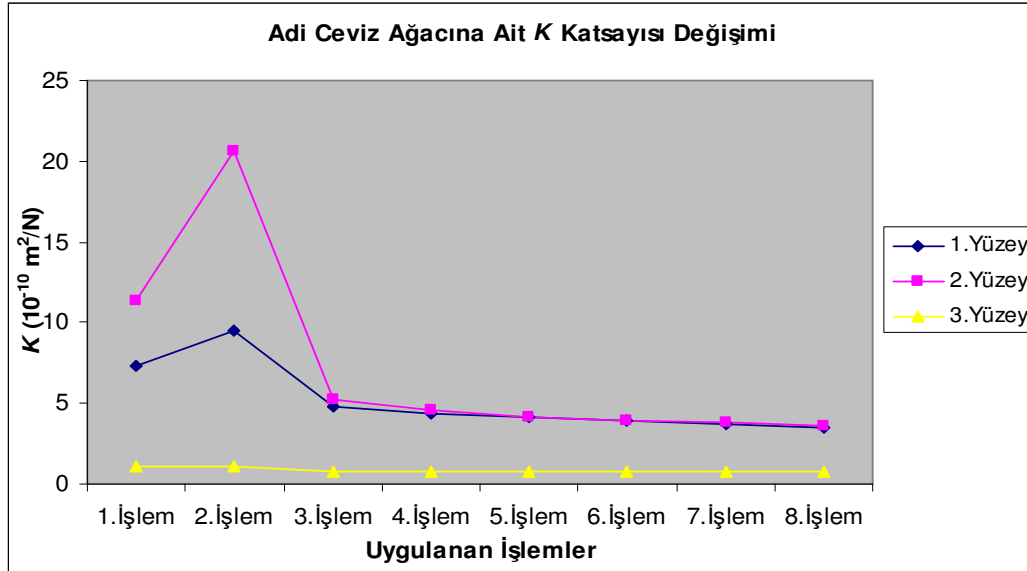


Şekil 7.53 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.9.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.81 Adi Ceviz ağacının K sıkışma katsayısı değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}^{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}^{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}$ | $K_{\text{ort}}^{10^{-10}} \text{ m}^2/\text{N}^2$ |
| 1.İşlem | 6.7 | 6.4 | 9.6 | 7.3 | 15.2 | 7.4 | 15.6 | 11.3 | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| 2.İşlem | 9.1 | 9.3 | 10.1 | 9.5 | - | - | - | - | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 3.İşlem | 5.0 | 4.7 | 4.8 | 4.8 | 5.2 | 4.9 | 5.5 | 5.2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 4.İşlem | 4.5 | 4.4 | 4.2 | 4.4 | 4.5 | 4.5 | 4.7 | 4.6 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| 5.İşlem | 4.3 | 4.2 | 3.8 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.3 | 4.2 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| 6.İşlem | 4.2 | 4.0 | 3.5 | 3.9 | 3.8 | 4.0 | 3.9 | 3.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 7.İşlem | 3.9 | 3.7 | 3.4 | 3.7 | 3.6 | 3.9 | 3.8 | 3.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 8.İşlem | 3.7 | 3.7 | 3.2 | 3.5 | 3.4 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |



Şekil 7.54 Adi Ceviz ağacı numunesine ait K sıkışma katsayısı değişim grafiği

7.10 Numunelerin E (Dinamik) Elastik Sabitlerinin Hesaplanması

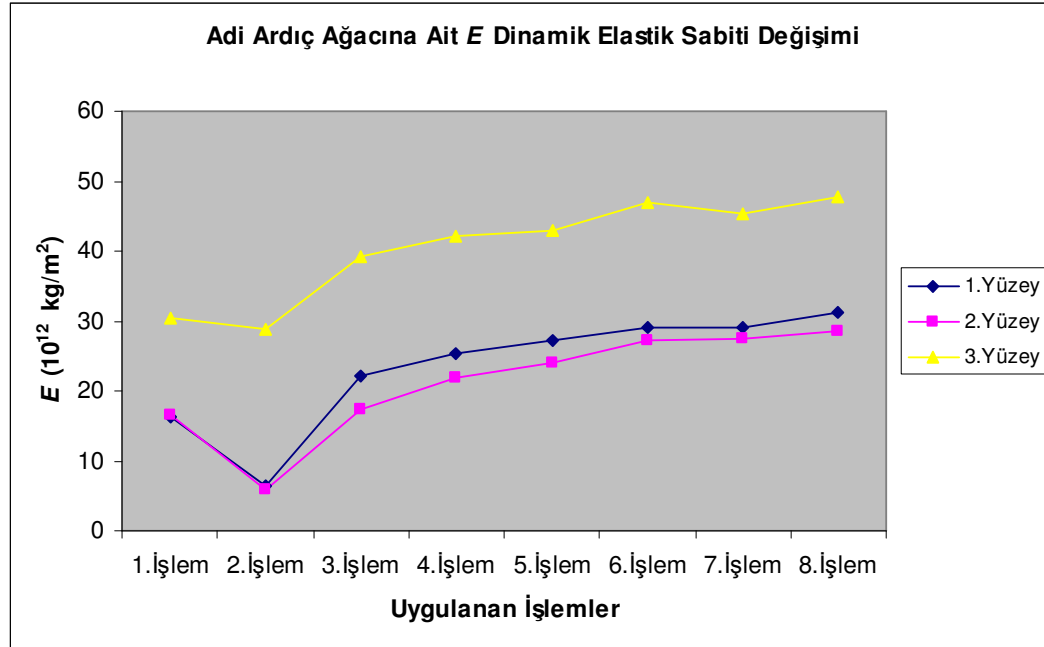
E dinamik elastik sabiti , $E = \frac{(1+\sigma)(1-2\sigma)}{(1-\sigma)} v_b^2 \frac{\rho}{g} 10^5$ denklemi ile verilir. Burada v_b boyuna ultrases geçiş hızı, ρ yoğunluk, g yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2) ve σ ise Poisson oranıdır (Ilıcan,1995).

Her numune ve her numunenin yüzeyleri için Poisson oranı 0,33 değerinde olduğu için tablolarda gösterilmemiştir. E dinamik elastik sabitleri hesaplanırken Tüm numunelerde Poisson oranı değeri olan 0.33, 6.1. bölümde hesaplanan yoğunluk ve 6.3. bölümde hesaplanan boyuna hız değerleri kullanılmıştır.

7.10.1 Adi Ardıç Ağacı

Tablo 7.82 Adi Ardıç ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ |
| 1.İşlem | 15.9 | 15.9 | 16.8 | 16.2 | 17.1 | 15.7 | 16.5 | 16.4 | 30.3 | 30.5 | 30.4 |
| 2.İşlem | - | 6.3 | - | 6.3 | 5.9 | 5.6 | - | 5.8 | 26.7 | 30.7 | 28.7 |
| 3.İşlem | 20.4 | 23.7 | 22.6 | 22.2 | 19.1 | 13.9 | 19.5 | 17.4 | 39.8 | 38.4 | 39.1 |
| 4.İşlem | 25.6 | 24.6 | 26.0 | 25.4 | 23.9 | 18.4 | 23.2 | 21.8 | 42.9 | 41.4 | 42.2 |
| 5.İşlem | 27.5 | 26.4 | 27.9 | 27.2 | 25.6 | 20.4 | 26.1 | 24.0 | 43.6 | 42.2 | 42.9 |
| 6.İşlem | 29.3 | 28.0 | 29.7 | 29.0 | 28.7 | 25.0 | 27.8 | 27.1 | 47.9 | 46.2 | 47.1 |
| 7.İşlem | 29.5 | 28.2 | 29.9 | 29.2 | 29.1 | 25.2 | 28.0 | 27.4 | 46.2 | 44.6 | 45.4 |
| 8.İşlem | 31.4 | 30.1 | 31.8 | 31.1 | 29.3 | 26.7 | 29.8 | 28.6 | 48.6 | 46.9 | 47.7 |

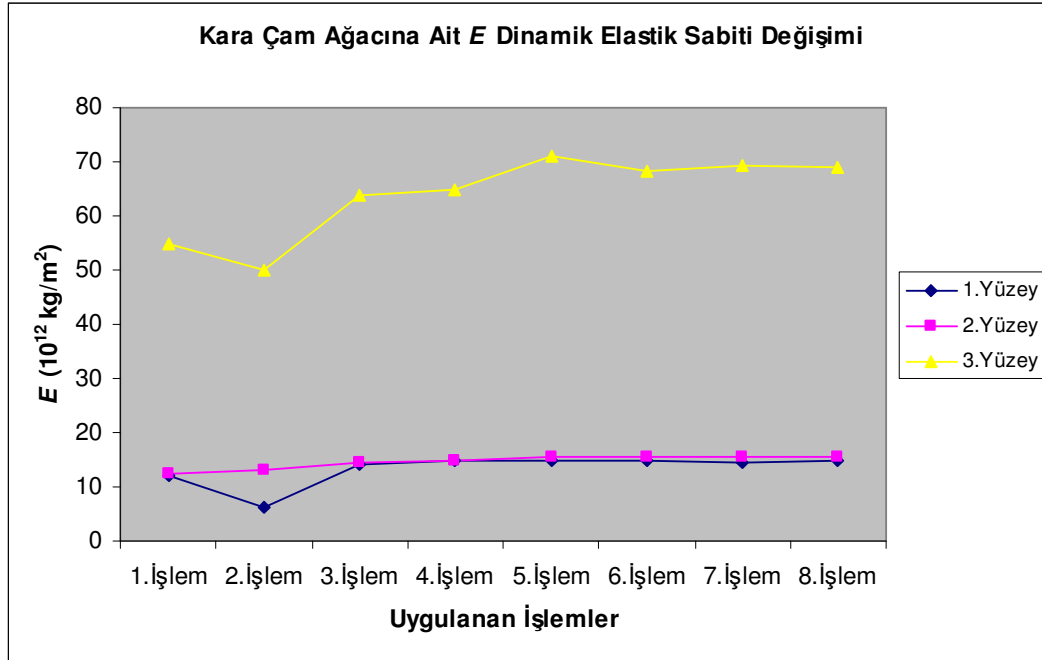


Şekil 7.55 Adi Ardıç ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.2 Kara Çam Ağacı

Tablo 7.83 Kara çam ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

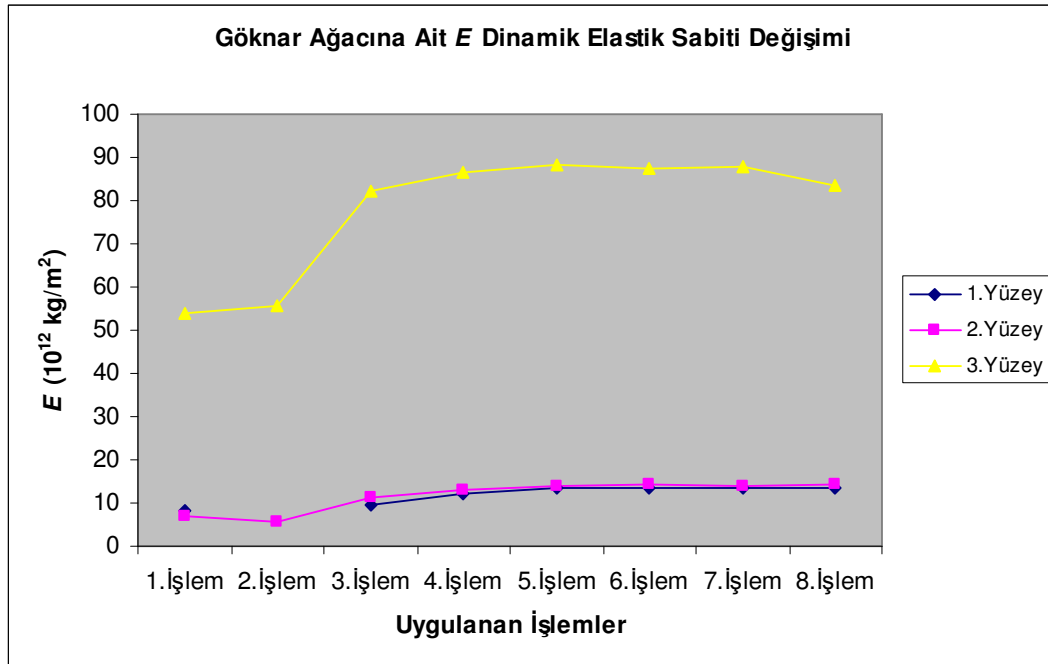
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{ort}^{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{ort}^{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{ort}^{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ |
| 1.İşlem | 13.1 | 11.9 | 11.7 | 12.2 | 13.3 | 11.6 | 12.6 | 12.5 | 36.9 | 76.0 | 54.7 |
| 2.İşlem | 6.6 | 5.8 | 5.8 | 6.1 | 13.0 | 13.1 | 13.5 | 13.2 | 37.5 | 64.6 | 50.1 |
| 3.İşlem | 14.2 | 14.1 | 13.8 | 14.0 | 14.5 | 14.3 | 14.2 | 14.4 | 49.6 | 79.7 | 63.8 |
| 4.İşlem | 14.7 | 15.2 | 14.2 | 14.7 | 15.0 | 14.7 | 14.6 | 14.8 | 50.5 | 80.6 | 64.7 |
| 5.İşlem | 15.2 | 15.0 | 14.7 | 15.0 | 15.5 | 16.0 | 15.1 | 15.5 | 55.0 | 88.8 | 70.9 |
| 6.İşlem | 15.5 | 15.3 | 13.7 | 14.9 | 15.1 | 15.6 | 15.5 | 15.4 | 53.4 | 85.0 | 68.3 |
| 7.İşlem | 15.1 | 14.9 | 13.4 | 14.4 | 15.4 | 15.9 | 15.1 | 15.4 | 54.3 | 86.4 | 69.4 |
| 8.İşlem | 14.7 | 15.1 | 14.2 | 14.7 | 15.7 | 15.4 | 15.3 | 15.5 | 52.4 | 87.9 | 69.0 |

Şekil 7.56 Kara Çam ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.3 Göknaar Ağacı

Tablo 7.84 Göknaar ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

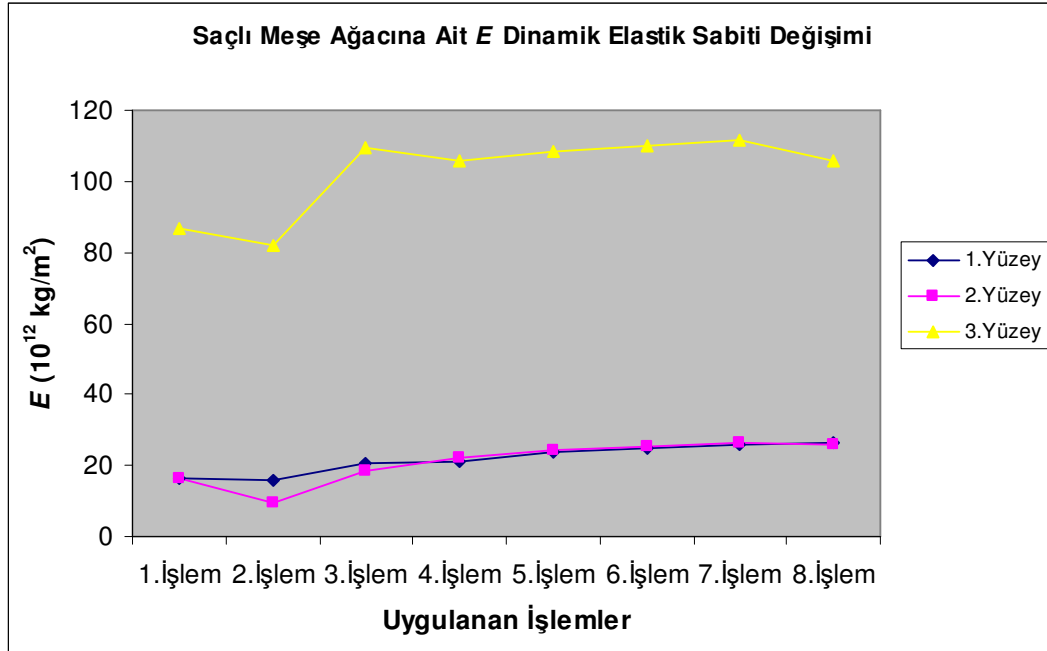
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{ort}^{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{ort}^{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{ort}^{10^{12}}$ kg/m ² | $E_{10^{12}}$ kg/m ² |
| 1.İşlem | 6.9 | 10.4 | 7.1 | 8.1 | 6.6 | 8.1 | 6.1 | 6.9 | 68.9 | 40.4 | 53.7 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | - | 5.6 | - | 5.6 | 61.2 | 50.8 | 55.9 |
| 3.İşlem | 11.7 | 9.2 | 8.4 | 9.7 | 10.7 | 12.0 | 11.6 | 11.4 | 89.8 | 74.8 | 82.1 |
| 4.İşlem | 12.9 | 11.2 | 12.7 | 12.3 | 13.7 | 12.7 | 12.2 | 12.8 | 94.6 | 78.9 | 86.6 |
| 5.İşlem | 13.2 | 12.4 | 14.7 | 13.4 | 15.2 | 13.5 | 13.5 | 14.1 | 96.7 | 80.6 | 88.5 |
| 6.İşlem | 13.4 | 12.6 | 14.4 | 13.4 | 15.5 | 13.7 | 13.7 | 14.3 | 98.2 | 77.1 | 87.3 |
| 7.İşlem | 13.5 | 12.7 | 14.5 | 13.6 | 15.6 | 13.8 | 12.8 | 14.0 | 98.9 | 77.6 | 87.9 |
| 8.İşlem | 13.7 | 12.3 | 14.1 | 13.4 | 16.5 | 13.4 | 13.5 | 14.4 | 93.8 | 73.8 | 83.5 |

Şekil 7.57 Göknaar ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.4 Saçlı Meşe Ağacı

Tablo 7.85 Saçlı Meşe ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

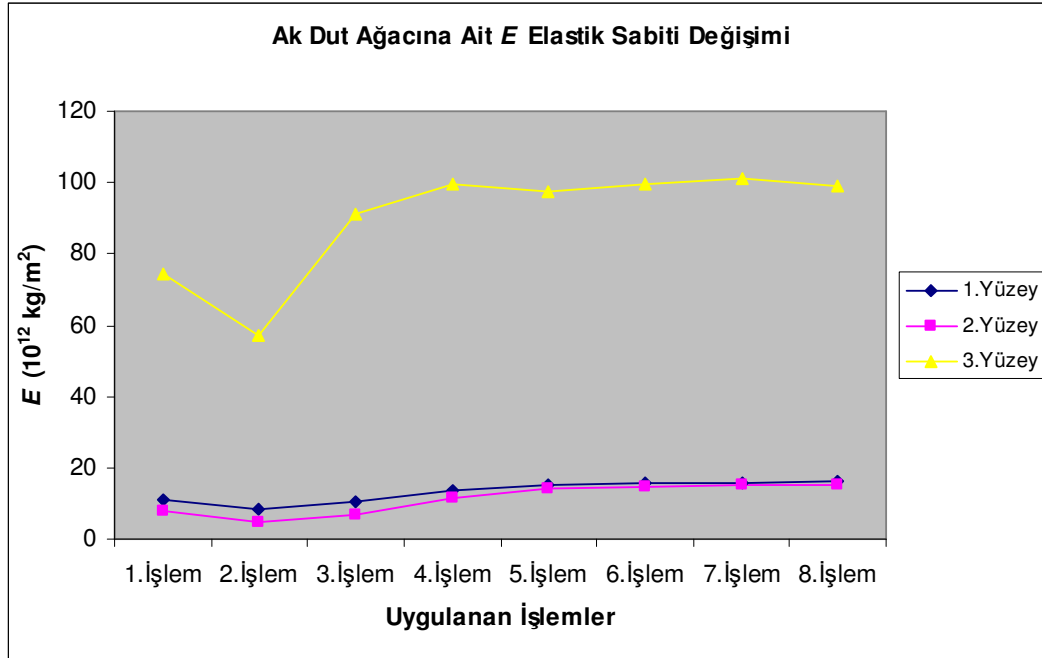
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ |
| 1.İşlem | 16.7 | 16.5 | 15.8 | 16.3 | 15.6 | 16.8 | 16.1 | 16.2 | 84.0 | 89.0 | 86.5 |
| 2.İşlem | - | - | 15.8 | 15.8 | 8.6 | 9.9 | - | 9.3 | 92.1 | 72.0 | 81.8 |
| 3.İşlem | 17.8 | 22.5 | 20.9 | 20.4 | 17.8 | 20.1 | 17.7 | 18.5 | 109.4 | 109.0 | 109.2 |
| 4.İşlem | 20.7 | 21.6 | 21.6 | 21.3 | 21.3 | 22.2 | 22.3 | 21.9 | 105.8 | 105.4 | 105.6 |
| 5.İşlem | 23.5 | 23.4 | 24.4 | 23.8 | 24.2 | 22.8 | 25.3 | 24.1 | 108.4 | 108.0 | 108.2 |
| 6.İşlem | 25.2 | 25.1 | 24.9 | 25.0 | 25.9 | 24.4 | 25.8 | 25.4 | 110.2 | 109.8 | 110.0 |
| 7.İşlem | 25.5 | 26.7 | 25.1 | 25.8 | 26.3 | 24.8 | 27.5 | 26.2 | 111.5 | 111.1 | 111.3 |
| 8.İşlem | 27.2 | 27.1 | 25.5 | 26.6 | 25.4 | 25.1 | 27.9 | 26.1 | 106.1 | 105.8 | 106.0 |

Şekil 7.58 Saçlı Meşe ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.5 Ak Dut Ağacı

Tablo 7.86 Ak Dut ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

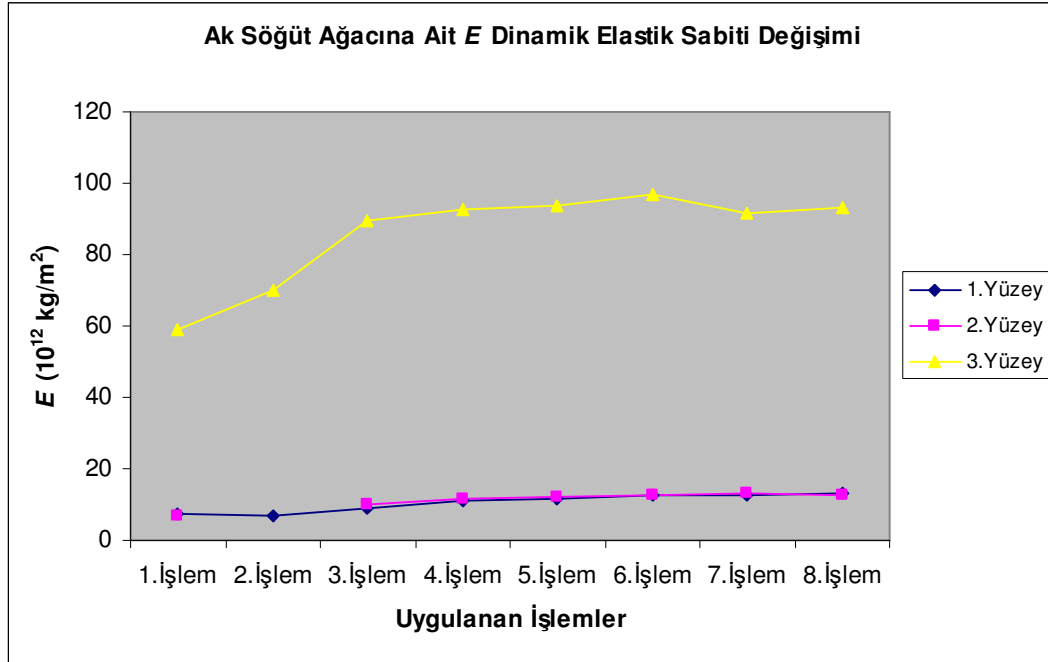
| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{ort}^{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{ort}^{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{ort}^{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ |
| 1.İşlem | 10.1 | 11.1 | 12.0 | 11.0 | 7.5 | 10.4 | 6.3 | 8.0 | 74.4 | 74.5 | 74.5 |
| 2.İşlem | - | 7.2 | 9.8 | 8.5 | - | 4.5 | - | 4.5 | 57.1 | 57.3 | 57.2 |
| 3.İşlem | 10.4 | 10.0 | 11.5 | 10.6 | - | 7.3 | 6.6 | 7.0 | 88.2 | 94.7 | 91.4 |
| 4.İşlem | 12.4 | 12.9 | 15.6 | 13.6 | 11.0 | 11.7 | 11.2 | 11.3 | 96.2 | 103.5 | 99.8 |
| 5.İşlem | 15.5 | 14.2 | 16.4 | 15.3 | 13.5 | 13.9 | 14.3 | 13.9 | 94.2 | 101.3 | 97.7 |
| 6.İşlem | 15.8 | 14.5 | 16.8 | 15.7 | 14.3 | 14.9 | 15.4 | 14.8 | 96.2 | 103.4 | 99.8 |
| 7.İşlem | 16.1 | 14.8 | 17.0 | 15.9 | 14.6 | 15.1 | 15.6 | 15.1 | 97.5 | 104.8 | 101.1 |
| 8.İşlem | 17.0 | 14.3 | 17.2 | 16.1 | 14.7 | 14.7 | 15.8 | 15.1 | 98.6 | 99.3 | 99.0 |

Şekil 7.59 Ak Dut ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.6 Ak Sögüt Ağacı

Tablo 7.87 Ak Sögüt ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

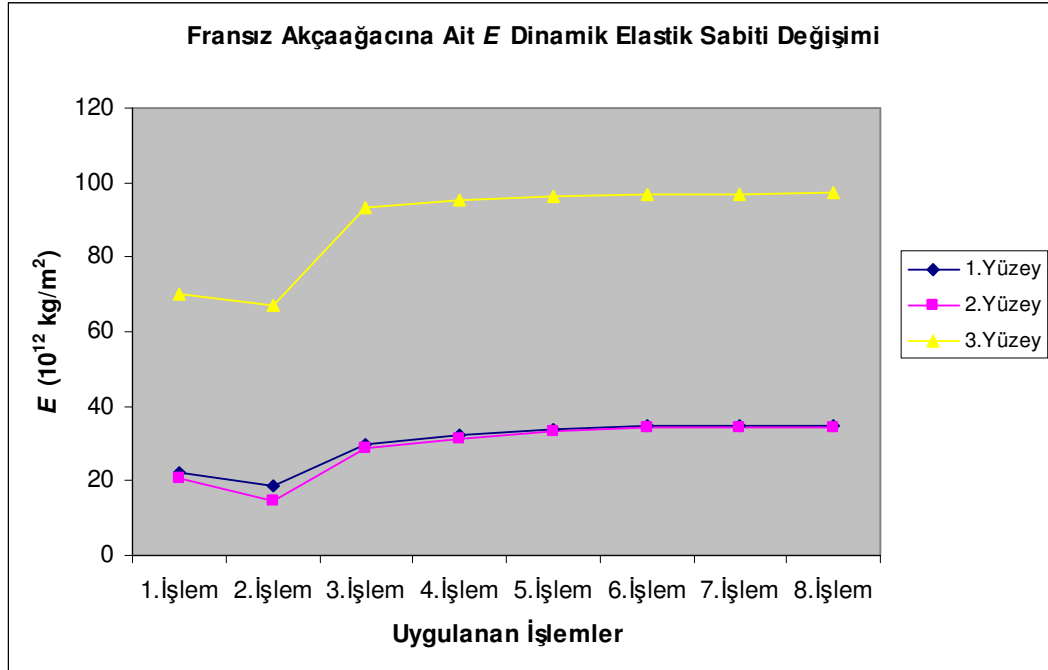
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | E 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E_{ort} 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E_{ort} 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 | E 10^{12} kg/m^2 |
| 1.İşlem | - | 8.8 | 5.7 | 7.3 | - | 8.9 | 4.9 | 6.9 | 54.8 | 63.4 | 59.0 |
| 2.İşlem | 5.3 | 6.9 | 8.5 | 6.8 | - | - | - | - | 64.6 | 76.1 | 70.2 |
| 3.İşlem | 8.1 | 10.0 | 8.7 | 8.9 | 10.2 | 10.5 | 9.4 | 10.0 | 83.0 | 96.5 | 89.6 |
| 4.İşlem | 10.3 | 12.5 | 10.8 | 11.2 | 11.3 | 13.8 | 10.5 | 11.8 | 86.3 | 99.3 | 92.7 |
| 5.İşlem | 11.2 | 12.5 | 11.3 | 11.7 | 11.8 | 13.7 | 10.9 | 12.1 | 84.5 | 103.5 | 93.8 |
| 6.İşlem | 12.0 | 13.0 | 12.6 | 12.5 | 12.7 | 14.2 | 11.3 | 12.7 | 87.2 | 106.9 | 96.8 |
| 7.İşlem | 12.1 | 13.1 | 12.8 | 12.7 | 12.9 | 14.4 | 11.9 | 13.0 | 82.9 | 101.0 | 91.7 |
| 8.İşlem | 12.8 | 12.8 | 13.1 | 12.9 | 13.1 | 14.0 | 11.6 | 12.9 | 84.3 | 102.6 | 93.2 |

Şekil 7.60 Ak Sögüt ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.7 Fransız Akçağaç Ağacı

Tablo 7.88 Fransız Akçağaç ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

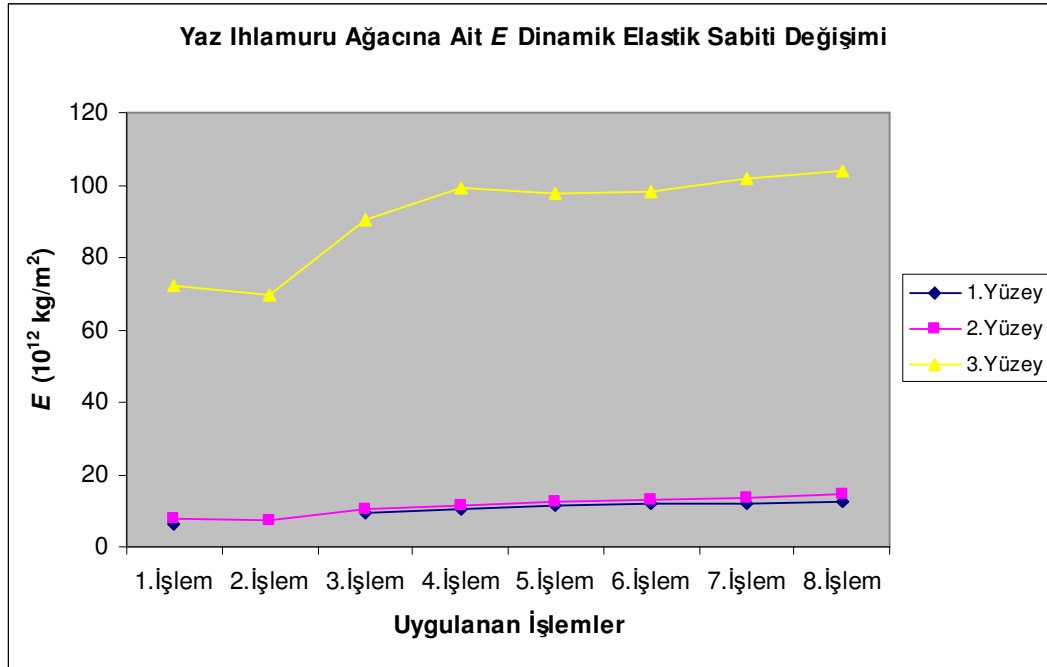
| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ |
| 1.İşlem | 20.9 | 21.8 | 23.2 | 22.0 | 18.4 | 20.4 | 23.9 | 20.8 | 74.2 | 66.0 | 70.0 |
| 2.İşlem | 17.5 | 19.3 | 19.4 | 18.7 | 8.4 | 18.0 | 18.0 | 14.4 | 71.3 | 63.0 | 67.1 |
| 3.İşlem | 28.6 | 30.0 | 30.3 | 29.6 | 27.8 | 29.7 | 29.4 | 28.9 | 96.3 | 90.8 | 93.5 |
| 4.İşlem | 30.9 | 32.5 | 32.9 | 32.1 | 29.9 | 32.0 | 31.6 | 31.2 | 98.1 | 92.6 | 95.3 |
| 5.İşlem | 33.0 | 32.8 | 35.3 | 33.7 | 31.9 | 34.2 | 33.8 | 33.3 | 99.1 | 93.5 | 96.3 |
| 6.İşlem | 33.3 | 35.0 | 35.6 | 34.7 | 32.2 | 34.4 | 36.1 | 34.2 | 99.9 | 94.3 | 97.1 |
| 7.İşlem | 33.4 | 35.1 | 35.8 | 34.8 | 32.2 | 34.4 | 36.1 | 34.2 | 99.9 | 94.3 | 97.1 |
| 8.İşlem | 33.5 | 35.2 | 35.9 | 34.9 | 32.4 | 34.5 | 36.3 | 34.4 | 100.2 | 94.5 | 97.3 |

Şekil 7.61 Fransız Akçağaç ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.8 Yaz Ihlamuru Ağacı

Tablo 7.89 Yaz Ihlamuru ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

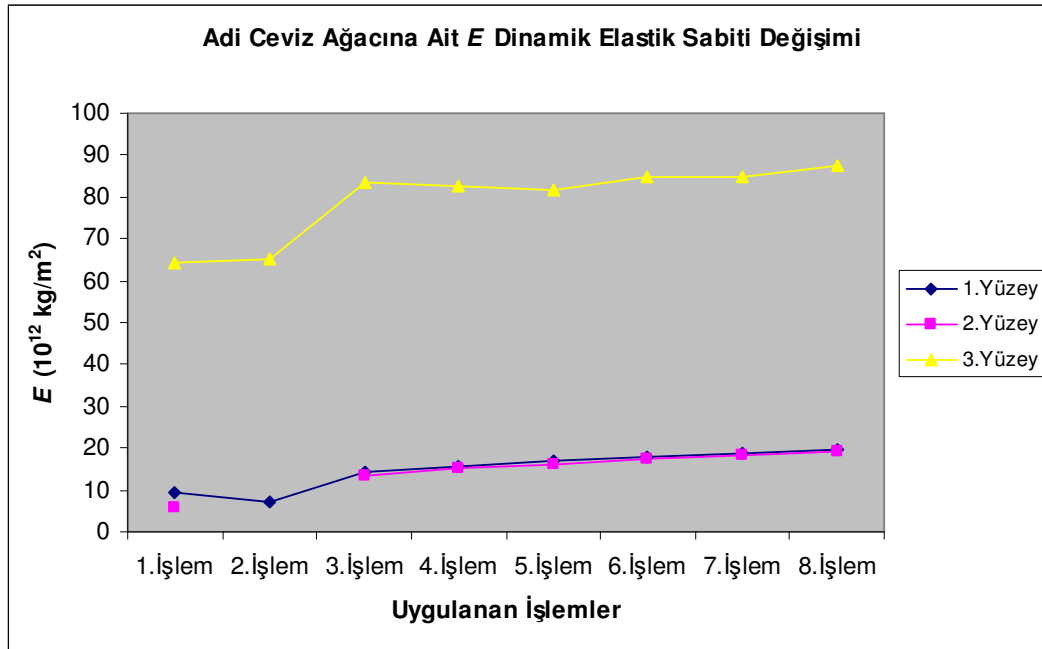
| Uygulanan işlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | E 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E_{ort} 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E_{ort} 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² | E 10^{12} kg/m ² |
| 1.İşlem | 6.9 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 7.3 | 9.1 | 7.5 | 7.9 | 64.9 | 80.2 | 72.4 |
| 2.İşlem | - | - | - | - | 9.2 | 3.9 | 8.7 | 7.0 | 64.6 | 74.5 | 69.5 |
| 3.İşlem | 9.0 | 10.1 | 9.3 | 9.5 | 9.4 | 12.0 | 10.0 | 10.4 | 81.2 | 99.7 | 90.2 |
| 4.İşlem | 10.4 | 11.1 | 10.2 | 10.6 | 10.4 | 13.2 | 11.1 | 11.6 | 89.2 | 109.6 | 99.2 |
| 5.İşlem | 11.1 | 11.8 | 11.2 | 11.4 | 11.1 | 14.0 | 12.3 | 12.4 | 88.4 | 107.7 | 97.8 |
| 6.İşlem | 11.5 | 12.3 | 11.7 | 11.8 | 11.6 | 14.7 | 12.8 | 13.0 | 92.3 | 104.7 | 98.4 |
| 7.İşlem | 12.0 | 12.2 | 12.1 | 12.1 | 12.0 | 15.2 | 13.2 | 13.4 | 95.3 | 108.2 | 101.6 |
| 8.İşlem | 12.2 | 12.0 | 12.4 | 12.2 | 12.8 | 16.8 | 13.5 | 14.3 | 97.4 | 110.5 | 103.9 |

Şekil 7.62 Yaz Ihlamuru ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

7.10.9 Adi Ceviz Ağacı

Tablo 7.90 Adi Ceviz ağacının E dinamik elastik sabiti değerleri

| Uygulanan İşlemler | 1.YÜZEY | | | | 2.YÜZEY | | | | 3.YÜZEY | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | 3. Konum | Ort. | 1. Konum | 2. Konum | Ort. |
| | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}}^{\text{ort}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ | $E_{10^{12}} \text{ kg/m}^2$ |
| 1.İşlem | 10.3 | 10.7 | 7.2 | 9.3 | 4.5 | 9.3 | 4.4 | 5.9 | 60.6 | 68.4 | 64.4 |
| 2.İşlem | 7.6 | 7.4 | 6.8 | 7.3 | - | - | - | - | 65.0 | 65.1 | 65.1 |
| 3.İşlem | 13.9 | 14.5 | 14.4 | 14.3 | 13.3 | 14.0 | 12.5 | 13.3 | 83.3 | 83.9 | 83.6 |
| 4.İşlem | 15.1 | 15.8 | 16.5 | 15.8 | 15.2 | 15.3 | 14.7 | 15.1 | 85.0 | 80.5 | 82.8 |
| 5.İşlem | 15.9 | 16.6 | 18.1 | 16.8 | 16.6 | 16.0 | 16.2 | 16.3 | 83.8 | 79.5 | 81.7 |
| 6.İşlem | 16.5 | 17.2 | 19.7 | 17.8 | 17.9 | 17.3 | 17.5 | 17.6 | 86.9 | 82.4 | 84.7 |
| 7.İşlem | 17.7 | 18.4 | 20.2 | 18.7 | 19.1 | 17.7 | 17.9 | 18.3 | 86.1 | 83.9 | 85.0 |
| 8.İşlem | 18.7 | 18.7 | 21.4 | 19.6 | 20.3 | 18.8 | 18.9 | 19.3 | 89.7 | 85.1 | 87.4 |

Şekil 7.63 Adi Ceviz ağacı numunesine ait E dinamik elastik sabiti değişim grafiği

BÖLÜM 8

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada tahribatsız test yöntemlerinden biri olan ultrases yöntemi ile dikdörtgenler prizması şeklinde hazırlanan tür ve cinsleri belirlenen ağaç numuneler incelenmiştir. Ultrasonic tester cihazı ile numunelerin her bir yüzeyinin belirli konumlarından ultrases geçiş süreleri μs biriminden ölçülmüştür. Numunelerin kütleleri ve hacimleri belirlendikten sonra yoğunlukları $\rho = m/v$ formülünden hesaplanmıştır. . Elde edilen yoğunluk ve ultrases hız değerlerinden, ağaç yapısı kompleks bir yapı gösterdiğinden ağaç numunelerimizi bir yaklaşımla homojen ve izotrop olarak kabul ederek, Lamé sabitleri olarak bilinen μ ve λ sabitleri, Y young modülleri, B hacim modülleri, K sıkışma katsayıları, E dinamik elastik sabitleri hesaplanmıştır.

İncelenen tüm numunelerin yoğunluk değerlerinin literatürdeki yoğunluk değerleri ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir. Yoğunluk değerindeki küçük farkların ise ağaçların ksilem ve floem iletim borularının yapısından, ağaç yapısında bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarının farkından, ağacın yaşı, yetiştiği yer ve odunda bulunan ekstratif maddelerden, hücre çeperlerinde tutulan “bağlı su” ve iletim borularının lümenlerinde bulunan “serbest su” değerlerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İğne yapraklı ağaçlardan adi ardıç, kara çam ve göknar ağacının, yapraklı ağaçlardan ise sadece ak dut ağacının kesildikten sonraki yoğunluğuyla kurutulduktan sonraki yoğunluğu arasındaki fark diğer ağaçlara göre oldukça fazladır. Bunun sebebinin iğne yapraklı ağaçlarda su iletimi görevini sadece trakeidlerin yapmasıdır. Trakeid hücreleri yapraklı ağaçlarda bulunan trake hücreleri gibi düz boru şeklinde değildir. Trakeid boruların boyları kısa, uç kısımları dar ve sivridir. Bu nedenden dolayı kesildikten sonra iğne yapraklı ağaçların normal şartlarda lümenlerinde bulunan “serbest su” larını hemen kaybetmedikleri söylenebilir. Yapraklı ağaçlardan sadece ak

dut ağacında kurutma işleminden sonra yoğunluk farkı fazla olarak görülmektedir. Bunun sebebi ise lümenlerinin çeperinde bulunan “bağıl su” oranının fazla olması olarak düşünülmektedir.

7.3. bölümdeki numunelere ait boyuna ultrases dalgalarının numunelerden geçiş hızları incelendiğinde adi ardıç ağacının kurutulduktan sonra 1. ve 2. yüzeylerinde hız azalırken 3. yüzeyinde hız artmaktadır.

Kara çam ağacında kurutma işleminden sonra 1. yüzeyde boyuna ultrases hızı azalmakta 2. ve 3. yüzeylerde artmaktadır. Boyuna ultrases hızı 1. yüzeyde 6. işlemden sonra sabit bir değerdedir. 2.yüzeyde ise 6.işlem sonrası boyuna ultrases hızında azalma görülmektedir. 3. yüzeyde ise 5. işlemden sonra sabit bir değer almakta 7. işlemden sonra da hızında azalma gözlenmektedir. Kurutma işleminden sonra 2. yüzeydeki artışın özellikle iğne yapraklı ağaçlarda bulunan reçineden veya ksilem ve floem borularından ya da lif kıvrıklığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gök nar ağacında kurutma işleminden sonra 2. yüzeyde boyuna ultrases hızları azalırken 3. yüzeylerde hız artmaktadır. 2.yüzey 4. işlemden sonra sabit değere ulaşmakta 6. işlem sonrasında iki yüzeyde de hızda azalma görülmektedir. 3. yüzey ise 3. işlemden sonra sabit değere ulaşmakta 6. işlemden sonra ise hızda azalma görülmektedir.

Saçlı meşe ağacında kurutma işleminden sonra 1. yüzeyde boyuna ultrases hızı artarken 2.yüzeyde azalma, 3. yüzeyde ise artış olduğu görülmektedir. 3. yüzey 4. işlem sonrası sabit değere ulaşmakta, 8. işlem sonrası boyuna ultrases hızında azalma görülmektedir.

Ak dut ağacında kurutma işleminden sonra boyuna ultrases hızında 1. yüzeyde artış, 2. yüzeyde azalma görülürken, 3. yüzeyde artış görülmektedir. 1. yüzeyde sabit bir değere ulaşılmayıp 8. işlem sonrasında da hız artmaya devam etmektedir. 2. yüzeyde 7. işlem sonunda hızda azalma görülmektedir. 3. yüzeyde ise 5. ve 7. işlemler arası sabit değere ulaşmakta 8. işlemde ise hızda azalma görülmektedir.

Ak söğüt ağacında kurutma işleminden sonra 1. yüzeyde boyuna ultrases hızında artış gözlenmekte, 3. yüzeyde ise artmaktadır. 1. yüzeyin boyuna ultrases hızı sabit bir değere ulaşmayıp, 8. işlem sonunda da artış göstermektedir. 2. yüzeyde ise 6. işlem sonunda boyuna ultrases hızında azalma görülmektedir. 3. yüzeyde 5. ve 6. işlem sonrasında kadar boyuna ultrases hızı sabit kalmakta 7. işlem sonrasında ise hızında azalma görülmektedir.

Fransız akçaağacında kurutma işleminden sonra boyuna ultrases hızı 1. ve 2. yüzeylerde azalırken 3. yüzeyde artış göstermektedir. 1. yüzeyde boyuna ultrases hızı 7. ve 8. işlemler sonrasında sabit bir değer almaktadır. 2. yüzeyde, 6. ve 7. işlemler sonrasında sabit değere ulaşmakta 8. işlem sonrasında ise hızında azalma olduğu görülmektedir. 3. yüzey ise 3. işlemten sonra sabit bir değere ulaşmaktadır.

Yaz ıhlamuru ağacında 2. yüzeyde 2. işlem sonrasında boyuna ultrases hızında azalma 3. yüzeyde artış görülmektedir. 1. yüzey 5. işlemten sonra sabit değere ulaşmakta ve daha sonra hızında azalma olmaktadır. 2. yüzeyde 6. işlem sonrasında boyuna ultrases hızı sabit bir değer almaktadır. 3. yüzeyde ise 6. işlemten sonra sabit bir değere ulaşmaktadır.

Adi ceviz ağacında 1. yüzeyde 2. işlemten sonra boyuna ultrases hızı azalırken 3. yüzeyde artış göstermektedir. 1. ve 2. yüzey 8. işlem sonunda sabit bir değer almayıp artış göstermektedir. 3. yüzeyde ise 5. ve 6. işlemler arasında sabit bir değer almakta 7. işlemten sonra azalmakta ve 8. işlemten sonra tekrar 5. ve 6. işlemlerdeki sabit ultrases hızına ulaşmaktadır.

Homojen ve izotrop cisimlerin yoğunlukları azaldıkça ultrases hızının da azalması beklenir. Fakat homojen ve izotrop olmayan ağaç numunelerin kurutma işleminden sonra yoğunluklarının azalmasına rağmen 3. yüzeylerinde (enine kesit) artış görülmektedir. Bunun nedenin ise ağaçlarda su ve besin maddesi iletimi görevi yapan boru şeklinde olan ksilem ve floem dokularından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurutulma işlemiyle birlikte lümen çeperlerinde bulunan “bağlı su” larını ve az

miktarda lümenlerinde bulunan “serbest su” larını kaybeden iletim boruları birbirine yaklaşmakta, bundan dolayı enine kesit öncekine oranla bir sıkışma, katılma göstermekte ve bu sebepten dolayı da 3. yüzeyde boyuna ultrases hızının arttığı düşünülmektedir.

Genel olarak ağaçların suda belirli bir süre bekletildikten sonra hızları sabitlenmekte ve daha sonra hızlarında azalma görülmektedir. Bunun nedeni de ağaçların hücre yapılarının sabit değerdeyken, bozulmadan alabilecekleri maksimum su değerine ulaştıkları daha sonra ise hücre yapılarının özelliklerini kaybederek bozulmaya başladıkları olarak düşünülmektedir.

7.5. bölümde hesaplanan makaslama, kayma veya kayma esneme direncinin bir ölçüsü olarak da bilinen μ sabitleri incelendiğinde ak söğüt, göknar ve adi ceviz ağacının 3. yüzeyleri hariç bütün ağaç numunelerde 1. 2. ve 3. yüzeylerde 2. işlem sonrası azalma görülmektedir. 3. işlemden sonra ise ağaç numunelerin tamamında artış görülmekte ve suda bekletildikten belirli bir süre sonra suda ağaç hücrelerinin bozulmasından dolayı bazı numunelerde μ sabiti azalmaktadır. 3. işlemden sonra μ değerlerinin artması iletim borularından kaynaklanmaktadır, ksilem ve floem borularının lümenleri su ile doldukça kaymaya karşı daha fazla direnç göstermekte ve μ sabiti de artmaktadır.

Teğet yüzeyler olan 1. ve 2. yüzeylerde μ makaslama direnci enine kesit olan 3. yüzeylere göre oldukça azdır. Bu durum makaslama direncinde en önemli etken olan liflerden kaynaklanmaktadır. Lifler enine kesit yönünde olduğu için 3. yüzeye direnç kazandırırken, teğet yüzeylerin direncine çok katkısı olmamaktadır.

İncelenen numuneler içerisinde 1. ve 2. yüzeylerde en fazla makaslama direncini Fransız akçağaç gösterirken en az direnci ak söğüt ağacı göstermektedir. 3. yüzeylerde ise en fazla direnci saçlı meşe ağacı gösterirken en az direnci adi ardıç ağacı göstermektedir. 8. işlemden sonra adi ardıç ağacı numunesi, Fransız akçağaç hariç, diğer numunelere göre 1. ve 2. yüzeylerde yüksek dirence sahipken 3. yüzeyde en düşük

dirence sahiptir. Buradan ardıç ağacının teğet kesit boyunca uzanan özışınlarının diğer ağaçlara göre fazla olduğu düşünülebilir.

İncelenen ağaç numunelerde Lamé sabiti olarak bilinen λ ve μ sabitlerinden λ sabitlerinin, μ sabitlerinden yaklaşık iki kat fazla olduğu görülmektedir. 3. yüzeylerdeki λ sabiti değeri 1. ve 2. yüzeyler λ sabitlerine göre oldukça fazladır. 2. işlemden sonra numunelerin su kaybetmesiyle azalmakta ve 3. işlemden sonra numunelerin λ sabitlerinde artış görülmektedir ve yine fazla sudan dolayı yapısı bozulmaya başlayan numunelerde azalma göstermektedir.

1. ve 2. işlemlerden sonra 1. ve 2. yüzeylerde en fazla λ sabiti değerini Fransız akçaağaç alırken, 3. yüzeylerde saçlı meşe ağacının en yüksek, adi ardıç ağacının ise en düşük değeri aldığı görülmektedir. 8. işlem sonrasında ise 1. ve 2. yüzeylerde, söğüt ve yaz ıhlamuruna ait λ sabitleri düşükken Fransız akçaağaç ve adi ardıç ağaçlarına ait λ değerleri yüksektir. 3. yüzeyde ise adi ardıç ağacının en düşük değeri, saçlı meşe ağacının ise en yüksek λ değerini aldığı görülmektedir.

7.7. bölümde hesaplanan Y young modülleri için tablo (tablo 7.55 – 7.63) ve grafikler (7.37-7.45) incelendiğinde ağaç numunelerin hemen hepsinde ve tüm yüzeylerinde, karaçam 2. yüzey ve ak söğüt 3.yüzey hariç, suyunu kaybettiğe young modülleri azalmakta numunelerde su oranı arttıkça artmaktadır. 8. işleme kadar lif doygunluk noktasını aşan numunelerde ise belirli bir değerden sonra hücre yapılarının bozulmasından dolayı azalmaktadır. İncelenen tüm numunelerde 3. yüzeylerde 1. ve 2. yüzeylere göre Y young modülü değeri daha fazladır. Bu durum da yine enine kesite paralel olarak uzanan iletim boruları ve liflerden kaynaklanmaktadır.

Young modülü tüm işlemlerden sonra, 1. ve 2. yüzeylerde Fransız akçaağaç en fazla değeri almaktadır. 3. yüzeylerde ise tüm işlemlerde en az young modülü değerini adi ardıç ağacı alırken en fazla young modülü değerini saçlı meşe ağacı almaktadır.

7.9. bölümde ise B hacim modülünün tersi olan K sıkıştırılabilirlik katsayıları incelenmektedir. 1. ve 2. yüzeylerde sıkıştırılma katsayısı fazla yani daha çok sıkıştırılabilir durumda 3. yüzeylerde ise sıkıştırılabilirlik katsayısının daha düşük yani sıkıştırılmasının daha zor olduğu görülmektedir. 2. işlemden sonra yapısında su miktarı azalan numunelerin sıkıştırılabilirliğinin tüm numunelerde 1. ve 2. yüzeylerde arttığı, 3. yüzeylerde ise göknar ve ak söğüt ağacında azaldığı; Fransız akçaağaç, saçlı meşe ve adi ceviz ağacında sabit kaldığı görülmektedir. 3. işlemden sonra sıkıştırılabilirlik tüm numuneler ve yüzeylerde zorlaşmaktadır. Bunun nedeni ise odunun yapısına giren su, odun içerisinde basınç oluşturur bu da sıkıştırmak için uygulanan kuvvete ters bir kuvvet gibi davranır ve sıkıştırılmayı azaltır.

Tüm işlemlerden sonra 1. ve 2. yüzeylerde Fransız akçaağacının sıkıştırılabilirlik kat sayısı en azdır. 3. yüzeylerde ise tüm işlemler sonrası saçlı meşe ağacı en düşük sıkıştırılma katsayısına sahipken en fazla sıkıştırılabilirlik katsayısı adi ardıç ağacına aittir.

Deney verilerinden en son olarak bölüm 7.10'da E dinamik elastik sabitleri hesaplanmaktadır. Dinamik elastik sabitleri 3. yüzeylerde 1. ve 2. yüzeylerdeki dinamik elastik sabitlerine göre daha fazla değerdedir. 2. işlemden sonra dinamik elastik sabiti değerleri, kara çam 2. yüzey hariç, tüm numunelerde düşmekteyken 3. işlemden sonra artış göstermektedir. 3. yüzeylerde ise göknar, adi ceviz ve ak söğüt ağaçları hariç, diğer numunelerin tamamında 2. işlem sonrası dinamik elastik sabitleri değerlerinde azalma, 3. işlem sonrasında ise artma görülmektedir.

1. ve 2. yüzeylerde Fransız akçaağaç tüm işlemlerde en yüksek değerlere sahipken 3. yüzeylerde ise en yüksek değere sahip olan ağaç saçlı meşe ağacıdır.

Ağaç numuneler en fazla değeri, hacimlerinde meydana gelecek değişime karşı gösterdikleri direncin bir ölçüsü olan hacim (bulk) modülünde, sonra uzunluğundaki bir değişime karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olan young modülünde, young modülünden sonra λ sabitlerinde ve en düşük değeri ise atomik düzlemlerinin birbiri

üzerinde kayması şeklinde ortaya çıkan harekete karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olarak tanımlanan μ sabitlerinde almaktadır.

Yapılan bu çalışmada dokuz çeşit ağaç numunesinin fiziksel bir özelliği olan elastik sabitleri belirlenmiştir. Elastik sabitlerinin genel tanımı zorun zorlanmaya oranıdır. Bu şekilde elastik sabitlerin belirlenebilmesi için hangi elastik sabiti değeri ölçülmek isteniyorsa o yönde zor kuvveti uygulanarak zorlanmanın belirlenmesi ve zorun zorlanmaya oranının alınması gerekir. Odun ve odun bileşenli kompozitlerin elastik sabitlerinin statik testlerle hesaplanması oldukça zordur ve kompleks çalışmalar gerektirmektedir. Ayrıca statik testlerin pahalı ve karmaşık test aletleri gerektirmesi, testlerin uzun süre alması ve en önemlisi de hesaplanmak istenen elastik sabitine göre her bir panelinden yöneltilmelerin olması gibi birçok olumsuzluğu bulunmaktadır. Ultrases ile bütün elastik sabitlerini belirlemek için ise sadece bu yüzeyden geçiş süresinin ölçülmesi ve yoğunluk değerinin bilinmesi yeterlidir. Diğer yöntemlerle numunelere zarar verilirken ultrases kullanılan numunelerde hiçbir hasar oluşmamakta ve tereddütte kalınan durumlarda işlem tekrarlanabilmektedir.

Ağaçların elastik sabitlerinin bilinmesi özellikle odununun hammadde olarak kullanıldığı endüstri alanlarında oldukça önemlidir. Hangi amaçla odun kullanılacaksa ve hangi yönde fazla dirence maruz kalacaksa o yöndeki kuvvete karşı gösterdiği direnç fazla olan ağaç seçilmelidir.

Yapılan bu deneyde incelenen numunelerin hesaplanan tüm özellikleri göz önüne alınarak incelendiğinde liflere dik yönde en fazla elastikiyet sabitleri değerlerini fransız akçaağaç aldığı görülmektedir. Liflere paralel yönde ise en fazla elastikiyet değerlerini saçlı meşe ağacı göstermektedir.

Bu çalışmada ultrases hızlarının hesaplanması ile ağaç türlerinin fiziksel özellikleri hakkında bilgi edinmeye çalıştık. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ultrases cihazları da oldukça gelişmiştir. Yeni cihazlar sayesinde incelenen numunelere ait bütün değerler bilgisayar programlarına hesaplanıp, boşluk, çatlak ve farklı oluşumlar

hakkında tam ve kesin değerlere ulaşarak ultrases hızları çok hassas olarak ölçülebilmektedir. İleriki çalışmamızda ultrases ölçümleriyle farklı yükseltilerde, farklı iklim koşullarında ve farklı toprak yapılarında yetişmiş aynı tür ağaçların fiziksel özellikleri arasında ne gibi farklılıklar olacağını belirlemeye çalışacağız. Kesilmiş bir ağaçta bu farklılıklar belirlenebilirse, o ağacın yetişme koşulları hakkında bilgi edinebileceğimizi düşünüyoruz ve bu çalışmada yapılan ağaç türleri arasındaki farklılıkların belirlenen değerleriyle birleştirilerek bilinmeyen bir ağaç yapısının birçok özelliğini belirlemeyi planlıyoruz. Özellikle ultrasesin incelendiği numuneye zarar vermemesi özelliği sayesinde tarihi ahşap yapıların restorasyonu sırasında orijinal parçanın hangi ağaç türüne ait olduğunu tespit edilmesi, hammaddesi odun olan sanat eserlerinin orijinal olup olmadığının belirlenmesi gibi birçok alanda önemli rol oynayan odun teşhisinde ultrasesin kullanılabilir olacağını düşünüyoruz.

BÖLÜM 9

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akyürekli, Ö.**, 2003, Emprenye edilmiş Karaçam odununun bazı teknolojik özelliklerinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 38 s.(yayımlanmamış).
- Aral, E.**, 1989, Ultrases, Anadolu Üniversitesi, 62 s., (yayımlanmamış)
- Bozcuk, S.**, 2006, Genel Botanik, Hatiboğlu Basım ve Yayım, Ankara, 190 s.
- Bozkurt, Y.A ve Erdin. N.**,1997, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, ISBN 975-404-449-X, 359 s.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N.**, 2000, Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 339 s.
- Gezer,A., Bilir, N., Gülcü, S.**, 2001, Kasnak meşesi meyve ve fidanlarının bazı özellikleri üzerine araştırmalar, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 1-10.
- Gökşin, A.**, 1979, Kasnak ormanı (Eğirdir) florası ve kasnak meşesinin oluşturduğu meşçere tipleri üzerine araştırmalar, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları,Teknik bülten 96, Ankara, 29 s.
- Ilıcan, S.**, 1995, Ultrases ile Betonun Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Osmangazi Üniversitesi, 63, (yayımlanmamış)
- Kantay, R., As, N., Ünsal, Ö.**, 2000, Ceviz Odununun Yoğunluk ve Bazı Mekanik Özellikleri, TÜBİTAK Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi 6,751-756
- Karamanoğlu, K.**, 1983, Genel Botanik, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 367 s.
- Kusano,G.,Orihara, S., Tsukamoto, D., Coşsun, M., Güvenç,A.,and Erdurak, C.S.**,Five New Nortropane Alkoloids and Six New Acids From the Fruit of *Morus alba* Linne Growing in Turkey, Chem. Pharm. Bull, Japan,50,2, 185-192
- Onaran, K.**, 2003, Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 383 s.
- Örs, Y. Ve Keskin, H.**, 2001, Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayın Dağıtım Ltd.Şti, İstanbul, 183 s.
- Özkan, K.**, 2004, Beyşehir Gölü Havzasında Anadolu karaçamının yayılışı ile fizyografik yetiştirme ortamı faktörleri arasında ilişkiler, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 30-47

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Peker, M., 1989, Ultrases ile Katı, sıvı ve gaz ortamların fiziksel özelliklerinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, 61 s.,(yayımlanmamış)

Popov, E., 1990, Mukavemet Katı Cisimlerin Mekaniğine Giriş, (Çev. H. Demiray), Çağlayan Kitabevi,115, 661 s.

Savaroğlu, G., 1996, Sıvılarda Ultrases Uygulamaları,Yükseklisans tezi, Osmangazi Üniversitesi, 80, (yayımlanmamış)

Shull, P.J., and Tittmann, B.R., 2002, Nondestructive Evaluation: Theory, Techniques and Applications, Marcel Dekker Incorporated, Newyork USA., 96 p.

Uçkun,E., 1991, Ultrases ile Çam ve Kavak Ağaçlarında Nem Oranı Tayini,Yükseklisans tezi, Anadolu üniversitesi, 71 s., (yayımlanmamış)

Ultra Sonic Tester Operation and Service Manual, 1988, Marui& Co., Ltd, 14 p.

Yaltrık, F., Efe, A.,1994, Dendroloji, İstanbul Üniversitesi, 320 s.

Yaltrık, F.,1998, Dendroloji Ders kitabı: angiospermae, İstanbul Üniversitesi, 256 s

Yaltrık, F., Efe, A., 2000, Dendroloji Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi, 382 s.

www.gcsescience.com/Diffraction-Water-Waves.gif

http://www.ob-ultrasound.net/ultrasonics_history.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Transverse_wave.

<http://electronics.howstuffworks.com/noise-canceling-headphone.htm/printable>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/tralon.html>

<http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>

<http://www.kettering.edu/~drussell/Demos/waves/wavemotion.html>

<http://stu.inonu.edu.tr/~idal/piezo.htm>

<http://www.rockhounds.com/rockshop/quartz11.jpg>

<http://www.kcminerals.com/tourmaline.htm>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

<http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2004/phillips/PZ/pz-effect.html>

<http://stu.inonu.edu.tr/~idal/piezo.htm>

http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_3946.pdf

<http://sizinti.com.tr/konular.php?KONUID=3877>

<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/hucre/01.swf>

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Koful>

<http://www.britannica.com/eb/article-216135/wood>

[http://tr.wikipedia.org/wiki/Ard%C4%B1%C3%A7\).gövde](http://tr.wikipedia.org/wiki/Ard%C4%B1%C3%A7).gövde)

<http://www.ogm.gov.tr/agaclarimiz/agac3.htm>

<http://www.istanbul.edu.tr/duyurular/IUBeyazitAgacTurleri.pdf>

<http://wikipedia.org/wiki/G%C3%B6knar>

http://www.ibreliler.com/icerik/ibreliler_agaclar/ob_ibreliler/abies_goknar

<http://www.ormanendustrimuh.4t.com/agacturleri.htm>

<http://kasnak.meesi.tr.men-for.info/>

http://www.botanicgroup.com/product_info.php/language/tr/info/p719_Salix-alba--Tristis---Trauerweide.html

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Aks%C3%B6k>

http://electronics.physics.helsinki.fi/research/ultrasonics/research_ultrasonics.html