

66914

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞU KARADENİZ YÖRESİNDE FARKLI ÇALIŞMA KOŞULLARINDA  
KESİM VE SÜRÜTME İŞLERİNDE İŞGÜÇLÜĞÜ KRİTERLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI VE VERİM ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Orm. Yük.Müh. Ali KARAMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"DOKTOR"

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.04.1997

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 11.06.1997

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Orhan ERDAŞ

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Turgay AYKUT

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Selahattin KÖSE

Enstitü Müdürü : Prof.Dr. Fazlı ARSLAN



Nisan 1997

TRABZON

## ÖNSÖZ

Dağlık bölge ormancılığında odun hammaddesi üretim sistemini etkileyen çok sayıda değişken söz konusu olup, bu değişkenlerin etki dereceleri oldukça karmaşıktır. Değişkenler arasındaki farklı etkileşim, üretim çalışmalarını güçleştirerek çalışma verimini ve çalışanları olumsuz yönde etkilemektedir. Üretim sisteminin kesim ve sürütme süreçleri için daha da karmaşık olan bu etkileşimin analiz edilmesi ve modellenmesini amaçlayan bu çalışma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği programında doktora tezi olarak gerçekleştirilmiştir. Zaman etütleri ve etken faktörlere ilişkin ölçümler, Doğu Karadeniz Yöresi ormanlarında 1993 ve 1994 yıllarında yapılan arazi çalışmalarından elde edilmiş, veriler matematik-istatistik metotlar uygulanarak değerlendirilmiş, etken faktörlere bağlı olarak çalışma zamanını hesaplayan alternatif modeller oluşturulmuş, uygun model seçimi yapılmış ve sonuçta seçilen modellere göre çalışma zamanını hesaplayan benzetim modeli geliştirilmiştir.

Doktora tezi danışmanlığımı üstlenerek konu seçiminde gereken titizliği gösteren ve çalışmalarımın yönlendirilmesinde ilgisini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Orhan ERDAŞ' a içten teşekkür etmeyi borç bilirim.

Önerileriyle çalışmalara katkıda bulunan Sayın Hocam Prof. Dr. Selçuk BAYOĞLU' na şükranlarımı sunarım. Yapıcı eleştirilerinden büyük oranda yararlandığım kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Turgay AYKUT' a ve Sayın Prof. Dr. Selahattin KÖSE' ye içten teşekkür etmeyi görev bilirim.

Ayrıca, arazi çalışmalarında büyük destek gördüğüm ilgili Orman İşletmelerinin teknik ve uygulayıcı personeline, üretim işinde çalışanlara, özellikle bilgisayar programlarının hazırlanmasında ve model oluşturmada büyük özveride bulunarak yardımlarını esirgemeyen bilim adamlarıma ve araştırmacılara ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, Nisan 1997

Ali KARAMAN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİL LİSTESİ .....	IX
TABLO LİSTESİ .....	XI
EK TABLO LİSTESİ .....	XIV
SEMBOL LİSTESİ .....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Literatür Özeti .....	4
1.3. Ormancılıkta Üretim .....	17
1.3.1. Bir Sistem Olarak Odun Hammaddesi Üretimi .....	18
1.3.2. Üretim Sistemini Etkileyen Faktörler .....	19
1.3.3. Odun Hammaddesi Üretim Metotları .....	20
1.3.3.1. Tomruk Metodu .....	21
1.3.3.2. Bütün Gövde Metodu .....	21
1.3.3.3. Bütün Ağaç Metodu .....	22
1.3.4. Üretimde Metot Seçimi .....	22
1.4. Odun Hammaddesi Üretim İşçiliği .....	24
1.5. Odun Hammaddesi Üretiminde Çalışma Verimi .....	25
1.6. Odun Hammaddesi Üretiminde Ücret .....	25
1.7. Uygulamada Odun Hammaddesi Üretimi .....	26
1.7.1. Motorlu Testere İle Ağaç Kesme ve Devirme .....	28
1.7.2. Gövde Üzerinde Yapılan İşlemler .....	28
1.7.3. İnsan Gücü İle Bölmeden Çıkarma .....	28
1.7.4. Hayvan Gücü İle Bölmeden Çıkarma .....	30
1.7.5. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma .....	30
1.7.6. Vinçli Hava Hatları İle Bölmeden Çıkarma .....	32

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	34
2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması.....	34
2.1.1. Araştırmanın Coğrafi Açından Sınırlandırılması.....	34
2.1.2. Araştırmanın Teknik Açından Sınırlandırılması.....	36
2.1.3. Araştırmanın Zaman Açısından Sınırlandırılması.....	36
2.2. Araştırmanın Planlanması.....	37
2.2.1. Araştırma Alanının Seçilmesi.....	38
2.2.2. Araştırma Alanı İle İlgili Bilgiler.....	39
2.2.2.1. İklim.....	39
2.2.2.2. Arazi Yapısı.....	39
2.2.2.3. Orman Alanı.....	39
2.2.2.4. Ağaç Serveti.....	41
2.2.2.4. Yıllık Artım ve Eta.....	41
2.2.3. Çalışmalarda Kullanılan Makine ve Ekipman İle İlgili Bilgiler.....	42
2.3. Materyal.....	42
2.3.1. Ölçüm ve Gözlemler Sırasında Kullanılan Aletler.....	44
2.3.2. Etüt Formları.....	45
2.3.3. Kullanılan Bilgisayar ve Bilgisayar Programları.....	51
2.4. Yöntem.....	52
2.4.1. Ölçüm Yöntemi.....	52
2.4.1.1. Kesim Sürecinde Yapılan Ölçümler.....	53
2.4.1.2. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Yapılan Ölçümler.....	55
2.4.2. Değerlendirme Yöntemi.....	56
2.4.2.1. Kesim Sürecinde Değişkenlerin Değerlendirilmesi.....	58
2.4.2.2. Kesim Sürecinde İş Dilimlerinin Belirlenmesi.....	62
2.4.2.3. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Değişkenlerin Değerlendirilmesi.....	63
2.4.2.4. Bölmeden Çıkarma Sürecinde İş Dilimlerinin Belirlenmesi.....	64
2.4.3. Matematik İstatistik Yöntemler.....	65
2.4.4. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks).....	68
2.4.5. Benzetim (Simülasyon) Tekniği.....	74
3. BULGULAR.....	77
3.1. Kesim Sürecine İlişkin Bulgular.....	77
3.1.1. Ölçüm ve Gözlemlerin Değişken Gruplarına Göre Frekans Dağılımları.....	77
3.1.2. Ölçüm Sonuçlarına İlişkin Ortalama Değerlerin Hesaplanması.....	77

3.1.3. Temel Çalışma Zamanının Hesaplanması.....	81
3.1.4. Değişkenlerin İş Dilimleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi.....	84
3.1.5. Bağımsız Değişkenlere Faktör Analizi Uygulanması.....	87
3.1.6. İş Dilimleri İçin Harcanan Zamanın Değişkenler Yardımı İle Hesaplanması .....	89
3.1.6.1. Yürüme Zamanı.....	92
3.1.6.2. Hazırlık Zamanı .....	100
3.1.6.3. Engel Giderme Zamanı .....	100
3.1.6.4. Motorlu Testere İle Ağaç Kesme Zamanı .....	101
3.1.6.5. Devirme İşlemi Zamanı .....	104
3.1.6.6. Dal Alma Zamanı.....	105
3.1.6.7. Ölçme İşaretleme ve Tomruklama Zamanı.....	107
3.1.6.8. Motorlu Testere Çalıştırma Zamanı.....	109
3.1.6.9. Toplam Çalışma Zamanı .....	111
3.1.6.10. Temel Çalışma Zamanı.....	113
3.2. İğne Yapraklı Ağaçlarda Balta İle Kabuk Soyma İşlemine İlişkin Bulgular .....	115
3.2.1. Ölçüm Yapılan Değişkenlere İlişkin Ortalamaların Hesaplanması .....	115
3.2.2. Değişkenler Arası İlişkiler.....	117
3.2.3. Bağımsız Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizi.....	118
3.2.4. Kabuk Soyma Zamanını Etkileyen Değişkenlerin Belirlenmesi.....	119
3.2.5. Kabuk Soyma Zamanının Değişkenler Yardımıyla Hesaplanması.....	121
3.3. Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma İşine İlişkin Bulgular .....	124
3.3.1. Değişkenlerin Gruplandırılması.....	124
3.3.2. Ölçülen Değişken Değerlerine İlişkin Ortalamalar .....	124
3.3.3. Temel Çalışma Zamanının Hesaplanması.....	128
3.3.4. Değişkenler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi.....	130
3.3.5. Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizinin Sonuçları.....	130
3.3.6. Değişkenlerin Zaman Değerleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması .....	132
3.3.7. Zaman Değerlerinin Değişkenler Yardımıyla Hesaplanması .....	133
3.3.7.1. Hazırlık Zamanı .....	133
3.3.7.2. Kablonun Yükleme Yerine Götürülmesi Zamanı.....	134
3.3.7.3. Yükün Hazırlanması ve Kablonun Bağlanması Zamanı .....	135
3.3.7.4. Yükün Yol Kenarına Kadar Çekilmesi Zamanı .....	137
3.3.7.5. Yol Kenarına Çekilen Yükün Yola Alınması Zamanı .....	141
3.3.7.6. Yol Üzerinde Sürütme Zamanı.....	141
3.3.7.7. Kablonun Çözülmesi ve Yükün Boşaltılması Zamanı .....	142
3.3.7.8. Kablo Çekiminde Minimum Çalışma Zamanının Belirlenmesi .....	144
3.3.7.9. Toplam Faaliyet Zamanının Belirlenmesi .....	145
3.4. İnsan gücü İle Yapılan Bölmeden Çıkarmada Elde Edilen Bulgular .....	147

4. TARTIŞMA .....	149
4.1. Ölçüm ve Değerlendirme Metotlarının Tartışılması .....	149
4.2. Kesim Sürecine İlişkin Bulguların Tartışılması .....	149
4.2.1. Ortalama Değerler .....	150
4.2.2. Değişkenler Arasındaki İlişkiler .....	154
4.2.3. Değişken Gruplarının İş Dilimleri Üzerindeki Etkileri .....	155
4.2.4. Kesim Sürecinde İş Dilimi Zamanlarının Hesaplanması .....	158
4.2.5. Motorlu Testere Çalıştırma Zamanı .....	161
4.2.6. Toplam Çalışma Zamanı .....	161
4.3. Kabuk Soyma İşinde Değişkenler Arası İlişkilerin Tartışılması .....	162
4.4. Kabuk Soyma Zamanının Hesaplanması .....	163
4.5. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sürecine İlişkin Bulguların Tartışılması .....	164
4.5.1. Ortalama Değerler .....	164
4.5.2. İş Dilimi Zamanlarının Hesaplanması .....	165
4.5.3. Traktörün Hazırlanması Zamanı .....	166
4.5.4. Kablonun Yükleme Yerine Götürülmesi Zamanı .....	166
4.5.5. Kablonun Yüke Bağlanması Zamanı .....	167
4.5.6. Yükün Yol Kenarına Kadar Çekilmesi Zamanı .....	167
4.5.7. Yol Kenarına Çekilen Ürünlerin Yola Alınması Zamanı .....	169
4.5.8. Yol Üzerinde Sürütme Zamanı .....	169
4.5.9. Kablonun Çözülmesi ve Yükün Yerleştirilmesi Zamanı .....	170
4.5.10. Bölmeden Çıkarmada Minimum Çalışma Zamanı .....	171
4.5.11. Bölmeden Çıkarmada Toplam Faaliyet Zamanı .....	171
4.6. İnsan Gücü ile Kaydırmada Elde Edilen Bulguların Tartışılması .....	172
5. SONUÇLAR .....	173
5.1. Kesim Sürecinde Zaman Üzerinde Etken Olan Değişkenler .....	174
5.2. Kesim Sürecinde Değişkenlere Bağlı Olarak Zaman Hesaplama Modelleri .....	177
5.3. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Zaman Hesaplama Modelleri .....	182
6. ÖNERİLER .....	192
7. KAYNAKLAR .....	193
8. EKLER .....	199
9. ÖZGEÇMİŞ .....	222

## ÖZET

### DOĞU KARADENİZ YÖRESİNDE FARKLI ÇALIŞMA KOŞULLARINDA KESİM VE SÜRÜTME İŞLERİNDE İŞGÜÇLÜĞÜ KRİTERLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE VERİM ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Odun hammaddesi üretimi çok sayıda değişken ve kontrol edilemeyen faktörlerin etkisi altında sürdürülmektedir. İklim özellikleri, topoğrafik özellikleri, orman kuruluşu ve meşcere özellikleri, çıkarılacak ürüne ilişkin özellikler, işçi özellikleri ve makine özellikleri bu faktörlerin başında gelmektedir. Bu faktörlerin etkileşimi üretim sisteminde karmaşık bir yapı oluşturmaktadır. Dağlık bölge ormancılığı için daha da belirgin olan bu karmaşık yapının analiz edilmesi ve modellenmesi ise oldukça güçtür.

Bu çalışma, Doğu Karadeniz yöresinde, yaz aylarında gerçekleştirilen odun hammaddesi üretiminin kesim süreci ve bölmeden çıkarma sürecindeki işlemler için zaman tespitleri ve etken faktörlerle ilgili ölçümlerin yapılması ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi şeklinde yapılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiler ve değişkenlerin çalışma zamanı üzerindeki etkileri istatistiki olarak araştırılmıştır. Belirlenen her iş dilimi için gerçek zamanları ve birim zamanları değişkenlere bağlı olarak hesaplayan regresyon eşitlikleri ve Yapay Sinir Ağı (ANN) modelleri oluşturulmuştur. Sonuçlar karşılaştırıldığında gerek gerçek çalışma zamanının ve gerekse birim zamanların hesaplanmasında ANN modellerinin regresyon eşitliğine göre çok daha isabetli olduğu ortaya konmuştur.

Uygulamada, herhangi bir üretim alanı için kesim süreci ve orman traktörleriyle bölmeden çıkarma sürecinde uygulanan işlemler için Siman IV dilinde hazırlanan benzetim modeli (AKSIM) geliştirilmiştir. Bu model Fortran'da hazırlanan alt programları içermekte ve işlem zamanları ANN modelleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, Doğu Karadeniz yöresinde farklı çalışma koşulları için yıllık üretim planlarının ve makine çalışma programının hazırlanmasında, plan uygulamalarının izlenmesi ve kontrolünde, objektif kriterlere göre ücret belirlemede kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** kesim süreci, bölmeden çıkarma süreci, etken faktörler, iş dilimleri, birim zaman, regresyon, Yapay Sinir Ağları, Benzetim, Siman IV

## SUMMARY

### DETERMINING THE EFFECT OF WORKING DIFFICULTIES ON THE PRODUCTION AND THE STUDY ON THESE FACTORS RELATING THE LOGGING OPERATIONS ON THE WORKING CONDITIONS IN THE EAST KARADENIZ FOREST REGION

Many variables and uncontrollable factors affect wood production system. These factors include climatic and terrain conditions, topographic features, forest and stand conditions, properties of wood cut and the status of workers and work-machines. All of these factors constitute a system of a very complex nature. This is felt more pressingly when the interactions among these factors are to be analyzed and modeled in especially mountainous areas.

In this study, the time required for felling and skidding operations were determined and factors affecting logging were observed and recorded. The data obtained were later analyzed. Relationships between variables and the effects of these variables on work stages were determined. Then, regression and Artificial Neural Networks models were generated for each work stage. Results indicated that ANN models better predicted operation time and per unit time than did regression models.

Based on the ANN models, a simulation model (AKSIM) was developed to predict every stage of a logging operation. The model was written in Siman IV simulation language that uses Fortran subroutines.

The potential use of the results is that logging operations may be planned, production planning process on site may be easily controlled, and the wages of the forest workers may be better determined.

**Key words:** felling operations, skidding operations, effective factors, work stage, unit time, regression, Artificial Neural Networks, Simulation, Siman IV.



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Uygulamada Odun Hammaddesi Üretim İşçiliğinin Problemleri .....	24
Şekil 2. Uygulamada Odun Hammaddesi Üretiminin Aşamaları ve Uygulanan İşlemler .....	27
Şekil 3. Ağaçların Kesilmesi ve Devrilmesi Sırasında Uygulanan İşlemler (a, b, c, d, e, f)...	29
Şekil 4. Gövde Üzerinde Yapılan Dal Alma ve Kabuk Soyma İşlemleri (a, b, c) .....	29
Şekil 5. İnsan Gücü İle Bölmeden Çıkarma (a, b).....	31
Şekil 6. Orman Traktörleri İle Kablo Çekimi Yapılarak Bölmeden Çıkarma (a, b, c).....	31
Şekil 7. Orman Traktörleri İle Ürünlerin Yol Üzerinde Sürütülmesi (a, b) .....	31
Şekil 8. Koller K300 Orman Hava Hattı İle Aşağıdan Yukarı Bölmeden Çıkarma (a, b, c).....	33
Şekil 9. Urus M III Orman Hava Hattı İle Bölmeden Çıkarma Şekilleri (a, b).....	33
Şekil 10. Orman Traktörleri ve Vinçli Hava Hatlarının Birlikte Çalışması (a, b) .....	33
Şekil 11. Araştırma Alanının Coğrafi Açısından Sınırlandırılması ve Gözlem Yapılan Alanların Dağılımı .....	35
Şekil 12. Kesim Sürecinde Ölçüm ve Gözlemlerin Kaydedildiği Etüt Formu.....	46
Şekil 13. İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Balta İle Kabuk Soyma İşlemine İlişkin Gözlemlerin Kaydedildiği Etüt Formu .....	47
Şekil 14. Orman Traktörleri İle Kablo Çekimi ve Sürütme İşleminde Ölçüm ve Gözlemlerin Kaydedildiği Etüt Formu .....	50
Şekil 15. İş Dilimlerinin Analiz Edilmesi ve Birim Zaman Hesaplanmasında Akış Şeması... 57	
Şekil 16. Bir Nöronun Topolojisi .....	68
Şekil 17. Backpropagation Eğitim Setinin Mimarisi.....	69
Şekil 18. Backpropagation Eğitim Programının Akış Şeması .....	70
Şekil 19. BP Eğitim Programı İçin Veri Dosyasının Hazırlanması ve Verilerin Okunması... 71	
Şekil 20. BP Eğitim Programında Tartıların Belirlenmesi ve Kaydedilmesi.....	72
Şekil 21. BP Eğitim Programında Çıktı Katmanı Nöronunun Hesaplanması.....	72
Şekil 22. BP Eğitim Programında Tartıların Test Edilmesi.....	73
Şekil 23. Siman IV Programlama Modelinde AKSIM Benzetim Programının Hazırlanması 76	
Şekil 24. Ağaç Cinslerine Göre İş Dilimlerinin Birim Zaman Değerlerinin Karşılaştırılması 81	
Şekil 25. Farklı Çalışma Şekilleri Esas Alındığında İş Dilimlerine İlişkin Birim Zamanların Temel Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları (a, b, c).....	84
Şekil 26. Bağımsız Değişkenlerle Hesaplanan Zaman Değerlerinin Gözlem Değerlerinden Ayrılışlarının Dağılım Tipleri (Hata Dağılımı) (A1, A2, A3, B1, B2, B3).....	91
Şekil 27. Yürüme Zamanı ve Birim Mesafe Yürüme Zamanı Değerlerine İlişkin Frekans Dağılımları (a, b).....	93

Şekil 28. Yürüme Zamanının Hesaplanmasına Yönelik Yapay Sinir Ağlarının Eğitiminde İterasyon Sayısına Göre Standart Hatanın Değişimi .....	96
Şekil 29. Yürüme Zamanının Belirlenmesine Yönelik Yapay Sinir Ağlarının Eğitiminde Seçilen Modelde İterasyon Sayısına Göre ENB, MAE ve SE'nin Değişimi .....	97
Şekil 30. Yapay Sinir Ağı Modeli İle Hesaplanan Yürüme Zamanı Değerlerine Göre Gözlem Değerlerinin Dağılımı .....	98
Şekil 31. Kesme ve Devirme Zamanı Değerlerinin Dağılımı (a, b).....	105
Şekil 32. Ölçme İşaretleme ve Tomruklama Zamanı Değerlerinin Dağılımı (a, b).....	108
Şekil 33. Toplam Çalışma Zamanı Değerlerine İlişkin Dağılımlar (a, b).....	112
Şekil 34. İYA'lar İçin Kesim Sürecinde İş Dilimleri Birim Zamanlarının Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları .....	118
Şekil 35. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Toplam Çalışma Zamanını Oluşturan İş Dilimi Zamanlarının % Oranları (1 sefer için).....	127
Şekil 36. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Toplam Çalışma Zamanını Oluşturan İş Dilimlerinin % Oranları (1 m <sup>3</sup> ürün için).....	127
Şekil 37. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Aktif Çalışma Zamanı Dışındaki Diğer Zamanların Toplam Çalışma Zamanına Göre Durumu.....	128
Şekil 38. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Yükün Yol Kenarına Çekilmesi Zamanına İlişkin Gözlem Değerlerinin Dağılımı (a, b).....	137
Şekil 39. Ağaçların Kesilmesi ve Hazırlanması İşinde Toplam Çalışma Zamanının İş Gruplarına Dağılımı.....	152
Şekil 40. Çap Kademelerine ve Her Çap Kademesindeki Ağaç Türlerine Göre İş Gruplarındaki Birim Zaman Değerlerinin Karşılaştırılması.....	152
Şekil 41. Arazi Özelliklerine Göre Kesim Öncesi Birim Zamanın Değişimi .....	153
Şekil 42. Ağaç Özelliklerine Göre Kesme ve Devirme Birim Zamanın Değişimi.....	153
Şekil 43. Ağaç Özelliklerine Göre Dal Alma Birim Zamanın Değişimi .....	154
Şekil 44. Ağaç Özelliklerine Göre Tomruklama Birim Zamanın Değişimi .....	154
Şekil 45. Arazi İle İlgili Değişken Gruplarına Göre Kesim Öncesi Birim Zamanın Değişiminin İncelenmesi.....	156
Şekil 46. Güç Olmayan Arazi Koşulları İle Güç Arazi Koşullarındaki Kesim Öncesi Birim Zamanın Çalışma Yönüne ve Ağaç Türlerine Göre Değişimi .....	157
Şekil 47. Traktörlerle Kablo Çekimi Yapılarak Bölmeden Çıkarmanın Dağlık Arazide Uygulanma Şekli.....	169
Şekil 48. Traktörlerle Kablo Çekimi Yapılarak Bölmeden Çıkarmada İş Dilimi Zamanlarının Toplam Minimum Çalışma Zamanı İçerisindeki Oranları .....	171
Şekil 49. Kesim Sürecinin AKSIM İsimli Benzetim Modelinin Akış Şeması.....	187
Şekil 50. Kesim Sürecindeki İşlemlerin AKSIM Benzetim Modeli İle Benzetiminde Kesilecek Ağaçların Kesim Alanı Üzerindeki Dağılımı .....	190

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Doğu Karadeniz Bölgesi Deniz Etkisi Altındaki Yamaç Arazide Bazı İstasyonların Ortalama Yağış ve Sıcaklık Değerleri.....	38
Tablo 2. Doğu Karadeniz Yöresinde Orman Alanlarının Orman Bölge Müdürlükleri İtibariyle Dağılımı (ha) .....	40
Tablo 3. Doğu Karadeniz Yöresinde Ormanların İşletme Sınıfları İtibariyle Dağılımı (ha) .	40
Tablo 4. Doğu Karadeniz Yöresinde Korum Ormanlarındaki Servetin Çap Sınıflarına Dağılımı, Muhafaza Ormanlarında ve Çok Bozuk Meşcerelerdeki Servetin Durumu (m <sup>3</sup> ).....	41
Tablo 5. Doğu Karadeniz Yöresi Ormanlarında Yıllık Artım ve Eta Durumu (m <sup>3</sup> ) .....	41
Tablo 6. Arazide Ölçüm Yapılan Faaliyetlerin Çalışma Alanları, Orman İşletmeleri ve Ağaç Türleri İtibariyle Durumu .....	43
Tablo 7. Kesim Sürecine İlişkin Gözlem Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Sayısal ve % Olarak Ayırımı, Her Değişken Grubunun Yürüme Mesafesi ve Dikili Kabuklu Gövde Hacmi (DKGH) Ortalamaları.....	78
Tablo 8. Kesim Sürecinde Ölçülen Bazı Değişkenlere İlişkin Aritmetik Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerler .....	79
Tablo 9. DKGH - EH İlişkisi ve Dip Çap-d1,30 Çapı İlişkisinin Ağaç Türlerine ve Çap Kademelerine Göre Değişimi.....	80
Tablo 10. Kesim Sürecinde İş Dilimlerinin Ortalama Birim Zaman Değerleri .....	80
Tablo 11. Kesim İşinde Farklı Çalışma Şekillerinde İş Dilimlerine İlişkin Birim Zamanların Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları .....	83
Tablo 12. Kesim Sürecinde Belirlenen Bağımsız Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizi Sonuçları.....	88
Tablo 13. Yürüme Zamanının Değişkenler yardımıyla Hesaplanmasında Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	94
Tablo 14. Yürüme Zamanını Hesaplama Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi Modelleri.....	95
Tablo 15. Birim Mesafe Yürüme Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri .	99
Tablo 16. Engel Giderme Zamanını Hesaplama Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri.....	101
Tablo 17. Ağaç Kesme Zamanının Hesaplanması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .	102
Tablo 18. Ağaç Kesmede Birim Zaman Hesaplaması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	103
Tablo 19. Kesme ve Devirme İşlemleri İçin Harcanan Zaman Değerlerinin Hesaplanmasına Yönelik Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri.....	104
Tablo 20. Dal Alma Zamanının Hesaplanması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri.....	106

Tablo 21. Gövdenin Bölümlere Ayrılması Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	108
Tablo 22. Dal Alma ve Tomruklama Zamanı Toplamını Tahmin İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	109
Tablo 23. Kesim Sürecinde Motorlu Testere Çalıştırma Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	110
Tablo 24. Toplam Çalışma Zamanı Değerlerini Tahmin İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	111
Tablo 25. Kesim Sürecinde Bazı İş Dilimlerinin Birleştirilmesiyle Oluşan Zaman Değerlerini Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	112
Tablo 26. Kabuk Soyma işine Ait Gözlem Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Sayısal ve % Olarak Ayırımı, Değişken Gruplarının Kabuk Alanı ve Hacim Ortalamaları .....	116
Tablo 27. Kabuk Soyma İşine Ait Bazı Değişkenlerin, Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Gözlem Değerleri.....	117
Tablo 28. İYA'ların Kesimi, Hazırlanması ve Kabuklarının Soyulmasına İlişkin Birim Zamanların Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları .....	117
Tablo 29. Faktör Analizi İle Kabuk Soyma İşinde Gözlenen Değişkenlere İlişkin Oluşturulan Faktörler ve Faktör Yükleri.....	118
Tablo 30. İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Kabuk Soyma Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	121
Tablo 31. Balta İle Kabuk Soymada Birim Zamanların Hesaplanması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	123
Tablo 32. MB Trac Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma Sırasında Gözlem Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Sayısal ve % Olarak Ayırımı, Grupların Çekim Mesafesi ve Hacim Ortalamaları.....	125
Tablo 33. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma İşinde Bazı Değişkenlere İlişkin Aritmetik Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maximum Gözlem Değerleri.....	126
Tablo 34. Orman Traktörleri ile Kablo Çekimi ve Sürütme Sırasında Akış Dilimi Ortalama Zamanlarının Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki Oranları.....	126
Tablo 35. Orman Traktörleri İle Kablo Çekimi ve Sürütme Sırasında İş Dilimlerinin İnsan ve Makine Açısından Gruplandırılması .....	129
Tablo 36. Orman Traktörleri ile Kablo Çekimi ve Sürütme Sırasında İnsan ve Makine İçin Standart Zaman Belirlenmesi.....	129
Tablo 37. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Denemelerinde Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizi Sonuçları.....	131
Tablo 38. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Boş Kablo Çekim Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri.....	134
Tablo 39. Kablo Bağlama Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri.....	136

Tablo 40. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Yükün Yol Kenarına Çekilmesi Zamanının Hesaplanmasında Regresyon Eşitlikleri.....	138
Tablo 41. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Birim Mesafe İçin Kablo Çekim Zamanının Hesaplanmasında Regresyon Eşitlikleri.....	139
Tablo 42. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Yükün Yol Kenarına Çekim Zamanının Gecikmelerle Birlikte Hesaplanmasında Regresyon Eşitlikleri .....	140
Tablo 43. Traktörlerle Yükün Yol Üzerinde Sürütülmesi Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri .....	142
Tablo 44. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Kablonun Çözülmesi ve Yükün Yerleştirilmesi Zamanını Hesaplamasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri .....	143
Tablo 45. Traktörlerle Kablo Çekimi İle Bölmeden Çıkarmada Minimum Çalışma Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri .....	145
Tablo 46. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Toplam Faaliyet Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri.....	146
Tablo 47. İnsan Gücü İle Yapılan Bölmeden Çıkarmada Elde Edilen Bulgular.....	147
Tablo 48. Ağaç Cinslerine, Çap Kademelerine ve Her Çap Kademesindeki Ağaç Cinslerine Göre İş Dilimlerinin Birim Zaman Değerleri .....	151
Tablo 49. Arazi Özellikleri Dikkate Alındığında Farklı Çalışma Koşulları İçin Yürüme Zamanı ve Birim Mesafe Yürüme Zamanı Değerlerinin Değişimi .....	157
Tablo 50. Kesim Sürecinde Yapay Sinir Ağı Modeline Göre Hesaplanan Birim Zaman Değerleri.....	181
Tablo 51. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Yapay Sinir Ağı Modeline Göre Hesaplanan Birim Zaman Değerleri.....	185
Tablo 52. Doğu Karadeniz Yöresinde Herhangi Bir Üretim Alanında Kesim Sürecine İlişkin Zaman Değerlerinin AKSIM İsimli Benzetim Modeli İle Hesaplanmasında Bağımsız Değişken Değerlerinin Modele Girilmesi .....	188
Tablo 53. Çalışma Zamanını Hesaplamada Yapay Sinir Ağı Modelleri Kullanılarak AKSIM Modeli İle Kesim Sürecindeki İşlemlerin Benzetimi Sonuçları.....	191

## EK TABLO LİSTESİ

Ek Tablo 1. Kesim Sürecinde Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları Tablosu ..	199
Ek Tablo 2. Kesim Sürecinde Belirlenen Değişkenlerin Birbirleriyle İlişkilerini Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları .....	204
Ek Tablo 3. Kesim Sürecinde İş Dilimlerine İlişkin Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffe Testine Göre Farklı Grupların Belirlenmesi .....	205
Ek Tablo 4. İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Kabukların Balta İle Soyulması Sırasında Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları Tablosu .....	208
Ek Tablo 5. Kabuk Soyma İşleminde Belirlenen Değişkenlerin Birbirleriyle İlişkilerini Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları .....	210
Ek Tablo 6. Kabuk Soyma İşinde İş Kısımlarına İlişkin Gözlenen Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffe Testine Göre Değişken Gruplarının Durumu .....	210
Ek Tablo 7. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sırasında Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları Tablosu .....	211
Ek Tablo 8. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sürecinde Belirlenen Değişkenlerin Birbirleriyle İlişkilerini Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları .....	219
Ek Tablo 9. MB Trac Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma Sırasında, İş Kısımlarına İlişkin Gözlenen Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffe Testine Göre Değişken Gruplarının Durumu .....	220

## SEMBOL LİSTESİ

ANN	: Yapay Sinir Ağı
BP	: Backpropagation
BZ	: Birim zaman
$by_{ii}$	: İlgili iş diliminde 1 m <sup>3</sup> için harcanan zaman,
D	: Durbin-Watson istatistiği değeri
DKGH	: Dikili halde hesaplanan kabuklu gövde hacmi,
DKY	: Doğu Karadeniz Yöresi
DOİ	: Devlet Orman İşletmeleri
EH	: Endüstriyel hacim
GYA	: Geniş yapraklı ağaçlar
ha	: hektar
hidn	: Yapay sinir ağı eğitiminde ara katmanı nöron sayısı
ILO	: Uluslararası Çalışma Teşkilatı
inp	: Yapay sinir ağı eğitiminde giriş katmanı nöron sayısı
iter	: Yapay sinir ağı eğitiminde iterasyon sayısı
DT	: Kesme Devirme Tomruklama,
KS	: İğne Yapraklı Türlerde Kabuk Soyma,
lr	: Yapay sinir ağı eğitiminde öğrenme oranı
MAE	: Ortalama mutlak hata
MBT	: Orman Traktörleri İle Sürütme,
mom	: Yapay sinir ağı eğitiminde momentum oranı
$my_{ii}$	: İlgili iş diliminde 1 m mesafe için harcanan zaman,
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
out	: Yapay sinir ağı eğitiminde çıkış katmanı sayısı
R-sq	: yi'deki değişmelerin, xii'deki değişmeler ile açıklanabilen oranını verir
REFA	: İş Etüdü ve İşletme Organizasyonu Ofisi
SE	: Standart hata
sqrt	: karekök işareti yerine kullanılmıştır:
SZ	: Standart zaman
$x_{ii}$	: Bağımsız değişken isimlerinin kısaltılmış ifadesi (i= 0, 1, 2, ... ,9)
İGK	: İnsan Gücüyle Kaydırma,
İYA	: İğne yapraklı ağaçlar
YD	: 1/100 dakika
$y_{ii}$	: İş dilimi zaman değerlerini ifade etmede kullanılan kısaltma (i= 0, 1, 2, ... ,9)

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ormanlar, mal ve hizmet üretimi ile toplum ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik fonksiyonları olan yenilenebilir doğal kaynaklardandır. Türkiye'nin yaklaşık 20,2 milyon hektar olan orman alanının, ülkenin genel kullanım alanına oranı % 25,9'dur. Bu alanlar üzerindeki ormancılık faaliyetlerinin sürdürülmesi görevi Orman Genel Müdürlüğü'ne (OGM) verilmiştir. Bu görev OGM' nün taşradaki birimleri olan Devlet Orman İşletmeleri (DOİ) tarafından yerine getirilmektedir. DOİ, ormanların yetiştirilmesi, bakımı, korunması, üretimi ve ormanın alt yapısal hizmetlerini toplum yararına sunulması faaliyetlerini sürdürmeye yönelik ekonomik birimlerdir. Orman işletmeciliği, biyolojik, teknik, ekonomik ve toplumsal yönleri ile diğer işletme biçimlerinden ayrılmaktadır.

Üretim, ekonomi biliminde kısaca, "kıt malların miktar ve faydalılık derecesini artırmak için yapılan bütün çabalar", şeklinde tarif edilmektedir. Orman İşletmelerine ekonomik birim olma özelliğini kazandıran en belirgin faaliyeti odun hammaddesi üretimi yapıyor olmalarıdır. Doğal olarak yetişmiş ya da suni yoldan yetiştirilerek kesim amacına erişmiş orman ağaçlarını bilinçli teknik müdahalelerle insanlığın hizmetine sunma faaliyetine odun hammaddesi üretimi denilmektedir. Bu faaliyetlerinin en belirgin özelliği, doğanın olumlu ve olumsuz her türlü koşullarına açık, güç arazi şartlarında yapıyor olmasıdır.

Odun hammaddesi üretiminde uygulanan işlemlerin özellikleri dikkate alındığında, üretim faaliyetleri iki farklı süreçte değerlendirilebilir. Bunlardan birincisi, dikili haldeki ağacın şekil değişimine yönelik işlemlerden oluşan "Kesim Süreci"dir. İkincisi ise, kısmen veya tamamen şekil değişimine uğrayan ağaç ya da gövde kısımlarının hareket ettirilmesine yönelik işlemlerden oluşan "Taşıma Süreci"dir. Bu iki temel sürecin tamamlanmasıyla orman işletmeleri açısından söz konusu olan odun hammaddesi üretimi gerçekleşmiş olur.

Kesim süreci, dikili ağaçların devrilmesi ve çeşitli işlemlerin tatbik edilerek ağaç gövdesinin hareket ettirmeye uygun hale getirilmesinden ibarettir. Söz konusu işlemler orman içerisinde, ağacın kütüğü dibinde tatbik edilmektedir. Taşıma süreci ise iki aşamada gerçekleşir. Bunlardan birincisi, kütüğü dibinde kesim süreci tamamlanan ürünlerin buradan alınıp orman yolu kenarına kadar sürütülerek veya kablo hatlarla çekilerek taşınmasıdır. Bölmeden çıkarma ya da tali nakliyat olarak isimlendirilen bu işlemler tamamen orman



İNİNDE GERÇEKLEŞTİRİLMEKTEDİR. İKİNCİ AŐAMA İSE ORMAN YOLU KENARINDAKİ ÜRÜNLERİN ALINARAK, ORMAN DEPOLARINA KADAR TAŞINMASI VE BOŐALTILMASIDIR. ANA NAKLİYAT OLARAK İSİMLENDİRİLEN BU İŞLEMLER, YİNE ORMAN İÇİNDEN BAŐLAMAKTA, ÇOĞUNLUKLA ORMAN YOLLARI ÜZERİNDE, KİSİMEN DE DİĞER KARAYOLLARI ÜZERİNDE DEVAM ETTİRİLMEKTE, ORMAN DEPOLARINDA SON BULMAKTADIR.

TEKNİKTEKİ GELİŐMELERE PARALEL OLARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN MEKANİZASYON, ORMANLARIN İŐLETİLMESİ VE ÖZELLİKLE ORMAN ÜRÜNLERİNİN NAKLİYATINDA YENİ İMKANLAR ORTAYA ÇIKARMIŐTIR. DAHA ÖNCE ÜRETİM SÜRECİNDE İNSAN VE HAYVAN GÜCÜ İLE YAPILAN İŞLEMLERİN YERİNİ, MEKANİZASYONA GEÇİŐ İLE MAKİNE GÜCÜ ALMIŞTIR. GELİŐMİŐ TÖLKELER ORMANCILIĞINDA BUGÜN SÜRÖTME NAKLİYATINDA HEMEN TAMAMIYLA MAKİNELERDEN YARARLANILMAKTADIR.

MEKANİZASYON, ÜRETİMİN HER KADEMESİNDE YENİ İMKANLAR SAĞLAMAKLA BİRLİKTE, ZEMİN ŞARTLARININ ÖZELLİKLE SÜRÖTMEDE KULLANILAN MAKİNELERİN ARAZİDE GİDİŞ GELİŐLERİ İÇİN ELVERİŐSİZ OLDUĞU YERLERDE BU, BİR GÜÇLÖK OLARAK ORTAYA ÇIKMAKTADIR. HER ARAZİ KENDİNE HAS ÖZELLİKLER TAŐIR VE BUNA GÖRE DE UYGUN BİR ÜRETİM METODU UYGULANMASINI GEREKTİRİR. DEĞİŞİK ARAZİ ŞARTLARINDA GÜVENLE KULLANILABİLECEK SÜRÖTME ARAÇLARI VAROLDUĞU GİBİ, BUNLARLA AMACI GERÇEKLEŐTİRECEK ŞEKİLDE UYGULANACAK ÜRETİM METOTLARI DA SÖZ KONUSUDUR. BU DURUMDA ARAZİ, ÜRETİM METODU, TALİ NAKLİYATIN ŐEKİLİ VE ARAÇLARI BİRBİRİNİ TAMAMLAYARAK BİR BÖTÖN TEŞKİL EDERLER. BURADA, ARAZİ NİTELİKLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ SÖZ KONUSU OLAMAZ. BUNA KARŞILIK TALİ NAKLİYAT ŞEKİLLERİ, SÜRÖTME ARAÇLARI, TOMRUK BOYLARI İLE ÜRETİM METOTLARI İÇİN ŐEĐİM YAPILMASI MÖMÖKÖNDÖR. ANCAK BUNLARIN HER BİRİNİN, BİR TARAFTAN ARAZİ ŞARTLARINA UYGUN OLMASI, BİR TARAFTAN DA DİĞER ÜNSURLARLA UYUM İÇİNDE BULUNMASI GEREKİR. ANCAK BU ŞEKİLDE GÜVENLİ, ÇEVREYİ KORUYAN VE RASYONEL BİR ORMAN İŞLETMECİLİĞİNİN UYGULANMASI MÖMÖKÖN OLUR.

DOĞU KARADENİZ YÖRESİ COĞRAFİ ALAN İTİBARIYLA DAĞLIKTIR. YÖREDEKİ ORMANLAR, YÖKSEK RAKIMLI ALANLARDA, YÖKSEK EĞİMLİ VE ENGEBELİ ARAZİDE VARLIĞINI SÖRDÖREBİLMİŐTIR. BÖYLESİ ALANLAR ÜZERİNDE SÖRDÖRÖLEN ÜRETİM FAALİYETLERİ SİRASINDA, GEREK ARAZİ VE İKLİM ÖZELLİKLERİNDEN VE GEREKSE ORMANA VE ÜRÖNE İLİŞKİN ÖZELLİKLERDEN KAYNAKLANAN BİRÇOK OLUMSUZ DURUMLAR SÖZ KONUSUDUR. BÖTÖN OLUMSUZLUKLARIN FARKLI ETKİLEŐİMLERİYLE OLUŞAN BÖYLESİ KARMAŞIK BİR SİSTEMDE, ŐEĐİLECEK VE İZLENECEK OLAN YANLIŐ BİR YOL, OLUMSUZLUKLARIN ETKİSİNİN ARTIRMASINA NEDEN OLACAĞI GİBİ, ÜRETİMİN DAHA FAZLA EMEK HARCAYARAK DAHA UZUN SÖREDE GERÇEKLEŐMESİNE NEDEN OLMAKTADIR. BU DA EKONOMİKLIĞI OLUMSUZ YÖNDE ETKİLEMEKTEDİR.

BURADA SÖZÖ EDİLEN OLUMSUZLUKLARDAN BAZILARI ŞU ŞEKİLDE SİRALANABİLİR:

- DAĞLIK ARAZİ ORMANLARI İÇİN YOL YAPIMININ GÖÇ VE MASRAFLI OLMASI,

- Yol yapım ve bakım makineleri ile üretim makinelerinin satın alınmasında ve çalıştırılmasında ekonomik ve teknik engellerin bulunması,
- Kesim, hazırlama ve çıkarma sırasında,
  - üretime konu olan gövdelerde kalite ve miktar kayıpları
  - gençlik ve kalan ağaçlarda çarpma, kırma, soyma ve yaralama zararları
  - yaralanan yüzeylere böcek ve mantar tasallutu
  - zeminde oluşturulan sürütme izlerinin su akışına ve su ile birlikte toprak aşınmasına ve taşınmasına neden olması,
- Yapılan işin tehlikeli ve ağır işlerden olması, iş kazaları riskinin daha fazla olması,
- Topoğrafik engeller ve klimatolojik-meteorolojik koşullara açık olması nedeniyle iş düzeninde bozulmalar ve iş akışının sekteye uğraması.

Odun hammaddesi üretiminde çalışanlar, yukarıda sayılan güç koşulların olumsuz etkileri altında çalışmalarına devam etmektedir. Sarf edilen emeğin karşılığında hak edilen ücretin belirlenmesinde en önemli nokta; işi güçleştiren, çalışma verimini düşüren, işi ve işçiyi olumsuz etkileyen unsurların etki derecelerinin sayısal olarak ortaya konması ve ücrete yansıtılmasıdır. Birim zamanda yapılan iş miktarını esas alan ve birim zamanı etkileyici unsurların etkilerini optimum düzeyde tutmayı amaçlayan tekniklerden yararlanılarak birim fiyatların belirlenmesi hem tekniğin, hem teknolojinin ve hem de bilimsel düşüncenin bir gereğidir. Birim fiyat belirlemesinin objektif kriterlere göre yapılması çalışanlar açısından önemli olduğu kadar, işveren durumunda olan orman işletmelerinin ekonomikliği açısından da son derece önemlidir. Bu yapıldıktan sonra, hangi ücret sistemine göre ödeme yapılırsa yapılsın, işçilerin bazen mağduriyeti bazen de haksız kazanç edilmeleri önlenmiş olacaktır.

Odun hammaddesi üretiminin kesim ve bölmeden çıkarma süreci için halen uygulanmakta olan birim fiyat belirleme sisteminde, belirlenen fiyatların yöresel şartlara uyarlanması kullanılan kriterler ve güçleştirme oranları herhangi bir bilimsel çalışmanın sonucuna göre yapılmamaktadır. Konuya bir sistem yaklaşımı ile bakıldığında, bütün etkileyici faktörlerin farklı oranlarda bulunması durumunda nasıl bir sonuca ulaşılabileceği, planlama ve ücretlendirmenin hangi kriterlere göre yapılacağı gibi çok önemli hususlara cevap alınamamaktadır. Dolayısıyla mevcut uygulama tatmin edici olmaktan oldukça uzaktır. Böylesi önemli sorunun çözülmesi için geleneklerin uygulanması, belli bir standardı olmayan pratik deneme sonuçları ve klasik yöntemlerden hareket edilmesi yeterli görülmemektedir. Dolayısıyla çok farklı koşullarda çalışma durumunda olan işçilerinin eşit

şartlarda eşit ücret almalarının sağlanmasında esas olacak, işveren durumunda olan orman işletmelerinin üretim faaliyetlerini ve buna bağlı diğer faaliyetleri planlamada, uygulamaları izleme ve sonuçlarını denetlemede kullanılacak, işi başkalarına yaptırma durumunda maliyet hesaplaması için temel oluşturacak verilerin belirlenmesi zorunluluğu vardır.

Yapılan bu doktora tez çalışmasında; ağaçların kesimi ve bölmeden çıkarılmasında,

- ülkemizdeki mevcut uygulamalar ile diğer ülke uygulamaları incelenmiş,
- konu ile ilgili bilimsel çalışma sonuçları araştırılmış,
- yapılacak arazi çalışmaları planlanmış,
- çalışmaları etkileyen değişkenler araştırılmış,
- arazi çalışmalarından elde edilen veriler, matematik istatistik metotlardan yararlanarak ve de yapay zeka uygulamaları ile değerlendirilmiş,
- çalışma zamanını hesaplamaya yönelik alternatif modeller geliştirilmiş,
- geliştirilen modeller karşılaştırmalı olarak irdelenmiş, optimal çözümlerin üretilmesine yönelik model ya da modeller seçilmiş ve böylece,
- farklı çalışma koşulları için birim fiyat belirlenmesinin objektif kriterlere göre ve bilimsel esasa göre yapılmasına yönelik sonuçlar elde edilmiş,
- uygulamada büyük problem teşkil eden ve ormancılıkta üretimin ekonomikliğini direk olarak etkileyen, kesim sürecine ve bölmeden çıkarma işlemlerine ilişkin zaman hesaplama modellerini kullanarak, herhangi bir üretim alanında gerçek çalışma zamanını bütün ayrıntıları ile hesaplayan benzetim modeli geliştirilmiştir.

## 1.2. Literatür Özeti

Literatürde, üretim sürecini, başlangıcından sonuna kadar bütün değişkenleriyle inceleyen, bütün iş dilimleri için standart zaman belirlemeyi amaçlayan, elde edilen verilerle iş dilimleri için etken faktörleri belirleyen, bu belirlemeyi de modern teknikleri kullanarak yapan ve değerlendiren bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak ülkelere göre değişen farklı uygulamalar söz konusudur. Yine, üretimin belli safhaları için sınırlı koşulları içeren pek çok bilimsel çalışma söz konusudur. Bunların bir kısmı aşağıda verilmiştir:

Erdaş (1), ormancılıkta kesim ve bölmeden çıkarma işlerinin, üretilen odun hammaddesine, kalan meşçereye ve orman toprağına ciddi zararlar vermeyecek ve odun hammaddesinin zamanında meşçere dışarısına çıkarabilecek bir şekilde planlanmasının

gerekliliğini ve ayrıca bütün bu çalışmaların silvikültür tekniğinin gereklerine uyması, gençlik için bir problem teşkil etmemesi ve ormanın yapısına uygun olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca kesim ve bölmeden çıkarma işlerindeki verimliliğin; kesim düzenine, yol yoğunluğuna, kullanılan makine, araç ve gereçlere, arazinin eğimine, uygulanacak çalışma metoduna, iş organizasyonuna, ürünün hacmine, bölmeden çıkarma sırasında bir defada taşınan miktara ve çalışanların işi bilme derecelerine bağlı olduğunu, bölmeden çıkarma sırasında meşcereye yapılan zararların ise; taşınan tomruğun uzunluğuna, yamacın eğimine, meşcerenin sıklığına, sürütme yollarının oluşturulmasına ve sürütme metodunun seçimine bağlı olduğunu belirtmiştir.

Erdaş yaptığı araştırmada (2), Koller K300 orman hava hatları ile orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması çalışmalarında geçen zamanın, parça hacminden ve asılan yük hacminden büyük oranda bağımsız olduğunu ve esas olarak bölmeden çıkarma mesafesinden ve yandan çekme mesafesinden büyük ölçüde etkilendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, bölmeden çıkarma mesafesi kısaltılamayacağından özellikle yandan çekme mesafesinin kısa olmasını özen gösterilmesi gerektiğini, vagonun gidiş ve geliş zamanı toplamının, kablunun çekilmesi + yandan çekme zamanından daha küçük bulunduğunu, mümkün olduğu kadar vagonu çalıştıracak şekilde çalışmaları planlamanın daha verimli olacağını, kısa mesafelerdeki taşınanın avantajlı olduğunu, işçi sayısının artmasıyla verimin artmasının paralel gitmediğini şekillerle ortaya koymuştur. Gerçek çalışma zamanının etkilendiği faktörlerin; bölmeden çıkarma uzaklığı, yandan çekme mesafesi, bir sefer için yüklenen parça adedi, bir sefer için yüklenen hacim, bir sefer için ortalama parça hacmi şeklinde olduğu da belirlenmiştir.

Bayoğlu (3), ormanda üretilen tüm odun hasılatının % 35-55'ini son kesim, %46-65'ini ara hasılatın oluşturduğunu, dağlık arazi ormanlarında bölmeden çıkarma tekniklerindeki güçlük, işçi tedarikindeki güçlük, artan işçi ücretleri, makine hareket kabiliyetinin sınırlı olması ve toprağı sıkıştırması gibi problemlerin, ekonomik yönden aralama kesimi yapıp yapılamamasını gündeme getirdiğini belirtmiştir. Aralamalarda mini Urusların kullanılmasında çalışma veriminin; uzunluğa, taşıma şekline, yandan çekme mesafesine, motor gücüne, bir defada taşınabilen ağırlığa, arazi durumuna, ekibin yetişme derecesine bağlı olduğunu belirtmiştir.

Bayoğlu (4), dağlık muntika ormanlarının işletilmesinin geniş ölçüde taşıma olanaklarına bağlı bulunduğunu, ormanlardan ekonomik yararlanma yanında ormanların

korunması ve gençleştirilmesinin büyük ölçüde transport sorunuyla ilgili olduğunu ve taşıma metotlarının geliştirilmesinin dağlık mntıka ormancılığının en önemli isteklerinden birisi bulunduğunu belirtmektedir.

Bayoğlu, orman nakliyatının planlanmasına ilişkin eserinde (5), bölmeden çıkarma çalışmalarının ormancılıktaki taşımanın en güç ve masraflı bölümünü oluşturduğunu, dolayısıyla bölmeden çıkarmanın çok iyi bir şekilde planlanması ile bu konuda ekonomik çözümün sağlanabileceğini belirtmiştir. Tali nakliyat olarak isimlendirilen bölmeden çıkarma çalışmalarının mevcut arazi şartlarında elde mevcut imkanlarla en ekonomik şekilde gerçekleştirilmesinin, dikkatle düzenlenmiş transport planı ile sağlanabileceğini, bunun için sürütme şeritleri, sürütme yolları ve vinçli hava hatları tesislerinden yararlanılacağını belirtmiş ve bunların planlanmasına ilişkin ayrıntılara yer verilmiştir. Aynı eserde, düz ve az eğimli arazide çalışma şartlarının elverişli olması sebebiyle üretim için kullanılacak çok çeşitli tip ve nitelikte makine ve ekipman geliştirilmiş olmasına karşılık dağlık arazide çalışma şartlarının güç olması sebebiyle bu konudaki gelişme daha sınırlı ölçüde kaldığı vurgulanmıştır.

Aykut (6), doktora çalışmasında, arazi sınıflamasına ve zaman etüdüne ilişkin literatür bilgileri vermiş, kabuklu ve kabuksuz olarak meşe ve göknar tomruklarının sürütülmesine ilişkin katsayılar tespit edilmiştir. GYA ve İYA tomrukların manda ve öküz ile sürütülmesinde repetisyon metodu ile zaman tespitleri yapılmış, sürütme mesafesi, eğim, arazinin topoğrafyası, yolun durumu, tomruğun hacmi, ağaç cinsi ve sürütme metodu etkili bulunmuştur. Araştırma sonucunda, ülkemizde tomrukların zemin üzerinde sürütülmesinde kullanılacak en uygun hayvanın manda olduğu, tomruklara bölerek taşıma yönteminin geride kalan meşcerenin korunması bakımından en uygun ve dağlık bölgelerde de en yaygın bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Aykut, başka bir eserinde (7), topoğrafik yapısı ülkemize çok benzeyen Avusturya'da ve İsveç'te tomruklara bölerek bölmeden çıkarma yönteminin uygulandığını belirtmiştir.

Aykut'a göre (8), bölmeden çıkarmanın mekanizasyonu söz konusu olduğunda her şeyden önce bir arazi sınıflamasının yapılarak çeşitli kesim alanlarında mevcut şartlara göre uygulanacak metotları belirtmek gerekmektedir.

Seçkin (9), bir orman alanının neresinde ne tip bir bölmeden çıkarma tekniğinin uygulanabileceğini daha önceden belirlemek için, söz konusu orman alanının önce taşıma tekniği yönünden bir arazi sınıflamasına tabi tutulması gerektiğini, arazi sınıflamasının

çalışmanın amacına göre değişir olduğunu ve orman içi her çeşit faaliyetin planlanmasında yardımcı olacağını belirtmiştir. Bölmeden çıkarma safhasının, orman ürünleri taşımalarının en zor ve en pahalı safhasını teşkil ettiğini ve bu konuda çeşitli araç ve yöntemlerin geliştirildiğini de ifade etmiştir.

Yıldırım (10), iki kişilik işçi postası ile, göknar ağaçlarını kesme, kesilen gövdelerin dallardan temizlenmesi, kabuk soyma, ölçme ve tomruklama iş dilimlerinde zaman ölçümü yapılması ve değerlendirilmesi şeklinde gerçekleştirilen araştırmasında, ormanda yapılan işlerin iş süresi; çalışma objesi, işyeri özellikleri ve hava hallerinden önemli oranda etkilendiği, iş süresi üzerine etki eden faktörlerin iyi bir şekilde araştırılmasının, değişik iş koşulları altında çalışan işçilere eşit kazanç temin etme bakımından önem taşıdığı vurgulanmıştır. Araştırmada, her işçiye ilişkin süreler ayrı ayrı kaydedilmiş, eşit aralıklı zaman örnekleme gözlem metodu kullanılmıştır. Kesilen ağaçların özellikleri ile işçi süreleri, motorlu testere süresi ve toplam süre arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Gürtan (11), başka memlekette 1 m<sup>3</sup> yapacak odun hazırlığında geçen zamanın % 20'si, memleketimizde % 33,6'sının kabuk soyma için harcanmakta olduğunu, çap arttıkça bu oranın azaldığını, çalışmasının literatür özetinde vermiştir. Balta ve kabuk soyma demiri ile sarıçam tomruklarının kabuklarının soyulmasına ilişkin yaptığı çalışmada, iş verimine etki eden faktörler; ağaç özellikleri, çalışma yeri özellikleri, kullanılan aletler, çalışan işçi özellikleri olarak ayrılmıştır. Zaman ölçümü tekrarlı zaman ölçme tekniği ile yapılmış, veriler istatistiki olarak değerlendirilmiş, ilişkiler belirlenmiş ve regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur. Regresyonda serbest değişkenler; çap, tomruk pozisyonu, eğim, kabuk kalınlığı, hacim, çapın karesi, çap x meyil şeklinde alınmıştır. Hesaplanan iş verimleri çap kademelerine göre dak./m<sup>3</sup> ve m<sup>3</sup>./saat olarak tablo halinde verilmiştir.

İlter (12) tarafından, kızılçam ve karaçam meşcerelerinde sıklık bakımı kesimi sırasında iş-zaman gözlemleri yapılmıştır. Elde edilen veriler istatistiki işlemlere sokularak, standart zamanların hesaplanmasına yönelik ilişkiler geliştirilmiş, birim standart maliyetler hesaplanmıştır. İş safhaları; bakım alanına gidiş-dönüş, sıklık bakımı kesimi, değerlendirme işi ve taşıma işi olarak ayrılmıştır.

Çoban (13), yaptığı araştırmada, 4 m. ve 8 m. boylarda hazırlanmış çam ve göknar tomruklarının balta ile kabuklarının soyulmasında, bir çift öküzle sürütülmesinde, insan gücüyle yüklenmesinde zaman ölçümleri yapmıştır. Kabuk soyma süresini, bekleme zamanına, soyma yerine, çap ve boya göre belirlemiş ve ağaç türlerine göre karşılaştırmıştır.

Sürütme süresini, tomrukların kabuklu, kabuksuz oluşuna, sürütme yolu eğimine, ortalama mesafeye, tomruk hacmine göre ve periyotlara göre belirlemiştir.

Dingil (14), Antalya yöresinde kızılçam ormanlarında 10 ayrı odun öbeğinin işçi ve çekim hayvanı (katır) ile sürütülmesinde harcanan süre, eğim, uzaklık, engellik gibi özellikler yönünden araştırılmıştır. Zaman ölçümleri tekrarlı zaman ölçme tekniği ile yapılmış, regresyon analizleri ile çalışma süresi tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Dingil (15), kızılçam ve sedir türlerinde yapacak ve yakacak odun elde edilmesinde iş ve zaman analizleri yapmış, raspa ile dip temizliği, devirme oyuğu açma, kesme, sakal temizliği, dal alma, kabuk soyma, ölçme işaretleme, bölümlere ayırma, çevirme işlemlerine ilişkin zamanlar tespit edilerek değerlendirilmiştir. Kesim ve taşıma işlerinin, zaman bakımından tüm orman işçiliklerinin % 65'ini kapsadığını belirtmiştir.

Türkiye'de birim fiyat tespiti esaslarına ilişkin OGM'nün ilk düzenlemesi 1975 yılında yapılmıştır (16). Buna göre; Türkiye'nin her yerinde çalışan orman işçisinin, sürütmede çalıştırılan bir çift koşum hayvanının, sürücüsünün ve yardımcısının ve 7 tonluk bir kamyonun 8 saatlik bir iş günü sonunda aynı miktar ücret almaları prensibi esas alınmıştır. Buna göre her iş kolu için (istihsal, sürütme, kamyonla taşıma ve istif için) ayrı ayrı olmak üzere birim fiyatların her yıl OGM tarafından tespit edileceği hükme bağlanmıştır.

Tespit edilen birim fiyatların uygulanma esasları, OGM tarafından 1982 yılında yayımlanan 161-A sayılı tebliğe (17) göre yapılmaya başlanmış ve 1996 yılına kadar (14 yıl) bu kriterler uygulanmıştır. Bu tebliğe göre, Türkiye'de her yıl için OGM'nce belirlenen birim fiyatların uygulanacağı şartlar;

- İstihsal işleri için; eğim: %0-%30 arasında, diri örtü: yok, kayalık alan: yok, bonitet: 1, kokurdanlık: yok, yıllık yağış miktarı: 400 mm. den az, rakım: 1000 m.nin altında, ağaçların tamamı IV. çap sınıfında, dikili kabuklu gövde hacmi (DKGH) hektarda 10 m<sup>3</sup>.ten, kesim sahasında 500 m<sup>3</sup>.ten fazla,
- Sürütme için; eğim: aşağıdan yukarı sürütmede %1, yukarıdan aşağı hayvanla sürütme yapıldığında: %0-%30, elle yapıldığında: %100, diri örtü: yok, kayalık alan: yok, kokurdanlık: yok, yıllık yağış miktarı: 400 mm.den az, rakım: 1000 m.nin altında, 1 m. den yüksek atamak yok, sürütme mesafesi: 100 m., DKGH hektarda 10 m<sup>3</sup>.ten, kesim sahasında 500 m<sup>3</sup>. ten fazla, sürütülecek ürün boyu: 6 m.den kısa, sürütülecek ürünlerin tamamı iğne yapraklı ağaçlardan oluşmakta, şeklinde sıralanmıştır.

Şartlar kötüleştikçe, verilecek birim fiyatın aynı oranda yükseltilmesi prensibi kabul edilmiş ve bu prensibin ışığı altında düzenlenen istihsal, sürütme ve kamyonla taşıma işlerine ait güçlükler ve bu güçlüklerle göre uygulanacak zam yüzdeleri de ayrıca 161-A sayılı tebliğde gösterilmiştir.

Türkiye'de asli orman ürünlerinin üretimi işlerini düzenlemeye ve uygulanacak birim fiyatları belirlemeye yönelik esaslar, 1996 yılında OGM'nün 288 sayılı tebliğine (18) göre yeniden düzenlenmiştir. Tebliğde; iş-zaman ölçümleri sonuçları esas alınarak standart zamanların belirlendiği, üretimde kullanılan araç, gereç ve malzemenin birim maliyetlerinin hesaplanma şekli ve bunlara göre de üretim birim fiyatlarının hesaplanma şekli açıklanmıştır. Kesim işinde iki kişilik ekip çalışması ve bir adet motorlu testere ile çalışma esas alınmıştır. Bölmeden çıkarmada bir çift öküzle sürütmenin yapıldığı esas alınmış ve buna ilişkin standart zaman ve maliyet hesaplama şekilleri üzerinde durulmuştur. Standart zamanlar, iş dilimleri için ve dakika/m<sup>3</sup> biriminden verilmiş, birim maliyetler ise TL/saat olarak verilmiştir.

Kesme ve tomruklamada;

- geniş yapraklı ağaçlar ve iğne yapraklı ağaçlar ayırımı yapılmış
- arazi eğimi 4 gruba ayrılmış (% 0-30, %31-60, %61-100 ve %100'den fazla)
- d1,30 çapı 5 gruba ayrılmış, (8 cm. ve daha küçük, 9-19 cm., 20-35 cm., 36-51 cm. ve 52 cm. ve daha büyük çaplılar)

ve bu değişkenlere göre işçi çalışma zamanı ve motorlu testere çalışma zamanı belirlenmiştir.

Sürütmede ise, ağaç türü ve çap kademesi ayırımı yapılmamış, aynı eğim gruplarında yukarıdan aşağı sürütme işlemi, farklı sürütme mesafeleri ve kot farkları için işçi çalışma zamanı ile bir çift öküzün çalışma zamanı tablolaştırılmıştır.

Ülkemiz şartlarına çok benzeyen Avusturya'da, Avusturya Ormancılık Araştırmaları Uygulama ve Geliştirme Derneği ile Avusturya Ormancılık Teşkilatı (ÖBF) tarafından üretimde ağaç cinslerine göre ücret hesaplama tabloları düzenlenmiştir (19, 20). Tablolarda iş dilimlerine göre verilen iş sürelerine % 38,3 ek süre eklenerek gerçek sürenin bulunacağı, bu süreye yemek molası ile kötü hava koşullarındaki ara verme sürelerinin dahil olmadığı belirtilmiştir. Etken olan faktörler için gruplandırma yapılmış, sayısal değerler belirlenmiş, bu değerlerin karşılığı olan puanlama sistemi ile ücret hesaplamasına gidilmiştir.

Dikkate alınan, etken faktörler şu şekilde belirlenmiştir:

- 1- Yürüme engelliği: Sayısal değerler ve karşılığı olan puanlar tespit edilmiştir.



Toprak halleri, (kuru, ıslak, kar-kaygan, sertleşmiş, kar-donmuş), kar kalınlığı ( yok, 30 cm.), toprak üst yüzeyi (düz arazi, çok çukurlu ya da hendekli), toprak üstü birikintileri (yok, eski kesim artıkları, blok taş ve kayalar), toprak üstü diri örtü (yaprak-yosun-ot, sarılıcı-dikenli otlar), gençlik, çalı, süceyrat (boyu 40 cm.ye kadar, 41-80 cm. arası, 81-150 cm., 151 cm.den büyük) şeklinde gruplandırma söz konusudur.

- 2- Eğim: % 10'luk eğim dilimlerine puanlar verilmiştir.
- 3- Göğüs çapı: Göğüs yüzeyi orta ağacının çapı kullanılmaktadır.
- 4- Dallanma yüzdesi: Taç uzunluğunun toplam boya oranı puanlandırılmıştır.
- 5- Tepe yapısı: Tepenin faydalanılabilir çatallanma sayısıdır.
- 6- Kenar ağaçları ve diğer ekstrem güçlükler.

Almanya'da, üretim sırasında birim fiyatlar, yine güçlük kriterlerine ve bu kriterler için tespit edilmiş puanlama sistemine göre belirlenmektedir (21).

İngiltere'de, belirli yörelerde kurulmuş olan iş etüdü ofislerince, belirli çalışma koşulları için standart süreler belirlenmiştir. Ayrıca bu koşulların değişmesi durumunda çalışma verimindeki değişimler istatistiki olarak ilişkilendirilmiştir (22-28).

Aytimur (29), istihsal ve sürütme işlerini çeşitli faktörlere göre incelemiş, bir kişinin günlük istihsal miktarına tesir eden faktörleri; çap, diri örtü durumu, kesim nevi, eğim, zemin kılması, ağaç cinsi olarak sıralamıştır. Fiyata tesir eden faktör ise yukarıda yazılı faktöre ilaveten; işçi durumu, istihsal miktarı, yıllık ortalama yağış, rakım şeklinde sıralanmıştır. Elle sürütmede günlük miktara tesir eden faktörler; kesim nevi, zemin kılması, eğim, ağacın cinsi, ortalama nakliyat mesafesi, sürütme yolu ve oluk durumu şeklinde belirlenmiş, fiyatı belirlemede, bu şartlara ilave olarak işçi durumu, istihsalin miktarı, yıllık ortalama yağış, istihsal sahasına rakımının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

IUFRO tarafından, arazi sınıflaması ile ortaya konacak yararlarla ilişkin teklifte (30); ormandaki üretim ve taşıma alanlarında uygulanan çalışma yöntemleri ile yapılan araştırma sonuçlarının uluslararası karşılaştırılmasını kolaylaştırmak, çalışma yöntemlerinin ve ekipmanlarının ulusal gelişimi ve bölgesel planlanmasına dair esaslar vermek, bütün ormanlık yörelerde tek bir orman işletmesinde olduğu gibi, orman işletmesinin iyi bir biçimde düzenlenmesine ve transport şebekelerinin planlanmasına yardımcı olmak, bir orman işletmesinin farklı kısımlarında ya da bir ülkenin çeşitli ormanlık yörelerinde üretim ve taşıma masraflarının tahminine ve bunların karşılaştırılmasına bir esas getirmek amacıyla arazi sınıflamasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Löffler (31,32), arazi sınıflamasında esas alınan bazı özellikleri; arazi eğiminin şekli ve eğim derecesi, iklim koşulları (yıllık ortalama yağış, yıllık ortalama sıcaklık, yıl içinde don görülen toplam gün sayısı, yıl içinde kar ile kaplı toplam gün sayısı), jeolojik yapı (ana kaya, bitki formasyonu), toprak özellikleri (toprak sınıfı, toprağın taşıma gücü, toprak derinliği), alt yapı (orman yol ağı yoğunluğu, sürütme mesafesi), zemin üst yüzeyinin özellikleri (engebeler, artıklar ve kütük çıkıntıları) şeklinde sıralamıştır.

Samset (33), yaptığı çalışmada, taşıma tekniğine göre arazinin sınıflandırılması gereği vurgulanmış ve sınıflandırmada esas alınacak kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler, topoğrafik faktörler (yükseklik, eğim, yamaç uzunluğu, taşıma yönü, bakı), zemin faktörleri (arıza durumu, taşıma kapasitesi) şeklinde belirlenmiş ve her bir faktör için gruplandırma yapılmıştır. Samset, başka bir çalışmada (34), dünyadaki verimli orman alanlarının yaklaşık % 25'inin (350 milyon ha.) dik yamaçlardaki (% 33< ) arazi üzerinde bulunduğunu ve bu alanlardan yılda ortalama 700 milyon m<sup>3</sup>. üretim yapıldığını belirtmiştir.

Üretim açısından ve özellikle makineli çalışma açısından arazi eğim sınıflarının oluşturulması ve isimlendirilmesinde birbirine benzeyen ve yerine göre bazı farklılıkların söz konusu olduğu birçok çalışma mevcuttur (35, 36, 37, 38, 39).

Kamiizaka (40), Japonya'nın 25 milyon ha. (ülkenin % 70'i) orman arazisine sahip olduğunu, orman alanlarının % 30'unda arazi eğiminin 30 dereceden fazla ve derin vadilerde olduğunu, Japonya'da kablo sistemlerin kullanımı 1967'de % 74 iken 1978'de % 57'ye gerilediği, traktörlerin kullanımının ise % 18'den % 43'e yükseldiğini, traktörlerdeki bu artışın orta engebeli ve düz arazideki yol yoğunluğunun artışına bağlı olduğu vurgulamış, üretim sistemi ve yol yoğunluğu açısından arazi sınıflaması şu şekilde yapılmıştır:

Kolay arazi; % 0-19 eğimde, 30-50 m/ha. yol yoğunluğu, sürütücü veya traktörle, hidrolik vinçli kamyonla üretim,

Orta güçlükte arazi: % 20-39 eğimde, 20-30 m/ha. yol yoğunluğu, sürütücü veya traktörle üretim,

Güç arazi: % 40-69 eğimde, 10-20 m./ha. yol yoğunluğu, kısa mesafeli kablo hatlarla

Çok güç arazi: % 70'den fazla eğimli arazi, 5-15 m./ha. yol yoğunluğu, uzun mesafeli kablo hatlarla üretim olmak üzere 4 arazi sınıfını ortaya koymuştur.

Davis and Raisinger (41), üretim ekipmanı seçiminde arazinin değerlendirilmesine yönelik çalışmada, büyük miktarlardaki endüstriyel odun üretimi faaliyetlerinin planlanmasında coğrafi bilgi sistemini kullanan arazi modeli geliştirmiştir. Bu model, çalışma

alanına ilişkin haritada arazi özellikleri ile makine kullanım kriterlerini birleştirir. Arazi sınıflamasında üç önemli safha; üretimi etkileyen en önemli faktörler belirlenir, bu faktörler ölçülmeli ve bir değer verilmeli, bu faktörler alt gruplara ayrılmalıdır. Arazinin üç önemli özelliği ise; eğim, arazi kabiliyet sınıfı ve yüzey engelleridir. Eğim açısından; % 0-2 düz, % 2-8 çok hafif, % 8-15 hafif eğimli, % 15-25 orta, % 25- 45 dik ve % 45 < eğimdeki arazileri ise çok dik olarak sınıflandırmış ve her gruba bir değer atanmıştır. Arazi kabiliyet sınıfı açısından ise toprak rutubeti, toprak tekstürü ve bitki örtüsü dikkate alınarak; çok iyi, iyi, orta, zayıf, çok zayıf, belirsiz ve tamamen sulu olarak 7 sınıfa ayırmış ve sayısal değer atanmıştır. Yüzey engeli açısından, engelin yüksekliği ve birim alandaki sayısı dikkate alınarak; çok düz, hafif düz, engel, çok engel şeklinde ayrılmış ve sayısal değer atanmıştır. Bütün bunlar, geliştirilen bilgisayar programları ile belirlenmekte, üretim sistemi kriterleri de programa girilerek sistem seçimi yapılmakta, verilen alan için üretime ait bütün çıktılar (verim, maliyet değerleri ile üretim haritası) bilgisayar programı ile oluşturulmaktadır.

Peterson (42), alışlagelmiş metotlarla kesme, dal alma, tepe alma, ölçme işaretleme ve tomruklama işlerinde zaman ölçümleri yapılarak standart süreler ve maliyetler hesaplanmış, iş dilimleri için standart sürelerin değişimi çap kademelerine göre tablolaştırılmış, çapın karesi ile kesme zamanı ve dal alma zamanı ilişkisi regresyon eşitliği ile belirlenmiştir. Peterson başka bir çalışmasında (43), insan gücü ile kesim işinde ağaç boyutu, özellikleri ve yüzey şartlarına bağlı olarak verim ve maliyetlerin değişimini farklı üç alanda araştırmıştır. Zaman ölçümleri durdurmalı metotla yapılmış, her alanda ağaç türlerine göre kesim zamanının değişimi çap artışına bağlı olarak belirlenmiş, ayrıca ağaç türü ve çap kademelerine göre maliyetler belirlenmiştir.

Finne (44), ormancılıkta planlama çalışmalarının önemini, planların uzun orta ve kısa vadeli olmak üzere ayrıldığını, üretimin kolay ve ekonomik bir şekilde yapılmasını sağlamak için üretim planlarının yapılması gerektiğini, bu planların kesimden iki yıl önce, iş planının ise kesimden en fazla bir yıl önce hazırlanmış olması gerektiğini vurgulamıştır

Powell (45), bir üretim planı hazırlanırken; önce topoğrafik haritada meşcere sınıflarını ve üretime alınacak bölmelerin sınırlanacağını, bu alanlar için taşımaya müsait tüm yolların uygun eğimlerle seçileceğini, her kesim bloğunda ürün hacmi, toprak, arazi ve bölmeden çıkarma şeklinin belirleneceğini, sürütme yolları ile ara ve son depo yerlerinin belirleneceğini, sistemin seçilmesinde kablo taşıma, tomruk hacmi ve arazinin etkili

olacağını, değişik denemelerle ekonomiklik durumlarının irdelenerek dikkate alınacağını belirtmiştir.

Frauenholz (46), aralamalarda tomruk halinde bölmeden çıkarmada 100 birim maliyete rastlanılırken bütün gövde şeklinde üretimle 85 birim, bütün ağaç halinde üretim şeklinde ise 70 birim maliyet değerine rastlanıldığını, son hasılat etası için bu değerlerin tomruk metodunda 100 birim alınması durumunda bütün gövde metodunda 70 birim, bütün ağaç metodunda ise 60 birim düzeyinde olacağı tespit edilmiştir.

Howard (47), üretim işlerinde detaylı zaman etüdü araştırmaları yapılarak, istatistik analizlerle üretimin bütün safhalarında kullanılacak verim denklemleri geliştirilmiştir. Verime etki etmeyen zamanlar ayrıca modele aktarılmıştır. Sonuçta;

Kesme = f (ağaç özellikleri, dip ve uç çap, faydalı gövde uzunluğu)

Sürütme = f (her seferdeki parça sayısı, sürütme mesafesi, eğim)

Tomruklama = f (bir gövdeden elde edilen tomruk sayısı, çap, boy)

ilişkiye getirilmiş ve regresyon eşitlikleri bunlara dayalı oluşturulmuştur. Zaman, verim ve bazı diğer özellikler göğüs çapı ile grafiklerle ilişkiye getirilmiştir.

Peters (48), üretim masraflarının minimize için yol aralığı ve geçici biriktirme yeri aralıklarının belirlenmesine yönelik araştırmasında, birim üretim masrafları ile birim yol maliyeti, birim alandan çıkarılacak hacim, birim hacim için birim mesafeyi sürütme masrafları, birim hacmi sürütmede sabit masraflar, geçici depolama masrafları ilişkiye getirilmiş, ortalama sürütme mesafesinin yol aralığı ve depo aralığına göre hesaplanmasına yönelik formül geliştirilmiştir.

Goulet ve diğerlerinin yaptıkları bir araştırmada, ormandaki ağacın fabrikaya teslimine kadar bütün iş dilimlerini kapsayan 8 ayrı benzetim modeli incelenmiştir (49). Sonuçta modellerin birbiriyle uyumlu olmadıkları, her modelin aynı problemi çözmeye yönelik olmasına karşın, girdilerinin ve detaylarının farklı olduğu, bütün modellerin bir bilgisayar programcısı tarafından yorumlanmasına ihtiyacı olduğu, dolayısıyla model tercihinde çok dikkatli olunması gerektiği vurgulanmıştır. Modellerin özellikleri, teorisi, işlem akışının tartışılması, stratejileri, zaman hesaplamaları ve performansı incelenmiş (50), modele sorulabilecek sorular, modelin eksiklikleri ve bu eksikliklerin nasıl giderilebileceği, gerekli ön bilgiler, bilgisayar desteği, kullanışlı olup olmadıkları ele irdelenerek bu modellerden 4'ünün kullanılabilir olduğu belirtilmiş, yeni geliştirilecek modellerde olması gerekenlere ilişkin bir dizi tavsiyelerde bulunulmuştur (51).

Meng (52), üretim makinelerinin verimliliğini belirlemek için model araştırmasında, alışılmış metotlar olarak ortalama, aritmetik formüller ve regresyon eşitlikleri gibi üç metodun olduğundan bahsetmektedir. Son iki metot için oluşturulmuş formül ve eşitlikler tartışılmıştır. Tek ağaç için toplam zamanın, kesme, bekleme, hareket ettirme, taşıma, boş bekleme zamanlarının toplamından oluştuğu, her safhadaki zaman harcanımının çok karmaşık olan çevre, arazi ve meşcere ile ilgili değişkenlere bağlı olduğu belirtilmiştir.

Blinn ve diğerleri (53), beş farklı üretim sistemini verim, maliyet ve iş etkinliği açısından incelemiş, kullanılan makineleri de verimlilik açısından incelemiştir. Burada;

işlem \ Sistem	A	B	C	D	E	iş sırası 1, 2, ... şeklindedir
kesme,	1-mt	1-mt	1-mt	1-fb	1-fb	6. sırada değerlendirme yer alır
dal alma,	2-mt	2-mt	2-mt	3-mt	6-	mt: motorlu testere ile
tepe alma,	3-mt	3-mt	3-mt	4-mt	6-	fw: forwarder
tomruklama,	4-mt	5-mt	5-hs	2-fb	2-fb	fb: feller-buncher
taşıma	5-fw	4-cs	4-cs	5-gs	3-gs	cs: kablolu sürütücü gs: kavramalı sürütücü

şeklinde ilişki tablosu düzenlemiştir. Sistemin verimliliği, birim maliyeti ve harcanan zaman 13 farklı alanda HSS isimli bilgisayar programı ile hesaplanmış, makine verimliliği ise Fortran dilinde geliştirilmiş GENMAC isimli benzetim modeli ile belirlenmiştir.

Cooney and Haley (54), üretim masraflarının, üretim safhalarına göre tahmin edilmesine yönelik çalışmalarında, üretim verimliliğini etkilediği varsayılan 17 farklı karakter belirlenmiş (meşcere, ağaç, toprak ve arazi özellikleri ile ilgili), bu karakterlere bağlı olarak yol uzunluğu, kesme-tomruklama verimi, bölmeden çıkarma verimi ilişkiye getirilmiş, çoklu regresyon analizi uygulanarak eşitlikler oluşturulmuştur. Ayrıca, üretim hacmi, üretim sistemi seçimini tahmine yönelik eşitlikler de oluşturulmuştur.

Howard (55), kablolu hatlarla bölmeden çıkarmada zaman etüdü planlamasına ilişkin çalışmasında, etüt sayısını artırarak her iş dilimindeki istatistikî değerlerin değişimi incelenmiştir. Örneklemede üç önemli adımın; çalışma şeklinin seçimi, gözlem dağılımının belirlenmesi, gözlem sayısının kararlaştırılması olduğu belirtilmiştir. Zaman etüdü, bütün yönleriyle incelenmiş, geçmişteki uygulama ve araştırma sonuçlarıyla tartışılmıştır.

Howard ve Tanz (56), tomruk üretim faaliyetlerinde adil fiyat sözleşmesinin belirlenmesi ile ilgili çalışmasında, fiyat sözleşmesinin tarafların karşılıklı anlaşması ile belirlenmesine rağmen, mevcut üretim oranları ile üretim sahaları arasındaki maliyet

farklarının önemli dalgalanmalara sebep olduğu belirtilmektedir. Üretim her safhası için zaman etütleri yapılmış, elde edilen verilerden sefer zamanı ile üretim faktörleri ilişkisi kurulmuştur. Geçmişteki üretim sonuçları ile meşcere özellikleri benzetim modelinde birleştirilmiş, elde edilen sonuçlar anlaşma fiyatları ile karşılaştırılmıştır.

Fricker ve Thieme (57), orman nakliyat sistemlerinin planlanmasında uzman sistemlerin kullanılmasına yönelik çalışmada orman ürünlerinin nakliyatının çok karmaşık olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmaların etkenliğinin ve veriminin, üretim faaliyetlerinin planlanmasındaki uzmanlığa bağlı olduğunu, planlamada ise, başta topoğrafik sınırlayıcılar, ekipman özellikleri, ürün özellikleri, çevre faktörleri olmak üzere birçok faktörün etkili olduğunu, bunların verim ve maliyeti etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca, orman nakliyatının planlanmasında bilgi tabanlı uzman sistemlerden (KBES) yararlanma imkanları tartışılmıştır. Optimal yol aralığına dayalı yol planlamada transport masraflarının minimize edilmesi esas alınırken, optimal alana dayalı planlamada çevre faktörlerinin daha öncelikli olduğu bunlara ilişkin algoritmanın kurularak en iyi planlamanın da KBES ile yapılabileceği anlatılmıştır.

Cubbage ve diğerleri (58), üretimde makine ve işçi maliyetlerini hesaplamada; üretim alanının büyüklüğü, hacim, meşcere strüktürü, ağaç özellikleri gibi temel değişkenleri kullanmışlardır. Tomruk üretim sistemi için, sistemdeki etken değişkenlere bağlı olarak ortalama maliyeti hesaplamada regresyon analizi kullanılmıştır. Üretim maliyetlerine pek çok faktörün etki ettiği, üretim maliyeti için pratikte;

çamlar < yapraklılar,           yüksek hacim < düşük hacim,           kalın çap < ince çap  
çok engebeli arazi < az engebeli arazi,           büyük alanlar < küçük alanlar

ilişkilerinin var olduğu vurgulanmıştır. Regresyon eşitlikleri, her istihsal sistemi için alan büyüklüğünün, ağaç çapının, meşcere karışımındaki türlerin ve birim alandaki hacmin fonksiyonu olarak ve maliyetlerin hesaplanmasında kullanılmak üzere oluşturulmuştur. Regresyon eşitlikleri kullanılarak her sistem için sabit ve değişken masraflar hesaplanmış, sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir.

Gardner (59) dağlık bölgede üretim ekipmanlarının verimi ve işletme masraflarının hesaplanmasına ilişkin araştırmasında, üretimde verimliliğe etki eden faktörleri incelemiş ve bu faktörlerle verimliliği tahmine imkan veren sonuçlar elde etmiştir. Üretim sistemine ilişkin araştırmaların çok zor olduğunu, çok sayıda faktörün etkili olduğunu, araştırmacının bile zaman zaman kontrolü kaybetme durumuna düştüğünü belirtmiştir. Üretimde verime etki eden ve devamlı değişiklik gösteren faktörlerin; tomruk hacmi ve boyutları, meşcere

yoğunluğu, yüzey şartları, toprak ve iklim şartları şeklinde olduğunu, değişkenlerin etkisini hesaplamının güç olduğunu, operatörün motivasyonunun da etkili olduğunu belirtmiştir.

Genel olarak üretim çalışmalarında alt sistemlerin;

- |                      |           |           |
|----------------------|-----------|-----------|
| - kesme,             | - sürütme | - yükleme |
| - kesme, tomruklama, | - taşıma  | - çekme   |

şeklinde olduğunu ve bu sistemlerin benzetim tekniği ile birleştirilebileceğini belirtmiştir. Alt sistemlerdeki çalışma verimliliği regresyonla açıklanmıştır. Regresyon eşitlikleri istihsal planlayıcılarına, çeşitli şartlardaki verimliliği ve ekipman maliyetini hesaplamada yardımcı olacağını, sistemin alternatif taslaklarının yine benzetimle oluşturulabileceğini belirtmiştir. Analizler için yapılan ölçüler; çalışma zamanı, çıkarılan tomruk miktarı (hacim veya ağırlık olarak), verimliliği etkileyen muhtemel faktörlerin belirlenmesi şeklinde sıralanmıştır.

Sefer zamanı = f (tomruk boyutu, hacim, ağırlık, eğim, mesafe, tomruk sayısı)

şeklinde ilişkiye getirilmiş, bu ilişkiye dayalı regresyon eşitlikleri, farklı makineler ve farklı koşullar için oluşturulmuştur.

LeDoux ve Buttler (60), geliştirdikleri ve THIN (genç meşcerelerde kablolu aralamanın verim ve masrafını hesaplamada kullanılan bilgisayar benzetim modeli) olarak isimlendirdikleri modeli tanıtmışlardır. Bu model, çeşitli ekipman ve meşcere koşullarında, çeşitli hava hatları, ön sürütme makineleri, sürütme makineleri çalışması için koşuturulmuştur. Sonuçlar, bu modelin dağlık arazide, kablolu hat uygulamalarının verimi ve istihsal masraflarının hesaplanmasında uygulanabilir kaynak olduğunu göstermiştir. THIN; Fortran IV'de yazılmış, Monte Carlo ve sistem benzetim tekniklerini kombine etmekte, veri toplama ve rapor etmede GASP IV benzetim dili alt programını kullanmaktadır. Model, verimliliği ve buna bağlı direk masrafları belirgin olarak etkileyen çap sınıfları, meşcere sıklığı, enine ve boyuna hat mesafesi, ön ve son sürütme stratejileri ve hat boyunca tomrukların dağılımının nasıl etkili olduğunu hesaplamaktadır. THIN modelinin, tomrukların kesim ünitesine dağılımı, çıkarma ve ön sürütme, ön sürütmesi tamamlanmış tomrukların istif yerine sürütülmesi şeklinde üç farklı benzetim programından oluştuğu ve bunların ayrıntıları açıklanmıştır. Ayrıca, başta sürütme olmak üzere üretim sisteminde verim hesaplamasına yönelik GB-SIM isimli benzetim modeli geliştirilmiştir (61).

LeDoux (62) tarafından, engebeli arazide genç yapraklı meşcerelerde; üretim tekniği, transport ağı ve transport araçlarının meşcere işletmesi üzerindeki etkileri MANAGE denilen benzetim modeliyle açıklanmaya çalışılmıştır.

LeDoux (63)'un bir başka çalışmasında, THIN denilen benzetim modeli kullanılarak, kablolu hatlarla taşımada fayda maliyet analizleri yapılmış, pilot çalışma alanından elde edilen veriler yardımıyla genç meşcereler için başa baş noktası hesaplanmıştır. Çalışmada, birim alandaki parça sayısının, parçaların dağılımının ve eğimli hat uzunluğunun verim üzerine etkisinin bulunmasında benzetim analizi kullanılmıştır. Bunlardan en etkilisinin parça boyutu, sonra çekim mesafesi ve en az etkili olanın da parça sayısı olduğu vurgulanmıştır.

Köse (64) tarafından gerçekleştirilen doktora çalışmasında; teknolojinin hızla değişip geliştiği günümüzde, çok çeşitli amaçları gerçekleştirmeye yönelik faaliyetleri olan orman işletmelerinde ortaya çıkan problemlerin de karmaşık olduğu, çözümünün modern araç ve gereçlerle sağlanması ve karar verme sürecinin bilimsel yönetime dayandırılması gerektiği vurgulanmış, orman işletmelerinin çok amaçlı ve uzun süreli planlanmasında ve plan ünitesinin neresinden, ne zaman ve ne kadar hasılat alınacağını saptanmasında Doğrusal Amaç Programlama tekniğinden yararlanılmış, araştırma alanı olarak seçilen Meryemana Araştırma Ormanı için amaçlar belirlenmiş, amaç fonksiyonları kurulmuş, planlama modelleri geliştirilmiş, bu modeller Değiştirilmiş Simplex yöntemi ile çözülmüştür.

### 1.3. Ormancılıkta Üretim

Ormanlar, mal ve hizmet üretimi ile toplum ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik fonksiyonları olan doğal kaynaklardır. Ormancılıkta mal üretimi; asli ve tali orman ürünlerinin üretimidir. Buradaki asli ürünler, yapacak ürün olarak sınıflandırılan tomruk, direk, sırik, çubuk, travers, sanayi odunu, lif ve selüloz odunu ve yakacak vasıfta odun hammaddesinden oluşmaktadır. Tali ürünler ise; reçine, sığla yağı, mantar, palamut, yaprak, kabuk, meyve, çiçek, mazi vs. gibi bitkisel kökenli ürünler ile orman ve orman içi açıklıklardaki hayvanlar, balıklar, içme suları, maden suları, madenler, çakıl ve taş ocaklarıdır. Hizmet üretimi ise ormanların erozyon, sel, çığ, fırtına, ekstrem iklim koşulları gibi doğal afetlere karşı doğa ve doğal varlıkları koruması, rekreasyon imkanı sağlaması, havayı temizlemesi, toplum sağlığını koruması, toprak ve su dengesini sağlaması, çevre koruma ve ulusal park vb. fonksiyonlarıdır (65, 66).

Ormancılıkta üretim denilince ilk akla gelen asli orman ürünlerinin üretimidir. Bunun da sebebi tali ürünlerin miktar olarak az olması, hizmet üretiminin de miktar ve değer olarak ortaya konulamamış olmasındandır. Asli orman ürünlerinin başında odun hammaddesi



gelmektedir. Odun hammaddesi üretimi, kesim ve taşıma işlemlerinin tamamlanması ile gerçekleşmektedir. Üretime konu olan ağacın kesilmesi, devrilmesi, dallardan temizlenmesi, standartlara uygun olarak ölçülüp bölümlere ayrılması, kabuğunun soyulması, kesim sahasında hazırlanan ürünün orman yoluna kadar taşınması (bağlama, çekme, sürütme, taşıma, çözme, boşaltma) ve taşıma araçlarına yüklenerek orman depolarına kadar taşınması, boşaltılması ve istiflenmesi gibi faaliyetler, üretimde söz konusu olan işlemlerdir.

Yapılacak her faaliyet için öncelikle bir hedef belirlenir. Üretim faaliyetleri için söz konusu olan hedefleri şöyle sıralamak mümkündür (67):

- Maliyetleri minimuma düşürmek
- Satış gelirlerini maksimuma yükseltmek
- Kazancı ve kârlılığı maksimuma ulaştırmak
- Maksimum fayda sağlamak (çok yönlü fayda)
- Makinelere maksimum faydalanmak
- Çalışma yoğunluğunu optimumda tutmak
- Minimum zorlanma ile güvenli ve insancıl koşullarda çalışmalarını sürdürmek
- Psikolojik ve fizyolojik baskıyı minimuma indirmek
- Çevre zararlarını minimuma düşürmek.

### 1.3.1. Bir Sistem Olarak Odun Hammaddesi Üretimi

Sistem, belirli parça veya bölümlerin bir araya gelmesi ya da birleşmesiyle oluşan örgütlenmiş yahut karmaşık bir bütün olarak tanımlanmaktadır. Sistemin bir ögesi üzerinde değişiklikler yapmak, sistemin tümünde değişimlere neden olmaktadır. Bir sistem 7 elemanı ile tanınır. Bunlar; iş görevi, girdi, iş akışı, insan, makine, çevre koşulları ve çıktıdır (65, 68). Odun hammaddesi üretim sisteminin elemanları ise şu şekilde verilebilir:

1. İş görevi: Odun hammaddesinin istihsalı, sürütülmesi, taşınması.
2. Girdi (işe konu olan madde): Dikili ağaçlar, gövdeler, gövde parçaları.
3. İş akışı: Uygulanan yöntem.
4. İnsan: Çalışan işçiler.
5. Makine (işletme aracı): Motorlu testere, balta, sürütücü, yükleyici, taşıyıcı vb.

6. Çevre etkileri: Sıcaklık, soğuk, buzlanma, aydınlatma, rüzgar, hava hali, gürültü, titreşim, kesilecek ağacın özellikleri, komşu ağaçların özellikleri, arazi yapısı, zemin ve toprak yapısı, gençlik, diri örtü, ölü örtü ve taşlık, kirlenme, vb. koşullar.

7. Çıktı: Yapacak veya yakacak odun.

Odun hammaddesi üretim sisteminin kendine has özellikleri onu diğer sistemlerden ayırmaktadır. Bu sistem sosyo-teknik sistemlerden olup, burada insan, araç ve işe konu olan madde çevre etkileri altında ortak bir etki oluştururlar.

İnsanlara yarar sağlayan orman kaynaklarından rasyonel, devamlı ve istikrarlı faydalar sağlanabilmesi, ormanların doğal dengesini bozmadan ve onun yapısına aykırı olmayacak şekilde düzenlenmesini gerektirmektedir. Çünkü orman ekosistemi yeryüzündeki sistemlerin en karmaşık ve en ilginç olanıdır. Ormanlarla kaplı sahalarda; iklimin, toprağın, topoğrafyanın, suyun ve canlıların çok çeşitli, değişken ve karışık bir sistem beraberliği görülmektedir. Sistemi oluşturan bütün elemanlar birbiriyle fonksiyonel bağlarla bağlı olmaları nedeniyle sistemin bir noktasına yapılan olumsuz etki tüm sistemde tesirini göstermektedir. Orman sistemini oluşturan elemanların doğal dengesinin korunması ve sürekliliği, orman kaynağından faydalanan günümüz insanının çok dikkatli ve planlı bir yararlanmaya yönelmesini zorunlu hale getirmiştir (65).

### 1.3.2. Üretim Sistemini Etkileyen Faktörler

Üretimde belirlenen hedeflere ulaşmak, uzun vadeli planlamayı ve kararlı ormancılık politikalarının uygulanmasını gerektirir. Ancak, odun hammaddesi üretimi sırasında, çalışma alanları diğer çalışma alanlarına göre oldukça farklı özellikler arzeder. Dolayısıyla bu hedeflere ulaşmada, çözüm alternatiflerini engelleyen veya alternatif sayısını azaltan koşullar mevcuttur. Bunlara, üretimde sınırlayıcı faktörler denilmektedir. Aynı zamanda, odun hammaddesi üretim sistemini diğer üretim sistemlerinden ayıran bu faktörleri şu şekilde özetlemek mümkündür (65, 67, 69).

- Üretim faaliyetlerinin her türlü iklim ve hava koşullarının etkisi altında yapılması,
- Gerek yapılan iş üzerinde, gerekse işyerindeki hareketi engelleyen arazi koşulları; arazinin dağlık, arazi yüzeyinin engebeli ve kayalık oluşu, yamaç eğiminin fazlalığı, zeminin olumsuz özellikleri, bunların üretim faaliyetlerinde çıkaracağı güçlükler,

- Üretim alanının büyüklüğü, ormanın özellikleri (karışım türleri, yaş, kapalılık, sıklık, dallanma oranı, gençlik), birim alanda kesilen ürün miktarı, ağaç özellikleri (ağaç türü, ağacın boyutları ve kalitesi) gibi ormana ve ormandaki ürüne ilişkin özellikler,

- Üretim faaliyetlerinin genelde ağır işler sınıfından oluşu,

- Açık hava ve güç arazi koşullarında, ağır işlerde çalışmanın yüksek enerji tüketimi gerektirmesi, çalışanlarda iş kazaları ve meslek hastalıklarının çokluğu,

- İşgücü kapasitesinin (insan-makine) yeterliliği ve verimliliği,

- Ülkenin ekonomik yapısı, teknolojik düzeyi, mekanizasyon olanakları, teknoloji transferindeki problemler, antropometrik ölçülere uygunluk ve ergonomik kurallar, operatör eğitimi, makinelerin seçimi, satın alınması, yedek parça temini,

- İleri teknoloji kullanan üretim kollarında sermaye-yoğun işgücü kullanımı söz konusu iken, ormancılıkta ne denli ileri teknoloji kullanılırsa kullanılsın, öteki alanlara oranla emek-yoğun işgücü kullanma zorunluluğu, orman köylülerinin sosyo-ekonomik yapısı, eğitim seviyesi, işsizlik oranı, ailedeki birey sayısı, ücretlerin düşük olması,

- Üretimle ilgili kararlı politika, planlı uygulama ve etkin denetimin eksikliği,

- Piyasada ürüne duyulan talep, talep edilen ürünü sürekli karşılayacak ormanın, tekniğin ve teknolojinin yeterli olmayışı,

- Üretim sonuçları ile, rekreasyon, toprak erozyonu, su kalitesi, doğal çevre dengesinin uyumsuzluğu ve çoğu zaman çatışması.

Değişik üretim sistemleri için bu faktörlerin etki derecesi de farklı olmaktadır. Faktörlerin çokluğu ve karmaşıklığı, üretim işlerinin planlanmasında, üretim sisteminin seçimi ve uygulanmasında kompleks bir yapı oluşturmaktadır. Seçilen sistem, bu faktörlerin zorluklarını birim hacim ürün başına minimum masrafla karşılayan ve üretim hedeflerine en yakın sonuç veren sistem olmalıdır.

### 1.3.3 Odun Hammaddesi Üretim Metotları

Odun hammaddesi üretimi faaliyetlerinin, farklı yerlerde, farklı makine, ekipman ve işgücü kullanılarak yapılması durumunda farklı üretim yöntemleri söz konusu olmaktadır.

Üretimin alışılmış yöntemlerle yapılması halinde kesim metotları, bölmeden çıkarma metotları diye ayrı ayrı metotlardan söz edilirdi. Ancak günümüzde mekanizasyonun gelişmesiyle, üretimin çoğu safhalarını ya da tamamını aynı makine ile

gerçekleştiren metotlar geliştirilmiş, bunlardan üretim metotları diye söz edilmeye başlanmıştır.

Üretim metotlarının ortaya çıkışının temelinde, odun hammaddesinin piyasa istekleri doğrultusunda değerlendirilmesi ve üretimin ekonomikliği esas alınmıştır. Yani, üretime alınacak ağacın, nerede, hangi iş gücünün ne oranda kullanılmasıyla, hangi teknik ve teknolojik gelişme sonuçları uygulanarak tüketime arz edileceği düşüncesinin sonucunda üretim metotları geliştirilmiştir. Genel olarak, tomruk metodu, bütün gövde metodu ve bütün ağaç metodu şeklinde 3 farklı üretim metodu söz konusudur (70, 71, 72).

### 1.3.3.1. Tomruk Metodu

Ormanda ağaç motorlu testere ile kesilip devrildikten sonra gövde üzerindeki dallar alınmakta, tepe kesilmekte ve bölümlere ayırma işlemi de kütüğü dibinde motorlu testere ile yapılmaktadır.

Elde edilen tomruklar insan gücü, hayvan gücü, vinçli hava hatları, tek veya çift tamburlu traktörler veya benzeri araçlarla orman yolu kenarına kadar çıkarılmaktadır. Ayrıca büyük sürütme makinelerine gerek duyulmamaktadır.

Tomruk metodunda bütün dallar, yapraklar, ağaç tepesi ve kabuklar kesim yerinde kaldığından kesim maddesinin ormanda kalması açısından en uygun bir metottur. Tomruklar, insan gücü, hayvan gücü, traktörler ve hava hatları ile bölmeden çıkarma yöntemlerinden hepsi ile bölmeden çıkarılabilir. Ağaçlar küçük boyutlara indirildiğinden meşcerede ve orman toprağında büyük bir sürütme zararı ortaya çıkmaz. Ancak birim zamanda iş verimi düşüktür. Bunların yollar üzerinde taşınmasında hayvan gücü ile çekilen araçlar, traktör-traylerler, kamyonlardan faydalanılır. Mevcut orman yolları bu üretim metoduna açıktır.

### 1.3.3.2. Bütün Gövde Metodu

Ormanda ağaç motorlu testere ile kesilip devrildikten sonra dalları alınmakta ve tepesi kesilmektedir. Elde edilen gövdeler çeşitli tip özel orman traktörleri ile yol kenarlarına veya toplama merkezlerine sürütüldükten sonra varsa kalan dallar alınmakta, kabukları soyulmakta, sonra da ya burada tomruklara ayrılmakta yahut da bütün olarak fabrikalara

sevk edilmektedir. Ağır olan gövdelerin sürütülmesi söz konusu olduğundan makine gücü kullanımını gerektirmektedir.

Bütün gövde metodu, besin maddelerinin ormanda kalması bakımından tomruk metodunda kabuklu olarak çıkarmaya denk olmaktadır. Ancak piyasada uzun boya talep olması halinde bütün gövde metodu kullanılabilir. Sürütme zararları, tomruk metoduna göre daha yüksektir. Tomruk metoduna göre daha az giderlere neden olmaktadır.

### 1.3.3.3. Bütün Ağaç Metodu

Motorlu testere ile veya devirme makineleri ile ağaçlar kesilip devrilmekte, ağaçlar meşcerede hiçbir işleme tabi tutulmadan dalları ile birlikte özel orman traktörleri veya kablo hatlar yardımıyla yol kenarına çıkarılmakta veya işleme merkezlerine kadar taşınmaktadır. Bütün ağacın tepe ve dallarının kesilmesi ve tomruklara bölünmesi ise bu işlerin bir veya bir kaçını birden yapan üretim makineleri veya prosesörler tarafından gerçekleştirilmektedir. Burada insan ve hayvan gücü yetersiz kaldığından mutlaka makine gücü kullanımı zorunlu olmaktadır. Bu metot için tam mekanize üretim metodu da denilmekte ve böylece, kesim ve bölmeden çıkarma aşamaları metot olarak birleştirilmiş olmaktadır.

Bütün ağaç metodu, besin maddelerinin ormandan çıkarılmış olması nedeniyle en olumsuz üretim metodudur. Ancak ağacın tamamının rasyonel olarak değerlendirilmesi açısından uygulanan metottur. Dağlık muntika ormanlarında özellikle aralama kesimlerinde sürütme sırasında zarar bıraktığı için kullanım sakıncaları vardır. Bütün ağaç metodu, tomruk metoduna göre % 30 daha az giderlere neden olmaktadır. Bütün ağaç ve bütün gövde metodunda obje hacim olarak büyük ve ağırdır. Hareket ettirilmesi sırasında etrafına daha fazla zarar vermesi söz konusudur. Bütün gövde ve bütün ağaç metodu ile üretimin, bölmeden çıkarma safhasında traktör ve hava hatları kullanılmaktadır. Yollar üzerinde taşımada, traktör-trayler ve kamyon-traylerler gereklidir.

### 1.3.4. Üretimde Metot Seçimi

Odun hammaddesi üretimi metodunun seçilmesinde çok sayıda değişken etkili olmaktadır. Faktörlerin çok yönlü irdelenerek bir çok alternatif arasından en rasyonel olanın seçilmesi aynı zamanda üretimin başarılı bir şekilde tamamlanmasına da yardımcı olmaktadır

(73). Tercih edilen yöntem ne olursa olsun; satılarak değerlendirildiğinde hiç değilse üretim masraflarını karşılayabilen odun hammaddesi üretime alınmalıdır. Ayrıca; gençlik bulunan yerlerde dikkatli davranılmalı, kesme, devirme ve bölmeden çıkarma işleri ormanı, gençliği ve orman toprağını zarara uğratmayacak biçimde yapılmalı, bunu gerçekleştirmede zamanlamaya dikkat edilmelidir (74).

Bütün üretim metotlarında, genel olarak çalışmanın başarılı olabilmesi için sık bir orman yol ağının gerekliliği prensibi geçerlidir. Tomruk metodunda sürütme sırasında hacim ve kalite kayıpları fazla olmayacak derecede bir sürütme mesafesine ihtiyaç vardır. Bütün gövde metodunda sürütmede traktör veya hava hattı kullanıldığından sürütme mesafesi de ona göre değişir. Bütün ağaç metodunda hava hattı kullanma gereği ortaya çıktığından sürütme mesafesini hava hattı uzunluğu belirler (5, 73).

Üretim sırasında kesilen ve hareket ettirilen ağaç ya da ağaç kısımlarının bir kısım engellere (gençlik, dikili ağaç, taş, kaya vb.) çarpması sonucu, çarpmanın şekline ve hızına bağlı olarak kabuk soyulması, çatlama, yarıma, kırılma, kopma ve parçalanmalar şeklinde zararlar oluşmaktadır. Sonuçta hacim kayıpları ve odunda nitelik sınıfı değişimi (daha düşük sınıfa girme ya da yakacak oduna dönüşme) söz konusu olmaktadır (75).

Meşcerede yoğun gençlik varsa veya kalan ağaçlara, orman toprağına zarar verilebileceği söz konusu ise ve bu arada kullanılan mekanize bölmeden çıkarma yöntemleri de bu konuya bir çözüm getiremiyorsa bütün ağaç veya bütün gövde metotları kesinlikle uygulanmamalıdır. Toprak zararları, yamaç arazide üst tabakanın parçalanması ve erozyon, düz arazide sıkışma şeklinde kendini gösterir. Bütün ağaç ve bütün gövde metotları, tomruk metoduna göre daha ekonomik olmasına karşın özellikle vejetasyon döneminde, meşcere zararlarını bir kat daha artıracığı göz önüne alınırsa, en az seviyede uygulanması tavsiye edilir. Meşcerenin sağlığı ve güvenliği, burada üretim metotlarının ekonomikliliğinin önünde düşünülmalıdır (5).

İşletmenin makine parkı durumu ve mekanizasyon derecesi, arazinin topoğrafik durumu, ormanın yapısı ve serveti, verim gücü, silvikültürel istekler, üretimin miktarı, ürün boyutları, şekli ve ağırlığı, kalifiye işgücü miktarı, vb. etkenler üretim yönteminin belirlenmesinde etkin rol oynayan diğer etmenlerdir.

#### 1.4. Odun Hammaddesi Üretim İşçiliği

Çok çeşitli olan ormancılık faaliyetleri ormanların yayılış alanlarına bağlı olarak birbirinden farklı koşullarda yürütülmektedir. Ormancılık faaliyetlerinin yürütülmesinde ihtiyaç duyulan işgücünü, bedenen ve zihinsel emek harcayarak karşılamak amacıyla çalışan bireylere orman işçisi denilmektedir.

Odun hammaddesi üretimi, kesim amacına ulaşmış ağaçların şekil değişiminden ibarettir. Burada hem ormancılık bilim ve tekniğinin uygulanması (zihinsel emek), hem de bedensel insan emeğinin kullanımı söz konusudur. İhtiyaç duyulan bu emek, ya bizzat insan gücü ya da insan tarafından yönetilen alet ve makinelerle verilmektedir.

Odun hammaddesi üretimi işlerinde, iş objesi olan ağaç doğal bir varlıktır. Ormandaki ağaçlar değişik arazide, değişik konumlarda, her biri ayrı şekil ve durumlardadır. Bir atölye veya bir tezgahda olduğu gibi iş, işçinin önüne gelmemektedir. Çalışma yeri tabiatın kendisidir. Orman işçisi iş araçları ile birlikte, geniş bir alan üzerinde ve her türlü dış etkenlere maruz kalarak işe konu olan maddeyi arayıp bulur, çalışma metodunu uygular ve o iş tamamlanınca bir diğerine hareket edilir. Dolayısıyla işyeri sabit olmayıp, gezicidir. İşyeri değiştikçe çalışma koşulları da değişmektedir.



Şekil 1. Uygulamada Odun Hammaddesi Üretim İşçiliğinin Problemleri

Odun hammaddesinin bulunduğu ortam, insan tarafından değiştirilemeyen doğal koşulların direkt etkisi altındadır. İnsan emeği olmadan üretimin yapılması günümüz koşullarında mümkün görülmemektedir. İnsanın yetenekleri ve özellikleri gereği ağır işlere uygun olmayıp, kuvveti sınırlı ve etki süresi de kısadır. Bu durumda, odun hammaddesi üretimi işlerinde çalışan insanların, insancıl ortamda çalışıp insanca yaşamak istemeleri gibi doğal hakları ile çalışma ortamının doğal koşulları arasında uyumsuzluk söz konusudur. Çalışanlar açısından kısır bir döngü oluşturan bu problemler Şekil 1'de verilmiştir (76).

### 1.5. Odun Hammaddesi Üretiminde Çalışma Verimi

Verim, birbiriyle doğrudan neden-sonuç ilişkisinin kurulabildiği iki unsurun yine birbirine göre değerlendirilmesini içeren bir kavramdır. Çıktı açısından ölçü olarak kullanılan verim, elde etme ya da yararlanma oranıdır. Bu durumda, kullanılan veya çalıştırılan üretim etmenlerinin çalışma süresi sonundaki veriminden söz edilir (77).

Verimlilik, üretimden elde edilen çıktılarının fiziksel miktarının, üretimde kullanılan girdilerin fiziksel miktarına oranıdır. ILO'ya göre verimlilik; "üretim ile işgücü arasındaki ilişkidir", şeklinde tanımlanmıştır. Dolayısıyla verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların (emek, sermaye, arazi, malzeme) etken kullanımınıdır. Verimliliğin bu temel tanımı hiçbir zaman değişmez (78).

Emek verimliliği, emeğin sonuçlarını yansıtır. Verimlilik artışının temeli, daha çok çalışmak değil, daha akılcı çalışmaktır. İnsanın fiziksel gücü sınırlı olduğundan daha çok çalışmak sınırlı bir ölçüde verimlilik artışına sebep olur. Verimlilik artışı, belirli bir zaman birimi içinde üretim faktörlerini daha etkili kullanarak daha fazla ürün elde etmek, böylece girdi başına düşen çıktının payını arttırmak şeklinde tanımlanabilir (79).

Odun hammaddesi üretiminde emek veriminden bahsetmek mümkündür. Kullanılan makine ve ekipmanın verimliliği buradaki konunun dışında tutulmuştur.

### 1.6. Odun Hammaddesi Üretiminde Ücret

Bedensel veya zihinsel çaba harcayarak işin gerçekleştirilmesinde payı olan kişiye emeği karşılığı olarak verilen paraya ücret denir. Ücretin tespitinde zaman veya yapılan iş miktarı esas alınır. Üretim faaliyetinin her türlü özelliği doğrudan doğruya veya dolaylı olarak ücret ile ilgilidir. Bu durumda ücret tespiti büyük önem kazanır.



Ödeme şekilleri veya hesaplanma kriterlerine göre; yapılan işe bağlı ödeme ve çalışma süresine bağlı ödeme olmak üzere iki ana ücret şekli kabul edilmektedir (67).

Çalışma süresi esas alınarak ücret ödeme sisteminde; saat, gün, hafta veya aylık ücret söz konusudur. Ödenecek asgari ücretten hareket ederek işveren ile işçi arasında anlaşma suretiyle kararlaştırılır. Yapılan işin değeri ayrıca ücretin miktarında ek ücret olarak artış sağlayabilir. Ek ücretler genellikle; işçinin şahsi özellikleri, işin ağırlığı, tehlike derecesi, işin kirliliği, sulu ve rutubetli ortamlarda yapılan işler, fazla çalışma durumunda, tatil günü çalışmaları için ödenir.

Yapılan işe bağlı olarak ücret ödeme şekli; birim fiyat, parça başı ücret ve akort ücreti olarak isimlendirilmektedir. Birim fiyat (TL/m<sup>3</sup>) veya birim zaman fiyatı (TL/saat) olarak işlerlik kazanır. Birim zaman tespiti zaman etütleri ile yapılır.

Akort ücreti, genellikle asgari ücretten hareket edilerek, %5-25 arasında asgari ücrete ilave yapmak suretiyle akort temeli hesaplanır. Akort temeline göre işçinin ücreti, normal verim ile eline geçecek olan para miktarıdır (Birim Fiyat = Akort temeli / Normal Verim).

Akort çalışmada iki değişik tip görülmektedir. Bunlar; tek akort ve grup akorttur. Tek akortta, her işçinin kendi iş verimine göre kazancı hesaplanmaktadır. Grup akortta, anlaşma esasları dahilinde kazanç hesaplanır, bu kazanç çalışanlar arasında eşit paylaşılabilir gibi, yaş, verim gücü, posta başı vb. faktörlere göre değişen oranlarda paylaşılabilir.

Ormanda üretim işleri grup akortun bir örneğini teşkil eder. Genellikle yakın akraba veya aynı ailenin elemanları bir grup oluşturduğundan grup elemanları arasında kazancın paylaşılmasında sorun olmamaktadır.

Her iki ücret sisteminin olumlu ve olumsuz yönleri göz önünde bulundurularak primli ücret sistemi, provizyon ve kara ortak olma gibi şekiller de geliştirilmiştir. Primli (teşvikli) ücret sistemi, zamana veya yapılan işe bağlı ücret sistemlerinin olumsuz yönlerini gidermek için geliştirilmiş olup bunların kombine edilmiş olarak düşünülebilir.

### 1.7. Uygulamada Odun Hammaddesi Üretimi

DKY ormanlarının dağlık, yüksek rakımlı, sarp ve güç arazi koşullarını ihtiva eden alanlar üzerinde yayılmış olması dikkat çekicidir. Bu yörede mevcut ormanlar, sık sık

değişen açık hava ve iklim koşullarının olumsuz etkilerine açık olduğu gibi, yoğun insan müdahaleleri de söz konusudur.

Ülkemizde odun hammaddesi üretimi; kesim (istihsal), sürütme (bölmeden çıkarma) ve yollar üzerinde taşıma aşamalarındaki işlemlerin uygulanması ile gerçekleşmektedir (Şekil 2). Kesim aşamasında; kesme-devirme, dal alma, standartlara uygun olarak bölümlere ayırma ve kabuk soyma işlemleri uygulanmaktadır. Bölmeden çıkarma aşamasında; ürünlerin insan gücü, hayvan gücü ve makine gücünden yararlanarak orman yolu kenarına çıkarılması için gerekli işlemler uygulanmaktadır. Taşıma safhasında ise; yol kenarına çıkarılmış odun hammaddesinin taşıma araçlarına yüklenmesi, orman yolları üzerinde hareket eden taşıma araçları ile orman depolarına kadar taşınması ve boşaltılması işlemleri uygulanmaktadır. Ancak, bazı durumlarda ağaçların devrilmesinden sonra uygulanan ve Şekil 2’de kesik çizgili çerçeveler içerisinde gösterilen kesim sürecinin işlemlerinden biri veya birkaçı, taşıma süreci işlemleri arasında uygulanabilmektedir.

Orman deposuna boşaltılan ürünler, kalite ve boy sınıflarına ayrılarak istiflenmekte ve satışa arz edilmektedir. Böylece orman işletmesi açısından söz konusu olan odun hammaddesinin üretimi işi tamamlanmaktadır.

A Ş A M A S I	ODUN HAMMADDESİ ÜRETİM AŞAMALARI		
	K E S İ M A Ş A M A S I	T A Ş I M A A Ş A M A S I	
		BÖLME DEN ÇIKARMA	YOL ÜZERİNDE TAŞIMA
İ Ş L E M L E R	Kesim hazırlığı Kesme-Devirme	Hazırlama Yükleme (bağlama) Çıkarma (sürütme, çekme) Boşaltma (çözme)	Yükleme  Yol üzerinde hareket  Boşaltma
	Dal alma Tepe alma		
	Ölçme işaretleme Tomruklama	Yerleştirme (ara istifleme)	Depolama
	Kabuk soyma		

Şekil 2. Uygulamada Odun Hammaddesi Üretiminin Aşamaları ve Uygulanan İşlemler

### 1.7.1. Motorlu Testere İle Ağaç Kesme ve Devirme

- Kesim için damgalanan ağaçlar ormanda gezilerek bulunmaktadır.
- Devirme yönü belirlenmekte, çalışmayı engelleyici alt dallar kesilmekte, diğer engeller giderilmekte, dip kısımdaki gövdede şişkinlik varsa giderilmektedir.
- Ağacın devrileceği yön tarafına devirme oyuğu açılmaktadır.
- Devirme yönünün aksi istikametinden başlanarak devirme yönüne doğru ilerleyen devirme kesışı yapılmaktadır.
- Devirme kesışı ilerledikçe gerektiği hallerde kamalar sevk edilerek ağacın devirme yönüne devrilmesi kolaylaştırılmaktadır.
- Devirme sırasında çevredeki dikili ağaçlara dayanan ağaçlar, sapın ve çevirme çengeli kullanılarak veya dip kısmına halat bağlanıp çekilerek düşürülmektedir.

Burada uygulanan işlemlerden bazıları Şekil 3'de verilmiştir.

### 1.7.2. Gövde Üzerinde Yapılan İşlemler

Devrilen gövde üzerindeki işlemler, çoğunlukla kütüğü dibinde, bazı hallerde gövde bütün olarak yol kenarına çıkarıldıktan sonra uygulanmaktadır (Şekil 4). Bunlardan dal alma işleminde, genel olarak kalın dallar motorlu testere ile, ince dallar balta ile kesilmektedir.

Dalları temizlenen gövde üzerinde bölümlere ayırma işlemi yapılmaktadır. Bunun için önce gövde dip kısmından itibaren standartlara uygun olarak ölçülmekte, işaretlenmekte ve işaretli yerlerden motorlu testere ile kesilmektedir.

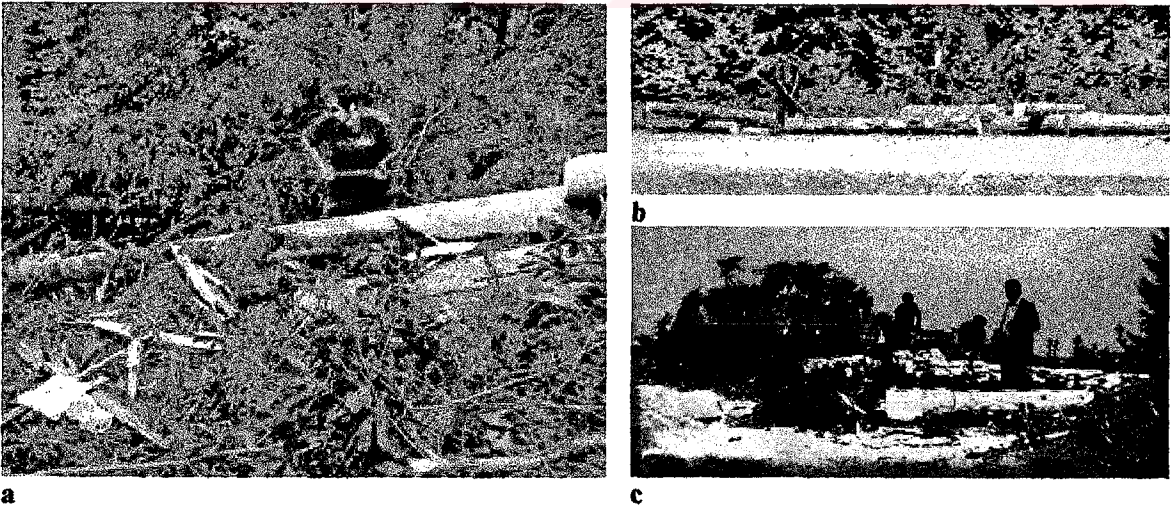
İğne yapraklı ağaç türlerinde, dal alma işleminden sonra balta ile kabuk soyma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem çoğu kere tomruklama işleminden sonra yapılmaktadır. Bazı gövdeler üzerinde dal alma işlemi ile kabuk soyma işlemi birlikte uygulanmakta ve böylesi gövdeler genellikle yol kenarına çıkarıldıktan sonra bölümlere ayrılmaktadır.

### 1.7.3. İnsan Gücü İle Bölmeden Çıkarma

İnsan gücü ile bölmeden çıkarma uygulaması, genellikle eğimli arazide ve çıkarmanın yukarıdan aşağı yönde yapılması durumunda söz konusudur. Yüksek eğimli arazide, tomruk şeklinde hazırlanmış ürünler yuvarlanarak, atılarak ya da ekseni boyunca kendi ağırlığı ve



Şekil 3. Ağaçların Kesilmesi ve Devrilmesi Sırasında Uygulanan İşlemler (a, b, c, d, e, f)  
 a) kesme engeli giderme, b) devirme oyuğu açma, c) devirme kesişi  
 d) kama sevketme, e) ağacın devrilmesi, f) gövde dip kısmını düzleme



Şekil 4. Gövde Üzerinde Yapılan Dal Alma ve Kabuk Soyma İşlemleri (a, b, c)  
 a) balta ile dal alma ve kabuk soyma, b) yol kenarında balta ile kabuk soyma  
 c) yol kenarında motorlu testere ile dal alma ve balta ile kabuk soyma

yerçekiminin de etkisi ile kaydırılmak suretiyle bölmeden çıkarılmaktadır (Şekil 5). Bu sırada sapın, manivela, vb. bazı yardımcı el araçlarından yararlanılmaktadır. Ancak, bu şekilde bölmeden çıkarma uygulaması hem ormanda, hem de taşınan üründe birçok zararlara yol açmaktadır. Bu zararların başında, civar ağaçların çarpma sonucu yaralanması, toprak üst yüzeyinin, bitki örtüsünün ve özellikle genç bireylerin tahrip edilmesi, taşınan üründe meydana gelen kalite ve hacim kayıpları en çok rastlanan zarar şekilleridir (5, 7, 9, 74, 80).

Düz arazide, yardımcı araç kullanmadan yalnız insan gücü ile bölmeden çıkarma uygulamasında, insanın taşıyabileceği ağırlıktaki ince gövdeler, kalın uçtan omuza yüklenmekte ve ince uçları zemin üzerinde sürütülerek taşınmaktadır.

#### 1.7.4. Hayvan Gücü İle Bölmeden Çıkarma

Hayvan gücünden yararlanarak bölmeden çıkarmada uygulanan en basit şekil, doğrudan zemin üzerinde sürütmedir. Burada, her ne kadar hayvan taşıma aracı olarak kullanılıyor ise de, insan da bu yöntemde önemli bir yere sahiptir. Hayvan gücü ile bölmeden çıkarmayı engelleyen en önemli unsurlar arazi eğimi, taşınan tomruk ağırlığı, taşıma mesafesi ve taşıma güzergahının durumudur (5, 7, 9, 74, 80).

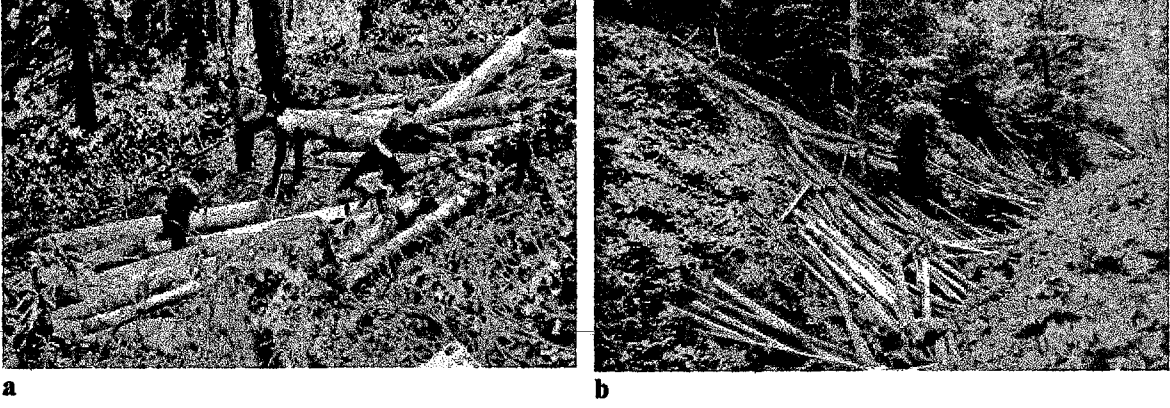
#### 1.7.5. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma

Traktörlerle bölmeden çıkarma çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Bunlar;

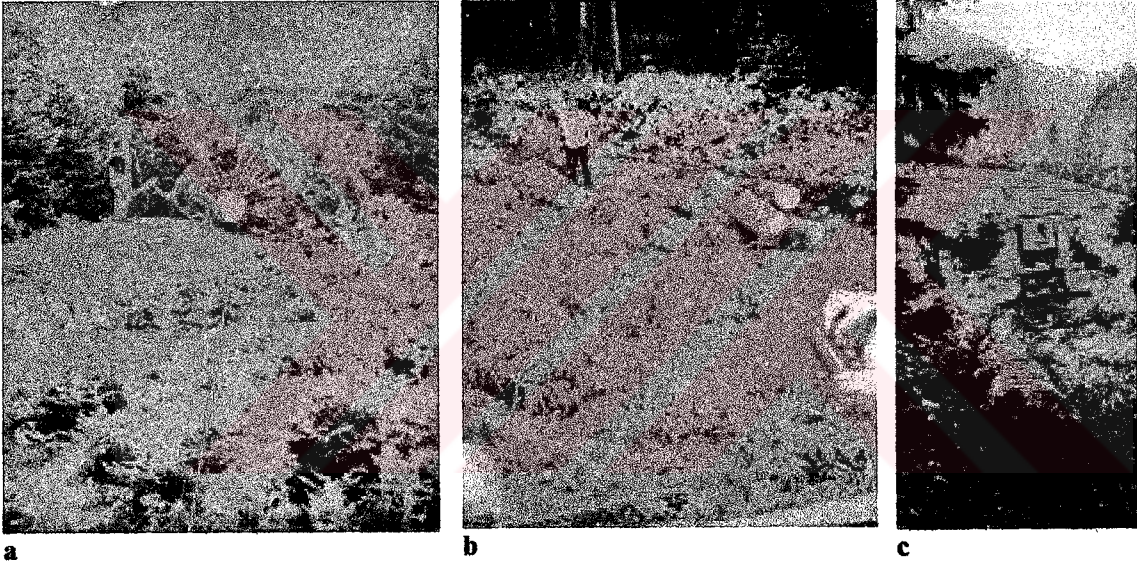
- Traktörlerle doğrudan zemin üzerinde sürütme şekli uygulamasında, bir ucu traktör tamburuna yüklenen büyük çaplı ürünler traktörün hareketiyle sürütülmektedir.

- Tarım traktörlerinin arkasına vinç monte edilerek, ürünler çelik tel halat yardımıyla doğrudan zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılmaktadır. Vinçlerin hareketi, traktör motorunun kuyruk mili bağlantısı ile sağlanmaktadır.

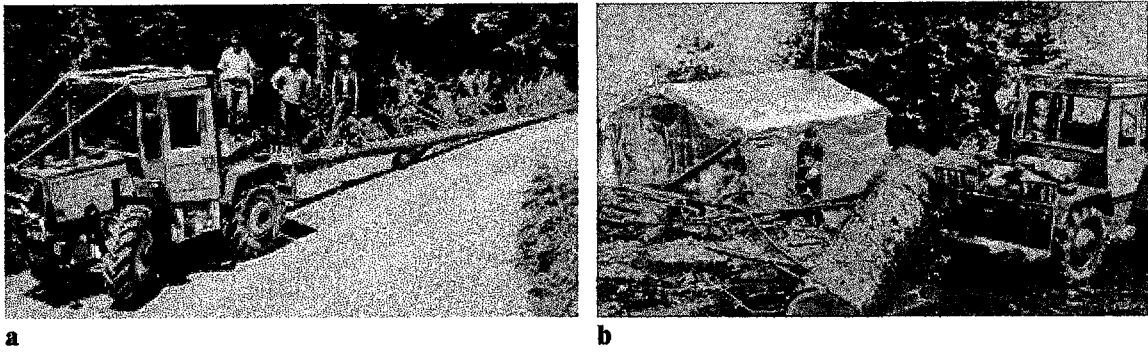
- Özel orman traktörleri ile bölmeden çıkarma uygulamasında en çok rastlanan şekil kablo çekimi yapılarak ürünlerin yol üzerine çıkarılmasıdır (Şekil 6). Ayrıca ürünlerin bir ucunun veya tamamının traktörün arka tablası üzerine alınarak sürütülmesi ya da taşınması söz konusudur (Şekil 7). Genellikle çift tamburlu olan traktör vinçlerinin çekme kuvveti 6000-7000 kg. kadar olup, bu amaç için 10-12 mm çapında kablodan yararlanılmaktadır. Bir tamburun kablo sarma kapasitesi ise 100 m. ile sınırlıdır (5, 7, 9, 74, 80).



Şekil 5. İnsan Gücü İle Bölmeden Çıkarma (a, b)  
a) ürünlerin yamaç aşağı atılması, b) vadi tabanında birikmiş ürünler



Şekil 6. Orman Traktörleri İle Kablo Çekimi Yapılarak Bölmeden Çıkarma (a, b, c)  
a) tek tamburla çekim, b) çift tamburla çekim, c) yukardan aşağı sürütme



Şekil 7. Orman Traktörleri İle Ürünlerin Yol Üzerinde Sürütülmesi (a, b)  
a) gövdenin bir ucu yerde sürütülmesi, b) ürünlerin yol kenarına yerleştirilmesi

### 1.7.6. Vinçli Hava Hatları İle Bölmeden Çıkarma

Daha çok dağlık arazi ormanlarında, orman ürünlerinin bölmeden çıkarılmasında geniş bir uygulama alanı bulan kısa mesafeli hava hatları ile hem aşağıdan yukarı, hem de yukarıdan aşağı yönde çıkarma yapılabilmektedir.

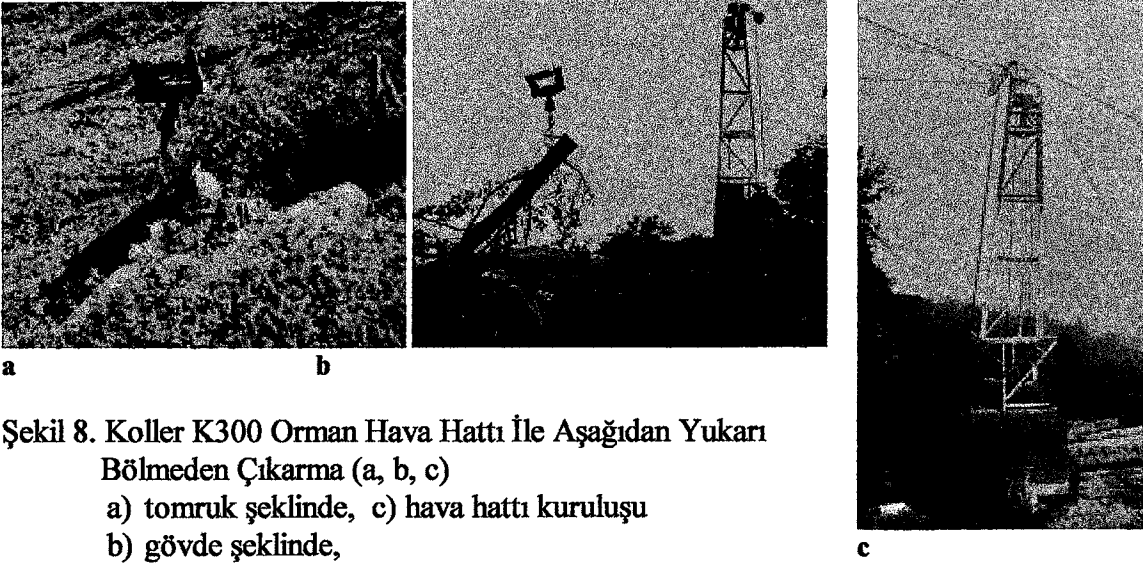
Aşağıdan yukarı çıkarmada, taşıma kablosu ve çekme kablosu yeterli olmaktadır. genellikle ürünlerin bir ucu askıda ve diğer ucu sürütülerek çıkarma yapılmakta, bazı hallerde ise tamamen askıya alınarak taşıma yapılmaktadır (Şekil 8). Yukarıdan aşağı doğru çıkarmada geri hareket kablосundan da yararlanılarak ürünler tamamen askıya alınmakta ve taşıma yapılmaktadır (Şekil 9).

Hava hattı kuruluşlarında, uygun arazi koşullarında, yandan çekme mesafesinin kısaltılarak çalışma veriminin artırılması açısından, çıkarılacak ürünler orman traktörleri ile hava hattı koridoruna çekilmektedir. Vinçli hava hattı ile yol kenarına çıkarılan ürünler boşaltma yerinin yeterli olmaması durumunda orman traktörleri ile uygun yerlere kadar sürütülerek çalışmalar sürdürülmektedir (Şekil 10).

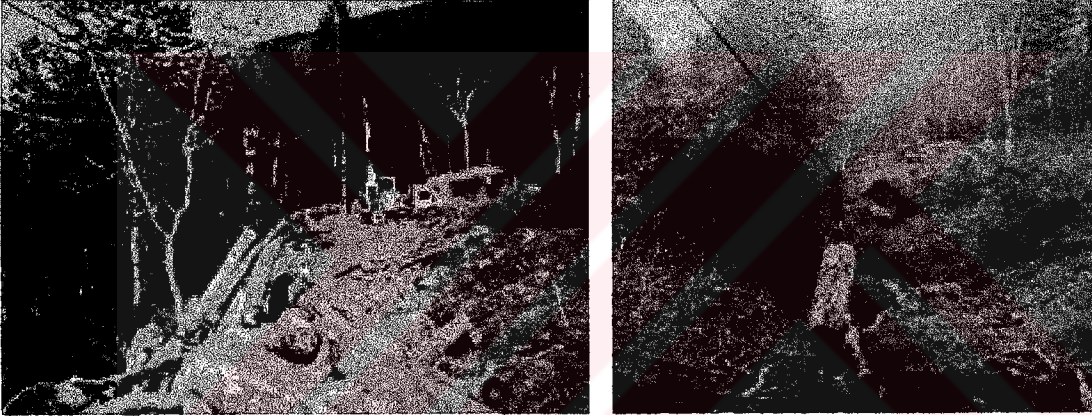
Ormanlıkta üretim faaliyetleri ve özellikle üretimin bölmeden çıkarma süreci ağır ve tehlikeli işlerden olup zaman alıcı ve masraflı bir çalışmayı gerektirir. Bu sürecin kısaltılması, işlerin kolaylaştırılması, verimin yükseltilmesi dolayısıyla ekonomikliğin sağlanması, planlı bir çalışmayı gerektirmektedir. Özellikle makineli üretim teknikleri her şeyden evvel üretim metoduna uygun makine ve makinelere uygun alt yapının varlığı durumunda söz konusudur.

Ülkemizde üretim işleri, DOİ tarafından yürütülmektedir (6831/6.maddesi). Ayrıca üretim işlerinin, orman köylerini kalkındırma kooperatiflerine veya köylülere yaptırılacağı hüküm altına almıştır (6831/40.maddesi). DOİ Döner Sermaye Yönetmeliğinin 19. maddesi gereği üretim işleri birim fiyat (vahidi fiyat) usulü ile yaptırılmaktadır. Bu işlerin uygulama esasları OGM'nün 161-A sayılı tebliğe göre yapılmakta iken, 1996 yılında yine OGM'nün yayınladığı 288 sayılı tebliğe göre yapılmaya başlanmıştır (16, 17, 18, 81).

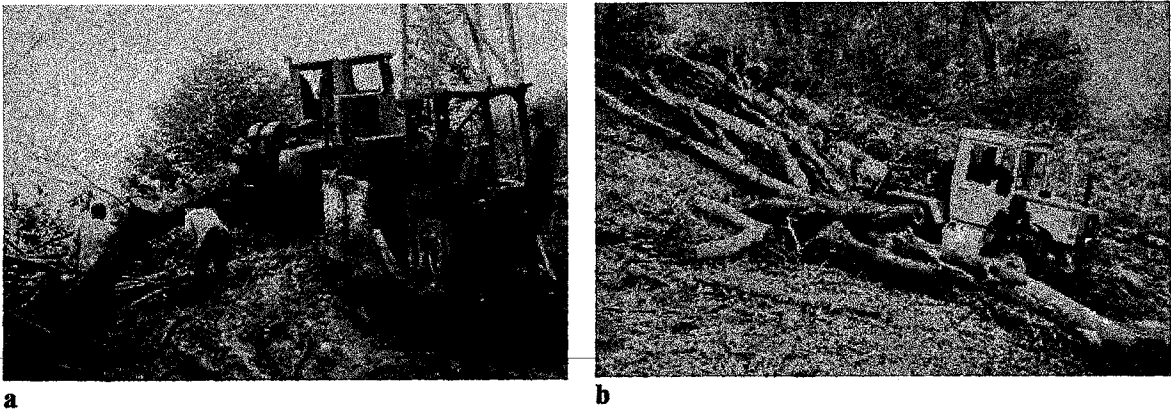
Vahidi fiyat usulü ile çalıştırılanlar hizmet akdine göre çalışmadıklarından, 506 sayılı sosyal sigortalar yasası açısından sigortalı sayılmadıkları gibi, 1475 sayılı iş yasası açısından işçi sayılmamaktadırlar.



**Şekil 8. Koller K300 Orman Hava Hattı İle Aşağıdan Yukarı Bölmeden Çıkarma (a, b, c)**  
 a) tomruk şeklinde, c) hava hattı kuruluşu  
 b) gövde şeklinde,



**Şekil 9. Urus M III Orman Hava Hattı İle Bölmeden Çıkarma Şekilleri (a, b)**  
 a ve b) yukarıdan aşağı yönde taşıma,



**Şekil 10. Orman Traktörleri ve Vinçli Hava Hatlarının Birlikte Çalışması (a, b)**  
 a) çıkarılan ürünlerin traktörle yol üzerinde sürütülmesi,  
 b) hava hattının kurulacağı koridora ürünün önceden hazırlanması.



## 2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması

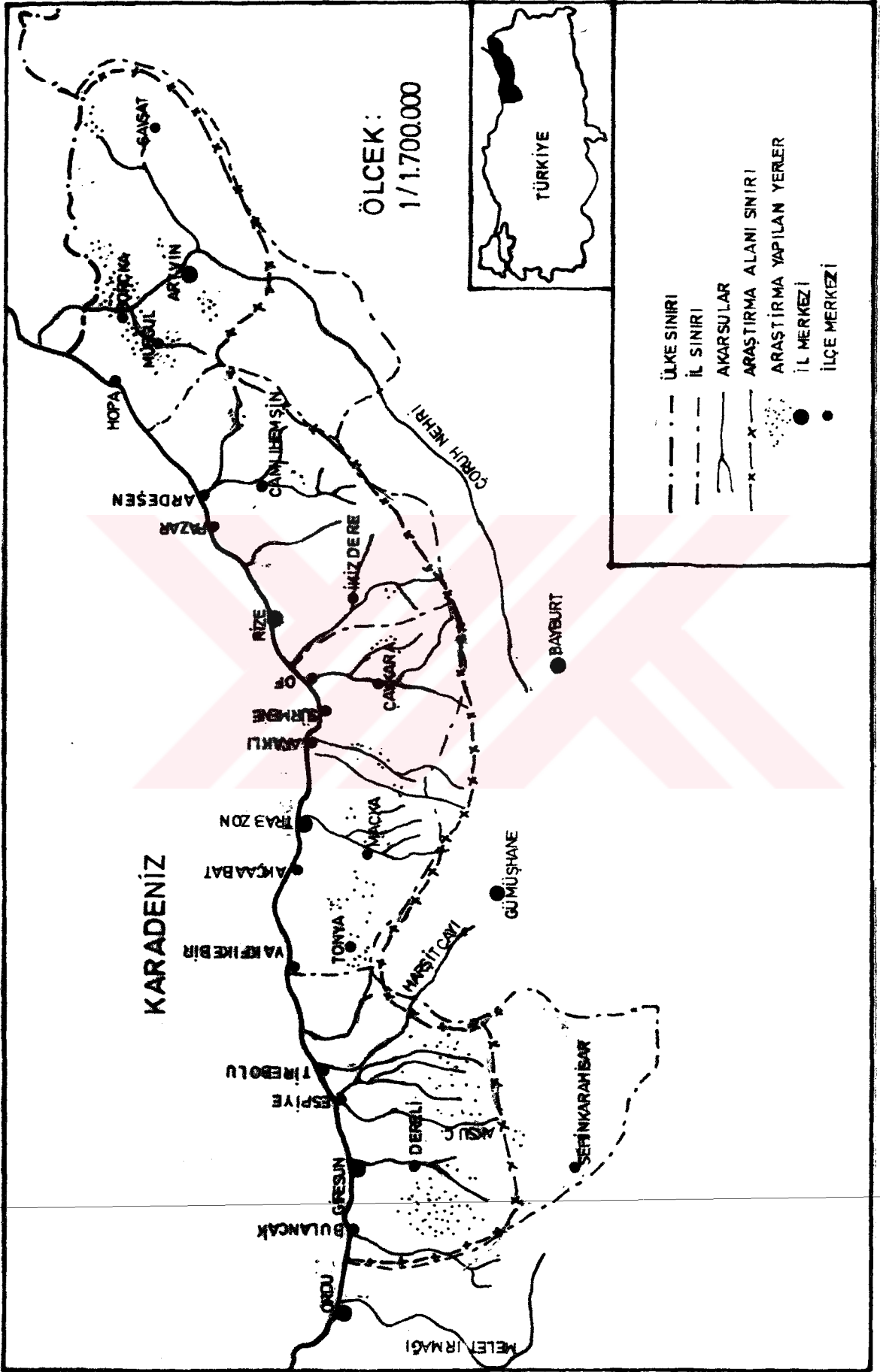
Üretim çalışmalarında, üretim planlarının hazırlanması, uygulamaların kontrolü ve sonuçların denetimi açısından çalışma veriminin farklı çalışma koşulları için tespit edilmesi oldukça önemlidir. Belirlenen verim değerleri aynı zamanda, etken faktörlere göre iş gücünün değerlendirilmesi, ücretlendirmenin sağlıklı ve objektif olarak yapılması, eşit şartlardaki işe eşit ücretin belirlenerek ücret adaletinin sağlanması açısından da önemlidir. Bu ayrıntıların hesaplanmasında kullanılacak gözlem değerlerinin, farklı çalışma koşulları için tespit edilmesi gerekmektedir.

Doğu Karadeniz Yöresi (DKY) çok büyük bir alanı kapsadığından, araştırmanın yapılması sırasında bir sınırlandırma yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu sınırlandırma hem coğrafi açıdan, hem teknik açıdan ve hem de zaman açısından yapılmıştır. Dolayısıyla elde edilen veriler ve bu verilerin değerlendirilmesinden varılan sonuçlar, benzer çalışma koşulları için geçerli olacaktır.

#### 2.1.1. Araştırmanın Coğrafi Açıdan Sınırlandırılması

DKY coğrafi yapı itibariyle dağlık olup, mevcut ormanlar engebeli ve sarp arazi üzerinde yayılmıştır. Bu bölgede yer alan ormanlar; topoğrafik yapı, iklim, ağaç türleri, karışım özellikleri, uygulanan teknik, işgücü vb. özellikler açısından kendi içerisinde benzerlik arz etmekte, diğer bölge ormanlarından ayrılmaktadır. Çalışma alanının coğrafi açıdan sınırlandırılması Şekil 11'de verilmiştir.

Sınırlandırılan alan, hem dağlık bölge ormanlarının özelliklerini yansıtmakta, hem de aynı coğrafi bölge içerisindeki hakim ağaç türlerinin genel yayılış alanını kapsamaktadır. Ayrıca kesim ve sürütme işlemlerinin bütün olumsuz koşulları, böylesi alanlar üzerinde daha da belirgindir. Ekonomik düzeyin düşük olması, odun hammaddesi üretiminin belli periyotlarla yapılmakta olup işlendirme açısından işin yeterli olmaması, çalışanların birim fiyatların artırılmasını talep etmeleri veya işin tamamına talip olmak istemeleri gibi durumlar, çalışanlar ile işveren arasında zaman zaman da olsa olumsuz ilişkilerin doğmasına neden olmaktadır. Bu yönüyle de Şekil 11'de görülen çalışma alanının seçilmiş olması önemlidir.



Şekil 11. Araştırma Alanının Coğrafi Sınırlandırılması ve Gözlem Yapılan Alanların Dağılımı

### 2.1.2. Araştırmanın Teknik Açısından Sınırlandırılması

Yapılan bu çalışma, herhangi bir orman alanında, üretim faaliyetleri için uygulamada kullanılmakta olan makine ve aletlerin varlığı ile sınırlandırılmıştır. Bunun için araştırma amaçlı herhangi bir tekniğin uygulanması söz konusu değildir. Uygulanan üretim tekniği ise, yukarıda coğrafi sınırlandırılması yapılan alan içerisinde benzerlik göstermektedir.

Kesim işlemlerinde motorlu testere, balta, kama, sapın vb. aletler kullanılmaktadır. Bu aletler çeşitli tip ve boyutlarda olup üretim işinde çalışanlara aittir. Kesim sürecinde, çalışmayı engelleyici çalı ve çırpının kesimi, gövde üzerinde ince dalların alınması ve iğne yapraklı türlerde kabuk soyma işleminde balta kullanılmaktadır. Devirme oyuğunun açılması, devirme kesişinin yapılması, gövde üzerinde kalın dalların kesilmesi, tepenin kesilmesi ve bölümlere ayırma işleminde motorlu testere kullanılmaktadır .

Bölmeden çıkarma sürecinde, insan gücü ve makine gücünden yararlanılmaktadır. Genellikle eğimli arazide yukarıdan aşağıya doğru insan gücü ile bölmeden çıkarmada, insan gücünün direk kullanımı veya bazı yardımcı araçlarla birlikte kullanımı söz konusudur. Bölmeden çıkarmanın aşağıdan yukarı yapılması durumunda en çok kullanılan makineler MB Trac 800 ve MB Trac 900 model orman traktörleridir. Ayrıca Koller K300 ve Urus MIII vinçli hava hatlarının çeşitli tipleri hem aşağıdan yukarı hem de yukarıdan aşağıya doğru çıkarma uygulamalarında kullanılmaktadır. Ancak, makineli bölmeden çıkarma çalışmaları ile ilgili araştırmalar, giderek kullanımı artan ve çalışma yöresinde de en çok kullanılan MB Trac 800 ve MB Trac 900 model orman traktörlerinin çalışmaları ile sınırlandırılmıştır.

Araştırma sırasında silvikültürel metotlar için ayırım yapılmamıştır. Bu nedenle farklı silvikültürel uygulamalar sırasında farklı şekillerde ortaya çıkabilecek meşcere zararları araştırmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

### 2.1.3. Araştırmanın Zaman Açısından Sınırlandırılması

Yapılan tez çalışması ile ilgili ön ettütler, 1992 yılında Giresun ve Maçka yöresindeki üretim alanlarında yapılmıştır. Ön ettütler yardımıyla, her bir iş akışı için ayrı ettüt formları geliştirilmiştir. Esas ölçümler ve gözlemler 1993 ve 1994 yıllarında üretim faaliyetlerinin devam ettiği yaz aylarında (mayıs-eylül) ve coğrafi sınırlandırması yukarıda yapılan alanda

gerçekleştirilmiştir. Bu durumda araştırma, yaz aylarında yapılan üretim çalışmaları ile sınırlandırılmış olup kış üretimini kapsamamaktadır. Ayrıca üretim, işçilik, pazarlama ve makine durumları ile ilgili gerekli olabilecek geçmiş yıllara ait uygulama sonuçları, ilgili orman işletme müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır.

## 2.2. Araştırmanın Planlanması

Araştırma, yukarıda verilen sınırlandırmalar çerçevesinde, mevcut olan alet ve makineler kullanılarak alışlagelmiş çalışma tekniğinin uygulanması ile yapılmakta olan kesim ve bölmeden çıkarma faaliyetleri üzerinde planlanmıştır. Üretim yapılacak alanlar ilgili işletme birimlerinden öğrenilmiş, bunlardan üretim hacmi düşük olanlar elenmiş, üretim yoğunluğu fazla olanlardan da makineli çalışma yapılacak alanlar öncelikli tercih edilmiştir. Burada, çalışma yerinde veya yakınında kalınabilecek yeri olan alanların seçimine de öncelik verilmiştir.

Bu çalışmada esas amaç, yukarıda sınırlandırılması verilen alan kapsamında, farklı arazi ve çalışma koşullarında, farklı çalışma ekiplerinin kesim ve bölmeden çıkarma faaliyetlerinin izlenmesi, bu faaliyetler üzerinde etkili olan kriterlerin araştırılması ve her bir kriterin etki derecesinin belirlenmesine yönelik ölçümlerin yapılması, elde edilen verilerin farklı metot kullanarak değerlendirilmesi, bulguların tartışılması ve uygun olan sonucun belirlenmesinden ibarettir. Uygulamada yapılmakta olan bu faaliyetlerin, standart çalışma ve standart işçilik düzeninde olmadığı gözlenmiştir. İşin standart metotlarla yapılması durumunda gerekli olan ve gereksiz zaman harcamalarını tespit etmek, bütün bunlara etkili olan faktörleri ve etki derecelerini iş dilimlerine göre ayrı ayrı analiz edip benzer koşullarda yapılacak çalışmalarla ilgili standartlar ortaya koymak amacıyla ölçümler ayrıntılı olarak yapılmıştır. Böylece, yapılan çalışmaların mevcut şartlardaki gerçek verim değerlerini bulmak mümkün olacaktır.

Araştırma konusu ile ilgili, ülkemizde yapılan benzer çalışmalar incelenmiş, ancak seçilen konu üzerindeki çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. Bu eksikliğin giderilmesi ve yapılacak çalışmalara yön verilmesi açısından yabancı kaynaklar araştırılmıştır. Bunun için konu ile ilgili kişi ve kuruluşlarla ilişki kurularak, özellikle makale ve uygulama sonuçları türünde kaynaklara ulaşılmıştır. Tez kapsamında özellikle metot seçimi ve uygulanmasına ilişkin literatüre ağırlık verilmiştir.

### 2.2.1. Araştırma Alanının Seçilmesi

Çalışma alanı seçilirken öncelikle üretim problemlerinin yoğun olarak görüldüğü dağlık arazide çalışma tercih edilmiştir. Yukarıda verilen sınırlandırma çerçevesinde, sınırlandırılan alanı temsil edebilecek üretim alanlarında ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Bunun için Artvin, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'nün üretim yoğunluğu fazla olan üretim alanları araştırma alanı olarak seçilmiştir. Seçilen alanın geniş tutulması, belli bir yörede çalışmaların yeterli yoğunlukta olmayışından ve farklı koşullardaki çalışmaları izleyebilmek açısındandır. Yine bu geniş alanda arazi koşullarının farklılığına, insan gücü ve makine kullanım oranlarının farklı olmasına, üretim yoğunluğu, ağaç türleri, karışım özellikleri, iklim özellikleri farklılığına ve yöresel farklılıklara da dikkat edilmiştir. Bütün bu olumsuz koşullar seçilen coğrafi alan içerisinde aynı isim altında benzerlik arz etmekle birlikte yoğunlukları farklı olmaktadır.

Tablo 1. Doğu Karadeniz Bölgesi Deniz Etkisi Altındaki Yamaç Arazide Bazı İstasyonların Ortalama Yağış ve Sıcaklık Değerleri

Grup No	Meteoroloji istasyonu	Rakım m.	Yıllık değerler		4 yaz ayı değerleri			Ocak ayı	
			yağış mm.	sıcak. °C	yağış mm.	sıcak. °C	n.nem %	yağış mm.	sıcak. °C
			I	RİZE	4	2357	14,2	189	21,0
	PAZAR	50	1991	14,0	170	20,4	70,2	216	6,8
	HOPA	33	2069	14,8	163	20,8	71,0	207	8,4
	KALKANDERE	400	2190	12,2	169	19,1	71,2	217	4,2
II	TİREBOLU	10	1760	13,6	132	20,0	68,5	186	6,8
	OF	10	1679	14,3	126	20,7	73,0	187	7,3
	MURATLI	250	1713	13,0	123	20,0	71,0	168	5,8
III	BULANCAK	10	1118	14,1	79	20,8	—	128	7,4
	GİRESUN	38	1298	14,2	96	21,0	73,0	138	7,2
IV	TRABZON	30	823	14,6	53	21,4	72,2	91	7,4
	AKÇAABAT	10	687	14,6	42	21,3	76,0	83	7,6
	MAÇKA	250	732	12,6	51	18,8	69,7	66	4,8
	K.PAŞA	525	1563	10,9	124	17,0	70,1	153	3,5
	YAVUZKEMAL	600	1158	6,5	91	12,3	75,2	120	-1,5
	ARTVİN	597	645	12,7	36	19,8	55,2	81	3,4
	ŞAVŞAT	1100	793	10,2	63	18,4	71,2	46	0,6

## 2.2.2. Araştırma Alanı İle İlgili Bilgiler

### 2.2.2.1. İklim

DKY arazisi, Türkiye'nin en yağışlı ve dolayısıyla en nemli, buna karşılık dik yamaçlı, sarp, dağlık arazisinin etkisi ile denize bakan ve kıta içine bakan yamaçları arasında çok belirgin ekolojik farkların bulunduğu bir coğrafya bölümüdür. Deniz etkisini alan arazinin iklim değerleri incelendiğinde 4 farklı grup ayırt edilmektedir (Tablo 1) (82).

Bu dört grubun 4 yaz ayında aldığı ortalama yağış değerleri ile yıllık ortalama yağış değerleri uyum içindedir. Ancak sıcaklık değerleri belirgin farkları göstermemektedir. Bu durum, dört grup arasında nemlilik farklarına sebep olmaktadır.

Genel bir yağış-yükselti ilişkisi değerlendirmesi yapıldığında, ortalama yağış; 400 m. rakıma kadar yükseltilerde 1547 mm./yıl, 400-700 m. yükseltilerde 1133 mm./yıl, 700-1000 m. yükseltilerde 1039 mm./yıl, 1000-1300 m. yükseltilerde 989 mm./yıl olarak hesaplanmış olup, deniz etkisini alan arazide yükseltiye bağlı olarak yağışın azaldığı görülmektedir (82).

### 2.2.2.2. Arazi Yapısı

DKY arazi yapısının engebeli oluşu dikkat çekicidir. Mevcut ormanlar, yüksek rakımlı, sarp ve güç arazi koşullarını ihtiva eden alanlar üzerinde yayılmıştır. Ormanlık alanlar 1000-1500 m. ortalama rakımda yer almakta olup, ortalama eğim % 60-70 arasındadır. Düz ve düze yakın alanlar yok denecek kadar az bulunmaktadır. Arazideki girinti ve çıkıntıların fazla oluşu, taşlık ve kayalık alan oranının ve diri örtü ile kaplı alan oranının yüksek oluşu, nemlilik Dolayısıyla arazi yüzeyinin kaygan oluşu, çalışma şartlarını daha da güçleştirmektedir. Çalışma koşullarının zaman ve mekana göre sürekli değişiklik gösterdiği böylesi alanlar üzerindeki işçilik, o denli problemlili ve insancıl olmayan koşullarda sürdürülmektedir.

### 2.2.2.3. Orman Alanı

DKY ormanları, Giresun, Trabzon ve Artvin Orman Bölge Müdürlükleri bünyesinde 25 Devlet Orman İşletmesi (DOI) tarafından işletilmekte olup, bunlardan 16 tanesi deniz

etkisi altındaki arazidedir. 1970'li yıllarda gerçekleştirilen ilk envantere göre 1349778 ha olarak belirlenen toplam orman alanı 1983-1986 yıllarında gerçekleştirilen ikinci envantere göre 1339833 ha olarak belirlenmiştir. Muhafaza ormanı olarak ayrılan alanlar bu miktardan çıkarıldığında, geriye kalan 998560 ha.lık alan orman işletmeciliğinin yapılabileceği alanlardır. Bu alanların orman bölge müdürlükleri itibariyle dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Yine bu alanların işletme sınıflarına göre dağılımı Tablo 3'de verilmiştir (83).

Tablo 2'de verilen orman alanlarının % 66'sı deniz etkisi altındaki arazide yer almaktadır. Deniz etkisini alan arazideki ormanların da % 76'sı koru ormanıdır (82).

Tablo 2. Doğu Karadeniz Yöresinde Orman Alanlarının Orman Bölge Müdürlükleri İtibariyle Dağılımı (ha)

Bölge Müdürlüğü	Normal Koru	Bozuk Koru	Ç.Bozuk Koru	Toplam İşl. orm.	Muhafaza ormanı	Seçme kuruluşu	Toplam Orm. al.	Baltalık alan
Giresun	113366	69045	141731	324143	102631	1920	426774	1368
Trabzon	105775	41932	220234	367941	148741	6459	523141	1389
Artvin	114388	44388	147699	306476	40466	42975	389917	486
Toplam	335530	155366	509664	998560	291838	51354	1339833	3243

Tablo 3. Doğu Karadeniz Yöresinde Ormanların İşletme Sınıfları İtibariyle Dağılımı (ha)

Bölge Müdürl.	Ladin	Kayın	Sarıçam	L+Kn	Kn+L	Karışık	Kızılağ.	L+Çs Çs+L	Ks+Kz Kz+Ks
Giresun	29824,5	66839,5	24694,5	1458	3222,5	18485,5	6300,5	5555	976,5
Trabzon	59365	11451,5	31164	20671,5	772	1877,5	9237,5	-	844,5
Artvin	41755,5	13766	22048	4776,5	8471,5	11305	6640,5	4298	3412,5
Toplam	130945	92057	77906,5	26906	12866	31668	22178,5	9853	5233,5

Ayrıca;

Artvin'de Çs+L+G işletme sınıfı alanı: 5669 ha,  
Artvin'de Kn+Gn+M işletme sınıfı alanı: 1939,5 ha  
Artvin'de L+Kn+Çs işletme sınıfı alanı: 2512 ha  
Artvin'de M işletme sınıfı alanı: 3515,5 ha

Giresun'da Kn+M işletme sınıfı: 1904,5 ha  
Giresun'da Çs+G işletme sınıfı: 2930,5 ha

Tablo 3'den görüleceği üzere yörede L ve Kn İşletme Sınıfları diğer mevcut işletme sınıflarının yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Deniz etkisi altındaki arazide ormanı kuran asıl ağaç türleri; İYA'dan L (%78), GYA'dan Kn, Gn, Kz ve kestanedir (%99). GYA türlerinin kurduğu ormanlar çoğunlukta (% 61) olduğu halde, İYA türlerinin kurduğu ormanlar azınlıktadır (%20). İYA+GYA karışık ormanları ise % 19 oranındadır (82).

#### 2.2.2.4. Ağaç Serveti

DKY ormanlarının ikinci envantere göre belirlenen ve ormancılık çalışmalarına konu olan alanlardaki servetinin çap sınıflarına dağılışı ile, ormancılık çalışmalarına konu olmayan muhafaza ormanlarındaki toplam servet miktarı ve çok bozuk meşcerelerdeki servetin miktarı Tablo 4’de verilmiştir (83).

Tablo 4. Doğu Karadeniz Yöresinde Koru Ormanlarındaki Servetin Çap Sınıflarına Dağılışı, Muhafaza Ormanlarında ve Çok Bozuk Meşcerelerdeki Servetin Durumu (m<sup>3</sup>)

Bölge Müdürl.	Çap Sınıfları					Muhafaza Topl. serv	Ç.Bozuk	
	I	II	III	IV	Toplam		Servet	ster
Giresun	4535792	11893285	9524798	12017361	37971236	4159259	3905201	443826
Trabzon	4626460	12422218	7538715	7782255	32369648	7470338	3056863	1054704
Artvin	3650607	11959134	11064942	13456288	40130971	5351058	4428161	1140275
Toplam	12812859	36274637	28128455	33255904	110471855	16980655	11390225	2638805

Ayrıca tabloda yer almayan seçme işletmesi serveti Giresun için 171072 m<sup>3</sup>, Trabzon için 763061 m<sup>3</sup> ve Artvin için 7269887 m<sup>3</sup> şeklindedir. baltalık serveti Artvin için 56380 m<sup>3</sup> tür.

#### 2.2.2.4. Yıllık Artım ve Eta

DKY ormanlarının yıllık artım değerleri bölge müdürlükleri itibariyle (muhafaza ormanı dahil) Tablo 5’de verilmiştir. Ayrıca yenilenen amenajman planlarındaki eta çeşitlerinin dağılımı yine Tablo 5’de verilmiştir. İlk envanter sonuçlarına göre yapılan amenajman planlarında tensil, bakım, seçme ve temizleme etalarının alınacağı kararlaştırılmış olup, ikinci dönem yenilenen amenajman planlarında ise son hasılat etası, ara hasılat etası, seçme ve baltalık etası kararlaştırılmıştır.

Tablo 5. Doğu Karadeniz Yöresi Ormanlarında Yıllık Artım ve Eta Durumu (m<sup>3</sup>)

Bölge Müdürlüğü	Yıllık Artım	Son Hasılat Etası	Ara Hasılat Etası	Seçme Etası	Toplam Eta	Baltalık Etası (ster)
Giresun	986839	307878	114307	-	422185	-
Trabzon	771767	209356	87370	4805	301531	621
Artvin	753491	261176	110569	64909	436654	2163
Toplam	2312097	778410	312246	69714	1160370	2784



### 2.2.3. Çalışmalarda Kullanılan Makine ve Ekipman İle İlgili Bilgiler

Kesim işinde en çok kullanılan makine motorlu testeredir. Motorlu testerelelerin çeşitli tip, marka ve özellikte olanları mevcuttur. Çalışanlar tarafından satın alınmaktadır. Motorlu testerelelerin bazı özelliklerine ilişkin alt ve üst sınırlar şu şekilde verilebilir (67, 68): silindir hacmi; 60-130 cm<sup>3</sup>, motor gücü; 3-8,5 PS, depo hacmi; 0,6-1,4 litre, dolu ağırlık; 8-16 kg., yakıt sarfiyatı; 1-3 litre/saat, metal levha uzunluğu; 32-112 cm.

Kesim işinde çok sık kullanılan diğer bir alet baltadır. Çeşitli tip ve ağırlıkta olan baltalar, genellikle yöredeki demirci ustalarına yaptırılmıştır ve çalışanlara aittir. Kullanılan diğer aletler, çalışanlar tarafından yapılan ve çeşitli şekillerde olan kamalar ile yine yöredeki demirci ustalarına yaptırılan veya hazır olarak piyasadan satın alınan sapınlerdir.

Bölmeden çıkarma sırasında en çok kullanılan makine, MB Trac 800 ve MB Trac 900 model orman traktörleridir. Bu traktörler OGM tarafından ithal edilerek satın alınmıştır. Önemli görülen bazı teknik özellikleri şu şekilde sıralanabilir: Her iki model traktör su soğutmalı, çift tamburlu, 4 silindirli, silindir hacmi 3780 cm<sup>3</sup>, çekme halatı çapı 12 mm., uzunluğu 100 m., çekme kuvveti 2\*6083 daN, kaldırma kuvveti 2000 daN, depo hacmi 120 litre, motor gücü 75 PS (MB Trac 800) ve 85 PS (MB Trac 900), tamburlar birlikte veya ayrı ayrı uzaktan kumandalı çalışabilmekte, sistemin emniyet kilitlemesi mevcut, tambur sarma ve boşaltma hızı 0,60 m/sn.dir (84).

### 2.3. Materyal

Sınırlandırılması 2.1. bölümünde verilen ve Şekil 11'de gösterilen alanlar üzerinde, kesim ve bölmeden çıkarma işlemleri sırasında gözlem yapılan alanlar Tablo 6'da verilmiştir.

Çalışma yeri olarak, üretim faaliyetlerinin gerçekleştiği alan kabul edilmiştir. Kesim ve bölmeden çıkarma işinde çalışanlar yöredeki orman köylüsüdür. Çalışanların işyerine geliş gidişleri, barınma durumlarına göre farklıdır. Üretim alanına yakın köy, mezra, yayla gibi yerleşim alanlarında barınanlar buralarda sabah gidip akşam geri dönmek suretiyle çalışmalarına devam etmektedirler. Bu tür çalışanların iş yerindeki beslenmeleri beraberinde getirdikleri yiyecekler ile olmaktadır. İşyerine yakın barınma yeri olmayanlar işyerine veya yakınında uygun bir yere ahşap baraka kurmak suretiyle çalışmalarını sürdürmektedirler. Barınma yanında yemek hazırlama ve yeme faaliyetleri bu barakalarda gerçekleşmektedir.

Üretim işinde çalışanlar, çoğunlukla ilkokulu bitirmiş olup hemen hepsi okuma-yazma bilir durumdadır. Özellikle genç yaşta olanlar içerisinde ortaokul ve lise öğrenimini bitirmiş ya da bitirmeden ayrılmış olanlar da mevcuttur. Çalışanların tamamı yapmakta oldukları işlerle ilgili daha önce herhangi bir eğitim görmemişlerdir. Ancak yıllarca aynı işleri yapmakta olduklarından tecrübe ve deneyim kazanarak işinin erbabı olmuşlardır.

Tablo 6. Arazide Ölçüm Yapılan Faaliyetlerin Çalışma Alanları, Orman İşletmeleri ve Ağaç Türleri İtibariyle Durumu

İşletme Müdürlüğü	İşletme Şefliği ve Çalışma Bölgesi	Faaliyetler	İşlem gören ağaç türü	Ek Tablo kayıt sıra numaraları		
				Ek T. 1	Ek T. 4	Ek T. 7
Bulancak	Merkez - Bicik	MBT	L			181-191
Giresun	Kulakkaya 2	DT, KS, MBT,	L	31-37	90-123	46-72
	Kulakkaya 4	DT, MBT, KS	L	22-30	5-20	1-12
	Kulakkaya 5	MBT	L, Kn,			141-164
	Kulakkaya 12-13	MBT	L, Kz, Kn			13-45
	Kulakkaya 42	KDT, KS, İGK	L, Kn, G	38-50	21-27	
Giresun	Kemerköprü 152-153	MBT	L, Kn, Ka			73-103
	Kemerköprü 52-53-54	MBT	L			104-140
	Kemerköprü 143	DT	L	51-60		
Dereli	İkisü	MBT	L			165-180
Ş.karahisar	Merkez 41	DT, KS	Çs, G, Kv	77-100	41-44	
Espiye	Esenli, Ekind., Y.dere	MBT	Kn			250-289
	Karadua 137,138,141	DT, KS	Kn, L	68-76	33-40	
	Çakrak	DT	Çs, L	131-139		
Tirebolu	Akıl Baba	DT, İGK	L	144-155		
Trabzon	Kalınçam	DT, İGK	Kn	114-130		
	Tonya	KS	L		85-89	
Maçka	Esiroğlu 424	DT, KS	L	64-67	28-32	
	Çatak	DT, KS	L, Çs	101-113	45-84	
Sürmene	Of	DT	L	140-143		
	Çaykara	DT, İGK	L	161-166		
Rize	İkizdere	İGK	L			
Pazar	Ardeşen	DT	Kz	156-160		
Borçka	Merkez - Kaynarca	MBT	Kn, Kz			226-236
	Karadağ	DT, MBT	Kn	10-21		237-249
	Balcı 85	DT	Kn, Ih	61-63		
	Karşıköy	DT	Kn	167-168		
Murgul	Merkez	MBT	L			192-207
Artvin	Taşlıca 265	MBT	L			208-225
Şavşat	Akdamla 34	DT, KS	L, G	1-9	1-4	

DT: Kesme-Devirme-Dal ve Tepe Alma-Tomruklama,

İGK: İnsan Gücüyle Kaydırma, Ek T.: Ek Tablo,

Kn: Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)

Ka: Dağ Karaağacı (*Ulmus glabra* Huds.)

Kz: Adi Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.)

L: Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.)

G: Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. ssp. *nordmanniana*)

KS: Balta İle Kabuk Soyma (Sadece İYA'larda),

MBT: Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma,

Ih: Kafkas İhlamuru (*Tilia rubra* DC.)

Kv: Titrek Kavak (*Populus tremula* L.)

Çs: Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

### 2.3.1. Ölçüm ve Gözlemler Sırasında Kullanılan Aletler

- Kronometre: Zaman ölçümleri için, magnetik olmayan, desimal taksimatlı iki adet kronometre kullanılmıştır. Kronometreler üzerinde biri büyük, diğeri küçük iki adet ıskala mevcuttur. Büyük ıskala 1 dakikanın 100 parçaya bölünmüş halini göstermekte ve buna ait olan ibre bir devrini 1 dakikada tamamlamaktadır. Küçük ıskala ise 30 eşit parçaya bölünmüş olup bu ıskalaya ait küçük ibre devrini 30 dakikada tamamlamaktadır. Söz konusu ibrelerin hareketi iki düğme ile kontrol edilmektedir. Büyük düğme ile kronometrenin çalıştırılıp durdurulması sağlanırken, küçük düğme ile durdurulmuş kronometrenin her iki ibresinin sıfırlanması sağlanmaktadır. Mekanik olarak çalışan kronometreler büyük düğme vasıta siyle kurulmaktadır.

- Klizimetre: Aşağıdan yukarı doğru ya da yukarıdan aşağı doğru bakılmak suretiyle, durulan nokta ile bakılan nokta arasında kalan düşey yöndeki eğimin % olarak ölçülmesinde kullanılmıştır.

- Altimetre: Açık hava basıncına göre çalışan bu aletle, herhangi bir noktanın deniz seviyesine göre yüksekliği ölçülmüştür.

- Pusula: Yön tayininde, bakı tayininde, durulan nokta ile bakılan nokta doğrusunun kuzey ile yaptığı açının (semt açısı) derece cinsinden okunmasında kullanılmıştır. Üst yüzeydeki ıskala ve ibrenin duruş konumunda kaba okuma yapılacağı gibi, iç kısımdaki ıskaladan daha ayrıntılı okuma yapılabilmektedir.

- Şerit metre: Uzaklıkların ve uzunlukların (tomruk boyları) ölçülmesinde 50 m.lik çelik şerit metre kullanılmıştır. Yuvarlak bir hazne içine sarılan bu çelik şerit metre 400 gram ağırlığındadır. Ayrıca cepte taşınabilen 2 m.lik şerit metre tomruk çaplarının, çevresinin, bazen de boylarının ölçülmesinde kullanılmıştır.

- Kompas: Tomruk çaplarının ölçülmesinde kullanılan bu alet, ilgili DOI' ne ait olup işletme elemanlarınca kullanılmaktadır.

- Fotoğraf Makinesi: Arazide yapılan bazı çalışmaların görüntülenmesinde kullanılmıştır.

Ayrıca, çalışılan yöreye ait amenajman planı, silvikültür planı ve üretim dosyası çalışma yerinin bağlı olduğu DOI birimlerinden temin edilmiştir.

### 2.3.2. Etüt Formları

Etüt formları, obje özellikleri, çalışanların faaliyetleri ve bunlara ilişkin zaman değerlerinin kayda geçirilmesi için düzenlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında yapılacak ölçüm ve tespitlerin kaydedilmesi için geliştirilen etüt formları şu şekildedir:

1. Kesme, devirme, dal alma, bölümlere ayırma işi için etüt formu (Şekil 12)
2. Kabuk soyma işi için etüt formu (Şekil 13)
3. Traktörle kablo çekimi ve sürütme işi için etüt formu (Şekil 14)

Bunların hazırlanmasında, her bir çalışma grubu için arazide 1991 yılında ön etütler yapılmıştır. Ön etütlerde yapılan işin akışına göre, söz konusu olan bütün ayrıntılar ve kronometre okuma değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra kaydedilen bütün bu bilgiler, birlikte değerlendirilerek söz konusu etüt formları hazırlanmıştır. Geliştirilen etüt formları, arazide yapılacak ölçümlerde kullanılmak üzere teksir edilerek çoğaltılmıştır.

Üretimde her bir sürecin tamamlanması bir çevirim olarak isimlendirilmekte ve bu da iş dilimlerinden oluşmaktadır. Her bir çevirim 1, 2, 3, ... gibi sıra numarası ile ifade edilmiştir. Kesme, devirme, dal alma ve bölümlere ayırma işlemine ilişkin 166 adet gözlem yapılmış ve tespit edilen gözlem değerleri Ek Tablo 1'de verilmiştir.

İğne yapraklı ağaç türlerinde balta ile kabuk soyma işlemine ilişkin toplam 123 adet gözlem yapılmış ve tespit edilen gözlem değerleri Ek Tablo 4'de verilmiştir.

Orman traktörleri ile farklı cins ve boyutlardaki ürünlerin kablo çekimi ile bölmeden çıkarılmasına ilişkin toplam 289 adet gözlem yapılmış ve tespit edilen gözlem değerleri Ek Tablo 7'de verilmiştir.

İnsan gücü ile yapılan bölmeden çıkarma (sürütme, kontrolsüz kaydırma, yuvarlama, atma, vb.) işi için etüt formu geliştirilmemiş, 63,41 m<sup>3</sup> ürünün orman yoluna kadar çeşitli şekillerde çıkarılması faaliyetlerinde gerekli ölçümler ve zaman tespitleri yapılmış, her faaliyet ilgili zaman değerleri ile birlikte kaydedilmiştir.

Ağaçların kesilip devrilmesi işinde genellikle iki kişilik işçi postası çalışmaktadır. İki kişilik kesim ekibi beraberinde; 1 adet motorlu testere, motorlu testerenin kısa süreli bakım ve onarımı için gerekli aletlerin içinde bulunduğu alet çantası, yedek yakıt ve yağ bidonu, 2 adet balta, devirme kamaları ve yedek elbise çantası, vs. bulundurmaktadırlar.

1-Tarih		5-Meşcere tipi		9-İşçi sayısı	
2-İşletme Adı		6-Üretim alanı		ve özellikleri	
3-Çalışma yeri		7-Üretim miktarı		10-M. testere	
4-Rakım ve Bakı		8-Müdahale şekli		marka ve özel.	
Diğer notlar :					
11- Etüt No					
12-Yürüme eğimi					
13-Arazi eğimi					
14-Diri örtü ve oranı					
15-Ölü örtü durumu					
16-Arazi engeli					
17-Zemin durumu					
18-Hava hali					
19-Yürüme mesafesi					
<i>Kesilecek ağaç yanına yürüme faaliyeti (başlama z - bitiş z.)</i>					
<i>Beklemeler</i>					
20-Ağaç no					
21-Ağaç türü					
22-d1,30 çapı					
23-DKGH					
<i>Hazırlık bitimi zamanı</i>					
24-Ağaç pozisyonu					
25-Kesim engeli durumu					
<i>Kesim engeli giderme işlemi (başlama z- bitiş z.)</i>					
<i>Devirme oyuğu açma işlemi (başlama z-bitiş z.)</i>					
<i>Devirme kesimi işlemi (başlama z- bitiş z.)</i>					
<i>Devirme işlemi zamanı</i>					
<i>Takılan ağacı düşürme işl.</i>					
<i>Beklemeler</i>					
26-Kesme yeri çapı					
27-Ağaç boyu (dalsız gövde+dallı kısım)					
28-Gövde vasfı					
29-Gövde formu					
30-Dal yoğunluğu					
<i>Dal alma işlemi (başlama z.-bitiş z.)</i>					
31-Faydalı gövde uzunluğu					
32-Tomruk sayısı					
<i>Ölçme, İşaretl. ve Tomruklama işlemi (başlama z.-bitiş z.)</i>					
33-Parça boyutları çap-boy					
<i>Yemek molası, çay molası ve diğer ara vermeler</i>					

Şekil 12. Kesim Sürecinde Ölçüm ve Gözlemlerin Kaydedildiği Etüt Formu

Etüt No	Ağaç Türü	Orta Çap cm.	Boy m.	Hacim m <sup>3</sup>	Budak oranı	Budak yoğunl.	Kabuk vasfı	Kabuk alanı m <sup>2</sup>	Kabuk soyma işl. Başl.-Bitiş	Çevirme ve ayarl. Başl.-Bitiş	Mola ve dinlenme Baş.- Bitiş	Diğer işl.
1												
2												
3												
...												

Şekil 13. İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Balta İle Kabuk Soyma İşlemine İlişkin Gözlemlerin Kaydedildiği Etüt Formu

Kesim sürecinde, kabuk soyma işlemine kadar yapılan gözlemler Şekil 12'de verilen etüt formlarına kaydedilmiştir. Uygulamada kabuk soyma işlemi de kesim sürecinin bir işlemi olarak değerlendirilmekte ise de sadece İYA türleri için söz konusu olmaktadır.

İYA türlerinde balta ile kabuk soyma işlemine ilişkin gözlem değerleri Şekil 13'de örneği verilen etüt formlarına kaydedilmiştir. Kabuk soyma ölçülen zamanlar değerleri tek kişi çalışmasına ilişkindir.

Şekil 12'de ve Şekil 13'de verilen etüt formlarında yer verilen kriterlerden bazılarının açıklanması aşağıda verilmiştir. Ölçüm sonuçları 2.4.2. bölümünde gruplandırılmıştır.

**Üretim alanı:** Üretim için damga yapılan alanın hektar (ha.) olarak büyüklüğüdür. Dikili damga bölmenin tamamına dağılmışsa veya meşcere tipi bazında ise bunlara ilişkin alanlar Amenajman planlarından alınmıştır. Damga yapılan alan belli bir kısmı kapsıyorsa sadece damga yapılan kısmın alanı hesaplanmıştır.

**Üretim miktarı:** Üretim alanında kesilecek olan ağaçların dikili kabuklu gövde hacmi (DKGH) toplamıdır. Kesilecek ağaçlar önceden damgalanmış ve numaralanmış olduğundan dikili ağaç zabıtnamesinden ağaç numaraları, göğüs çapı ve dikili kabuklu gövde hacimleri bu formdaki ilgili yerlere kaydedilmiştir.

**Yürüme eğimi:** Kesilecek ağaca yürüme sırasında yürünen istikamet eğimini % olarak ifade etmektedir. Yukarı doğru yürümelerde "+" işareti, aşağı doğru yürümelerde "-" işareti kullanılmıştır.

**Arazi eğimi:** Çalışma yapılan arazinin eşyükselti eğrilerine dik olacak şekilde, eğimölçer ile ölçülen eğiminin % olarak değeridir.

**Diri örtü:** Orman altı tabakasında genellikle orman gülü, ayı üzümü, karayemiş, böğürtlen, similax gibi türlerden oluşan her türlü canlı bitki örtüsünü ifade etmektedir.

Boyutları ve bulunma yoğunluğu dikkate alınarak gruplandırma yapılmış ve grup değerleri ile etüt formuna kaydedilmiştir.

**Ölü örtü durumu:** Çalışma alanı içerisinde, zeminde sabit veya sabit olmayan her türlü cansız parçaların boyut, miktarını ifade etmektedir.

**Arazi engeli:** Arazi yüzeyindeki her türlü çıkıntıları, çukurları, blok kayaları ve uçurumları boyut, miktar ve bulunma %'si olarak ifade etmektedir.

**Zemin durumu:** Çalışma sırasında zemin şartlarındaki farklılık, kuru, nemli, ıslak ve kaygan gibi ifadelerle kaydedilmiştir.

**Hava hali:** Çalışma sırasındaki hava hali güneşli, az bulutlu, açık, çok bulutlu, kapalı, sisli, serin hava, çiseli, sağanak yağışlı, yağışlı ve soğuk hava gibi kısa ifadeler kullanılarak kaydedilmiştir. Hava hali gün aşırı farklı olabildiği gibi aynı gün içerisinde de değişimi söz konusudur. Denemelerin yaz aylarında yapılmasına rağmen yöre ikliminin özelliği gereği gün boyu ya da günün belli bir süresi çalışılmayan yağışlı günler de söz konusudur. Hava sıcaklığı ise genelde çalışanları bunaltıcı derecede yükselmemiş ya da etütler sırasında böylesi sıcak günlere rastlanmamıştır.

**Yürüme uzaklığı:** Kesimi yapılan bir ağaçtan diğer ağaca yürünülen mesafenin yatay uzaklığının metre olarak değeridir.

**Ağaç numarası:** Damgalama sırasında her ağaca verilmiş olan numaradır.

**Gövde vasfı:** Kesilen ağaç gövdesinin odun vasfı kovuk, çürük, sağlam şeklinde ifadelerle kaydedilmiştir.

**Kesme yeri çapı:** Ağacın kesildiği yerdeki çapın cm. olarak değeridir.

**Taç uzunluğu:** Dalların başladığı yerden tepeye kadar olan uzunluğudur.

**Taç formu:** Faydalanılabilir çatal sayısını adet olarak ifade etmektedir.

**Dal yoğunluğu:** Ağaç dallarının kalınlığını ve bulunma yoğunluğunu ince ve seyrek, ince ve sık, karışık ve seyrek, kalın ve seyrek, kalın ve sık şeklinde ifade etmektedir.

**Tomruk sayısı:** Kesilen ağacın bölümlere ayrılması durumunda elde edilen tomruk sayısını adet olarak ifade etmektedir.

**Parça boyutları:** Gövdeden elde edilen endüstriyel ürünlerin her birinin kabuksuz orta çapı cm., uzunluğu m. ve hesaplanan endüstriyel hacmi (EH) m<sup>3</sup> olarak kaydedilmiştir.

Şekil 13'de verilen etüt formunda yer alan bazı kriterlerin açıklanması şu şekildedir:

**Orta çap:** Kabuğu soyulacak ürünün kabuksuz orta çapının cm. olarak değeridir.

**Boy:** Kabuğu soyulacak ürünün uzunluğunu metre olarak ifade etmektedir.

**Budaklılık oranı:** Budaklı kısım uzunluğunun soyulacak ürün uzunluğuna oranıdır.

**Kabuk alanı:** Soyulacak ürünlerde hesaplanan kabuk alanının m<sup>2</sup> olarak değeridir.

**Kabuk vasfı:** İğne yapraklı türlerin kabuk özellikleri yaş, yarı yaş, kuru, ıslak-kuru şeklinde kaydedilmiştir.

Değişik çalışma ortamında MB Trac 800 ve MB Trac 900 özel orman traktörleri ile yapılan çalışmalara ait gözlemler Şekil 14'da verilen etüt formuna kaydedilmiştir. Tamamı çift tamburlu olan bu traktörlerle kablo çekim sırasında genellikle tek tambur kullanılmaktadır. Takılma, yola alamama vb. durumlarda 2. tambur da kullanılmaktadır. Bu traktörler bir adet operatör kumandasında çalışmaktadır. Kablonun yüke götürülmesi, yükün hazırlanması, bağlanması, çözülmesi vs. işler için çalışanların sayısı, üretimde çalışanların sayısına göre, 1 ile 4 arasında değişmektedir. Bu kişiler makineli çalışma konusunda herhangi bir eğitim görmemişler, ancak daha önce aynı uygulamada bulunmuş kişilerdir.

Şekil 14'da verilen etüt formunda yer alan değişkenlerin bir kısmı daha önce açıklanmıştı. Açıklanmayan diğer değişkenlerin açıklanması aşağıda verilmiştir. Ayrıca buradaki kayıtlar 2.4.2. bölümünde gruplandırılmıştır.

**Kablo çekme yönü:** Yükün çekileceği yönü ifade etmektedir. (Yukarı, aşağı, yana doğru, karşı yamaçtan önce dereye sonra yukarıya şeklinde çekimler yapılmıştır.)

**Dikili gövde ve dip kütük sıklığı:** Çıkarma sırasında alandaki dikili gövde ve kesilmiş dip kütüklerinin sıklığını ve alanda bulunma %'sini ifade etmektedir.

**Kablo çekim mesafesi:** Yükün yoldan uzaklığını, yani traktörün çekme kablosunun yükleme yerine kadar uzatılmış mesafesini metre olarak ifade etmektedir.

**Çalışanların sayısı:** Kablo çeken ve yükü hazırlayıp bağlayanların toplam sayısıdır.

**Ürünlerin şekli:** Her seferinde çekilen ürünlerin şeklini sırk, çubuk, direk, tomruk, bütün gövde, bütün ağaç gibi ifadelerle açıklamaktadır.

**Parça sayısı:** Bir sefer için bağlanan yükteki ürünlerin kaç parçadan oluştuğunu adet olarak ifade etmektedir.

**Bağlama yeri:** Çekme kablosunun yüke bağlandığı kısmı (baş taraftan, ortadan, ince uçtan şeklinde) ifade etmektedir.

**Bağlama çapı:** Çekme kablosunun bağlandığı çapı ifade etmektedir. Birden fazla ürün bağlanması durumunda, kablo üzerinde bağlama çevresinin uzunluğu ölçülmekte ve buradan çap hesaplanmaktadır.



1-Tarih		5-Meşçere tipi		9-İşçi sayısı ve özellikleri	
2-İşletme Adı		6-Üretim alanı		10-Traktör ve kablo özellikl.	
3-Çalışma yeri		7-Üretim miktarı			
4-Rakım ve Bakı		8-Müdahale şekli			
Diğer notlar :					
11-Etüt no					
12-Yükün çekim yönü					
13-Arazi eğimi					
14-Diri örtü ve oranı					
15-Ölü örtü durumu					
16-Arazi engeli					
17-Gövde ve kök sıklığı					
18-Zemin durumu					
19-Kablo çekme mesafesi					
20-Çalışanların sayısı					
<i>Traktörün hazırlanması işlemi (başlama z.- bitiş z.)</i>					
<i>Kablonun yükleme yerine götürülmesi işl. (başl z.-bitiş z.)</i>					
<i>Yükün kabloya bağlanması işl. (başlama z.-bitiş z.)</i>					
<i>Yükün yol kenarına çekim işl. (başlama z.-bitiş z.)</i>					
<i>Engele takılma - kurtarılma</i>					
<i>Çözülme - tekrar bağlama</i>					
<i>Beklemeler</i>					
<i>Yükün yol üzerine çıkarılması işlemi (başl. z.-bitiş z.)</i>					
21-Yol genişliği					
22-Ürün türü					
23-Ürün vasfı					
24-Ürünlerin şekli					
25-Yükteki parça sayısı					
26-Kablo bağlama yeri					
27-Bağlanma çevresi ve çapı					
28- Yol üzerinde sürütme mes.					
29-Hacim *					
<i>Yol üzerinde sürütme işlemi (başl z.-bitiş z.)</i>					
<i>Yükün çözülmesi ve yerleş. işl.</i>					
<i>Yerleştirme işlemi zamanı</i>					
<i>Beklemeler</i>					
<i>Mola dinlenme zamanı</i>					
<i>Tamir ve bakım için beklemler</i>					
<i>Yemek ve diğer ihtiyaç arası</i>					
30-Yükteki ürünlerin boyutları (çap-boy)					

Şekil 14. Orman Traktörleri İle Kablo Çekimi ve Sürütme İşleminde Ölçüm ve Gözlemlerin Kaydedildiği Etüt Formu

Ürünlerin boyutları: Her sefer için bağlanan parçaların orta çapı cm. olarak, boy değerleri ise metre olarak kaydedilmiş, bu bilgilerden parça hacmi hesaplanmıştır. Ayrıca yükteki en uzun ürünün boyu m. olarak kaydedilmiş, parça hacimleri toplanarak sefer hacmi hesaplanmış ve kaydedilmiştir.

Yol durumu: Traktörün bulunduğu yolun genişlik olarak yeterli olup olmadığını ifade etmektedir. Yol genişliğinin yetersiz olması durumunda traktör yol üzerinde ilerleyerek ürünleri sürütmekte ve yol üzerinde uygun alana yerleştirmektedir.

Sürütme mesafesi: Çekilen ürünler tamamen yol üzerine alındıktan sonra, yol üzerinde sürütülerek veya traktör arkasına alınıp taşınarak boşaltma yerine kadar olan uzaklığı metre olarak ifade etmektedir.

### 2.3.3. Kullanılan Bilgisayar ve Bilgisayar Programları

Bütün ölçümlerin istatistikî değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında; MS DOS işletim sistemli, IBM uyumlu PC DX-486 bilgisayarlar kullanılmıştır. Yapay sinir ağı eğitim programı koşumunda ve benzetim koşumlarında PC Pentium 100 kullanılmıştır.

İstatistik hesaplamalarında Statgraf paket programından yararlanılmıştır .

Grafik çizimleri Windows ortamında Wordgraph paket programı ile yapılmıştır.

Kesim ve bölmeden çıkarma işlemleri sırasında belirlenen iş dilimleri için zaman değerlerinin hesaplanmasına yönelik yapay sinir ağı (ANN) modelinin oluşturulmasında TURBO PASCAL programlama dilinde hazırlanmış olan, backpropagation eğitim programı (BP) kullanılmış ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Üretim işlerini etkileyen ve çok karmaşık olan değişken etkilerinin ANN modeli ile belirlenmesi ve zaman değerlerinin bu model ile hesaplanması, ormancılıkta ilk kez bu tez kapsamında uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, SIMAN IV dilinde hazırlanan ve FORTRAN alt programlarını da kullanan benzetim programı ile seçilen pilot arazi üzerinde uygulamaya geçirilmiştir.

Ana programların kullanacağı dosyaların oluşturulmasında Fortran, QBasic gibi programlama dilleri kullanılmış ve bu tür yardımcı programlar oluşturulmuştur.

## 2.4. Yöntem

### 2.4.1. Ölçüm Yöntemi

Üretim sürecinde yapılmakta olan iş ve işlemler belirli bir iş akışına göre devamlı olarak tekrarlanmaktadır. Her tekrar, çevirim veya devir olarak isimlendirilmektedir (89). Burada her çevrim, iş dilimlerinden meydana gelmektedir. Her bir çevrimde yapılan iş miktarı, kıstas miktarı olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifade ile bir çevirim için geçen süre neyin ya da nelerin fonksiyonu olarak açıklanabiliyorsa işte onlar kıstas miktarlarıdır (hacim, çap, boy, alan, mesafe, parça adedi gibi). Etken faktörler ise işin yapılma zamanı açısından çok önemli olup; çalışan insan özellikleri, iş objesi özellikleri, üretim araç-gereçleri, çalışma yeri koşulları ve çalışma metodundan etkilenir.

Zaman etüdü hakkında gerekli bilgi literatürden toplanmış ve daha evvel ormancılık işlerinde uygulanarak deneyim kazanılmıştır. Yapılacak olan çalışmalar için ön etütler de yapılarak performans değerlendirmesi yapılabilecek düzeye ulaşılmıştır. Çalışmalarda, akış sırası düzensiz değiştiğinden ve birbirinden farklı olduğundan iş dilimlerinin sırasını önceden saptamak oldukça zordur. Geliştirilen etüt formları da buna uygun düzenlenmiştir.

Makine kullananlar ve diğer çalışan kişiler, verimlilik ile ilgili ya da yaptıkları iş ile ilgili konularda eğitim görmemişlerdir. İşi yaptıran ve denetleyecek olanlar çalışma sırasında çalışma yerinde bulunmamaktadır. Tam bir serbestlik içerisinde sürdürülen çalışmalara başlama, bırakma, mola verme, duraklama, başka işlerle uğraşma gibi hususlarda da sözlü ya da yazılı bir yaptırım uygulanmamaktadır. İşyeri ve iş koşulları ise sürekli değişmektedir. Bu durumda bütün değişiklikleri anında kaydetmek ve değerlendirmeye sokmak için, her çevrimde kıstas miktarları ile bütün etken faktörler rumuzlar verilerek etüt formuna kaydedilmiştir. Ancak faktörlerden bir kısmı ölçülememektedir. Örneğin, kalite özellikleri, güçlük çıkarıcı etmenler ve çalışanların kabiliyeti gibi faktörler rakamlı basamaklarla ifade edilememektedir. Bunlardan güçlük çıkarıcı faktörler, önce tanımlanmış, sonra da bu tanımlamaya uygun olarak 1, 2, 3, ... gibi rakamlarla gösterilmiştir.

Etütlere başlamadan önce çalışanlara etüt yapılacağı hakkında bilgi verilmiş, çalışma yöntemi ve şekli üzerinde müdahalede bulunulmamıştır. Çalışma alanına, çalışma şekline ve araçlarına ait bilgiler etüt öncesinde belirlenerek etüt formlarına yazılmıştır. Etütler sırasında, yapılan işin tamamıyla kontrol altına alınabildiği uygun bir konumda durulmuş, çalışanlarla

herhangi bir şekilde konuşulmamıştır. Kronometre, etüt tablası üzerinde ya da boyuna asılı olarak tutulmuştur.

Zaman ölçümleri, sürekli zaman ölçüm metodu kullanılarak yapılmıştır. İş dilimleri ayırım noktalarında kronometre okumaları, yani her akışın başlangıç ve bitiş zamanları sürekli bir şekilde kaydedilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, çalışma sırasında iş dilimlerinin her çevrim için aynı akış sırasında standart olarak tekrar etmediği gözlenmiş, ölçümlerin de doğal haliyle değerlendirilmesini sağlamak için devamlı çalıştırılan kronometre yöntemi kullanılmıştır. Çalışanlar tarafından etkilenebilen iş dilimlerinde, olması gereken gerçek hareket akışı ile yapılan çalışmanın görüntüsü karşılaştırılmış ve bu hususta deneyimden faydalanılarak % olarak performans takdiri yapılmıştır. Çalışma faaliyeti dışındaki beklèmeler, yemek molaları ve diğer harcanan zamanlar ayrıca kaydedilmiştir. Etütlerin başlangıç ve bitiş zamanları ayrıca kol saati ile de tespit edilmiştir. Etüt formuna kaydedilen bütün değerler sonradan değerlendirilmiş, her bir iş dilimine ilişkin gerçek zamanlar hesaplanmıştır.

Etütler araştırmacı tarafından yapılmış, ürün boyutlarının okunmasında, gerektiğinde ölçülmesinde, uzaklık ölçümünde ve diğer işlerin görülmesinde yardımcı bir elemandan yararlanılmıştır. Yardımcı eleman, çoğu yerde orman muhafaza memuru adayı olmuştur.

Ağaçların kesilmesi, hazırlanması ve ağacın kesildiği yerden orman yolu kenarına çıkarılması sırasında, değişik şekillerde gerçekleştirilen işlerin, iş dilimlerine ait sürelerinin belirlenmesine yönelik tespitler yapılmıştır. Ayrıca bu zamanlar üzerinde etken olduğu varsayılan faktörler ile gerçekleştirilen işin miktarı kaydedilmiştir

#### 2.4.1.1. Kesim Sürecinde Yapılan Ölçümler

Kesim işinden maksat, ağaçların kesilmesi ve taşımaya hazır duruma getirilmesidir. Uygulamada kesim safhası, kesim işareti vurulmuş dikili haldeki ağacın kesilmesi, devrilmesi, dallarının alınması, standartlara uygun olarak ölçülüp bölümlere ayrılması, iğne yapraklı türlerde kabuğunun soyulması işlerinin tamamıdır. Bu işler;

1.tip çalışma şekli: ağaçların sadece kesilip devrilmesi işi,

2.tip çalışma şekli: ağaçların kesilip devrilmesi ve dallarının alınması işi,

3.tip çalışma şekli: ağaçların devrilmesi, dallarının alınması ve tomruklanması işi,

şeklinde uygulanmaktadır.

Bundan sonra iğne yapraklı türlerde kabuk soyma işi yapılmaktadır. Böylece kesilen ağaç üzerindeki işlemler tamamlanmaktadır.

Kesim ve devirme işlemine başlamadan önce bu işlerde kullanılacak alet ve makinelerin bakımı ve hazırlanması yapılmaktadır. Kesim ekibi en yakın yol kenarından hareket ettiği an çalışma başlamış kabul edilmektedir. Daha sonra aletlerle birlikte kesilecek ağacın dibine yürünmektedir. Ağaç dibine varıldığı zaman o ağacı kesim hazırlığı yapılmakta, devirme yönü tespit edilerek aletler devirme yönünün aksi tarafında ve kolaylıkla alınabilecek mesafeye bırakılmaktadır. İşçilerden birisi motorlu testereyi çalışır vaziyete getirirken diğeri rahat bir çalışma ortamı sağlamak için kesilecek ağacın etrafını temizlemektedir. Bunun için ağaç dibindeki gençlik, diri örtü, ölü örtü, taş parçaları gibi kesilmeye zarar verici engeller giderilmektedir. Motorlu testere ile gerekli hallerde kesilecek ağaçtaki kök şişkinlikleri giderilmektedir. Ağacın devirme yönünde devirme oyuğu açılmakta, bu sırada ikinci işçi devirme oyuğunun açılmasına yardımcı olmaktadır. Sonra devirme yönünün aksi istikametinden devirme kesişine başlanmakta, diğer işçi, elinde balta ve kamalar olduğu halde hazır beklemekte, motorlu testereyi kullanan işçiye gerekli ikazları yapmakta, gerekli hallerde kamaları sevk ederek ağacın devirme yönüne devrilmesini sağlamaktadır. Ağacın diğer dikili ağaçlara takılması halinde çeşitli şekillerde kurtarıp düşürülmektedir.

Ağaç devrildikten sonra kesilen yüzeyin düzgünleştirilmesi ve kalın dalların kesilmesi motorlu testere ile yapılmaktadır. Diğer işçi balta ile dal almasına başlamaktadır. Kalın dallar motorlu testere ile kesilmektedir. Devrilen ağacın üstte kalan yüzeyinin tamamen dallardan temizlenmesinden sonra standardizasyona uygun şekilde ölçülerek işaretlenmekte ve işaretli yerlerden motorlu testere ile kesilerek bölümlere ayrılmaktadır. Gerekirse tomruklar çevrilmekte ve alt kısmının dalları temizlenmektedir. Eğimin yüksek olduğu yamaçlarda alt kısımda tomruğun aşağı yuvarlanmasını engelleyecek kadar dal kesilmeden bırakılmaktadır.

Ağaçların kesilmesi ve dallarının budanması işleminin tamamlanmasından sonra, iğne yapraklı türlerde kabuk soyma işlemi yapılmaktadır. Uygulamada kabuk soyma işlemi çoğu kere, tomruklama işleminden sonra yapılmaktadır. Bu şekilde yapılmasının nedenleri;

- genellikle kesim işini yapan ekip ile soyma işlemi yapan ekibin farklı olması,
- aynı ekip tarafından soyma yapılsa bile, önce bir miktar kesim yapılarak motorlu testere ile çalışmanın bitirilmesi, sonra soyma işlemine geçilmesi,

- kesim işini alan kişilerin motorlu testerelelerinin olmayışı, bu nedenle motorlu testere kullanılarak yapılacak işlerin (kesme ve tomruklama) bir başka ekibe yaptırılması,

- önce kesim işleminin tamamlanması, hazırlanan yapacak emvalin belirli yerlerde toplanması ve sonra kabuk soyma işlemine devam edilmesi,

şeklinde gözlenmiştir.

Kısa boydaki ürünlerin soyulmasında genelde tek kişi çalışmakta, uzun boylu ürünlerin soyulmasında ise, bir kişi ya da daha çok kişi aynı gövde üzerinde çalışmaktadır.

Yukarıda açıklandığı şekilde bir ağacın kesim işi tamamlandıktan sonra diğer damgalanmış ağaca yürünmekte ve aynı işlemlere orada devam edilmektedir. Bazı durumlarda damgalı ağacın bulunması zaman almaktadır. Bu arada gerekirse motorlu testerenin yakıt, zincir gerginliği vb. kısa kontrolü yapılmaktadır.

Kesim sürecinin, üretim alanında yapılacak işlemlerinin tamamlanması sonucunda elde edilen ürünler, çeşitli boylarda bölümlenmiş tomruklar ile maden direği, tel direği ya da sonradan tomruklanacak ağaç gövdesi gibi yapacak vasıftaki gövde veya gövde parçalarından oluşmaktadır.

Kesim işinin ölçümü için kesim ekibi ile bizzat gezilmiştir. Yürüme mesafesi genelde her 10 m.de bir işaretin bulunduğu 50 m.lik bir ip ile bazen de 50 m.lik çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Ölçüler yatay yönde yapılmış, mümkün olmadığı durumlarda eğimli ölçülen mesafe eğim değerinden de yararlanılarak daha sonra yataya çevrilmiş ve etüt formuna kaydedilmiştir.

#### 2.4.1.2. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Yapılan Ölçümler

Kesim safhasının tamamlanmasıyla, ormanda hazırlanmış olan odun hammaddesinin orman yolu kenarına kadar çıkarılması safhası başlamaktadır. Bölmeden çıkarmada insan gücü, makine gücü ya da her ikisi birlikte kullanılmaktadır. Hayvan gücünden yararlanarak bölmeden çıkarma şekli bundan önceki yıllarda bazı yöreler için söz konusu iken, bugün artık terk edilmiş durumdadır.

Gözlemler sırasında, orman yolunun yukarı kısımlarındaki odun hammaddesi insan gücüyle arazi eğimi ve yer çekimi etkisinden de yararlanılarak orman yolu kenarına kadar çıkarılmaktadır. Bu sırada atma, yuvarlama, basit el araçlarından yararlanılarak kaydırma ya da bunların hepsi birlikte uygulanmaktadır. Bölmeden çıkarmanın insan gücü ile yapılması

sırasında, işin ilerleyişine göre belirli zaman periyotlarında yapılan iş miktarı ölçülmüştür. Ayrıca işi etkileyen mevcut şartlar yine her defasında kaydedilmiştir. Bunun için önce, kesim alanında sürütülecek olan ürünlerin cinsi, vasfı, boyutları ve hacmi kaydedilmiştir. Ayrıca çalışanların sayısı, arazi eğimi, hava durumu, bitki örtüsü, ölü örtü, taşlık, arazi engeli, kayganlık gibi güzergahtaki mevcut durum ile meşcere tipi, müdahale şekli, bakı, rakım vb. değerler de belirlenerek kaydedilmiştir. Çalışma başladıktan sonra, dinlenmek üzere mola verilmesi anında zaman değerleri ve yapılan iş miktarları, ayrıca sürütme sırasında belli yerlerde ürünlerin takılarak birikmesi ve bu engelin aşılması gibi durumlarda gerekli ölçümler ve zaman okumaları yapılarak kaydedilmiştir.

Motor gücünden yararlanarak bölmeden çıkarmada orman traktörleri ve mobil vinçli hava hatları kullanılmaktadır. Orman traktörleri ile bölmeden çıkarma çalışmaları, MB Trac 800 ve MB Trac 900 model orman traktörleri üzerinde yapılmıştır. Orman traktörleri ile bölmeden çıkarmada en yaygın uygulama, kablo çekimi suretiyle yolun aşağı kısımlarındaki odun hammaddesinin belirli mesafelerden orman yoluna kadar çıkarılması şeklindedir. Çalışma bölgelerinde sürütme yolları mevcut değildir. Sürütme şeritleri ise arazi eğiminin müsaade ettiği yerlerde kısmen mevcuttur.

DOİ'ne ait olan bu traktörlerden kira bedeli ödenerek yararlanılmaktadır. Traktörlerin hareketi ve tamburların çalıştırılması 1 adet operatör tarafından kumanda edilmektedir. Traktör tamburuna sarılı kablunun yükleme yerine götürülmesi, yükün hazırlanması, kabloya bağlanması, engele takılınca kurtarılması, çözülünce tekrar bağlanması işleri, üretim işinde çalışanlar tarafından yerine getirilmektedir.

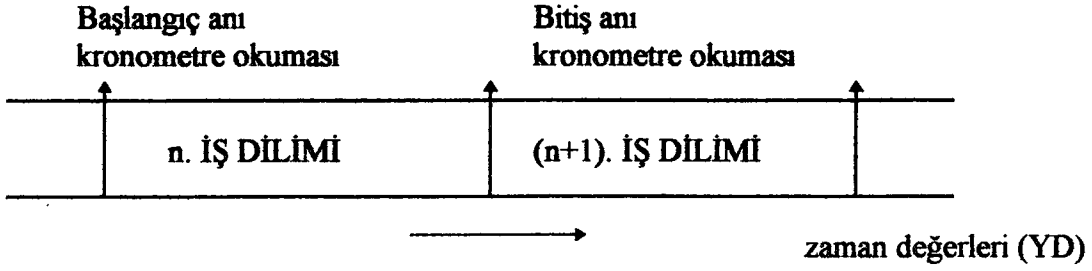
Orman traktörleri, orman yoluna kadar çıkarılan ürünleri, orman yolu üzerinde sürüterek veya tamburuna alıp taşıyarak boşaltma yerine kadar götürmektedirler.

#### 2.4.2. Değerlendirme Yöntemi

Gözlemler sırasında tespit edilerek etüt formlarına ve gerektiği hallerde ilave formlara kaydedilen bütün bilgiler değerlendirilmiş ve ek tablolar şeklinde verilmiştir. Kesim ve bölmeden çıkarma sürecinde çalışma üzerinde etkili olduğu varsayılan değişken değerleri *xii* şeklinde, iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri *yi* şeklinde ifade edilmiştir. *xii* şeklinde belirlenenler, etken faktörleri değişik birimlerle ifade etmektedir. Bunların bir kısmı gruplandırılmış halde, bir kısmı ise gerçek ölçü değerleri ile verilmiştir. Gerçek ölçü değeri

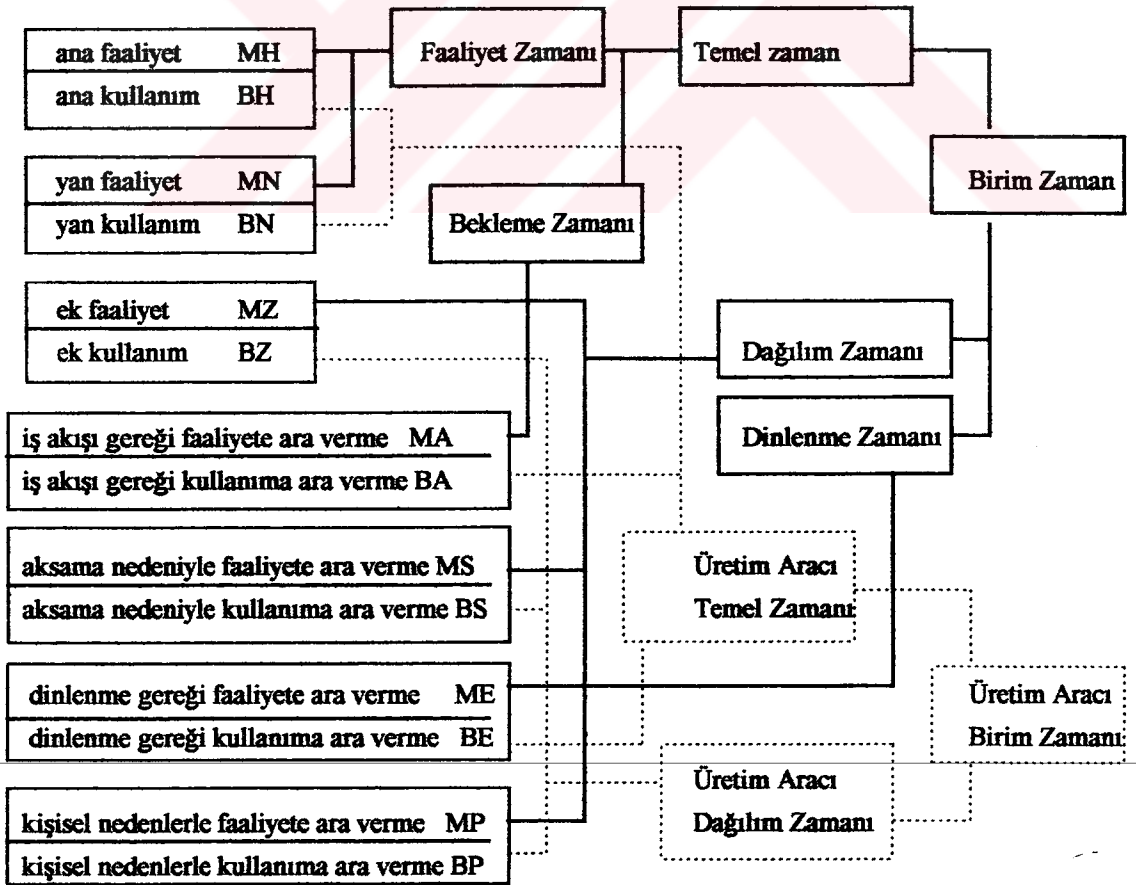
ile verilen bazı  $x_{ii}$  değişkenleri gruplandırıldığında  $a_{ii}$  şeklinde ifade edilmiştir.  $y_{ii}$  şeklinde belirlenen değişkenler, ilgili iş dilimi zamanını 1/100 dakika biriminden ifade etmektedir.

Zaman ölçümü, sürekli zaman ölçme tekniği ile yapıldığından bitiş okuması ile başlangıç okuması farkı alınıp, performans derecesi ile çarpımı sonucunda gerçek zamanlar hesaplanmıştır. Her iş dilimi için söz konusu olan olayın bir başlangıç anı ve bir de bitiş anı mevcuttur. Bir iş diliminin bitiş anı aynı zamanda izleyen iş diliminin başlangıç anıdır.



İş dilimi zamanı = bitiş anındaki ölçüm değeri - başlangıç anındaki ölçüm değeri

İş dilimlerinin analiz edilip gruplandırılmasında REFA standart programından yararlanılarak Şekil 15 oluşturulmuştur (85). Burada, insanın faaliyeti "M" ile, üretim aracının kullanımı "B" ile gösterilmiştir.



Şekil 15. İş Dilimlerinin Analiz Edilmesi ve Birim Zaman Hesaplanmasında Akış Şeması



Birim zamanların (BZ) hesaplanması şu şekilde yapılmaktadır (85):

Birim zaman = Temel zaman + Dinlenme zamanı + Dağılım zamanı

Temel zaman = faaliyet zamanı + bekleme zamanı

= (ana faaliyet + yan faaliyet) + akış gereği ara verme

Dinlenme zamanı = dinlenme gereği ara verme zamanı (diğer dinlendirici zamanlar çıkarıldıktan sonra temel zamanın %'si şeklinde hesap edilir.)

Dağılım zamanı = ek faaliyet + aksama nedeniyle ara + kişisel dağılım zamanı

Üretim aracı için dağılım z. = ek kullanım + kullanıma aksama nedeniyle ara verme  
+ kullanıma kişisel nedenlerle ara verme

#### 2.4.2.1. Kesim Sürecinde Değişkenlerin Değerlendirilmesi

Kesim sürecinde, kabuk soyma işlemine kadar yapılan gözlemler Şekil 12'de verilen etüt formuna kaydedilmiştir. Etüt formlarının değerlendirilmesinde, *xii* (x10-x37) şeklinde ifade edilen bağımsız değişkenlerin açıklanması ve *aii* şeklinde gruplandırılması aşağıda verilmiştir. Bu şekilde sınıflandırılan gözlem değerleri ile Ek Tablo 1 oluşturulmuştur.

x10: Gözlemlerin yapıldığı üretim alanının numarasıdır. Tablo 6'da verilmiştir.

x11: Yürüme yönü.

1: Aşağı doğru (eğim değeri - % 15'den daha büyük)

2: Yana doğru (+ % 15 ile - % 15 eğim sınırları arasında yürüme),

3: Yukarı doğru (+ % 15'den büyük eğimde) yürüme

x12: Arazi eğiminin % değeridir. a12 olarak gruplandırılmıştır,

1: Eğim % 33 ve daha küçük

2: Eğim % 34 - % 50 arasında

3: Eğim % 51 - % 70 arasında

4: Eğim % 71 ve daha büyük

x13: Diri örtü ve oranı.

1: Yok. Diri örtünün hiç bulunmadığı alanlardır.

2: Az diri örtü. Çapları 2 cm. ve boyları 1 m. civarında odunsu diri örtü ile kaplı alanlar ya da birbirine kenetlenmemiş böğürtlele kaplı alanları ifade etmektedir. Bu vasıftaki diri örtü, alanın % 25'den azını kaplaması durumunda, grup değeri 1 alınmıştır.

3: Orta yoğunlukta diri örtü. Çapları 5 cm.ye kadar ve boyları 1,5 m.den daha az olup çalışma alanını tamamen kaplamış veya daha büyük boyutlardaki diri örtünün küçük gruplar halinde alan üzerindeki dağılımını ifade etmektedir. Ayrıca bu vasıftaki diri örtünün alanın % 25'inden azını kaplaması durumunda, grup değeri 2 alınmıştır.

4: Yoğun diri örtü. Yürümeyi ve diğer çalışmaları oldukça etkileyen, çapı 5 cm., boyu 2 m. ve daha büyük olan diri örtü bu gruba dahil edilmiştir. Bu vasıftaki diri örtü,

alanın tamamına yayılmış olmasına rağmen yine de arada boşluklar mevcuttur. Alanın % 25'inden azını kaplaması durumunda grup değeri 3 alınmıştır.

5: Çok yoğun diri örtü. Yürümeyi ve diğer faaliyetleri tamamen engelleyen, içerisinde dolaşılması çok güç olan ve bu nedenle de böylesi alanlarda herhangi bir faaliyetin olabilmesi için diri örtünün temizlenmesinin gerektiği alanları ifade etmektedir.

x14: Ölü örtü, kayalık ve taşlık durumu.

1: Yok. Bu tür birikintilerin zeminde hiç olmadığını ifade etmektedir.

2: Orta derecede. Zeminde çok fazla engel olmayan küçük gövde, tepe ve dal artıkları ile seyrek olarak dağılmış kaya parçalarını ifade etmektedir.

3: Yoğun. Meşcere içerisinde önceden devrilmiş iri gövdeler, zeminin belli bir kısmını kaplamış kaya parçaları, vs.nin bulunan alanlardır.

x15: Arazi yüzeyi engeli ve oranı

1: çıkıntı ve çukurlukların hiç olmadığı arazi,

2: çıkıntı ve çukurlukların yükseklikleri 0,6-1,5 m. olan arazi,

3: yükseklikleri 1,5-3,0 m. olan engellerin bulunduğu arazi,

4: 3,0 m.den yukarı olan engellerin bulunduğu arazi,

5: Sarp alanlar, uçurumlar, çok büyük kaya kütesinin bulunduğu alanlar

x16: Ağaç dibi engeli.

1: Yok

2: Az

3: Orta

4: Çok

x17: Toprak ve zemin şartları.

1: Kuru zemin, kaygan olmayan iri taneli toprak,

2: Nemli zemin, yarı kaygan humuslu toprak

3: Islak ve kaygan zemin, ince taneli toprak,

x18: Hava hali.

1: Güneşli, açık ve az bulutlu hava,

2: Sisli, çok bulutlu ve serin hava,

3: Çiseli, sağanak yağışlı ve biraz da soğuk hava,

x19: Yürüme uzaklığı. Kesim işlemi tamamlanan ağaçtan diğer kesilecek ağaç arasındaki yatay uzaklığın m. olarak değeridir. a19 olarak gruplandırılmıştır.

1: 10 m. ve daha az

2: 11 m. - 30 m.

3: 31 m. - 50 m.

4: 51 m. ve daha çok

x20: Ağaç cinsi.

1: Geniş yapraklı ağaçlar (GYA)

2: İğne yapraklı ağaçlar (İYA)

x21: Ağaç türü.

11: Kn

12: Diğer geniş yapraklı ağaçlar (Kz, Ka, Ih, Kv)

21: L

22: Çs

23: G

x22: Ağaç vasfı.

- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1: Yaş, kovuk, çürük,  | 2: Yaş, sağlam,  |
| 3: Kuru, çürük, kovuk, | 4: Kuru, sağlam, |

x23: Kesme çapı. Ağacın kesildiği yerdeki çapın cm. olarak değeridir.

x24: d1.30 çapı. a24 olarak gruplandırılması yapılmıştır,

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1: 19 cm. ve daha küçük | 2: 20 cm. - 35 cm.       |
| 3: 36 cm. - 51 cm.      | 4: 52 cm. ve daha büyük. |

x25: DKGH. Kesilecek ağacın d1,30 çapına göre hesaplanan dikili haldeki kabuklu gövde hacminin m<sup>3</sup> olarak değeridir.

x26: Ağaç pozisyonu.

- |                           |                |                       |
|---------------------------|----------------|-----------------------|
| 1: Devirme yönüne eğimli, | 2: Normal dik, | 3: Başka yöne eğimli, |
|---------------------------|----------------|-----------------------|

x27: Motorlu testere sınıfı.

- |  |
|--|
| 1: Çok iyi (büyük ve yeni)                 |
| 2: İyi, (büyük-eski, orta büyüklükte-yeni) |
| 3: Orta, (orta büyüklükte-eski, küçük)     |

x28: Ağacın dikili haldeki boyu. a28 olarak gruplandırılmıştır,

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1: 15 m. ve daha küçük | 2: 16 m.-19 m.         |
| 3: 20 m.-23 m.         | 4: 24 m. ve daha büyük |

x29: Taç uzunluğu. Dalsız kısım uzunluğunun toplam boydan farkıdır. a29 olarak gruplandırılmıştır,

- |                       |            |                   |
|-----------------------|------------|-------------------|
| 1: 8 m. ve daha küçük | 2: 9-12 m. | 3: 13 m. ve büyük |
|-----------------------|------------|-------------------|

x30: Dallanma oranı. x29'un x28'e oranı şeklinde hesaplanmaktadır (x29/x28). a30 olarak gruplandırılmıştır.

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| 1: 0,30 ve daha küçük, | 2: 0,31 - 0,50        |
| 3: 0,51 - 0,70         | 4: 0,71 ve daha büyük |

x31: Taç formu. Bir ağacın, endüstriyel ürün elde edilebilen çatal sayısını adet olarak ifade etmektedir. Çatalsız gövde 1 olarak alınmış, diğer alternatiflerde çatal sayısı adet olarak kaydedilmiştir. 4'den fazla olanlar da 4 olarak alınmıştır.

x32: Dal yoğunluğu.

- |   |
|---|
| 1: Az (ince ve seyrek dallı),                                 |
| 2: Orta yoğunlukta (ince ve kalın karışık ancak seyrek dallı) |
| 3: Çok yoğun dallı (kalın ve sık dallı)                       |

x33: Gövdenin bölümlere ayrılması durumunda, bir gövdeden elde edilen bölüm sayısını adet olarak ifade etmektedir. a33 olarak gruplandırılmıştır.

- |                  |                |                  |
|------------------|----------------|------------------|
| 1: 4 ve daha az, | 2: 5 ve 6 adet | 3: 7 ve daha çok |
|------------------|----------------|------------------|

x34: Faydalı gövde uzunluğu. Kesilen ağaçtan elde edilen endüstriyel ürünün toplam olarak uzunluğudur. a34 olarak gruplandırılmıştır,

- 1: 12 m. ve daha az                      2: 13 -15 m.                      3: 16 -19 m.  
4: 20 - 23 m.                                5: 24 m. ve daha büyük

x35: Endüstriyel hacim (EH). Kesim işlemi tamamlanan ağaçtan elde edilen endüstriyel ürünün m<sup>3</sup> olarak değeridir.

x36: Kesim çapı ile göğüs yüksekliği çapı ilişkisi. d1,30 çapının kesim yeri çapına oranlanması şeklinde hesaplanmıştır (x36 = x24 / x23).

x37: Endüstriyel hacim ile dikili kabuklu gövde hacmi ilişkisi. EH değerinin DKGH değerine oranlanması şeklinde hesaplanmıştır. (x37 = x35 / x25).

Kabuk soyma işlemi ile ilgili ölçüm ve gözlemler Şekil 13'de verilen etüt formuna kaydedilmiştir. Etüt formlarının değerlendirilmesinde, *xii* (x40-x49) şeklinde ifade edilen bağımsız değişkenlerin açıklanması ve *aii* şeklinde gruplandırılması aşağıda verilmiştir. Bu şekilde sınıflandırılan gözlem ve ölçüm değerleri ile Ek Tablo 4 oluşturulmuştur.

x40: Gözlemlerin yapıldığı üretim alanının numarasıdır. Tablo 6'da verilmiştir.

x41: Kabuğu soyulacak olan İYA türü.

- 1: L    2: Çs    3: G

x42: Soyulacak ürün orta çapının cm olarak değeridir. TSE-1214'den yararlanılarak a42 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 12 cm ve küçük,                      2: 13 -19 cm.                      3: 20 - 29 cm.  
4: 30 - 39 cm.                                5: 40 - 49 cm.                      6: 50 cm. ve daha büyük

x43: Soyulacak ürün boyunun m. biriminden değeridir. a43 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 2 m. ve küçük,    2: 3 - 5 m.  
3: 6 - 8 m.    4: 9 m. ve daha büyük

x44: Soyulacak ürün hacminin m<sup>3</sup> olarak değeridir. a44 olarak gruplandırılmıştır,

- 1: 0,100 m<sup>3</sup> ve daha küçük                      2: 0,101 - 0,200 m<sup>3</sup>  
3: 0,201 - 0,400 m<sup>3</sup>    4: 0,401 - 1,000 m<sup>3</sup>  
5: 1,001 m<sup>3</sup> ve daha büyük

x45: Hesaplanan kabuk alanının m<sup>2</sup> olarak değeridir. a45 olarak gruplandırılmıştır,

- 1: 1,50 m<sup>2</sup> ve daha küçük                      2: 1,51 - 3,00 m<sup>2</sup>  
3: 3,01 - 4,50 m<sup>2</sup>    4: 4,51 - 10,00 m<sup>2</sup>  
5: 10,01 m<sup>2</sup> ve daha büyük

x46: Budaklı kısım uzunluğunun m. olarak değeridir.

x47: Budaklılık oranı. (x46/x43 oranı ile hesaplanır.) a47 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 0    2: 0,01- 0,40                      3: 0,41 - 0,80                      4: 0,81 ve büyük

x48: Budak yoğunluğu. (Bütün gövdeler için x45 alınmıştır.)

- 1: Az    2: Orta yoğunlukta                      3: Çok yoğun

x49: Kabuk soyma kolaylığı açısından ağaç gövdesi vasfı

- 1: yaş,    2: soluk, yarı kuru                      3: tam kuru

#### 2.4.2.2. Kesim Sürecinde İş Dilimlerinin Belirlenmesi

Yapılan gözlemler, ilk değerlendirmeye tabi tutulmuş, kesim sürecinde iş dilimleri belirlenmiş ve iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri hesaplanmıştır. Tomruklama işlemi bitirilinceye kadar iş dilimi zamanları  $y_{ii}$  ( $y_{11}$ - $y_{19}$ ) değişkenleri ile ifade edilmiş ve aşağıda açıklanmıştır. Hesaplanan zaman değerleri, iki kişilik çalışma ekibine ilişkin olup 1/100 dakika biriminden Ek Tablo 1'de verilmiştir. Her bir iş dilimine ait faaliyet zamanının bulunmasında, o iş dilimi ile ilgili olmayan faaliyetler için harcanan zamanlar çıkartılmıştır.

y11: Ağaç dibine yürüme zamanı. Her bir ağaç kesimi için, "yürüme başlangıcı-ağaç dibine varış zamanı" farkının alınmasıyla hesaplanan değerdir.

y12: Kesim hazırlığı zamanı. Yürüme faaliyeti biter bitmez hemen ağaç kesimine başlanmamaktadır. Ağaç dibine ulaşılması ile kesime başlayabilme zamanı arasında kalan, aletlerin bırakılması, elbise çıkarılması veya giyilmesi gibi faaliyetler ile devirme yönüne karar verilmesi sırasında geçen zamanlar hazırlık zamanı olarak değerlendirilmiştir.

y13: Kesim engelini giderme zamanı. Eğer ağaç dibinde çalışmayı engelleyiciler varsa bunların giderilmesi için harcanan zaman değeridir.

y14: Motorlu testere ile ağaç kesme zamanı. Devirme oyğunun açılması ve devirme kesişinin yapılması zamanı toplamından oluşmaktadır.

y15: Devirme faaliyeti zamanı. Devirme kesişi tamamlandığı halde kendiliğinden devrilmeyen ağacın devrilmesi faaliyetleri için harcanan zamandır.

y16: Takılan ağacı düşürme faaliyeti zamanı.

y17: Boş bekleme zamanı. Her bir ağacın düşürülmesinden sonra aynı ağaç üzerinde diğer işlemlere hemen başlanılmamaktadır. Burada geçen zamanlar veya daha önceden düşürülmüş bir ağaç üzerinde işlemler yapılacaksa çalışma öncesindeki kısa hazırlık zamanı  $y_{19}$  değişkeni ile ifade edilmiştir.

y18: Dal alma zamanı. Çalışanlardan birisi balta ile ince dalları, diğer çalışan motorlu testere ile daha kalın dalları keserek uzaklaştırması sırasında harcanan zamandır. y19:

Ölçme, işaretleme ve bölümlere ayırma zamanı. Çalışanlardan birisi, gövde üzerinde standartlara uygun ölçme ve işaretleme yaparken, diğeri de işaretli yerden motorlu testere ile kesip bölümlere ayırma işlemini yapmaktadır.

Her bir ağacın kesim işi tamamlanıncaya kadar söz konusu olan bu iş dilimlerinden bazıları birbiriyle birleştirilerek aşağıdaki gruplandırmalar yapılmıştır:

- Kesme ve devirmenin tamamlanması zamanı:  $y_{kd} = y_{14} + y_{15} + y_{16}$

- Motorlu testere çalıştırılması zamanı: Kesme, dal alma, tomruklama zamanlarının toplamından oluşmaktadır.  $y_{mt} = y_{14} + y_{18} + y_{19}$

- Gerçek çalışma zamanı:  $y_{ge} = y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{16} + y_{18} + y_{19}$

İYA türlerinde balta ile kabuk soyma işleminde, iş dilimi zamanları  $y_{21}$  ve  $y_{22}$  olarak ifade edilmiş ve aşağıda açıklanmıştır. Ölçülen zaman değerleri tek kişi çalışmasına ilişkin olup 1/100 dakika biriminden Ek Tablo 4'de verilmiştir.

$y_{21}$ : Tek kişinin balta ile aktif olarak kabuk soyma zamanı

$y_{22}$ : Kabuk soyma sırasında ürünün çevrilmesi, zorunlu hareket ettirilmesi ve tekrar sabitleştirilmesi için harcanan zamandır.

Dinlenme için ara verme zamanları, yemek molası, çay molaları ve uzun ara vermeler ayrıca belirlenmiştir. Çalışanların çalışma yeri sınırlarına kadar gelmeleri ve yine aynı yerden barınma yerlerine dönmeleri çalışma saati olarak kabul edilmemiştir. İşin yapılışı sırasında hava halinden dolayı oluşan gecikmeler hesaplamaların hiçbir safhasına dahil edilmemiştir.

#### 2.4.2.3. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sürecinde Değişkenlerin Değerlendirilmesi

Orman traktörleri ile kablo çekimi yapılarak ve yol üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılması sırasında yapılan gözlemler Şekil 14'da verilen etüt formuna kaydedilmiştir. Etüt formlarının değerlendirilmesinde,  $x_{ii}$  ( $x_{50}$ - $x_{72}$ ) şeklinde ifade edilen bağımsız değişkenlerin açıklanması ve  $a_{ii}$  şeklinde gruplandırılması aşağıda verilmiştir. Bu şekilde sınıflandırılan gözlem değerleri ile Ek Tablo 7 oluşturulmuştur.

$x_{50}$ : Gözlem yapılan üretim alanının numarasıdır. Tablo 6'da verilmiştir.

$x_{51}$ : Yüğü çekme yönü,

1: Aşağıdan yukarı doğru,

2: Yukarıdan aşağı

3: Yana doğru,

4: Karşı yamaçtan (önce 2, sonra 1).

$x_{52}$ ,  $x_{53}$ ,  $x_{54}$ ,  $x_{55}$ ,  $x_{57}$ ,  $x_{58}$  değişkenleri, kesim sürecindeki  $x_{12}$ ,  $x_{13}$ ,  $x_{14}$ ,  $x_{15}$ ,  $x_{17}$ ,  $x_{18}$  olarak ifade edilen değişkenlerin aynı sıradaki karşılığı olup bunların açıklanması

2.4.2.1. bölümünde yapılmıştır.

$x_{56}$ : Dikili gövde ve dip kütüklerin sıklığı,

1: Seyrek,

2: Orta sıklıkta

3: Sık

$x_{59}$ : Kablo çekim mesafesi (m. olarak).  $a_{59}$  olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 20 m. ve daha kısa                      2: 21 m.-50 m. arası,  
3: 51 m ve daha uzak mesafede (max.100 m.ye kadar)

x60: Çalışanların sayısını adet olarak ifade etmektedir.

x61: Yükün yol kenarına çekilmesi sırasında takılma sayısını ifade etmektedir.

x62: Yükün yol kenarına çekilmesi sırasında kablonun çözülme sayısıdır.

x63: Bir sefer yükünü oluşturan ürünlerin cinsini ifade etmektedir.

- 1: Geniş yapraklı ağaçlar (GYA),  
2: İğne yapraklı ağaçlar (İYA),  
3: GYA ve İYA karışık şekilde,

x64: Ürünlerin vasfı

- 1: yaş    2: kuru    3: karışık

x65: Yükün şekli

- 1: İnce çaplı materyal    2: tomruk  
3: bütün gövde    4: bütün ağaç

x66: Yükteki parça sayısı (adet olarak). a66 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: tek parça    2: 2 ve 3 parça    3: 4 ve daha çok parça

x67: Bağlama yeri.

- 1: kalın uçtan    2: ortadan    3: ince uçtan

x68: Bağlama çapı (cm. olarak). a68 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 30 cm. ve daha küçük,    2: 31-50 cm.,  
3: 51-80 cm.,    4: 81 cm. ve daha büyük

x69: Boy. Yükteki ürünlerin maximum boyu dikkate alınarak metre biriminden kaydedilmiştir. a69 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 2 m. ve daha kısa    2: 3 -6 m.    3: 7 m. ve daha uzun

x70: Sefer yükü hacmi. a70 olarak gruplandırılmıştır.

- 1: 0,500 m<sup>3</sup> ve daha küçük,    2: 0,501 - 1,000 m<sup>3</sup>  
3: 1,001 - 1,500 m<sup>3</sup>    4: 1,501 - 2,000 m<sup>3</sup>  
5: 2,001 m<sup>3</sup> ve daha büyük

x71: Traktörün bulunduğu yol genişlik olarak durumu.

- 1: yeterli    2: yetersiz

x72: Yol üzerinde sürütme mesafesi (m. olarak). a72 olarak gruplandırılmıştır,

- 1: 10 m. ve daha az    2: 11-30 m.    3: 31 m. ve daha fazla

#### 2.4.2.4. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sürecinde İş Dilimlerinin Belirlenmesi

Orman traktörleri ile kablo çekimi yapılarak bölmeden çıkarma sırasında belirlenen iş dilimleri ve iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri  $y_{ii}$  (y51-y61) değişkenleri ile ifade edilmiş

ve aşağıda açıklanmıştır. Hesaplanan zaman değerleri, 1/100 dakika biriminden Ek Tablo 1'de verilmiştir.

y51: Traktörün hazırlanma zamanı. Traktörün yol üzerinde hareketle yükünü boşaltıp yerleştirdikten sonra tekrar kablo çekimi için hazırlanması sırasında harcanan zamanlar da y51 olarak kaydedilmiştir.

y52: Kablonun serbest ucunun yükleme yerine götürülmesi zamanı.

y53: Kablonun serbest ucunun yüke bağlanması zamanı.

y54: Yükün yol kenarına kadar çekilmesi zamanı (duraklamalar dahil değildir).

y55: Yükün yol kenarına çekilmesi sırasında engele takılması ve çekimin durdurulması durumunda bu takımları gidermek için harcanan zaman,

y56: Yükün çekilmesi sırasında engele takılarak kablonun çözülmesi durumunda, kablonun tekrar bağlanması ve bu engelin giderilmesi için harcanan zaman

y57: İlk hamlede yol üzerine çıkarılmayan yükün, yol üzerine alınması için harcanan zaman,

y60: Kablonun çözülmesi ve yükün boşaltılması zamanı

y58: İş dilimleri arasında söz konusu olan zorunlu bekleme zamanlarının toplamıdır.

y59: Yükün yol üzerinde uygun bir yere kadar traktör tarafından sürütülmesi zamanı

y61: İlk hamlede yerleştiremeyen ürünlerin yerleştirilmesi için harcanan zamandır.

Bunlardan başka, traktörün işyerini değiştirmek için yol üzerinde hareket zamanı, yemek ve ihtiyaç molası verme zamanları ile çeşitli tamirat ve bakım için harcanan zamanlar ayrıca değerlendirilmiştir.

Ayrıca, bazı iş dilimlerinin birleştirilmesiyle;

- Traktörün aktif olarak çalıştırılma zamanı,  $y_{tr} = y_{51} + y_{54} + y_{57} + y_{59} + y_{61}$

- Yol üzerinde sürütme dikkate alınmadığında, sadece kablo çekimi için gerçek çalışma zamanı,  $y_{ge} = y_{52} + y_{53} + y_{54} + y_{55} + y_{56} + y_{60}$

- Toplam faaliyet zamanı,  $y_{fa} = y_{tr} + y_{52} + y_{53} + y_{54} + y_{55} + y_{56} + y_{60}$

şeklinde çalışma gruplarının zamanları belirlenmiştir.

#### 2.4.3. Matematik İstatistik Yöntemler

Değişik özelliklere sahip çalışma alanlarında çalışma verimi üzerinde etken olan çok sayıda değişken söz konusudur. Her bir değişken de kendi içerisinde farklı gruplardan



oluşmaktadır. Böyle bir durumda, matematik-istatistik metotlardan yararlanarak, benzer özellikleri ifade eden değişkenler birleştirilmiş ve böylece değişken sayıları azaltılmıştır. Bunun için tek girişli varyans analizleri uygulanmıştır. Belli bir iş dilimini etkilemede gruplar arasında farkın olup olmadığı grup ortalamalarına Duncan testi uygulanarak araştırılmış, aralarında fark görülmeyen gruplar birleştirilerek yeni bir gruplandırma yapılmıştır. Bazı hallerde gözlem değerleri aynen alınmıştır.

İstatistiki değerlendirmeler;

- ortalama ve sapmaların hesaplanması,
- her bir iş dilimi için harcanan gerçek zaman ya da birim zaman değeri üzerinde etken olan değişkenlerin araştırılması (varyans analizi)
- değişkenler arası ilişkilerin araştırılması (korelasyon analizi)
- bağımsız değişkenlerin iş dilimlerinde harcanan zaman değeri üzerindeki etkisinin belirlenmesi (çoğul regresyon analizi)
- gözlem değişkenlerinden en etken olanlarının araştırılması (faktör analizi)

şeklinde yürütülmüştür.

Ek Tablo 1, 4 ve 7'de verilen gözlem ve ölçüm değerlerinin değişkenlere göre ve değişken gruplarına göre frekans dağılımları oluşturulmuş, her bir gruba ait gözlem sayısı adet ve % olarak belirlenmiştir. Ayrıca ölçüm değerlerinin aritmetik ortalaması ve standart sapması hesaplanmış, maksimum ve minimum değerleri belirlenmiştir.

İş dilimi zamanları üzerinde farklara sebep olan etmenler çok sayıda olup bunların hepsinin etkileşimini incelemek mümkün olamadığından, bu etmenler teker teker ele alınarak tek girişli yani ikili varyans analizi uygulanmıştır. Hesaplanan F değeri, tablo değeri ile karşılaştırılmış (% 95 güven düzeyinde ve hesaplanan serbestlik derecesinde) değişken gruplarının istatistiki olarak farklılığa yol açıp açmadığı incelenmiştir.  $F_{hesap} > F_{tablo}$  olması durumunda gruplar arasındaki farkın tesadüfi olmayıp önemli bir nedene dayandığı yargısına varılmış, bu durumda her grubun aritmetik ortalaması karşılaştırılmış, farklılığa neden olan gruplar belirlenmiştir. Bu karşılaştırmada, gruplardaki örnek sayısının farklı olması nedeniyle Scheffe testi uygulanmıştır (86, 87).

Varyans analizi sonuçlarına göre gruplar arasında önemli fark çıktığı halde, gerçekte bunun anlamsız çıkması gereken durumlar da söz konusudur. İstatistiki anlamda, gruplar arasındaki farkın tamamen tesadüfe mi dayandığı, yoksa başka bir grup değerleriyle çakıştığından mı ortaya çıkmış olduğunun araştırılması için korelasyon analizi uygulanmıştır.

Çünkü, araştırılan iş dilimine ait zaman değeri üzerinde sadece ele alınan değişkenin dışında başka değişken ya da değişkenlerin etkisi söz konusu olabilir. Ayrıca değişkenlerin birlikte aynı yönde veya ters yönde etkileşimi de olabilir.

Bağımsız değişkenler ( $x_{ii}$ ) ile iş dilimlerindeki zaman değerleri ( $y_{ii}$ ) arasındaki ilişkinin modellenmesi, ilişki derecesinin, fonksiyonel tipinin ve değişken katsayılarının belirlenmesi için çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Oluşturulan regresyon eşitlikleri için; ilişki katsayısı (R-sq), standart hata (SE) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri ile değişkenler arasındaki otokorelasyonun belirlenmesinde Durbin-Watson istatistik değeri (D) hesaplanmıştır. Kademeli seçimlik çoğul regresyon analizi uygulandığından, t testi ve F testi sürekli uygulanarak % 95 güvenle eşitlikte yer alabilen bağımsız değişkenler seçilmektedir. Bu şekilde, aynı  $y_{ii}$  değerini hesaplamaya yarayan birden çok eşitlik oluşturulmuştur. İstatistiki olarak bunların en uygun olanının seçilmesinde;

- R-sq değeri 0,5'den büyük olmak koşulu ile 1'e yakın olması,
- denklemin standart hatasının (SE değerinin) küçük olması,
- ortalama sapmaların (MAE değerinin) küçük olması,
- değişkenler arasında otokorelasyonun en az olması, (D değeri 2'ye yakın)
- hata dağılımlarının homojen olması,

koşulları uygulanmıştır (86, 88, 89). İlgili yerlerde, bu koşullara uygunluk araştırılırken bunlardan KALIP1 olarak söz edilecektir.

Çok sayıdaki değişkeni az sayıda birkaç ortak faktör ile kavramak, yani F kuramsal değişkenleri halinde birleştirmek, F kuramsal değişkenlerinin yeterliğini ölçmek amacıyla faktör analizi uygulanmıştır. Bunun için faktör yükleri hesaplanmakta ve ortak faktörler belirlenmektedir. Bir faktörün ortak sayılabilmesi için; en az iki faktör yükünün 0,30 dan büyük olması, varyansa katılma miktarının birim varyans olan 1'den büyük olması ve varyansa katılma yüzdesinin % 10'dan fazla olması gerekmektedir (86).

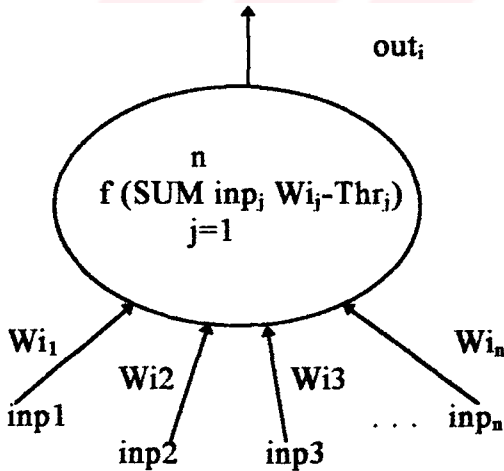
Yukarıda sıralanan metotlar, problemlerin çözümünde yararlanılan istatistiki metotlar olup, ilişkilerin belli kurallar içerisinde olduğu varsayımından hareket edilen yaklaşımlardır. Ancak son yıllarda karmaşık olayların söz konusu olduğu sistem davranışlarının incelenmesinde, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden de faydalanılarak farklı metotlar ve bu metotların farklı problem çözüm teknikleri geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, yapay zeka uygulamaları, vb. bu tekniklerden bazılarıdır.

#### 2.4.4. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)

Yapay sinir ağları (ANN), insan beyninin biyolojik çalışmasını açıklamak amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Bir yapay sinir ağının üç ana unsuru vardır ki bunlar; sinirler (nöronlar), bağlar ve öğrenme kurallarıdır (90).

Nöron, biyolojik sinir sistemine teorik olarak yaklaşılmış basit bir aygıttır. Nöronlar, girdi, çıktı ve ara katman nöronları olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Girdi tabakasındaki her nöron (inp), aynı anda diğer nöronlardan veya dış dünyadan sinyaller alır ve işleme sokar, girdi sinyallerine, bağlantı tartılarına ve aktivasyon fonksiyonuna bağlı olarak bir tane çıktı sinyali üretir. Çıktı nöronları (out), dış dünyaya çıktı gönderen nöronlardır. Girdi ve çıktı nöronları arasındaki nöronlar ise ara katman nöronları (hid) olarak bilinirler. Bir yapay sinir ağı topolojisi kurulurken, girdi sayısı kadar girdi katmanı nöronu ve çıktı sayısı kadar da çıktı tabakası nöronu oluşturulur (Şekil 16). Ara tabaka için nöron sayısı denemelerle tespit edilir (90, 91).

Aktivasyon fonksiyonunun amacı, çıktıyı önceden belirlenmiş bir aralıkta sınırlandırmaktır. Dört tip aktivasyon fonksiyonu vardır. Bunlar, lineer fonksiyon, lineer olmayan fonksiyon, step fonksiyon, sigmoid fonksiyondur. Bu çalışmada kullanılan aktivasyon fonksiyonu sigmoid fonksiyondur.



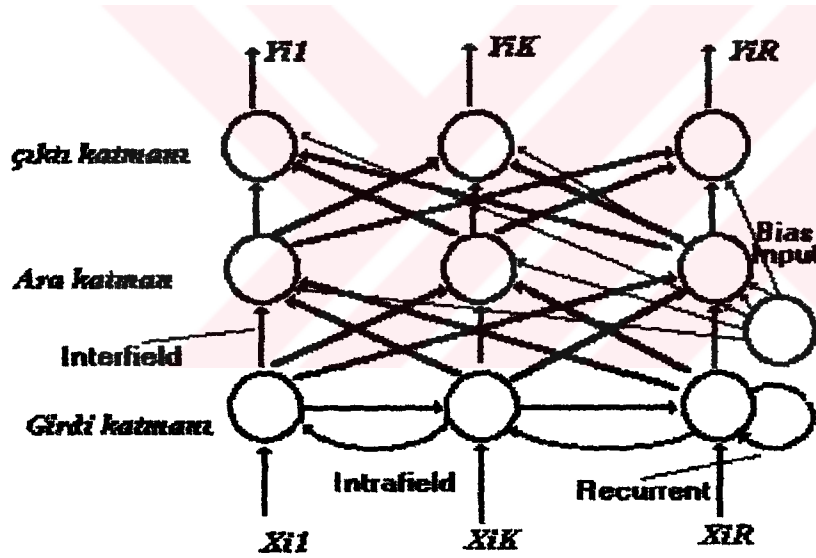
$inp_j$  = j. nörondan gelen girdi sinyali  
 $W_{ij}$  = j'den i'ye bağlantı tartısı  
 $Thr_i$  = i. nöronun başlangıç değeri  
 $out_i$  = i. nöron çıktı sinyali  
 $f(..)$  = aktivasyon fonksiyonu

Şekil 16. Bir Nöronun Topolojisi

Bağlantılar, sinirsel ağ mimarisinin bir parçasıdır ve bir nörondan diğerine ve hatta kendisine sinyal yönlendirir. Her bir bağlantı elemanına bir tartı değeri atanmıştır. Yapay

sinir ağlarında öğrenme, tartılar matrisinde değişiklik yapmak şeklinde tanımlanır. Supervised ve unsupervised öğrenme şeklinde iki grupta sınıflandırılabilir. Supervised öğrenmede, sinir ağını eğitmek için girdi vektörleri ile ilişkili çıktı vektörleri kullanılır. Ağın tartı vektörü, toplam hata vektörü  $\epsilon$  oluncaya kadar güncellenir. Bunun farklı teknikleri söz konusudur. Unsupervised öğrenmede bir öğretmen bulunmaz, yalnızca bölgesel ve içsel kontrolle sonuçlar doğrulanır.

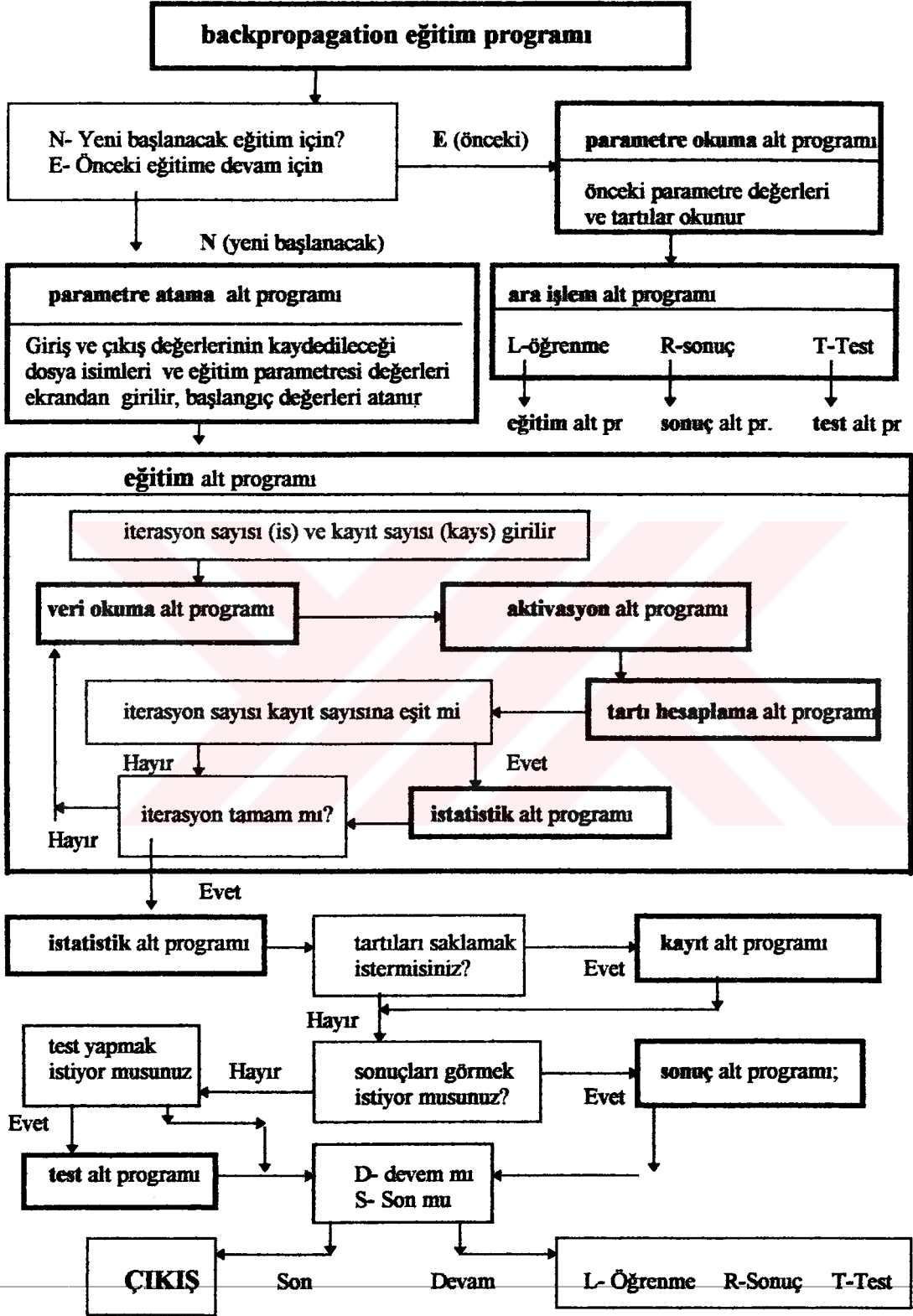
Yapay sinir ağlarının eğitim setinin kurulmasında, backpropagation (BP), ART vb. çeşitli prosesler uygulanmaktadır. Bunlardan BP prosesi, bir supervised öğrenme şeklidir. BP eğitim setinde çıktı katmanındaki çıkış nöronlarından, gerçek değerler tanınır. Ara katmandaki nöronlarla gerçek çıkış değerini tanıma mümkün değildir. Tartuların belirlenmesinde "generalized delta rule" olarak bilinen teknik kullanılmaktadır. BP eğitim setinin genel yapısı Şekil 17'da verilmiştir.



Şekil 17. Backpropagation Eğitim Setinin Mimarisi

Bu çalışma kapsamında BP prosesi kullanılarak yapay sinir ağları eğitilmiştir. Eğitim modelinin genel akış şeması Şekil 18'de verilmiştir. Akış şeması verilen modelin uygulanması ile ilgili açıklamalar ve aşamalar aşağıda verilmiştir.

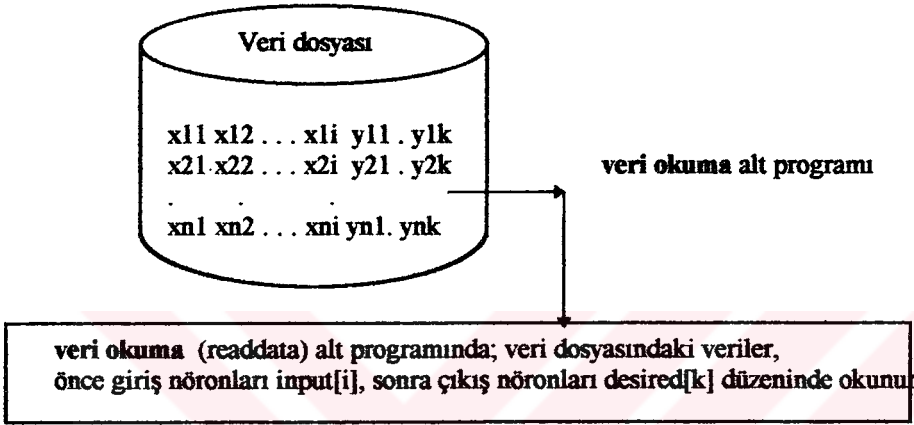
- İlk önce, eğitimi yapılacak olan iş safhasına ait veri dosyaları hazırlanmıştır. Bütün değerler 0 ile 1 arasında olacak şekilde işleme tabi tutulmuştur.



Şekil 18. Backpropagation Eğitim Programının Akış Şeması

- Bütün verilerin yaklaşık 2/3'ü eğitim dosyası olarak hazırlanmış, kalan veriler test dosyası olarak ayrılmıştır. Test dosyasındaki veriler, eğitim sonucu ulaşılan tartıların test edilerek öğrenmenin gerçekleşip gerçekleşmediğinin anlaşılmasında kullanılmıştır.

- Veri dosyasında önce etken faktörler (xii) giriş katmanı nöronları (inpn) olarak sıralanmış, son sütunda zaman değeri (yii) çıkış katmanı nöronu (outn) olarak yer almıştır (Şekil 19). Bu durumda giriş katmanı nöronları her modelde farklı sayıdadır.



Şekil 19. BP Eğitim Programı İçin Veri Dosyasının Hazırlanması ve Verilerin Okunması

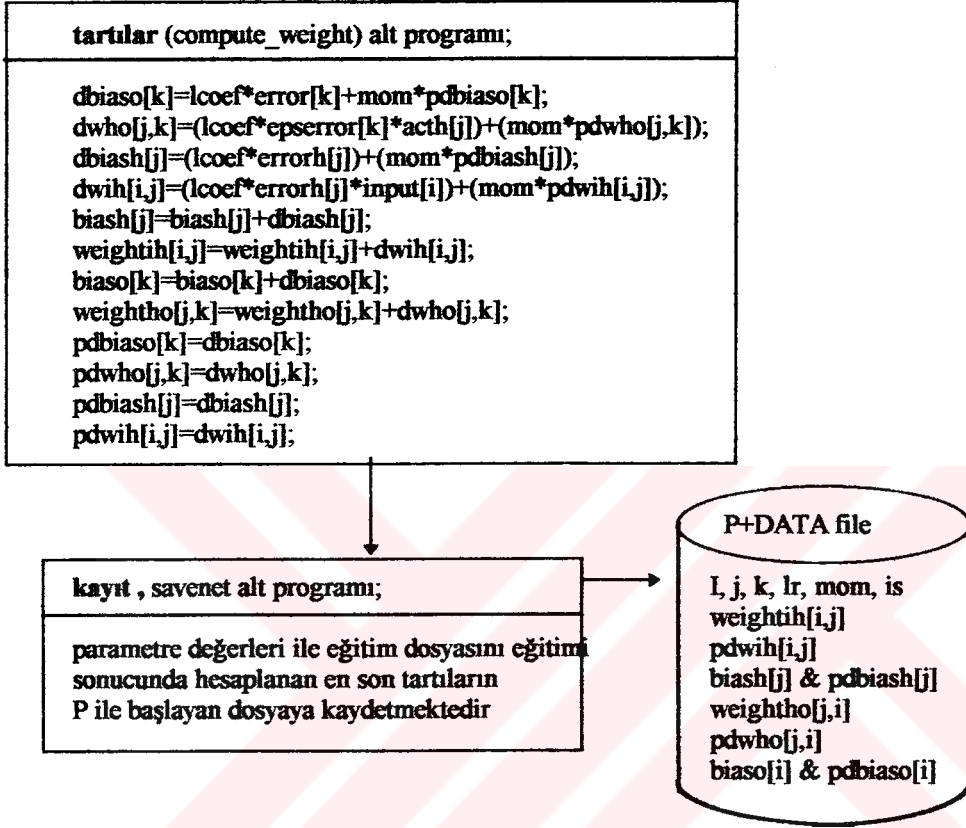
- Eğitime yeni başlanıyorsa başlangıç parametreleri atanır, önceden oluşturulmuş model devam ettirilecekse önceki parametreler okunur.

- Ara katmandaki nöron sayısı (hidn), öğrenme oranı (lr), momentum değeri (mom) isteğe bağlı olarak olarak değiştirilerek alternatif modeller oluşturulmaktadır (lr ve mom değerleri 0-1 aralığında alınmaktadır).

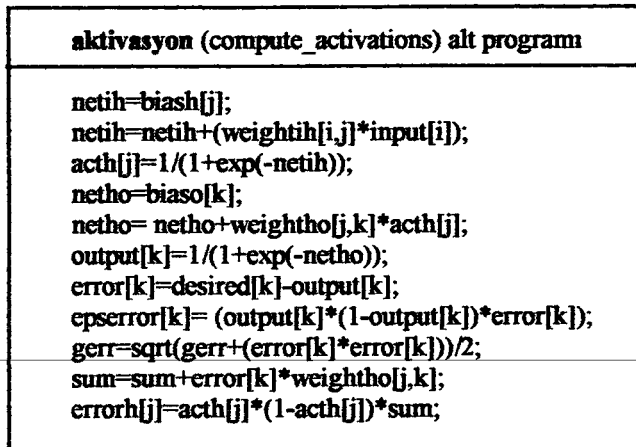
- Belirlenen bu alternatiflerle bir dosyanın eğitimi için, ön denemeler yapılmak üzere, iterasyon sayısı (iter) yaklaşık 100.000 ile 200.000 arasında ekrandan girilmektedir. Veri dosyasından okunan veriler kullanılarak Şekil 20'de verilen tartı belirleme alt programı, iterasyon sayısı kadar tekrar ettirilerek yeni tartılar belirlenmektedir.

- Eğitim devam ederken belirli sayıda iterasyon tamamlandıkça, istatistiki kontroller yapılarak eğitimin seyri incelenmektedir. Bunun için, en son ulaşılan tartılar kullanılarak Şekil 21'de verilen sonuç hesaplama alt programı ile hesaplanan çıkış nöronu değerleri ile gözlem değeri (yii) arasında en büyük fark (ENB), ortalama mutlak fark (MAE) ve standart fark (SE) değerleri hesaplatılmaktadır.

- Ön denemelerden sonra istatistiki değerlerin giderek azaldığı gözlenen yapay sinir ağı modelinin eğitimine, iterasyon sayısı artırılarak devam edilmiştir. Buradaki kural; çıkış değeri ile gözlem değeri arasındaki farkın en aza indirilinceye kadar eğitime devam edilmesidir.



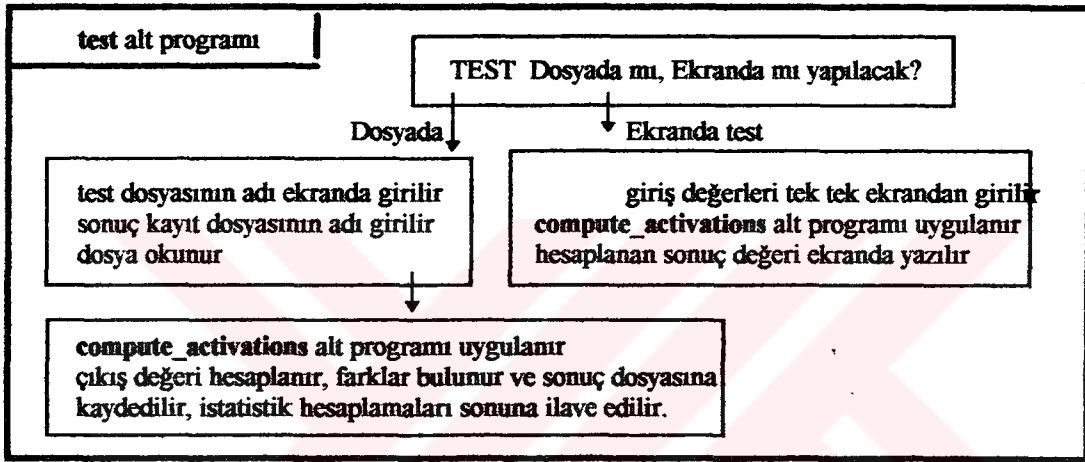
Şekil 20. BP Eğitim Programında Tartıların Belirlenmesi ve Kaydedilmesi



Şekil 21. BP Eğitim Programında Çıktı Katmanı Nöronunun Hesaplanması

- Zaman zaman, test dosyasına aktarılan verilerle sonuçlar hesaplatılmakta, eğitim için kullanılan veri dosyasının ezberlenmiş olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğitim sonuçlarının test edilmesi Şekil 22'de verilen alt program ile gerçekleştirilmektedir.

- İterasyon tamamlandıca, modelin parametreleri, en son ulaşılan tartılar, istatistiki kontrol değerleri ve hesaplanan sonuç değerleri ayrı ayrı dosyalara kaydedilerek saklanmıştır. Parametre ve tartıların kaydedilme sırası ise Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 22. BP Eğitim Programında Tartıların Test Edilmesi

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile kesim sürecine ve traktörlerle bölmeden çıkarma sürecine ilişkin, iş dilimleri gerçek zamanları ve birim zamanların hesaplanmasına yönelik yapay sinir ağı (ANN) modelleri aşağıdaki iş dilimleri için oluşturulmuştur:

Kesim sürecinde;

- kesilecek ağaçlar arasında yürüme,
- motorlu testere ile ağaç kesme,
- balta ve motorlu testere ile dal budama,
- kesim sürecinde motorlu testereyi aktif olarak çalıştırma,
- sadece kesme ve devirme işleminin yapılması (1.tip çalışma şekli),
- kesme, devirme ve dal budama işlemlerinin yapılması (2.tip çalışma şekli),
- kesim işleminin tamamlanması (3.tip çalışma şekli),
- balta ile kabuk soyma işlemi (hacim esas alınarak, kabuk alanı esas alınarak),



Orman traktörleri ile bölmeden çıkarma sürecinde;

- çekme kablosunun serbest ucunun boş olarak yükleme yerine götürülmesi,
- çekme kablosuna yükün bağlanması,
- çekme kablosunun yüklü olarak çekilmesi (yükün yola kadar çekilmesi)
- traktörle yol üzerinde sürütme,
- yükün yol kenarına boşaltılması ve yerleştirilmesi.
- traktörle bölmeden çıkarma işleminin bir sefer için tamamlanması,
- traktörle bölmeden çıkarma işleminin 1 metreküp için tamamlanması,
- yol üzerinde sürütme işlemi dikkate alınmadan, 1 m<sup>3</sup> ürünün, 1 m. mesafe için kablo çekimi yapılarak bölmeden çıkarılması.

Kesim ve traktörlerle bölmeden çıkarma sürecine bütün bu iş dilimleri için gerçek zaman ve birim zaman hesaplanmasına yönelik ANN modeli belirlemek amacıyla, yaklaşık 33 adet (alternatifleri ile 250 adet) farklı yapay sinir ağı modeli eğitilmiştir. Bu işlemler, yüksek performanslı bilgisayar kullanımını gerektirmektedir. Bir örnek olarak vermek gerekirse, PC 486-DX'lerde sadece bir alternatif modelin eğitimi (inpn=18, outn=1, hidn=35, iter=1.500.000) 22 saatte gerçekleşmiştir. Aynı alternatifin PC Pentium 100'lerdeki eğitim süresi 2,7 saattir. 1 iş dilimi için yapay sinir ağı modelinin eğitiminin tamamlanması, dosya hazırlığı ile birlikte, PC Pentium 100 bilgisayarlar kullanılarak, ortalama 15 saatlik çalışmayı gerektirmektedir.

#### 2.4.5. Benzetim (Simülasyon) Tekniği

Benzetim; önerilen veya gerçek dinamik bir sistemin modellenmesi ve zaman içindeki davranışın gözlenmesi işlemidir. Benzetim çalışmalarına, sistemin tüm önemli durumlarını temsil eden bir modelin kurulması ile başlanır. Geçerli bir model kurulduktan sonra deneyler kısmı başlar. Benzetim genellikle mevcut olmayan veya pahalı ve zor gerçekleştirilebilecek sistemlerin denenmesine olanak sağlar. Benzetim çalışması problem çözmede son derece güçlü bir yardımcıdır. Çünkü, karmaşık yapıdaki gerçek sistemlerin analitik olarak incelenerek matematiksel modelinin kurulması oldukça güçtür. Ayrıca benzetim, aşağıda verilen faydaları sağlar (92):

- Yeni parametrelerin veya yeni çalışma koşullarının denemesine imkan sağlar.
- Alternatif çözümlerin birbiri ile karşılaştırılmasını mümkün kılar.

- Gerçek sistemin bozulmadan, tehlikeye atılmadan denenmesini sağlar.
  - İncelenen sistemin farklı zaman akışlarında ele alınması mümkündür .
- Sürekli, süreksiz ve hibrid (karma) olmak üzere üç tür benzetimden söz edilebilir.

Süreksiz sistemler benzetiminde üç temel yaklaşım vardır. Bunlar olay programlama, faaliyet arama ve proses etkileşimidir. Benzetim dilleri bu üç temel yaklaşımdan birini ya da birkaçını kullanırlar (104, 105).

SIMAN benzetim dili her üç modelleme yaklaşımını kullanmaktadır. SIMAN modelleme yapısı sistem modeli ve deneysel çatıyı içeren iki alt kısma ayrılır. Sistem modeli ele alınan sistemin statik ve dinamik karakteristiklerini (sistemde geçen olaylar), deneysel çatı ise model çalıştırıldığında alınacak sonuçları belirleyen deneysel koşulları içerir. Bu sayede aynı sistemin değişik şartlar altındaki benzetim koşulları, çoğu kez, sadece deneysel çatının değiştirilmesiyle sağlanabilir. Model ve deney çatısı altında SIMAN benzetim programı kullanıcıya, modelin durum değişkenlerini ve olay zamanlarını verir. SIMAN yazılımı, dört veri dosyasıyla etkileşimli olarak aşağıdaki adımları gerektirmektedir (93, 94). Bu aşamalar Şekil 23'da gösterilmiştir.

- Herhangi bir editörden oluşturulan model, MODEL.EXE adlı programla derlenerek model dosyası adı verilen bir dosya oluşturulmuştur.

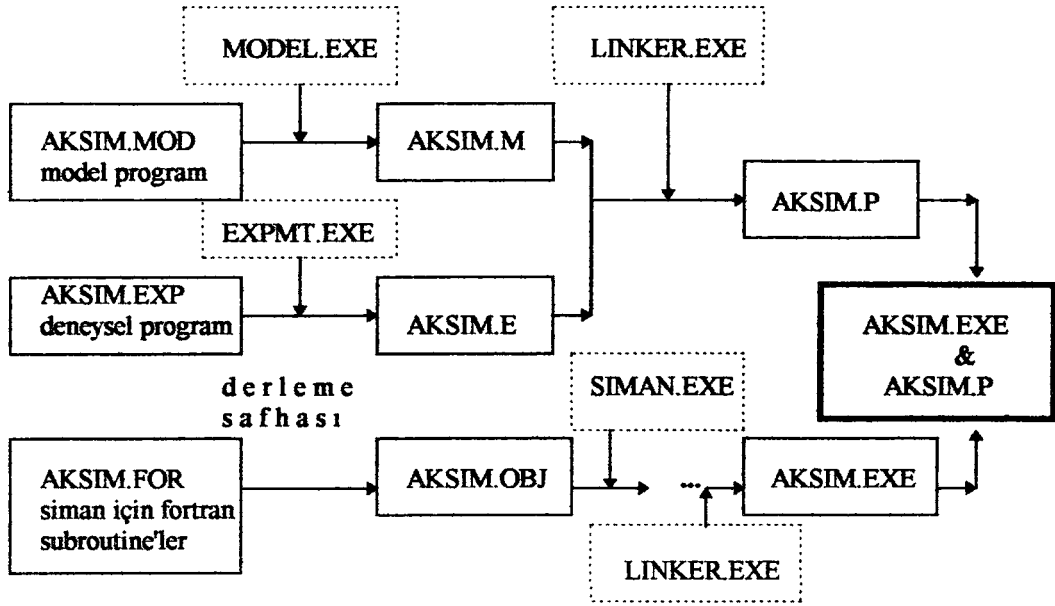
- Aynı şekilde deney, EXPMT.EXE adlı programla derlenerek deney dosyası adı verilen dosya oluşturulmuştur.

- LINK işlemcisi bu dosyaları birleştirerek SIMAN benzetim programı tarafından çalıştırılacak dosyayı oluşturmuştur.

- Program dosyası, SIMAN işleyicisi tarafından çalıştırılacak sonuçları çıktı dosyasına aktarmaktadır. Sistem modeline yazılmış olan FORTRAN alt programları da benzetim koşulundan önce derlenmiş ve ana program tarafından kullanılabilir duruma getirilmiştir.

Odun hammaddesi üretiminde kesilecek ağaçlar, kesim işçileri ve aletleri gezen birimdir. Gezen birimler sistemdeki olaylarda yer almakla birlikte sistemin statüsünü de değiştirebilmektedirler. Sistem statüsü, sistem değişkenleri ve gezen birim özellikleriyle ifade edilir. Değişkenler, tek veya herhangi bir gezen birimle ilgili olmayan, fakat sistemin genel halini gösteren karakteristiklerdir.

Kesim sürecinin ve traktörlerle bölmeden çıkarma sürecinin benzetimi için oluşturulan modelin akış şeması 5.bölümde verilmiş ve seçilen arazi modeli üzerinde uygulanmıştır. Bu programlar FORTRAN'da yazılmış alt programları da içermektedir.



Şekil 23. Siman IV Programlama Modelinde AKSIM Benzetim Programının Hazırlanması

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Kesim Sürecine İlişkin Bulgular

##### 3.1.1. Ölçüm ve Gözlemlerin Değişken Gruplarına Göre Frekans Dağılımları

Kesim süreci, ormanda kesilecek ağaç dibine kadar yürüme, kesim öncesi hazırlık, çalışma engelini giderme, motorlu testere ile kesme, devirme, takılan ağacı düşürme, dal alma, tomruklama ve iğne yapraklı ağaç türlerinde kabuk soyma işlemlerinden oluşmaktadır. Kesim sürecinde iki kişilik işçi ekibinin çalışması esas alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Ancak kabuk soyma işleminde tek kişilik çalışma esas alınmış ve ayrıca değerlendirilmiştir.

Kesim sürecinde, kabuk soyma işlemine kadar yapılan gözlemler Ek Tablo 1'de verilmiştir. Kesim sürecine ilişkin bütün bulgular Ek Tablo 1'de verilen değerler esas alınarak yapılmıştır. Yapılan gözlemlerin değişkenlere göre ve değişken gruplarına göre gerçek ve nispi frekans dağılımları oluşturularak Tablo 7'de verilmiştir. GYA ve İYA için sadece nispi frekanslar verilmiştir. Ayrıca, gruplandırılmış değişkenlerin grup orta değerleri ile ilgili değişken grubuna giren gözlemlerin yürüme mesafesi ve hacim değerlerinin ortalamaları hesaplanarak Tablo 7'de verilmiştir. Bu tablo, kesim işine ilişkin gözlemlerin hangi koşullarda yapıldığını yansıtmaktadır.

##### 3.1.2. Ölçüm Sonuçlarına İlişkin Ortalama Değerlerin Hesaplanması

Ek Tablo 1'de verilen gözlem değerleri hakkında genel bir fikir vermek açısından, ölçüm yapılan değişken değerlerinin aritmetik ortalamaları, maksimum ve minimumları ile standart sapmaları hesaplanarak Tablo 8'de verilmiştir. Gözlem değerlerinin birbirinden farklı alanlarda ve farklı çalışma koşullarında elde edilmiş olması nedeniyle tablodaki standart sapma değerinin büyüklüğü dikkat çekmektedir.

Zaman değerlerini kıyaslanabilir duruma getirmek için her iş dilimini ve dolayısıyla toplam çalışma zamanını birim zaman cinsinden ifade etmek gerekir. Birim zaman olarak, yapılan işin birimi olan 1 m<sup>3</sup> ürün hacmi için harcanan zaman esas alınmıştır. Ancak kesim sürecinde iki türlü hacim söz konusudur.

Tablo 7. Kesim Sürecine İlişkin Gözlem Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Sayısal ve % Olarak Ayrımı, Her Değişken Grubunun Yürütme Mesafesi ve Dikili Kabuklu Gövde Hacmi (DKGH) Ortalamaları

değişken adı	değişken grupları	grup ort.	gözlem sayısı	den az %	den çok %	GYA %	IYA %	y.mes ort. m.	DKGH ort. m <sup>3</sup>	değişken adı	değişken grupları	grup ort.	gözlem sayısı	den az %	den çok %	GYA %	IYA %	y.mes ort. m.	DKGH ort. m <sup>3</sup>	
																				adet
x11 yürütme yönü	1 aşağı		47	28	100	24	31	35	2,24	x24	-19	14	14	10	100	7	9	13	1,11	
	2 yana		78	46	74	50	45	28	1,49	d1,30	20-35	27	39	30	40	27	27	22	3,32	
	3 yukarı		43	26	100	26	24	32	2,03	çapı cm.	36-51	41	69	36	76	37	39	34	1,52	
x12 yamaç eğimi %	-33 %	28	7	100	1	11	21	21	1,38	çapı cm.	52-	61	44	24	100	29	26	38	4,03	
	34-50 %	43	50	93	29	31	32	32	1,94	x16	1 yok		82	51	100	44	54	30	1,55	
	51-70 %	66	59	63	37	32	36	36	1,69	dip engeli	2 az 3 orta 4 çok		41 25 14	25 15 9	76 91 100	21 19 16	29 13 3	31 30 36	1,90 2,28 2,59	
x13 1 hiç yok 2 az var 3 orta 4 yoğun	1 hiç yok		55	33	100	28	37	28	1,70	x26	1 dev.yön 2 normal 3 başka yö.		17	17	100	18	16	41	2,96	
	2 az var		50	30	67	28	32	33	1,73	ağaç pozisyon.	1 çok iyi 2 iyi 3 orta		38 83 20	38 50 12	100 88 100	44 44 12	34 54 12	27 29 50	1,32 2,03 2,66	
	3 orta		39	23	96	23	23	34	1,99	mot.tes. sınıfı			126	78	95	81	75	29	1,55	
x14 1 hiç yok 2 orta 3 çok var	1 hiç yok		116	69	100	75	66	26	1,71	x27	1 çok iyi 2 iyi 3 orta		63	38	100	44	34	27	1,32	
	2 orta		36	21	90	16	26	43	2,16	ağaç uzunluğu m.			9	9	100	1	9	26	2,69	
	3 çok var		16	10	100	9	8	43	2,10	x28	-15	13,2	21	20	100	23	19	20	2,57	
x15 arazi yüzeyi engelleri	1 düz		100	60	100	65	56	24	1,61	ağaç uzunluğu m.	16-19 20-23 24-	17,6 21,1 26,1	31 33 29	27 28 25	47 75 100	30 16 29	30 28 23	37 33 39	1,47 1,92 3,66	
	2 az engel		24	14	74	15	14	29	2,51	x29	-8	6,3	38	32	100	32	32	27	1,02	
	3 orta		22	13	87	13	13	48	2,16	taç uzunluğu	9-12 13-	10,3 15,5	46 35	39 29	68 100	36 32	39 29	32 40	1,79 3,12	
x18 hava hali	1 açık		112	67	100	73	61	27	2,69	x30	-0,30	0,22	7			2	5	50	2,08	
	2 bulutlu		40	24	91	18	29	40	2,28	dallanma oranı	0,31-0,50 0,51-0,70 0,71-1,00	0,41 0,59 0,79	37 58 17			26 54 18	36 45 14	29 26 54	1,76 1,78 2,91	
	3 kapalı		16	9	100	9	10	39	2,22	x31	1 tek gövd. 2 iki çatal 3 çok çatal		83		100	70	90	30	1,71	
x19 yürütme mesafesi m.	-10 m.	7,3	43	26	100	29	24	7	1,42	çapı formu	1 tek gövd. 2 iki çatal 3 çok çatal		14	12	95	17	8	52	2,80	
	11-30 m.	20,1	69	41	67	40	42	20	1,58	x32	1 az 2 orta 3 yoğun		40	32	100	10	49	31	1,21	
	31-50 m.	39,4	29	17	84	18	17	39	2,58	dal yoğunlu.			50	40	72	39	37	30	2,03	
x20 ağaç cinsi	1 GYA		68	41	100			30	2,14	x33	-4 ad. 5-6 ad. 7- ad.		36	29	100	51	14	41	3,16	
	2 İYA		98	59	100			32	1,63	tomruk sayısı			28	31	100	16	41	25	7,15	
	11 kayın		47	28				32	2,88	çapı cm.			3,5	28	31	100	16	41	25	7,15
x21 ağaç türü	12 diğ.yapr		21	13				23	4,84	çapı cm.			5,7	35	69	35	39	35	2,17	
	21 ladın		66	40				34	1,81	çapı cm.			10,1	28	31	100	48	20	35	3,25
	22 sarıçam		12	7				18	1,18	çapı cm.			9,4	17	17	100	22	14	26	6,7
x22 ağaç vasfı	23 göknar		20	12				31	1,31	çapı cm.			13	22	39	83	23	19	20	1,33
	1 kovuk		25	15				45	3,80	çapı cm.			17,3	31	70	26	36	37	1,88	
	2 normal		126	76				27	1,43	çapı cm.			21,7	20	90	10	24	34	2,65	
4 kuru		15	9				40	2,03	çapı cm.			28,9	10	100	19	6	39	4,56		

Tablo 8. Kesim Sürecinde Ölçülen Bazı Değişkenlere İlişkin Aritmetik Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerler

Ölçülen Değişkenler	birim	gözl. sa. N	ortalama	St. sapma	min	max	GYA ort	İYA ort.	
x12	eğim	%	168	61	18,3	25	95	64	58
x19	yürüme mesaf.	m.	168	31,1	30	2	190	29,5	31,5
x23	kesme çapı	cm	166	46,1	18,8	10	92	48,3	44,6
x24	d1,30 çapı	cm.	166	41	16,1	10	85	42,6	39,3
x25	DKGH	m <sup>3</sup>	166	1,84	1,7	0,05	10,111	2,137	1,633
x28	ağaç uzunluğu	m.	119	19,7	4,9	8	30	20	19,5
x29	dallı kısım uz.	m.	119	10,5	3,9	2	21	11,1	10,3
x30	x29 / x28	oran	119	0,54	0,16	0,111	0,944	0,56	0,53
x33	tomruk sayısı	adet	93	6,35	3,5	2	21	8,24	5,11
x34	gövde uzunl.	m.	103	16,8	6,0	6	37	17,2	16,6
x35	EH	m <sup>3</sup>	102	1,566	1,4	0,162	9,313	2,036	1,296
zaman değerleri (YD)									
y11	yürüme zamanı		168	197	252	5	1610	190	187
y12	hazırlık zamanı		166	58	78,9	10	350	58	58
y13	engel giderme zamanı		162	70	101	0	430	99	49
			(75)	(139)	(101)	(5)	(430)	(179)	(102)
y14	kesme zamanı		162	123	81,5	10	400	127	120
y15	devirme faaliyeti zamanı		162	21	49,5	0	310	19	22
			(39)	(91)		(10)	(310)	(85)	(95)
y16	takılan ağacın düşürülmesi zamanı		162	23	91,7	0	750	3,6	37
			(29)	(128)		(25)	(750)	(35)	(156)
y17	bekleme zamanı		166	73	93,6	10	510	77	70
y18	dal alma zamanı		108	366	246	80	1070	406	360
y19	tomruklama zamanı		93	389	231	70	1130	481	331

Not: Parantez içerisindeki değerler, sadece zaman harcanımının olduğu gözlemlerin dikkate alınmasıyla hesaplanan ortalama değerlerdir. Diğerleri ise bütün gözlemlerin dikkate alınmasıyla hesaplanmıştır.

Bunlardan birisi, devirme işleminden önce göğüs yüksekliği çapına (d1,30 çapı) göre hesaplanan dikili kabuklu gövde hacmi (DKGH), diğeri kesim sonrası gövde üzerindeki işlemlerin tamamlanmasından sonra hesaplanan endüstriyel hacimdir (EH). Bu çalışmada, göğüs yüksekliği çapına bağlı olarak hesaplanabilen DKGH esas alınarak birim zaman değerleri hesaplanmıştır. DKGH'nin esas alınması, planlama ve ücretlendirmede kolaylık sağlaması açısından tercih edilmiştir. Yine, dip çap olarak isimlendirilen kesme yerindeki çap değeri ile d1,30 çapı değerleri arasındaki sıkı ilişkiden dolayı hesaplamalarda d1,30 çapı dikkate alınmıştır. Ayrıca bu çalışma için geçerli olan d1,30 çapı-dip çap ilişkisi ile DKGH-EH ilişkisi Tablo 9'da verilmiştir. Benzer şekilde her üretim alanı için önceki yıllarda yapılan

üretim sonuçlarından faydalanılarak tablodaki değerler oluşturulabilir ve birim zaman değerlerinin EH'e göre dönüşümü yapılabilir.

Tablo 9: DKGH - EH İlişkisi ve Dip Çap-d1,30 Çapı İlişkisinin Ağaç Türlerine ve Çap Kademelerine Göre Değişimi

Ağaç Türleri	EH / DKGH (x37=x35/x25)	DKGH / EH (x25/x35)	Ağaç Türleri	1.çap kad.	2. çap kad.	3. çap kad.	4. çap kad.
Genel	0,79	1,325	EH / DKGH (x35 / x25)				
GYA	0,742	1,43	Genel	-	0,81	0,76	0,80
Kayın	0,773	1,37	GYA	-	0,64	0,71	0,80
Diğer Geniş Yapr.	0,579	1,76	İYA	-	0,85	0,79	0,81
İYA	0,815	1,26	EH / DKGH (x25/x35)				
Ladin	0,809	1,28	Genel	-	1,27	1,37	1,30
Sarıçam	0,811	1,25	GYA	-	1,65	1,47	1,33
Göknar	0,865	1,17	İYA	-	1,19	1,31	1,26
<b>Çap İlişkileri</b>	<b>x36=x24/x23</b>	<b>x23 / x24</b>	<b>x24/x23</b>	0,91	0,89	0,89	0,87
Genel	0,89	1,128	x23/x24	1,1	1,12	1,12	1,14

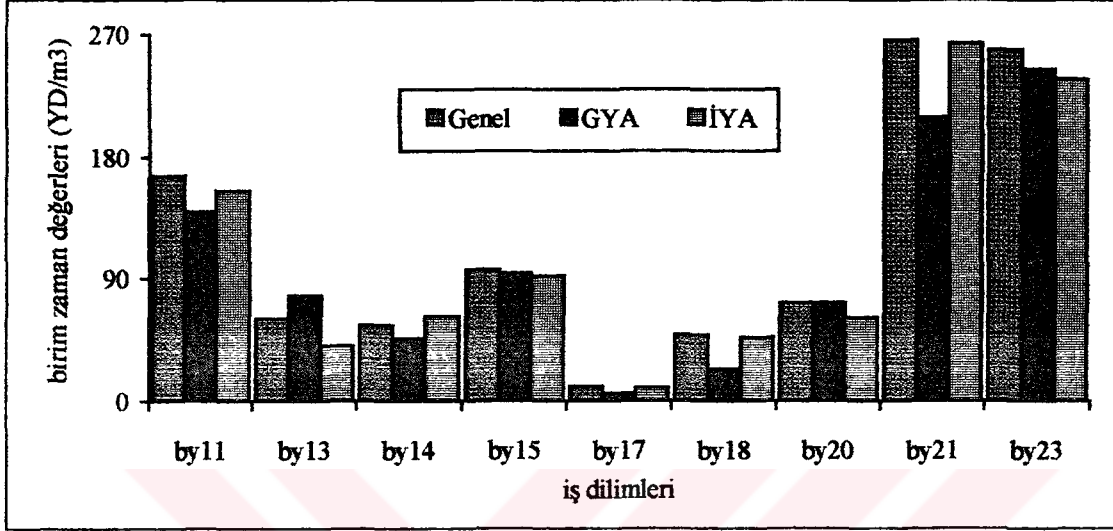
Tablo 10. Kesim Sürecinde İş Dilimlerinin Ortalama Birim Zaman Değerleri

İş dilimleri		DKGH 'e göre hesaplama (zaman birimi: YD/m <sup>3</sup> )			EH esas alınarak hesaplama (zaman birimi: YD/m <sup>3</sup> )			
kısaltma	açıklama	ort.	min	max	ort	**	min	max
by11	yürüme	166	0	1538	200	145	5	2424
by13	engel giderme	61-124	0	673	96-180	65	0	1104
by12	hazırlık	56-99	0	2009	50-82	38	0	415
by14	kesme	97	24	300	120	89	23	345
by15	devirme	11-45	0	333	19-67	14	0	429
by16	düşürme	49-279	0	1456	43-296	36	0	1582
by17	bekleme	73	2	600	89	66	5	639
by18	dal alma	266	23	942	350	264	37	1485
by19	tomruklama	259	79	954	343	259	101	1615
	<b>TOPLAM</b>	1038			1310			
ymt	m.testere çışt. z.	610	160	1846	822	610	242	2773
yge	gerçek çalışma z.	909	182	3942	1236	909	299	6212

\*\* Bu sütun değerleri, DKGH değerlerinden (yani Tablo 9'deki ilişkiden) yararlanılarak elde edilmiştir.

Her iş diliminde 1 m<sup>3</sup> için gerekli zaman (birim zaman) değerleri, ilgili iş dilimi gerçek zaman değerinin, "x25" olarak ifade edilen DKGH ve "x35" şeklinde ifade edilen EH değerlerine ayrı ayrı bölünmesi suretiyle elde edilmiştir. Bu şekilde hesaplanan iş dilimi birim

zamanları, "byii" şeklinde kısaltılarak ifade edilmiştir. Birim zaman değerlerinin aritmetik ortalamaları ile minimum ve maksimum değerleri hesaplanarak Tablo 10'da verilmiş ve DKGH'ne göre hesaplanan ortalamalar Şekil 24'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 24. Ağaç Cinslerine Göre İş Dilimlerinin Birim Zaman Değerlerinin Karşılaştırılması

### 3.1.3. Temel Çalışma Zamanının Hesaplanması

Kesim sürecinde temel çalışma zamanının hesaplanması için, Şekil 15'de verilen akış şemasına göre işlemlerin gruplandırılması yapılmış ve bu gruplandırmaya uygun olarak iş dilimleri belirlenmiştir. Buna göre;

- Ana faaliyetler: motorlu testere ile kesme, dal alma, tomruklama (y14, y18, y19)
- Yan faaliyetler: yürüme, hazırlık, devirme faaliyeti (y11, y12, y15)
- Ek faaliyetler: kesim engeli giderme, takılan ağacı düşürme, motorlu testereye yakıt koyma, kısa süreli bakım, vb. (y13, y16 ve diğer ek zamanlar)
- Akış gereği ara verme: çalışma sırasında her türlü zorunlu bekleme (y17)

Temel çalışma zamanı; ana faaliyet zamanı, yan faaliyet zamanı ve akış gereği ara verme zamanı toplamı şeklinde ifade edilmektedir (85).

Sefer zamanı ise, temel çalışma zamanı, dinlenme zamanı ve dağılım zamanı denilen diğer ek zamanların toplamından oluşmaktadır.



Gözlemler sırasında çalışanların, gün boyunca sürekli aynı işi yapmadıkları, kesme, dal alma, kabuk soyma, bölmeden çıkarma işlerinden birini veya birkaçını yapmak için faaliyetlerini sürdürdükleri tespit edilmiştir. Dolayısıyla dinlenme zamanları ile yemek, çay ve ihtiyaç molası, tamir bakım ve küçük onarım zamanları ve boşa harcanan zamanlar ayrıca tespit edilmiştir. Motorlu testereye yakıt koyulması, zincir bakımı ve küçük tamiratlar için harcanan zamanlar yine günlük olarak tespit edilmiştir. Bunların değerlendirilmesinden dinlenme zamanı ve akış gereği ara verme zamanları tespit edilmiştir.

Kesim sürecindeki işlemlerin uygulanma sırası ve uygulandığı zaman dikkate alındığında üç farklı çalışma şekli ortaya çıkmaktadır. Bunlar aşağıdaki şekilde belirlenmiş ve hesaplamalar bu ayırma göre yapılmıştır.

- 1.tip çalışma şekli: Sadece kesme ve devirme işlemi uygulanmakta, diğer işlemler daha sonra uygulanmak üzere bırakılmaktadır.
- 2.tip çalışma şekli: Kesme, devirme ve dal alma işlemleri uygulanmakta, diğer işlemler bölmeden çıkarma işlemi sonrasına bırakılmaktadır.
- 3.tip çalışma şekli: Kesme, devirme, dal alma ve tomruklama işlemleri kütüğü dibinde uygulanmakta ve kesim süreci GYA'lar için tamamlanmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalar ve çalışma şekilleri dikkate alındığında, temel çalışma zamanları (ykg) ve birim temel zamanlar (bykg) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Temel Zaman} = \text{Ana faaliyet } z + \text{Yan faaliyet } z. + \text{Akış gereği ara verme zamanı}$$

Çalışma şekilleri	İş dilimleri	Temel Zaman	Birim Temel Z.
		YD	YD / m <sup>3</sup>
1.tip	ykg1 = y11+y12+y14+y15+y17	469	406
2.tip	ykg2 = ykg1 + y18	868	652
3.tip	ykg3 = ykg2 + y19	1298	883

Sigara molası, dinlenme zamanı içerisinde değerlendirilmiş ve bu durumda dinlenme zamanı, günlük toplam faaliyet zamanının %18'i ile % 47'si arasında değişen oranlarda bulunmuştur. Günlük çalışmalarda oldukça farklı olan bu oranın ortalaması % 25'e yakın değer olarak hesaplanmış ve temel çalışma zamanın % 25'i olarak kabul edilmiştir.

Aksama nedeniyle işe ara verilmesi zamanı, günlük çalışmalar için, toplam çalışma zamanının % 0-6'sı arasında değişmekte olduğu tespit edilmiştir. Bunun da ortalaması, temel çalışma zamanının % 3'ü olarak tespit edilmiştir.

Dinlenme zamanı = Temel zaman x % 25

Dağılım zamanı =  $y_{13} + y_{16} + (\text{temel zaman} \times \% 3)$

=  $106 + (1298 \times 0,03) = 145$  YD olarak hesaplanmıştır.

Birim hacim için dağılım zamanı  $125 \text{ YD/m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

Çalışma şekillerine göre ortalama sefer zamanı (SZ) ve her seferde yapılan iş miktarına göre hesaplanan birim zamanlar (BZ) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Parantez içerisindeki değerler EH esas alınarak hesaplanan BZ değerleridir.):

Sefer Zamanı = Temel zaman + Dinlenme zamanı + Dağılım zamanı

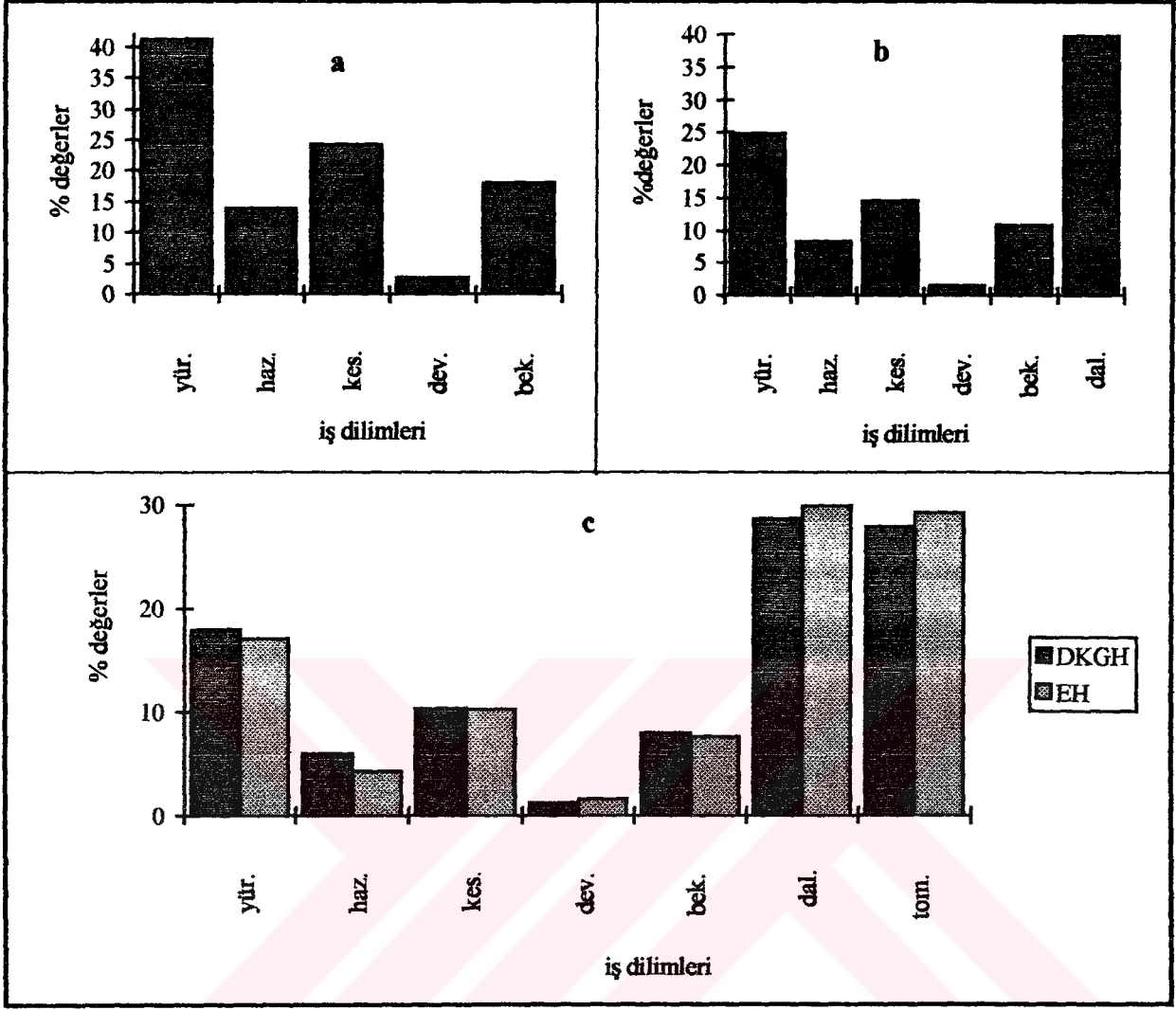
Çalışma şekilleri	Sefer Zamanı (SZ)	Birim Zaman (BZ)
	YD	YD / m <sup>3</sup>
1.tip çalışma şekli	731 (ykg1'in % 56 fazlası)	632 (772)
2.tip çalışma şekli	1230 (ykg2'nin % 44 fazlası)	940 (1217)
3.tip çalışma şekli	1768 (ykg3'ün % 40 fazlası)	1228 (1660)

Temel çalışma zamanı içerisinde değerlendirilen iş dilimlerinde harcanan birim zaman değerlerinin % oranları çalışma şekilleri dikkate alınarak hesaplanmış ve Tablo 11'de verilmiştir. İş dilimi birim zamanlarının temel çalışma zamanı içerisindeki % oranları Şekil 25'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 11. Kesim İşinde Farklı Çalışma Şekillerinde İş Dilimlerine İlişkin Birim Zamanların Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları

İş dilimleri (kısaltmalar)	ortalama*	3.tip*	2.tip*	1.tip*	ortal.**	3.tip**	2.tip**	1.tip**
	YD/m <sup>3</sup>	%	%	%	YD/m <sup>3</sup>	%	%	%
yürüme (yür.)	166	17,9	24,8	41,2	200	17,1	24,1	41,8
hazırlık (haz.)	56	6,0	8,4	13,9	50	4,3	6,0	10,5
kesme (kes.)	97	10,4	14,5	24,1	120	10,2	14,5	25,1
devirme (dev.)	11	1,2	1,6	2,7	19	1,6	2,3	4,0
bekleme (bek.)	73	7,9	10,9	18,1	89	7,6	10,7	18,6
dal alma (dal.)	266	28,7	39,8		350	29,9	42,3	
tomruklama (tom.)	259	27,9			343	29,3		
Oranlanan zaman		928	669	403		1171	828	478

\* DKGH esas alınarak hesaplanmıştır. \*\* EH esas alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 25. Farklı Çalışma Şekilleri Esas Alındığında İş Dilimlerine İlişkin Birim Zamanların Temel Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları (a, b, c)

- a) 1. tip çalışma şekli için,    b) 2. tip çalışma şekli için,  
c) 3. tip çalışma şekli için,

#### 3.1.4. Değişkenlerin İş Dilimleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi

Bu çalışmanın amacı daha önce de vurgulandığı gibi, odun hammaddesi üretiminde farklı koşulların etkenliğini araştırmak ve sonuçları da ona göre ortaya koymaktır. Bu da, yukarıda yapılan işlemlerle, yani genel ortalama değerleri hesaplamakla mümkün olmamaktadır. Çünkü, etken faktörlerin sayısı fazla olduğu gibi, etkileme dereceleri de farklı olmaktadır. Bunları araştırırken, basit ve bilinen yöntemlerden başlanarak karmaşık ve modern tekniklerin uygulanmasından elde edilen bulgulara yer verilecektir.

Kesim sürecinde, gözlenen değişkenler ile bu değişkenlerin çalışmaları güçleştirme durumuna göre gruplandırılmaları 2.4.2.1. konusunda verilmiş ve her gruba ilişkin gözlem frekansları Tablo 7'de sınıflandırılmıştır. Tamamı Ek Tablo 1'de verilen gözlem değerlerine korelasyon analizi uygulandığında oluşturulan korelasyon matrisi Ek Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda yer alan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde gerekli olan korelasyon katsayısı değerleri çeşitli güven düzeyleri için tablonun sonunda yer almaktadır.

Korelasyon matrisinin incelenmesinden, bazı değişkenlerin aynı yönlü ilişkide, bazılarının ters yönde ilişkide olduğu, bazılarının da hiç ilişkili olmadığı görülmektedir. Aynı yönde veya ters yönde ilişkili olan bağımsız değişkenlerin aynı regresyon denklemine sokulması durumunda, bu değişkenler gerçek etkilerini gösterememektedir. Bazı hallerde ise bu değişkenler birbirlerinin katsayılarını farklı şekilde etkilemektedirler. Bu durum, korelasyon katsayısı yüksek olan değişkenler için daha da önemlidir. Bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin önemsiz bulunması, istatistiki ilişkilerin daha güvenli yürütülmesi açısından arzu edilmektedir.

Belirlenen bağımsız değişkenlerin (xii), iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri (yii) ile ilişkileri Ek Tablo 2'de verilen korelasyon matrisinden belirlenebilmektedir. Ek Tablo 2'den;

- Yürüme zamanı (y11) ile; sırasıyla, yürüme mesafesi, arazi engeli, çap sınıfları, ölü örtü, diri örtü, zemin koşulları, hava hali, yürüme yönü aynı yönde ilişkili bulunmuştur. Ayrıca, aşağıdan yukarı doğru çalışmada; diri örtü, zemin koşulları, arazi engeli, ölü örtü değişkenleri, yukarıdan aşağı doğru çalışmada ise; diri örtü, zemin koşulları, arazi engeli, ölü örtü değişkenlerinin yürüme zamanını aynı yönde etkilediği görülmektedir.

- Birim mesafeyi yürüme zamanı (my11) ile; sırasıyla, diri örtü, zemin koşulları, arazi engeli, yürüme yönü, çap sınıfları, ölü örtü, hava hali, aynı yönde ilişkili bulunmuştur.

- Hazırlık zamanı (y12) ile, sır asiyle; yürüme mesafesi ve ağaç dibi engeli aynı yönlü ilişkide bulunmuştur.

- Ağaç dibi engelini giderme zamanı (y13) ile, sır asiyle; ağaç dibindeki engelin varlığı ve miktarı aynı yönde ve kuvvetli ilişkide bulunmuştur.

- Motorlu testere ile dikili ağacı kesme zamanı (y14) ile; ağaç çapı, ağaç hacmi, motorlu testere sınıfı, dip engeli ilişkili bulunmuştur.

- Kesme-devirme zamanı (ykd) ile sır asiyle; ağaç çapı ve hacmi aynı yönde ilişkili bulunmuştur.

- Takılan ağacı düşürme zamanı ile, ağaç türünün aynı yönde ilişkide olduğu, iğne yapraklı türlerin takılmaya neden olduğu ve ekstra zaman harcanımına sebep olduğu bulunmuştur.

- Birim hacim kesme zamanı ( $bykd = ykd/x25$ ) ile, ağaç çapı ve hacmi ters yönde ilişkili, ağaç pozisyonu aynı yönde ilişkili bulunmuş, yani çap ve hacmin artmasının birim zamanını azaltacağı, aksi yöne eğimli ağaçların birim kesme zamanı yükselteceği sonucuna götürmektedir.

- Dal alma zamanı (y18) ile; dallanma oranı, dal yoğunluğu, d1,30 çapı, ağaç boyu, taç formu, endüstriyel hacim aynı yönde ilişkili, ağaç cinsi ve motorlu testere sınıfları ilişkisiz bulunmuştur.

- Gövdenin standartlara uygun olarak ölçülüp işaretlenmesi ve tomruklanması zamanı (y19) ile; tomruk sayısı, ağaç çapı, endüstriyel hacim, ağaç boyu, taç formu ve dal yoğunluğu aynı yönde ilişkili, motorlu testere sınıfı ilişkisiz bulunmuştur.

- Motorlu testere çalıştırılması zamanı (ymt) ile; ağaç çapı, ağaç hacmi, ağaç boyu ve dip engeli aynı yönde ilişkili bulunmuştur.

- Gerçek çalışma zamanı olan yge ile; ağaç çapı (x24), hacim (x25 ve x35), ağaç dibi engeli (x16), yürüme mesafesi (x19), zemin koşulları (x17), boy (x28), diri örtü (x13), ölü örtü (x14) aynı yönde ilişkili, ağaç cinsi (x20) ters yönde ilişkili bulunmuştur.

Belirlenen değişken gruplarının, ilgili iş dilimi zamanını etkilemesinin anlamlı olup olmadığı, tek girişli varyans analizi uygulanarak araştırılmıştır. Zaman değerlerinin aritmetik ortalamaları arasında farkın önemli sayılması durumunda, farklı grupların belirlenmesi Scheffe'ye göre yapılmıştır (86, 87). Tek girişli varyans analizi sonuçları Ek Tablo 3'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Ek Tablo 3'de verilen değişken grupları arasındaki ilişkilerin okunmasına yönelik bir örnek şu şekilde verilebilir: Diri örtü gruplarının (x13), gerek yürüme zamanı gerekse birim mesafe yürüme zamanı üzerindeki etkisinin önemli olduğu, 1 ve 2 numaralı gruplar arasındaki farkın önemli sayılmayıp, diğer gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, grup değeri büyüdükçe yürüme zamanının da arttığı ortaya çıkmaktadır.

Bu şekilde, diğer değişken gruplarının ilgili iş dilimlerini etkilemede farklılığa neden olup olmadıkları Ek Tablo 3'de verilenlerden söylenebilir. Ancak, bazı hallerde gruplar arasında önemli fark çıktığı halde, gerçekte bunun anlamsız çıkması gereken durumlar da söz konusudur. Bu gibi durumlarda, yani istatistiki anlamda gruplar arasındaki farkın önemli

bulunması durumunda, bu fark, ya tamamen tesadüfidir ya da başka bir grup değerleriyle çakıştığından yani, değişkenlerin birlikte aynı yönde veya ters yönde etkileşiminden ortaya çıkmıştır. Ayrıca, araştırılan iş dilimine ait zaman değeri üzerinde ele alınan değişkenin dışında başka değişken ya da değişken gruplarının etkisi de söz konusu olabilir. Bu gibi durumlar yine Ek Tablo 2’de verilen korelasyon matrisindeki bağımsız değişkenler (xii) arasındaki ilişkilerden tespit edilebilir.

### 3.1.5. Bağımsız Değişkenlere Faktör Analizi Uygulanması

Kesim sürecinde, gözlenen bağımsız değişkenler (xii) arasından en etken olanlarının belirlenmesi ve bunların diğer değişkenleri de temsil edecek şekilde seçilmesi için faktör analizi uygulanmıştır. Değişkenler, özelliklerine göre sınıflandırıldığında genel olarak, arazi ile ilgili değişkenler ve ürün ile ilgili değişkenler olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir.

- arazi özellikleri ile ilgili değişkenler: x11, x12, x13, x14, x15, x17, x16
- ürün ile ilgili değişkenler: x20, x21, x22, x23, x24, x25, x26, x35, x28, x29, x30, x31, x32, x34

şeklinde belirlenmiştir. Ayrıca, uzaklıkla ilgili x19, kullanılan alet ve makine ile ilgili x27, çevre koşulları ile ilgili x18 değişkenleri söz konusudur.

Sınıflandırma dikkate alınmadan, bütün değişkenler işleme sokularak faktör analizi uygulandığında Tablo 12'nin birinci kısmında verilen sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 12’de görüldüğü gibi, 20 adet değişken işleme sokulmuş ve değişken sayısı kadar (20 adet) faktör türetilmiştir. İlk 4 faktör gözlenen 20 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 60,3’ünü, ilk 6 faktör ise toplam varyansın % 72,2’sini üstlenmekte ve açıklamaktadır.

Aynı değişkenin birden fazla faktör üzerinde faktör yükünün significant görülmesiyle bu değişkenler işlem dışı bırakılarak yeniden faktör analizi uygulanmıştır. Burada, ilk 6 faktör gözlenen 18 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 72,9’ini üstlenmekte ve açıklamaktadır. Faktör çözümü 18’e kadar sürdürülürse toplam varyansın tümü kavranabilir. Ancak bu faktörlerin hepsi ortak faktör olamaz. Oluşturulan faktörlerden ilk 6’sının, % 72,9 olasılıkla, işleme sokulan 18 adet değişkenin yerine geçebileceği varsayımından hareketle, 1. faktör üzerinde sırasıyla x33, x32, x29, x35, x24, 2. faktör üzerinde sırasıyla x34, x13, 3. faktör üzerinde sırasıyla x30, x29, 4. faktör üzerinde sırasıyla x15, x26 değişkenlerin faktör yüklerinin etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 12. Kesim Sürecinde Belirlenen Bağımsız Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizi Sonuçları

BİRİNCİ KISIM						İKİNCİ KISIM				
Değişkenler	Ortak Faktörler ve Faktör Yükleri				Ortaklık ölçüsü	Değişkenler	Ortak F. ler ve F. Yükleri			Ortaklık ölçüsü
	F1	F2	F3	F4			F1	F2	F3	
x35	,821	-,45	-,035	-,028	,88	x11	,203	,592	-,086	0,398
x26	-,145	-,11	-,117	0,321	,15	x12	-,061	,548	-,720	0,821
x25*	,798	-,41	-,064	,026	,81	x13	,796	-,223	,129	0,699
x27*	-,071	-,037	-,810	,297	,75	x14	,416	,464	,390	0,539
x11	,019	,348	-,405	-,285	,37	x15	,201	,603	,391	0,557
x29	,759	-,023	,256	,419	,82	x17	,814	-,261	-,193	0,767
x12	,315	,345	-,403	-,078	,39	x18	,569	-,018	-,373	0,463
x30	,453	,377	,387	,450	,70	V. Katılma	1,88	1,34	1,02	3,24
x13	,327	,647	-,171	,198	,60	Katılım %'si	26,8	19,3	14,6	70,7
x31	,691	-,149	0,060	-,169	,53	ÜÇÜNCÜ KISIM				
x14	,135	-,033	-,562	-,088	,34	x34	,619	,681	-,179	,88
x32	,732	,352	109	,019	,67	x30	,536	-,398	,593	,91
x15	-,043	,145	-,011	,568	,35	x22	-,367	,598	,064	,51
x33	,825	-,236	,010	-,222	,78	x24	,692	,353	-,019	,82
x17	,638	,502	-,105	-,172	,70	x16	,405	-,358	,166	,53
x34	,630	-,633	-,097	,003	,81	x29	,808	-,004	,366	,79
x20	-,541	-,521	,038	,478	,78	x26	-,160	,264	,612	,49
x22	-,330	-,344	-,280	,158	,33	x27	-,115	,333	,405	,71
x24	,791	-,342	-,184	,116	,79	x20	-,524	,559	,394	,68
x16	,422	,456	-,059	,328	,50	x31	,733	,237	-,069	,75
Vary. Katıl.	6,054	2,767	1,718	1,513	12,05	x32	,751	-,250	,052	,63
Katılım %'si	30,3	13,8	8,6	7,6	60,3	x33	,851	,296	-,199	,88
* ) Birden fazla faktör üzerindeki ilişkisi önemli ve kuvvetli olan değişkenlerdir.						V. Katılma	4,24	1,84	1,29	8,59
						Katılım %'si	35,4	15,3	10,8	61,5

Değişkenlerin sınıflandırılmış şekline ayrı ayrı faktör analizi uygulanarak her sınıf için etken faktörler araştırılmıştır. Arazi özelliklerini ifade eden değişkenlere faktör analizi uygulandığında elde edilen sonuçlar Tablo 12'nin ikinci bölümünde verilmiştir. Burada; 7 adet değişken grubu işleme sokulmuş ve değişken sayısı kadar (7 adet) faktör türetilmiştir. İlk 3 faktör gözlenen 7 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 70,7'ini üstlenmekte ve açıklamaktadır. Buradan, 1. faktör üzerinde: x17, x13, 2. faktör üzerinde: x15, x11, 3. faktör üzerinde: x12 değişkenlerinin faktör yüklerinin etkili olduğu söylenebilir.

Ürüne ait değişkenlere faktör analizi uygulandığında elde edilen değerler Tablo 12'nin üçüncü bölümünde verilmiştir. Burada; 12 adet değişken grubu işleme sokulmuş ve değişken sayısı kadar (12 adet) faktör türetilmiştir. İlk 3 faktör gözlenen 12 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 61,5'ini üstlenmekte ve açıklamaktadır. Bunlardan, 1. faktör üzerinde sırasıyla: x33, x29, x32, x31 ve x24, 2. faktör üzerinde sırasıyla: x34, x22, 3. faktör üzerinde sırasıyla: x26, x30 değişkenlerin faktör yüklerinin etkili olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak;

- kesim sürecinde bütün değişkenlere faktör analizi uygulandığında, ağaçların bölümlere ayrılma sayısı (x33), dal yoğunluğu (x32), dallı kısım uzunluğu (x29) ve kabuksuz hacim (x35) değişkenlerinin ortak faktörlerle ilişkisinin en kuvvetli olduğu, kısaca ağaç özelliklerinin etken olduğu ortaya çıkmaktadır.
- arazi özelliklerine ilişkin değişkenlerden, zemin kayganlığı (x17), diri örtü yoğunluğu (x13), arazi engelliği (x15) ve eğim (x12) değişkenlerinin ortak faktörlerle ilişkisinin kuvvetli olduğu ortaya çıkmaktadır.
- ürün özellikleri dikkate alındığında, ağaçların bölümlere ayrılma sayısının, dallı kısım uzunluğunun, dal yoğunluğunun, faydalı gövde uzunluğunun, ağaç pozisyonunun ortak faktörlerle ilişkisinin kuvvetli olduğu, Dolayısıyla ürüne ilişkin özellikleri yansıtmada etkili değişkenler olduğu ortaya çıkmaktadır.

### 3.1.6. İş Dilimleri İçin Harcanan Zamanın Değişkenler Yardımı İle Hesaplanması

Ek Tablo 1'de verilen gözlem değerlerinden yararlanarak, her iş dilimi için harcanan zaman değerini, bağımsız değişkenlerle hesaplamaya yönelik işlemler farklı iki yöntemden yararlanarak yürütülmüştür. Bunlar;

- istatistiki yöntem olan çoklu regresyon analizinin uygulanması,
- çok değişkenli karmaşık olayların, insan beyni çalışma sistemine benzetilerek modellenmesinde ve çözümünde uygulanan "yapay sinir ağı (ANN)" eğitimidir.

Her iş dilimi için, gözlenen zaman değerlerinin (y<sub>i</sub>) ihtimal dağılımı incelenmiş, normal dağılım göstermeyen y<sub>i</sub> değerlerine karekök dönüşümü ve logaritmik dönüşüm uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır. Gerçek y<sub>i</sub> ve dönüştürülen y<sub>i</sub> değerlerini hesaplamak için çok değişkenli seçimlik regresyon analizi uygulanmış, alternatif eşitlikler oluşturulmuştur. Regresyon analizi ve uygulanması hakkında daha önce 2.4.3.4. bölümünde

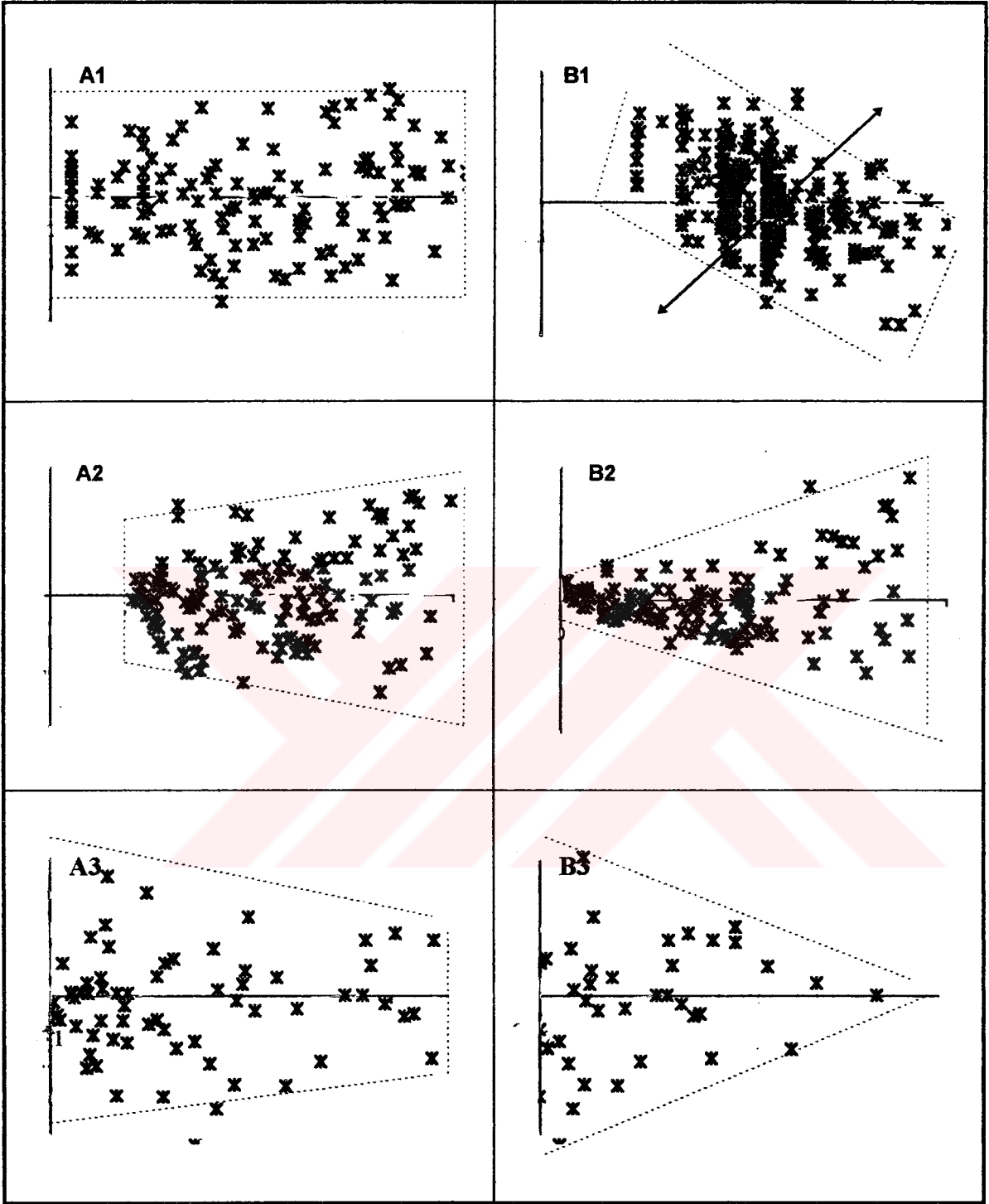


gerekli bilgi verilmişti. Bu eşitliklerden KALIP1 koşullarına uygun olanlar tablolar halinde verilmiştir. İş dilimleri için harcanan zamanı tahmine yarayan eşitliklerin çok alternatifli olarak verilmesi, uygulamada karşılaşılabilecek sorunlara daha kolay çözüm getirmesi açısındandır. İlgili iş dilimi zamanının hesaplanmasında, arazide hangi değişken değerleri sıhhatli ölçülebilmüş ise bu değişkenlerin yer aldığı eşitlik kullanılarak gerekli zaman değeri hesaplanabilir. Oluşturulan regresyon eşitliklerine göre hesaplanan zaman değerlerinin, gözlem değerlerinden ayrılışları da hesaplanarak hata dağılım şekilleri oluşturulmuştur. Bütün eşitliklerin hata dağılımlarının incelenmesinden üniform dağılımlı regresyon eşitliği seçilmiştir. Diğer eşitliklerin hata dağılımına dikkat edilerek ne tür bir sonuca götüreceği kestirilmelidir.

Son zamanlarda oldukça gelişme gösteren ve ülkemizde ormancılıkta ilk kez bu tez kapsamında yer verilen ANN eğitimi ile model oluşturma konusu 2.4.4. bölümünde özetlenmiş, backpropagation (BP) eğitim prosesininin akış şeması Şekil 18'de verilmişti. Akış şemasında verilen esaslara göre, her iş diliminde gerçek çalışma zamanı ve birim zamanı tahmin için ANN modelleri oluşturulmuş ve eğitilmiştir. ANN modellerinin eğitiminde, karşılıklıya meydan vermemek açısından, kısaltılmış dosya isimleri kullanılmış ve bu dosyalar veri dosyasının adına bağlı olarak oluşturulmuştur. Her iş dilimi için çok sayıda oluşturulan ANN modellerinin eğitimi ve en iyi modelin seçiminin uygulanması "yürüme zamanı" için örnek olarak verilmiş, diğer iş dilimleri için bu örneğe uygun olarak eğitim denemeleri gerçekleştirilmiştir.

Seçilen ANN modeli ile hesaplanan zaman değerlerinin hata dağılımları da incelenmiş ve regresyon eşitliklerinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Gerek regresyon eşitliklerinin hata dağılımları gerekse ANN modellerinin hata dağılımları belirli şekil tipleri etrafında yoğunlaşmaktadır. Çok sayıda olan bu şekillerin, tez kapsamında verilmesi mümkün olmadığından, ortaya çıkan dağılım şekilleri Şekil 26'da gruplandırılmıştır.

Bunlardan üniform dağılımlı ve üniform dağılıma yakın olan şekiller A1, A2, A3 gibi tiplerle ifade edilmiştir. Üniform dağılım göstermeyen şekiller ise B1, B2, B3 gibi tiplerle ifade edilmiştir. Bundan sonraki bölümlerde sözü edilen hata dağılım şekilleri bu tiplerden birine benzer olup yeri geldiğinde bu tiplere benzetme yapılacaktır.



Şekil 26. Bağımsız Değişkenlerle Hesaplanan Zaman Değerlerinin Gözlem Değerlerinden Ayrılışlarının Dağılım Tipleri (Hata Dağılımı) (A1, A2, A3, B1, B2, B3)

(X ekseninde, hesaplanan zaman değerleri; Y ekseninde, hesaplanan değerler ile gözlem değerleri farkı (hata değerleri) gösterilmiştir)

A tipi hata dağılımı: Üniform ya da homojen hata dağılımı olarak belirlenmiştir. Hesaplanan zaman değerlerinin her kademesinde ayrılışlar yaklaşık aynı sınırlar içerisinde kalmakta ise A1 tipi dağılım, zaman değerlerinin büyümesiyle, hata mutlak değerinin biraz artması söz konusu ise A2 tipi dağılım, hata miktarının zaman değerlerinin büyümesi ile azalması durumunda A3 tipi hata dağılım şeklinde belirlenmiştir.

B tipi hata dağılımı: Üniform olmayan ya da homojen olmayan hata dağılımlarını ifade etmektedir. Hesaplanan zaman değerlerinin her kademesinde ayrılışlar değişmektedir. Hesaplanan zaman değerleri küçük iken hatanın eksi yönde yoğunlaşması, zaman değerlerinin artması ile hata değerlerinin artı yönde yoğunlaşması durumunda ya da bunun tamamen tersi olması durumunda B1 tipi hata dağılımı şeklinde isimlendirilmiştir. Hesaplanan zaman değerlerinin büyümesiyle, hata mutlak değerinin sürekli artması söz konusu ise B2, tersi ise yani giderek hata miktarının aşırı derecede azalması durumunda B3 tipi hata dağılımı olarak isimlendirilmiştir.

Üniform hata dağılımları için bazı yerlerde homojen dağılım ifadesi kullanılmış olup hepsi de Şekil 26'deki A tipi dağılımlar için kullanılmıştır.

### 3.1.6.1. Yürüme Zamanı

Yürüme zamanı, çalışma alanındaki en yakın yol kenarından ilk ağaca yürüme, işlemi biten ağaçtan diğerine yürüme ve son ağaçtan en yakın yol kenarına yürüme zamanları esas alınmıştır. Yürüme zamanı değerleri 1/100 dakika biriminden Ek Tablo 1'in y11 sütununda verilmiştir. y11 değerleri yürüme mesafesine bölünmek suretiyle, 1 metre mesafe (birim mesafe) için yürüme zamanı değerleri oluşturulmuştur ( $my_{11} = y_{11}/x_{19}$ ).

Yürüme zamanının ve birim mesafe yürüme zamanının ihtimal dağılımları Şekil 27'de verilmiştir. y11 değerlerinin, normal dağılım göstermediği,  $my_{11}$  değerlerinin normal dağılıma daha yakın olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 27 a ve b).

Yürüme zamanı üzerinde, en başta yürüme mesafesi etkilidir. Yürüme mesafesi ise çalışma alanındaki kesilecek ağaçların sık veya seyrek dağılımına ve ağaç türlerine göre değişmektedir. Ayrıca çalışmalar farklı koşullardaki arazi üzerinde yapıldığından, yürüme zamanı üzerinde; yürüme yönü, yamaç eğimi, diri örtü, ölü örtü, arazi engebeli, zemin şartları ve hava hallerinin direk olarak ya da dolaylı olarak etkili oldukları varsayılmıştır. Bu durumda (1) nolu ilişki yazılabilir.

$$y_{11} = f(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}) \quad (1)$$

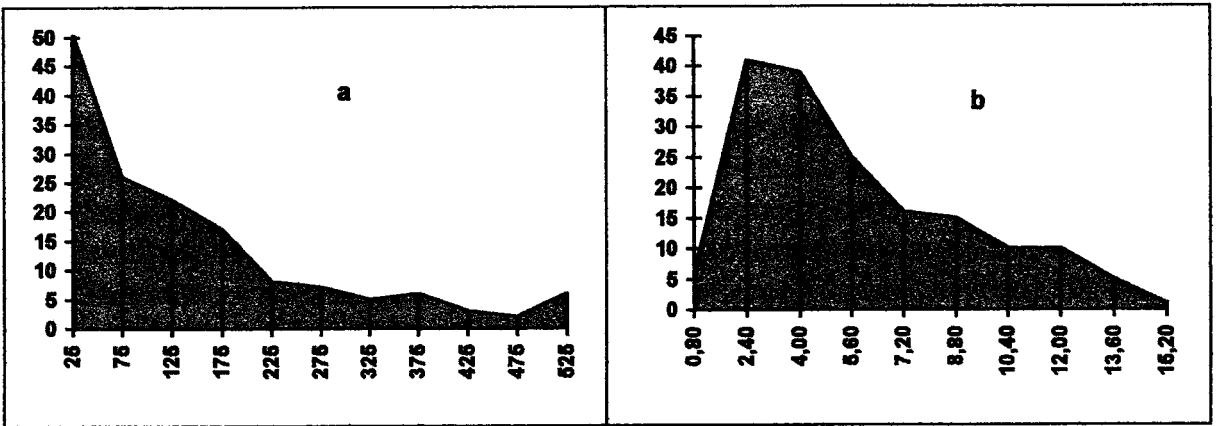
$y_{11}$ 'i değişkenler yardımıyla hesaplamada oluşturulan ve KALIP1 koşullarına uygun olan regresyon eşitlikleri Tablo 13'da 1-20 sıra no'larda verilmiştir.

$y_{11}$  ile ilişkiye getirilen değişkenlerin hepsi işleme sokulduğunda elde edilen eşitliklerin hata dağılımlarının incelenmesinden, bazı ekstrem gözlem değerlerinin olduğu dikkat çekmektedir. Böylesi gözlem değerleri işleme sokulmadan 1 ve 2 nolu regresyon eşitlikleri oluşturulmuş, ancak homojen olmayan B2 tipinde hata dağılımı elde edilmiştir.

$y_{11}$ 'e karekök dönüşümü uygulandığında elde edilen " $\sqrt{y_{11}}$ " değerlerinin ihtimal dağılımı normal dağılıma daha yakın bulunmuştur. " $\sqrt{y_{11}}$ "in yine aynı değişkenlerle hesaplanmasında 3 ve 4 nolu regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur. 3 nolu eşitliğin hata dağılımı A2 tipli hata dağılımına yakın bulunmuştur. Bu eşitliklerle hesaplanan değerlerin karesi alınmak suretiyle gerçek  $y_{11}$  değerleri elde edilmektedir.

$y_{11}$ 'e logaritmik dönüşüm uygulandığında " $\ln y_{11}$ "in hesaplanmasına yönelik 5 ve 6 nolu eşitlikler elde edilmiştir. 5 nolu eşitliğin hata dağılım şekli A1 tipine çok yakın bulunmuştur. Bu eşitliklerin kullanılmasıyla hesaplanan değerlerin anti logaritması alınarak gerçek  $y_{11}$  değerleri elde edilmektedir.

Tablo 13'daki 1-6 nolu eşitliklerin hata dağılımlarının incelenmesinden en homojen dağılım 5 nolu eşitlik ile sağlanmıştır. 3 nolu eşitlikle de homojen hata dağılımına yaklaşılmıştır. Ancak söz konusu eşitlikler ile gerçek  $y_{11}$  değerleri hesaplandığında homojen hata dağılımı 3 nolu eşitlikle elde edilmiştir.



Şekil 27. Yürüme Zamanı ve Birim Mesafe Yürüme Zamanı Değerlerine İlişkin Frekans Dağılımları (a, b)

(X ekseninde zaman değerleri, Y ekseninde gerçek frekanslar yer almaktadır)  
a: yürüme zamanı ( $y_{11}$ ), b: birim mesafe yürüme zamanı ( $my_{11}$ )

Tablo 13. Yürüme Zamanının Değişkenler yardımıyla Hesaplanmasında Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y11	a	x11	x12	x13	x14	x15	x17	x19	R-sq	SE	MAE	D
1	y11	-172	21.6		23.8		36.4	33.3	4.0	.801	65	46	1.45
2	v11		-3		12		29	23	3.7	.872	76	54	1.24
3	sqrt y11	-2.7	0.66		1.1	0.76	1.4	1.4	0.14	.838	2.2	1.6	1.34
4	sqrt v11				1.04		1.4	1.35	0.14	.962	2.3	1.7	1.37
5	ln y11	1.8	.14		.27	.14	.29	.29	.024	.792	.55	.41	1.51
6	ln v11		.32	.23	.38	.29	.33	.38	.025	.98	.67	.50	1.284
7	x11'i 1.2	-233			42.8	37.4	39	35	4.7	.754	109	70	1.558
8	x11'i 1.2			-1.3	25.2		32.5		4.8	.806	123	74	1.346
9	x11'i 2.3	-214					60.1	66.6	6.8	.774	133	77	1.835
10	x11'i 2.3			-1.9			48.3	30.6	6.7	.828	144	86	1.64
11	x11'i 1	-136			37		40.6		4.2	.766	85.6	55.4	1.434
12	x11'i 3	-222			63.7				10.6	.809	142	99	1.595
13	v11	-90.2					64.1		4.1	.721	106	55.9	1.983
14	v11				-46.7		57.7		4	.806	109	62	1.864
15	v11	-603	62		99.5	46.4	36.3		8.7	.891	100	70	1.789
16	v11			-1			55.5		4.3	.808	118	69	1.709
17	v11			-3.6	59				10	.931	119	88	1.316
18	v11	-330			87				10.5	.889	108	79	1.18
19	v11-GYA			-2.15	42.3		41.5		5.45	.817	135	81	1.956
20	v11-IYA					-38.4	48.7		9.8	.825	120.8	79	1.5

Tablo 13'de verilen 7-20 nolu eşitliklerin açıklanması şu şekildedir:

- Yukarıdan aşağı doğru çalışma şeklinde (aşağı ve yana yürüme durumunda), yürüme zamanının hesaplanmasına yönelik 7 ve 8 nolu eşitlikler,
- Aşağıdan yukarı doğru çalışma şeklinde (yukarı ve yana yürüme durumunda), yürüme zamanının hesaplanmasına yönelik 9 ve 10 nolu eşitlikler,
- Sadece aşağıya doğru yürüme denemeleri esas alındığında 11 nolu eşitlik,
- Sadece yukarı doğru yürüme denemeleri esas alındığında 12 nolu eşitlik,
- Diri örtü yoğun olmayan arazideki gözlemler esas alındığında yürüme zamanının hesaplanmasına yönelik 13 ve 14 nolu eşitlikler,
- Diri örtü itibarıyla yoğun olan arazide yürüme esas alındığında 15 nolu eşitlik,
- Kaygan olmayan zeminde yürüme için 16 nolu eşitlik,
- Kaygan olan zeminde yürüme için 17 ve 18 nolu eşitlikler,
- Geniş yapraklı ağaç ormanlarında yürüme için 19 nolu eşitlik,
- İğne yapraklı ağaç ormanlarında yürüme için 20 nolu eşitlik oluşturulmuştur.

Bu eşitliklerde ele alınan değişken dışındaki diğer değişkenlerin koşullarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Yani, gözlem yapılan koşullar için geçerlidir.

Yürüme zamanının, yapay sinir ağı (ANN) eğitimi ile hesaplanmasında yine (1) nolu ilişkiden hareket edilmiştir. İlişkideki xii değişkenleri giriş katmanı nöronları olarak alınmış, y11 değişkeni ise çıkış katmanı nöronu olarak alınmıştır. Backpropagation (BP) eğitiminin gereği olarak değişken değerlerinin 0-1 arasında olması için aşağıdaki işlem uygulanmıştır.

$$(x_{11}/10, x_{12}/100, x_{13}/10, x_{14}/10, x_{15}/10, x_{17}/10, x_{18}/10, x_{19}/1000, x_{20}/10, y_{11}/1000) \quad (2)$$

Bu şekilde hazırlanan veri dosyası YR olarak isimlendirilmiştir. Verilerin yaklaşık 2/3'lik kısmı ile ANN modelinin BP eğitiminde kullanılacak olan eğitim dosyası oluşturulmuş ve YRE (YR+E) şeklinde isimlendirilmiştir. Verilerin 1/3'lik kısmı ile de ANN modeli eğitim sonuçlarının test edilmesinde kullanılacak test dosyası oluşturulmuş ve YRT (YR+T) olarak isimlendirilmiştir.

ANN eğitimi için, ara katmandaki nöron sayısı (hid), öğrenme oranı (lr), momentum oranı (mom) değiştirilerek alternatif ANN modelleri oluşturulmuş ve eğitilmiştir. Yürüme zamanının hesaplanması için oluşturulan bu modeller Tablo 14'de verilmiştir. Tablo 14'deki her alternatif modelin eğitimi süresince, istatistiki kontrollerin kayıt dosyası (SYRE), parametrelerin kayıt dosyası (PYRE), sonuçların kayıt dosyası (RYRE) oluşturulmuştur. Parametrelerin değiştirilmesi ile oluşturulan farklı modellerde karışıklığa meydan vermemek için, ekrandan girilen model kodu, dosya uzantısı olarak alınmıştır. (Örneğin; model kodu h girildiğinde, dosya isimleri: SYRE.h, PYRE.h, RYRE.h şeklinde olmaktadır.)

Tablo 14. Yürüme Zamanını Hesaplama Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi Modelleri

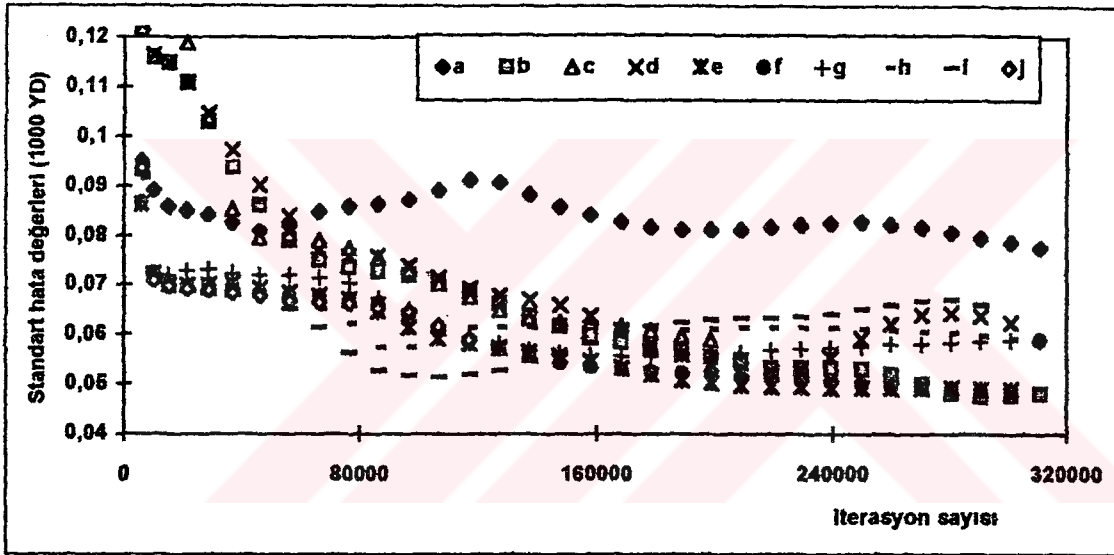
Model Kodu	hid	lr	mom	iter (1000)	Açıklama
a	30	,3	,8	300	Veri dosyası: YR (inp: 9, out: 1) eğitim için kullanılan: YRE test için kullanılan: YRT
b	29	,3	,8	300	
c	27	,25	,85	300	
d	26	,41	,85	300	Parametre kayıt dosyası: PYRE.* Sonuç dosyası: RYRE.*
e	30	,45	,85	300	
f	33	,35	,75	100	İstatistik sonuçları kayıt dosyası: SYRE.*
g	30	,2	,8	900	
h	27	,19	,63	909,313	Seçilen alternatif: PYRE.h
i	19	,15	,50	200	
j	15	,15	,69	300	
m	11	,3	,63	200	
n	9	,35	,6	200	

\*) Dosya uzantısı olup, genellikle model kodu olarak alınmıştır.

BP eğitimi denemelerinde, belirli sayıda iterasyon tamamlanınca (1000-10000 iter.) istatistiki kontroller için;

- en son ulaşılan tartılara göre çıktı değerleri (y11),
- en büyük hata (ENB),
- ortalama mutlak hata (MAE),
- standart hata (SE) değerleri,

hesaplanmış ve bu değerler "S+eğitim dosyası" şeklinde isimlendirilen (SYRE.\*) dosyasına kaydedilmiştir. Bu kayıtlardan yararlanarak alternatif modellerdeki standart hatanın (SE) iterasyon sayısına göre değişimi Şekil 28'da verilmiştir.

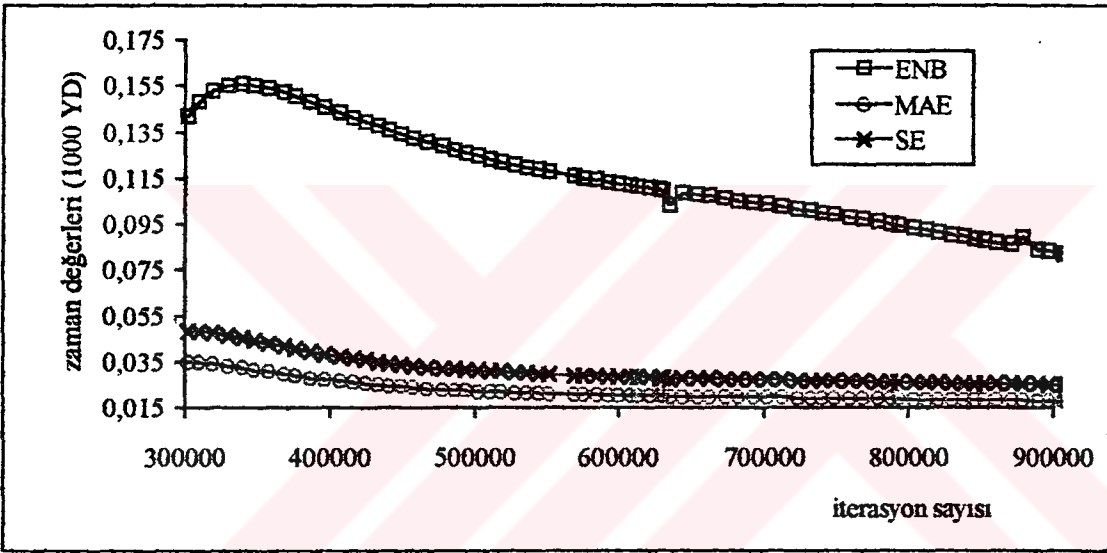


Şekil 28. Yürüme Zamanının Hesaplanmasına Yönelik Yapay Sinir Ağlarının Eğitiminde İterasyon Sayısına Göre Standart Hatanın Değişimi

Şekil 28'den, "b" model kodlu alternatif için, iterasyon sayısı arttıkça SE değerinin daha belirgin olarak azaldığı görülmektedir. Ancak test dosyası kullanılarak (YRT) y11 değerleri, her model için hesaplanıp sonuçların istatistiki kontrolü yapıldığında ve YRE sonuçları ile karşılaştırıldığında "h" model kodlu alternatifin diğerlerine göre tercih edilip yapay sinir ağı (ANN) modeli olarak seçilebileceği anlaşılmaktadır. Seçilen bu modelin eğitimine devam edilmiş ve eğitim süresince ENB, MAE, SE değerlerindeki değişim Şekil 29'da verilmiştir.

İstatistiki kontrol değerlerindeki azalmanın iyice yavaşlaması ve bu değerlerin yaklaşık olarak sabit kalması durumunda eğitim tamamlanmıştır. Eğitim tamamlanınca, en son ulaşılan tartılar PYR isimli parametre dosyasına (P+veri dosyası) kaydedilmiştir. Yürüme

zamanının ANN modeli ile hesaplanması PYR dosyasında kayıtlı olan tartıların kullanılmasıyla yapılmaktadır. Buna göre hesaplanan y11 değerleri ve gözlem değerlerinden ayrılışlar RYR isimli sonuç dosyasına (R+veri dosyası) kaydedilmiştir. ANN modeli ile hesaplanan yürüme zamanı değerlerinin gözlem değerleri ile karşılaştırılması Şekil 30'de verilmiştir. Yürüme zamanı hesaplamasına yönelik ANN modeli için, modelde yer alan değişkenlerin sırası ve değişkenlere uygulanan işlem (2) nolu ilişkide verilmişti. Burada y11 değeri 1000 değerine oranlanmıştı. Dolayısıyla ANN modeli ile hesaplanan y11 değerlerinin 1000 ile çarpımından gerçek yürüme zamanı değerleri elde edilmektedir.



Şekil 29. Yürüme Zamanının Belirlenmesine Yönelik Yapay Sinir Ağlarının Eğitiminde Seçilen Modelde İterasyon Sayısına Göre ENB, MAE ve SE'nin Değişimi

Seçilen ANN modeli, parametreleri ile birlikte kısaca şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\text{PYR (inp} = 9; \text{out} = 1; \text{hid} = 27; \text{lr} = 0,19; \text{mom} = 0,63; \text{iter} = 909313) \quad (3)$$

Burada; PYR: Parametrelerin ve en son ulaşılan tartıların kayıt dosyası,

inp: giriş katmanı nöron sayısı

out: çıkış katmanı nöron sayısı

hid: ara katmandaki nöron sayısı

lr: öğrenme oranı değeri (learning rate)

mom: momentum değeri

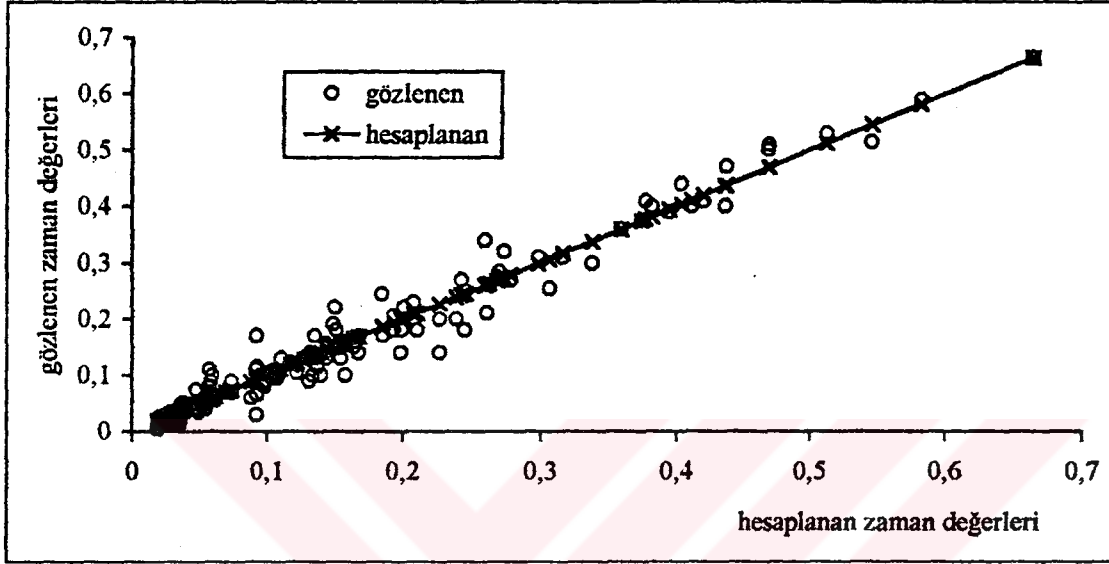
iter: en son ulaşılan iterasyon sayısı

olarak ifade edilmektedir.

Bu modele göre hesaplanan y11 değerlerin hata dağılımı ise Şekil 26'de verilen hata dağılım tiplerinden A2 tipine yakın olduğu görülmüştür.



Yürüme zamanının hesaplanmasına yönelik ANN modelinin oluşturulması ve seçilmesi sırasında yukarıda yapılan işlemler bundan sonraki bütün iş dilimleri için de aynı şekilde uygulanmıştır. Ancak işlemlerin ve şekillerin tez kapsamında verilmesinin mümkün olmaması nedeniyle bundan sonraki iş dilimlerine ilişkin sonuç modellerinin verilmesiyle yetinilmiştir. Bütün sonuç modeller (3) nolu formüldeki düzene uygun olarak verilmiştir.



Şekil 30. Yapay Sinir Ağı Modeli İle Hesaplanan Yürüme Zamanı Değerlerine Göre Gözlem Değerlerinin Dağılımı (zaman değerleri 1000 YD birimindedir)

Birim mesafe yürüme zamanı ( $my_{11}$ ) için (4) nolu ilişki kurulabilir. Bu ilişkiden hareketle, ilişki içindeki bütün değişkenler işleme sokularak  $my_{11}$ 'i hesaplamak için regresyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen regresyon eşitlikleri Tablo 15'de verilmiştir.

$$my_{11} = f(x_{11}, a_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, a_{19}, x_{20}) \quad (4)$$

Tablo 15'de verilen bütün regresyon eşitlikleriyle hesaplanan zaman değerleri 1 m. mesafeyi yürümek için harcanan zaman olup, bu değer in yürüme mesafesi ile çarpımından gerçek yürüme zamanı elde edilmektedir. KALIP1'e göre, 2 nolu eşitlik, sabit sayılı olan 1 nolu eşitlikten daha avantajlı görülmesine rağmen, 1 nolu eşitliğin daha homojen bir hata dağılımına sahip olduğu görülmüştür. Hata dağılımı tipi B1'e benzer bulunmuştur.

$my_{11}$ 'e uygulanan karekök dönüşümü sonucu " $\sqrt{my_{11}}$ " in hesaplanması için 3 ve 4 nolu eşitlikler elde edilmiştir. Bu eşitliklerle hesaplanan değerlerin karesi alınıp, yürüme mesafesi ile çarpımından gerçek yürüme zamanı YD biriminden hesaplanmaktadır. 3 nolu eşitliğe ilişkin hata dağılımı A1 tipine benzer yani homojen bulunmuş ve seçilmiştir.

Tablo 15. Birim Mesafe Yürüme Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri

	my11	a	x11	a12*	x13	x14	x15	x17	x18	R-sq	SE	MAE	D
1	my11	-3.3	0.8	.01	1.3		0.9	1.1		.673	1.5	1.1	1.11
2	my11		0.39		1.18		0.8	1.2	-0.8	.911	1.9	1.5	0.97
3	sqrt my11	0.44	0.17		0.26	0.1	0.19	0.24		.69	.32	.24	1.12
4	sqrt my11		0.19	0.08	0.3	0.14	0.2	0.25		.98	.33	.25	1.14
5	x11'i 1,2	-3.9		0.03	1.3	0.8	1	1		.720	1.5	1.15	1.22
6	x11'i 1,2				.92		.94	.97		.912	1.7	1.3	1.26
7	x11'i 2,3	-4.2			1.6		1.3	1.3		.79	1.6	1.2	1.19
8	x11'i 2,3				1.2		.93	1.1		.931	1.8	1.4	1.06
9	x11'i 1				0.94		0.77	0.73		.919	1.49	1.2	1.308
10	x11'i 3				1.6		0.95	1.07		.930	2.3	1.7	1.118
11	x13'i 1,2		0.44				1.3	0.8		.906	1.47	1.11	1.347
12	x13'i 3,4	-10.3	1.4	0.06	2.22	0.8	0.8	1.3	-0.9	.779	1.5	1.11	1.084
13	x13'i 3,4		1.4	0.05			0.7	1.5	-1.1	.953	1.9	1.6	1.00
14	x17'i 1,2	-3.4	0.97	0.01	1.1		1.23		0.6	.701	1.5	1.1	1.164
15	x17'i 1,2		0.5		0.8		1.2			.911	1.6	1.2	0.993
16	x17'i 3		1.37		1.97					.958	1.9	1.5	1.127
17	GYA için		1.14	-0.04	1.68		0.66	0.74		.947	1.66	1.2	1.284
18	İYA için				0.69		1.26	1.06		.898	1.9	1.4	1.116

Tablo 15'da verilen 5-18 nolu eşitliklerin açıklanması şu şekildedir:

- Yukarıdan aşağıya doğru çalışma şekli (aşağı ve yana yürüme) dikkate alındığında my11'i hesaplamada 5 ve 6 nolu eşitlikler,
- Aşağıdan yukarı doğru çalışma şekli (yukarı ve yana yürüme) dikkate alındığında my11'i hesaplamak için 7 ve 8 nolu eşitlikler,
- Sadece aşağıya doğru yürümler esas alındığında, 9 nolu eşitlik,
- Sadece yukarı doğru yürümler esas alındığında 10 nolu eşitlik,
- Diri örtü itibariyle yoğun olmayan arazide my11'i hesaplamak için 11 nolu eşitlik,
- Yoğun diri örtü olan arazide my11'i hesaplamak için 12 ve 13 nolu eşitlikler,
- Kaygan olmayan zeminde yürümler için 14 ve 15 nolu eşitlikler,
- Kaygan olan zeminde yürümler için 16 nolu eşitlik,
- Geniş yapraklı ağaç ormanlarında yürümlerde 17 nolu eşitlik,
- İğne yapraklı ağaç ormanlarında yürümlerde 18 nolu eşitlik, 1 m. mesafeyi yürüme zamanının hesaplanmasına yönelik olarak oluşturulmuştur.

Yapay sinir ağı eğitimi ile birim mesafe yürüme zamanının (my11) hesaplanması modelinin araştırılmasında 4 nolu ilişkiden hareket edilmiştir. Burada verilen değişkenler (5) nolu formül uygulanarak 0-1 aralığına indirgenmiştir.

ANN modelinde veri dosyası: MYR (eğitim için: MYRE, test için: MYRT)

$$(x_{11}/10, a_{12}/10, x_{13}/10, x_{14}/10, x_{15}/10, x_{17}/10, x_{18}/10, a_{19}/10, x_{20}/10, my_{11}/100) \quad (5)$$

Yürüme zamanı için uygulanan işlemler  $my_{11}$  için aynı şekilde uygulanmış ve seçilen ANN modelinin parametreleri formül (6) da verilmiştir.

$$PMYR (inp = 9; out = 1; hid = 19; lr = 0,19; mom = 0,41; iter = 300000) \quad (6)$$

Seçilen modele göre en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan birim mesafe yürüme zamanının gözlem değerlerinden farkı olan hata dağılım şekli A3 tipindeki hata dağılımına yakın olup üniform dağılım elde edilmiştir.

### 3.1.6.2. Hazırlık Zamanı

Kesilecek ağaç dibine ulaşıldığında, kesme işlemine başlamadan önce, kısa da olsa bir hazırlık yapılması söz konusudur. Bunun için harcanan zaman değerleri Ek Tablo 1'de  $y_{12}$  olarak verilmiştir. Sadece hazırlık yapılması söz konusu olan gözlemlerin hazırlık zamanı değerleriyle  $y_{120}$  oluşturulmuştur.  $y_{12}$  ve  $y_{120}$  değerleri DKGH değerlerine oranlanmak suretiyle  $1 \text{ m}^3$  için hazırlık zamanı ( $by_{12}$  ve  $by_{120}$ ) değerleri elde edilmiştir.

Kesme işlemi öncesinde yapılan hazırlık için gerçek zaman değerleri ve birim zaman değerlerinin ihtimal dağılımları araştırıldığında normal dağılım göstermediği görülmüştür. Bu durumda gözlenen değişkenlere bağlı olarak hesaplanmasına yönelik regresyon eşitliği ve yapay sinir ağı modeli oluşturulmamıştır.

### 3.1.6.3. Engel Giderme Zamanı

Bazı ağaçların dip kısımlarında, çalışmaları az ya da çok engelleyen taş, diri örtü, ölü örtü, gençlik, ağaç dalı vs. engelleyiciler mevcuttur. Güvenli çalışma ortamının sağlanması için, bu tür engeller kesme işlemi öncesinde giderilmektedir. Ek Tablo 1'de  $y_{13}$  olarak verilmiştir. Gözlemler sırasında kök yayvanlığını giderme işlemi yapılmamıştır.  $y_{13}$ 'ü 0 olan gözlemler işlem dışı bırakılarak  $y_{130}$  oluşturulmuştur.  $y_{130}$ , kesim engeli olan gözlemlerin engel giderme zamanı değerlerini ifade etmektedir.  $1 \text{ m}^3$  için engel giderme zamanı değerleri  $by_{13}$  ve  $by_{130}$  şeklinde gösterilmiştir. Bunlara ilişkin ihtimal dağılımları araştırıldığında, normal dağılımdan çok uzak oldukları ve bu değerlerin tesadüfi olduğu anlaşılmıştır.

Engel giderme zamanının, engel bulunma yoğunluğu ( $x_{16}$ ) ile ilişkisinin kuvvetli olduğu ve aynı yönde olduğu Ek Tablo 2'de görülmektedir. Buradan  $y_{13}$  değerlerinin  $x_{16}$  gruplarının büyümesi ile doğru orantılı olarak artacağı anlaşılmaktadır.

Ancak,  $x_{16}$ 'nin durumu ve hangi etmenlere göre belirlenebileceği hususunda güvenilirli birey söylemek mümkün değildir.  $x_{16}$ 'nın belirlenmiş olması durumunda  $y_{13}$ 'ü ve  $y_{130}$ 'u hesaplamak için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 16'de verilmiştir. Bu eşitliklerin hata dağılımları B tipli hata dağılımlarına yakın bulunmuştur.

Tablo 16. Engel Giderme Zamanını Hesaplamada Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	$y_{13}$	$a$	$x_{17}$	$x_{20}$	$x_{16}$	$R-sq$	SE	MAE	D
1	$y_{13}$			-47,7	82,8	,900	39,	43,9	1,869
2	$y_{13}$	-105			96,1	,908	30	21	2,214
3	$y_{130}$	-198			129	,914	29,7	24	1,95
4	$y_{13}$ - İYA		-24,5		61,2	,704	52	39	1,431
5	$y_{13}$ -GYA		-33,2		87,2	,893	50,6	40,2	1,094

Bütün gözlemler dikkate alındığında 1 ve 2 nolu eşitlikler,

Sadece kesim engeli olan gözlemler dikkate alındığında 3 nolu eşitlik,

İğne yapraklı ağaç kesimine ilişkin gözlemler dikkate alındığında 4 nolu eşitlik,

Geniş yapraklı ağaç kesimine ilişkin gözlemler dikkate alındığında 5 nolu eşitlik oluşturulmuştur.

#### 3.1.6.4. Motorlu Testere İle Ağaç Kesme Zamanı

Motorlu testere ile ağaç kesme işinde önce devirme oyuğu açılmakta, sonra devirme keşişi yapılmaktadır. Kesme zamanına ilişkin gözlem değerleri Ek Tablo 1'de  $y_{14}$  olarak verilmiştir.  $y_{14}$ 'in ihtimal dağılımı incelendiğinde, çan eğrisinin sola çarpık olduğu görülmektedir. Bağımsız değişkenlerle  $y_{14}$ 'in hesaplanmasına yönelik işlemler için (7) nolu ilişki kurulmuştur. Bu ilişkiden hareketle, kesme zamanının hesaplanması için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 17'de verilmiştir.

$$y_{14} = f(x_{20} \text{ veya } x_{21}, x_{22}, x_{23} \text{ veya } x_{24}, x_{26}, x_{27}) \quad (7)$$

Tablo 17'deki 1 ve 2 nolu eşitliklerin hata dağılımlarının homojen olmayışından (B2 tipi),  $y_{14}$ 'e karekök dönüşümü uygulanmış, "sqrt  $y_{14}$ "i tahmin için 3 ve 4 nolu eşitlikler oluşturulmuştur. 3 nolu eşitliğin hata dağılımı A2 tipli hata dağılımına yakın bulunmuş ve kesme zamanı hesaplamasında kullanılmak üzere seçilmiştir. 3 ve 4 nolu eşitliklerle hesaplanan değerlerin karesi alınarak gerçek  $y_{14}$  değerleri elde edilmektedir.

Tablo 17. Ağaç Kesme Zamanının Hesaplanması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y14	a	x20	x22	x23	x24	x26	x27	R-sq	SE	MAE	D
1	y14	-81		13,7			12,6	40,3	,861	26	18	1,366
2	y14					3,02			,922	37	30	,799
3	sqrt y14	-1,84	-,32	,67		,18	,52	1,76	,922	1,0	,78	1,2
4	sqrt y14		-,46	,57		,17		1,75	,991	1,07	0,8	1,31
5	y14-GYA					3,13			916	43,9	34	0,724
6	y14-IYA					3,28			902	45	37	1,082
7	y14-mt3				3,9				961	47	39	1,613
8	y14-mt3	-107		23,6	4,9				770	40,7	31	1,568
9	y14-mt2		-30,7	11,2	3,4				966	29,6	23,2	1,516
10	y14-mt2	-114	-18,6	21,5	4,1		19,4		867	24,7	18,6	1,416
11	y14-mt1		-10,4		2,25				971	14	11	1,403
12	y14-mt1	-23,1			2,43				921	14	11	1,437

Tablo 17'deki 5-12 nolu eşitliklerin açıklanması şu şekildedir:

Geniş yapraklı ağaçların kesilmesi gözlemleri dikkate alındığında 5 nolu eşitlik,

İğne yapraklı ağaçların kesilmesi gözlemleri dikkate alındığında 6 nolu eşitlik,

3.sınıf motorlu testere ile kesme gözlemleri dikkate alındığında 7 ve 8 nolu eşitlikler,

2.sınıf motorlu testere ile kesme gözlemleri dikkate alındığında 9, 10 nolu eşitlikler,

1.sınıf motorlu testere ile kesme gözlemleri dikkate alındığında 11, 12 nolu eşitlikler,

oluşturulmuştur. Bu eşitliklerin oluşturulmasında, dikkate alınan değişken dışında kalan diğer değişkenlere ilişkin koşullar aynı kalmıştır.

Kesme zamanının yapay sinir ağı modeli ile hesaplanmasında (7) nolu ilişkiden hareket edilmiştir. Veri dosyası, KD (eğitim için kullanılan: KDE, test için kullanılan: KDT) olarak isimlendirilmiş ve (8) nolu formül uygulanarak veriler oluşturulmuştur.

$$(x21/100, x22/10, x24/100, x26/10, x27/10, y14/1000) \quad (8)$$

3.1.6.1. bölümünde y11'in ANN modelinin belirlenmesine yönelik yapılan işlemler burada da uygulanmış ve kesme zamanının hesaplanmasında seçilen ANN modeli (9) nolu model şeklinde verilmiştir.

$$\text{PKD (inp} = 5; \text{out} = 1; \text{hid: } 10; \text{lr: } 0,18; \text{mom: } 0,41; \text{iter: } 142313) \quad (9)$$

Seçilen ANN modeline göre en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan kesme zamanı değerlerinin hata dağılımı Şekil 26'deki A2 tipindeki dağılıma yakın bulunmuştur. Hesaplanan y14 değerlerinin birimi 1/1000 YD birimindedir.

Kesme işinde birim zamanların araştırılmasında (10) nolu ilişki kurulmuştur.  $y_{14}$  değerleri her sefer için kesim yüzeyi değerine oranlanarak, birim kesim yüzeyi zamanının hesaplanması araştırıldığında, anlamlı regresyon eşitliği oluşturulamamıştır.

$$\text{Birim kesme zamanı} = f(x_{20}, x_{22}, a_{24}, x_{26}, x_{27}) \quad (10)$$

Kesme zamanı,  $d_{1,30}$  çapının her cm.si için incelendiğinde ( $dy_{14} = y_{14}/x_{24}$ ),  $dy_{14}$ 'in dağılımı sola çarpık çan eğrisi şeklinde bulunmuştur.  $dy_{14}$ 'in hesaplanmasına yönelik eşitlikler Tablo 18'de 1-4 nolu olarak verilmiştir. Bunlardan 1 ve 2 nolu eşitliklerin homojen olmayan bir hata dağılımına sahip oldukları görülmüştür.  $dy_{14}$ 'e karekök dönüşümü uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmış, "sqrt  $dy_{14}$ "'in hesaplanması için oluşturulan 3 ve 4 nolu eşitliklerden, 4 nolu eşitliğin daha homojen hata dağılımına (A2 tipine yakın) sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 18. Ağaç Kesmede Birim Zaman Hesaplaması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y	a	x <sub>20</sub>	x <sub>22</sub>	a <sub>24</sub>	x <sub>26</sub>	x <sub>27</sub>	R-sq	SE	MAE	D
1	dy <sub>14</sub>		-0,17	0,32			1,09	,955	0,55	0,43	1,208
2	dy <sub>14</sub>	-,5		,28	,39		,9	,656	,58	,44	1,313
3	dy <sub>14</sub> sqrt			,14	,01	,19	,28	,988	,18	,14	1,11
4	dy <sub>14</sub> sqrt	,5		,09	,01	,06	,27	,743	,16	,12	1,12
5	by <sub>14</sub>	194	-20,4	10,7	-47,5		28,4	,57	34	25	1,38
6	by <sub>14</sub>			21,4	-29,0	43,2	29,6	,84	43	32	1,2
7	sqrt by <sub>14</sub>	13,9	-0,92	0,55	-2,39		1,6	,62	1,5	1,2	1,33
8	sqrt by <sub>14</sub>			1,53	-1,03	3,2	1,7	,94	2,5	1,9	1,17

Birim hacim (1 m<sup>3</sup>) için kesme zamanı (by<sub>14</sub>) değerleri,  $y_{14}/x_{25}$  şeklinde oluşturulmuş, bağımsız değişkenlerle by<sub>14</sub>'in hesaplanmasına yönelik regresyon eşitlikleri Tablo 18'de 5-8 nolu olarak verilmiştir. Bu eşitliklerin hata dağılımlarının incelenmesinden istenilen homojenlikte dağılım elde edilemediği anlaşılmıştır. Diğerlerine göre daha iyi denilebilen 5 ve 7 nolu eşitliklerin hata dağılımları birbirine benzer olup B2 tipindeki dağılıma yakın bulunmuştur. 7 ve 8 nolu regresyon eşitlikleri ile hesaplanan değerlerin karesi alınarak 1 m<sup>3</sup> için kesme zamanı hesaplanmaktadır.

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile 1 m<sup>3</sup> için kesme zamanını hesaplamada, yine (10) nolu ilişkiden hareketle ANN modelinin belirlenmesine yönelik işlemler yürütülmüştür.

Veri dosyası, BKD (eğitim için: BKDE, test için: BKDT) olarak isimlendirilmiş, veriler (11) nolu formül ile oluşturulmuştur.  $y_{11}$ 'in ANN modelinin seçilmesine yönelik yapılan işlem sırası (3.1.6.1. bölümü) burada da uygulanmış ve by<sub>14</sub>'in hesaplanmasında,

parametreleri (12) nolu formülde verilen ANN modeli seçilmiştir. Seçilen modele göre en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan birim hacim kesme zamanının hata dağılım şekli A2 tipli dağılıma yaklaşık bulunmuştur.

$$(x_{20}/10, x_{22}/10, a_{24}/10, x_{26}/10, x_{27}/10, by_{14}/1000) \quad (11)$$

$$\text{PBKD (inp} = 5; \text{out} = 1; \text{hid: } 7; \text{lr: } 0,19; \text{mom: } 0,63; \text{iter: } 385000) \quad (12)$$

### 3.1.6.5. Devirme İşlemi Zamanı

Motorlu testere ile kesme işleminin tamamlanması ile birlikte bazı ağaçlar kendiliğinden devrilmemektedir. Bunların devrilmesine yönelik uygulanan işlemler için harcanan zaman  $y_{15}$  olarak Ek Tablo 1'de verilmiştir. Sadece devirme faaliyeti gerektiren gözlemler için devirme zamanı  $y_{150}$  olarak belirlenmiştir. Bazı ağaçlar ise devrilirken diğer ağaçlara takılmaktadır. Takılan ağaçların düşürülmesi faaliyeti zamanı  $y_{16}$  olarak, sadece düşürme faaliyeti gerektiren gözlemler dikkate alındığında düşürme zamanı  $y_{160}$  olarak belirlenmiştir. Bunlara ilişkin birim zaman değerleri de hesaplanmıştır.

Devirme işlemi ve takılan ağaçları düşürme zamanı değerlerinin ihtimal dağılımı ayrı ayrı araştırılmış, ancak normal dağılımdan uzak oldukları görülmüştür. Dolayısıyla bunların bağımsız değişkenlere bağlı olarak hesaplanamayacağı anlaşılmaktadır.

$y_{15}$  ve  $y_{16}$ 'in ağaç kesme zamanı ( $y_{14}$ ) ile birlikte değerlendirilmesi durumunda,  $y_{14}+y_{15}=y_{45}$  ve  $y_{45}+y_{16}=y_{kd}$  olarak kısaltılmıştır.  $y_{kd}$ 'nin ihtimal dağılımının normal dağılıma çok yakın olduğu Şekil 33'den anlaşılmaktadır. (10) nolu ilişkiden hareketle  $y_{57}$ 'i ve  $y_{kd}$ 'i hesaplamaya yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 19'da verilmiştir.

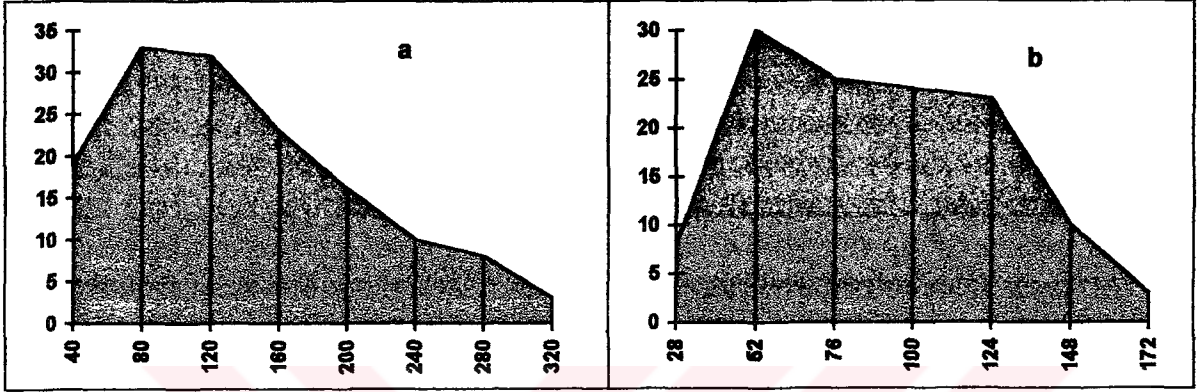
Tablo 19. Kesme ve Devirme İşlemleri İçin Harcanan Zaman Değerlerinin Hesaplanmasına Yönelik Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	$y_{14}+y_{15}+y_{16}$	a	$x_{20}$	$x_{22}$	$x_{24}$	$x_{16}$	$x_{26}$	$x_{27}$	R-sq	SE	MAE	D
1	$y_{45}$ - GYA			-39,5	3,9	-12,4		38,1	,911	53	37	1,598
2	$y_{45}$ - İYA				2,8			30	,823	77	57	1,686
3	$(y_{45}/x_{24})$ -GYA						0,3	0,9	,914	0,9	0,6	1,551
4	$(y_{45}/x_{24})$ -İYA						0,36	1,31	,858	1,3	0,8	1,971
5	$y_{kd}$				2,5			43,3	,728	113	73,2	1,77
6	$y_{kd}$			-12,8	3,3	-17		42,1	,85	67	46,7	1,874
7	$y_{kd}$		-45,5		4,3	54,2		54,5	,832	150	104	1,838
8	$y_{kd}$		-33		4,8	59	-29	48	,896	106	81	1,59
9	$y_{kd}$	-175			5,6	69,4		56,8	,682	100	76	1,56

Tablo 19'da verilen eşitliklerin açıklanması şu şekildedir:

- Kesme ve devirme zamanı birlikte ele alındığında ( $y_{45}$ ), GYA'lar için 1 nolu eşitlik, İYA'lar için 2 nolu eşitlik,  $y_{45}$ 'nin  $x_{24}$ 'e bağımlı olarak ( $y_{45}/x_{24}$ ) hesaplanmasında GYA'lar için 3, İYA'lar için 4 nolu eşitlik elde edilmiştir.

- Kesme-devirme ve düşürme zamanı toplamı ( $y_{14}+y_{15}+y_{16} = y_{kd}$ ) dikkate alındığında ve bütün gözlem değerleri işleme sokularak 5-9 nolu eşitlikler oluşturulmuştur.



Şekil 31. Kesme ve Devirme Zamanı Değerlerinin Dağılımı (a, b)

(X ekseninde zaman değerleri, Y ekseninde gerçek frekanslar yer almaktadır)

a) kesme ve devirme zamanı değerlerinin frekans dağılımı,

b) kesme ve devirme işleminde birim zaman değerlerinin frekans dağılımı.

Kesme ve devirme işleminin tamamlanması ve diğer işlemlere geçilmesi arasında kısa da olsa zorunlu beklemler söz konusudur. Bu tür beklemler ile kesim sırasında dinlenme amaçlı olmayan diğer zorunlu beklemler Ek Tablo 1'de  $y_{17}$  olarak verilmiştir.  $y_{17}/x_{25}$  işlemiyle  $by_{17}$  oluşturulmuş,  $y_{17}$  ve  $by_{17}$ 'ye ilişkin ihtimal dağılımlarının incelenmesinden, bu değerlerin bağımsız değişkenlerle hesaplanamayacağı anlaşılmaktadır.

### 3.1.6.6. Dal Alma Zamanı

Yere düşürülen veya daha önce düşürülmüş gövdeler üzerinde, balta ve motorlu testere kullanılarak iki kişi tarafından dallarının temizlenmesi işlemi için harcanan zaman değerleri Ek Tablo 1'de  $y_{18}$  olarak verilmiştir.  $y_{18}/x_{25}$  işlemiyle, birim hacim için dal alma zamanı ( $by_{18}$ ) değerleri oluşturulmuştur.  $y_{18}$  ve  $by_{18}$ 'in ihtimal dağılımları araştırıldığında normal dağılım göstermediği anlaşılmıştır.



Bağımsız değişkenlerle y18'in hesaplanmasına yönelik işlemler için (13) nolu ilişki kurulmuştur. Bu ilişkiden hareketle, oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 20'de verilmiştir.

$$y18 = f(x21, x22, x24, x27, x28, x29 \text{ veya } x30, x31, x32) \quad (13)$$

Bütün gözlemler dikkate alındığında elde edilen 1 ve 2 nolu eşitliklerden 1 nolu eşitliğin hata dağılımı daha homojen bulunmuştur (A2 tipi dağılım).

Daha uygun bir eşitliğin kurulabilmesi için, y18'e karekök dönüşümü uygulanmış, "sqrt y18" in hesaplanmasına yönelik 3 ve 4 nolu eşitlikler oluşturulmuş, ancak diğerlerinden daha homojen hata dağılımı elde edilememiştir. Bu durumda işlem kolaylığı açısından 1 nolu eşitlik 3 nolu eşitliğe tercih edilebilir. Çünkü 3 ve 4 nolu eşitlik sonuçlarının karesi alınmak suretiyle gerçek y18 değerleri hesaplanmaktadır.

Tablo 20'deki 5 ve 6 nolu eşitlikler sadece GYA'lara ilişkin dal alma zamanının hesaplanması için, 7, 8, 9 ve 10 nolu eşitlikler İYA'larda dal alma zamanının hesaplanması için oluşturulmuştur.

Tablo 20. Dal Alma Zamanının Hesaplanması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y18	a	x20	x24	x28	x29	x30	x31	x32	R-sq	SE	MAE	D
1	y18	-869	110		13,4		742	96	98	,69	136	105	1,23
2	y18		-48,6			38,8			30,9	,884	153	114	1,422
3	sqrt y18	-2,6	2,6			,89		1,6	2,8	,737	3,0	2,4	1,35
4	sqrt y18		1,72			,9		1,35	2,4	,974	3,1	2,4	1,35
5	GYA- y18	-548		5			808		109	,632	155	113	1,349
6	GYA- y18						755,4			,841	193	149	1,01
7	İYA- y18	-441		7,6			594		112,8	,643	143	104	1,031
8	İYA- y18			2,8					162,6	,846	170	131	1,13
9	İYA- y18			2,8		32,5		131,9	102,7	,685	134	103	0,896
10	İYA- y18			5,6	-17,4	37,4			65,7	,886	146	113	0,956
No	by18	a	x20	a24	x27	a30	x31	x32		R-sq	SE	MAE	D
11	by18			-126	61	120		51		,81	139	101	1,48

(14) nolu ilişkiden hareketle birim hacim dal alma zamanını (by18) hesaplamak için Tablo 20'deki 11 nolu eşitlik oluşturulmuştur. Bu eşitliğin hata dağılımı B2 tipinde bulunmuş, bundan başka anlamlı regresyon eşitliği oluşturulamamıştır.

$$by18 = f(x20, x22, a24, x27, a30, x31, x32) \quad (14)$$

Dal alma zamanını yapay sinir ağı modeli ile hesaplamak için (13) nolu ilişki gereği alternatif modeller oluşturulmuştur. Veri dosyası (15) nolu formülle oluşturulmuş, eğitimleri yapılmış ve seçilen ANN modelinin parametreleri (16) nolu formül olarak verilmiştir.

Veri dosyası: DB (eğitim için kullanılan: DBE, test için kullanılan: DBT)

$$(x_{21}/100, x_{22}/10, x_{24}/100, x_{27}/10, x_{28}/100, x_{30}, x_{31}/10, x_{32}/10, y_{18}/10000) \quad (15)$$

$$PDB (inp = 7, out = 1, hid: 19, lr: 0,19, mom: 0,63, iter: 314000) \quad (16)$$

Seçilen modele göre en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan dal alma zamanı değerlerinin hata dağılımı A1 tipindeki dağılıma yakın bulunmuştur. Hesaplanan  $y_{18}$  değerleri 1/10000 YD birimindedir.

Birim hacim için dal alma zamanının hesaplanmasında (14) nolu ilişki gereği, eğitimde kullanılacak veri dosyası (17) nolu formül ile oluşturulmuş, alternatif ANN modelleri için eğitim yapılmış ve seçilen modelin parametreleri (18)'de verilmiştir.

Veri dosyası: BDB (eğitim için kullanılan: BDBE, test için kullanılan: BDBT)

$$(x_{20}/10, x_{22}/10, a_{24}/10, x_{27}/10, a_{30}/10, x_{31}/10, x_{32}/10, by_{18}/1000) \quad (17)$$

$$PBDB (inp = 8, out = 1, hid: 14, lr: 0,13, mom: 0,41, iter: 581000) \quad (18)$$

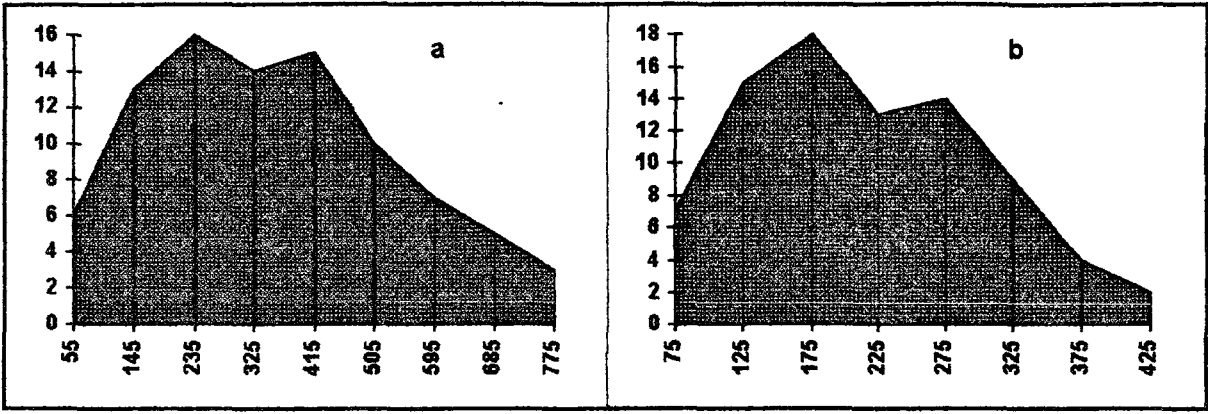
Birim hacim için dal alma zamanının belirlenmesinde, seçilen ANN modelinin en son ulaşılan tartıları kullanılarak hesaplanan değerlerin hata dağılımı A2 tipi dağılıma yakın bulunmuştur.  $by_{18}$  ile ilgili değerler YD'nın 1/1000'i biriminden verilmiştir.

### 3.1.6.7. Ölçme İşaretleme ve Tomruklama Zamanı

Dalları budanan gövde, bazı durumlarda bütün olarak bırakılmaktadır. Ancak bölümlere ayrılması durumunda, iki kişilik çalışma ekibinden bir tanesi standartlara uygun olarak ölçme ve işaretleme işini yapmakta, ikincisi de işaretli yerlerden motorlu testere ile keserek bölümlere ayırma işlemini yapmaktadır. Dolayısıyla  $y_{19}$  olarak Ek Tablo 1'de verilen akış diliminde hem ölçme ve işaretleme zamanı hem de tomruklama zamanı yer almaktadır. Birim hacim ( $1 \text{ m}^3$ ) için tomruklama zamanı ( $by_{19}$ ),  $y_{19}/x_{25}$  şeklinde hesaplanmış,  $y_{19}$  ve  $by_{19}$  değerlerinin ihtimal dağılımı Şekil 32'de verilmiştir. Her iki dağılım şeklinin de, standart normal dağılım şekline çok yakın olduğu anlaşılmaktadır.

$y_{19}$  için (19)'da verilen ilişki kurulabilir. Buradaki bağımsız değişkenlerle  $y_{19}$ 'un hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 21'de verilmiştir.

$$y_{19} = f(x_{20}, x_{22}, x_{24}, x_{27}, x_{31}, x_{33}, x_{34}) \quad (19)$$



Şekil 32. Ölçme İşaretleme ve Tomruklama Zamanı Değerlerinin Dağılımı (a, b)

(X ekseninde zaman değerleri, Y ekseninde gerçek frekanslar yer almaktadır)

a: tomruklamada gerçek zaman değerlerinin frekans dağılımı,

b: 1 m<sup>3</sup> için harcanan zaman (birim zaman) değerlerinin frekans dağılımı

Tablo 21. Gövdenin Bölümlere Ayrılması Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y19	a	x20	x22	x24	x27	x28	x31	x33	x34	R-sq	SE	MAE	D
1	y19	-273		43,4	4,9	59,2		-93,8	57,9		,836	93,5	74,1	1,641
2	y19		-65		4,2	44,2			36,9		,941	110	85	1,63
3	sqrt y19	,21		1,0	,16	1,8			1,0		,81	2,5	1,9	1,64
4	sqrt y19			1,1	,17	1,8			,97		,984	2,5	1,9	1,65
5	y19- GYA				9		-18,9			25	,919	158	123	1,331
6	y19- İYA	-229			7,4					14,9	,740	95	73	1,74
7	y19- İYA				8,6		-16,3			18	,919	109	85,6	1,367
	by19	a	x20	x22	x24	x27	x28	x31	x33	x34	R-sq	SE	MAE	D
8	by19			58,6		68,6					,71	163	112	1,36

Bütün gözlemler dikkate alındığında, y19'ün hesaplanması için oluşturulan 1 ve 2 nolu eşitlikler ile y19'ün karekökünün hesaplanması için oluşturulan 3 ve 4 nolu eşitliklerden, 1 ve 3 nolu eşitliklerin hata dağılımı diğerlerinden daha homojen ve A1 tipi dağılıma yakın bulunmuştur (Şekil 26).

y19'u GYA'larda hesaplamak için 5 nolu eşitlik, İYA'larda hesaplamak için 6 ve 7 nolu eşitlikler oluşturulmuştur (Tablo 21).

Birim hacim için tomruklama zamanının (by19) hesaplanmasına yönelik 8 nolu regresyon eşitliği oluşturularak Tablo 21'de verilmiştir. Bu eşitlikle hesaplanan by19'ün homojen olmayan hata dağılımı B1 tipi dağılıma benzer bulunmuştur.

Tomruklama zamanı için (19) nolu ilişkide verilen değişkenlerin çok karmaşık olmaması ve  $y_{19}$ 'ün regresyon eşitliği ile hesaplanması nedeniyle,  $y_{19}$  için ANN modeli araştırılmamıştır.

Bölmelere ayırma işlemi, dal alma işlemi ile birlikte değerlendirildiğinde harcanan zamanın ( $y_{pr}=y_{18}+y_{19}$ ), (13) ve (19) nolu ilişkilerde yer alan değişkenlerle hesaplanmasına yönelik regresyon eşitlikleri Tablo 22'de verilmiştir.

$y_{pr}$ 'nin hesaplanması için bütün gözlemler dikkate alındığında 1 ve 2 nolu eşitlikler, GYA'larda 3 nolu eşitlik, İYA'larda 4 nolu eşitlik, 3.sınıf motorlu testere ile çalışılmasında 5 ve 6 nolu eşitlikler, 2.sınıf motorlu testere ile çalışılmasında 7 ve 8 nolu eşitlikler, 1.sınıf motorlu testere ile çalışılmasında 9 ve 10 nolu eşitlikler elde edilmiştir. 3-10 nolu eşitlikler belli değişkenler için elde edilmiş olduğundan, diğer gözlem koşulları üzerinde değişiklik yapılmamıştır.

Tablo 22. Dal Alma ve Tomruklama Zamanı Toplamını Tahmin İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y <sub>ii</sub>	a	x <sub>20</sub>	x <sub>24</sub>	x <sub>27</sub>	x <sub>28</sub>	x <sub>29</sub>	x <sub>32</sub>	x <sub>33</sub>	x <sub>34</sub>	R-sq	SE	MAE	D
1	y <sub>pr</sub>	-685	97	7,8	66		35	97,6	44,8		,848	156	119	1,597
2	y <sub>pr</sub>			10,6		-29,8	43,5		32,4	15,1	,954	190	143	1,423
No	y	a	x <sub>24</sub>	x <sub>28</sub>	x <sub>29</sub>	x <sub>30</sub>	x <sub>31</sub>	x <sub>32</sub>	x <sub>33</sub>	x <sub>34</sub>	R-sq	SE	MAE	D
3	y <sub>pr</sub> -GYA		9,26	-17,3	31,6				55,36		,970	173	126	1,591
4	y <sub>pr</sub> -İYA		9,12		112,3	-1522	196	128,2		-24,4	,960	160	120	1,247
5	y <sub>pr</sub> - mt3						-554	338,4		45,5	,975	148	115	2,36
6	y <sub>pr</sub> - mt3	-1384		70,4				391			,721	154	119	1,751
No	y	a	x <sub>24</sub>	x <sub>27</sub>	x <sub>28</sub>	x <sub>30</sub>	x <sub>31</sub>	x <sub>32</sub>	x <sub>33</sub>	x <sub>34</sub>	R-sq	SE	MAE	D
7	y <sub>pr</sub> - mt2		8,1			333			43,5		,927	232	174	1,372
8	y <sub>pr</sub> - mt2	-1001	7,1		31,3	749		134	33,5		,723	187	146	1,7
9	y <sub>pr</sub> - mt1		18,8		-30,7	357	-290		112,6		,972	155	117	1,633
10	y <sub>pr</sub> - mt1	-655	13,2			849			54,8		,943	127	97	1,487

### 3.1.6.8. Motorlu Testere Çalıştırma Zamanı

Kesim sürecinde motorlu testerenin aktif olarak çalıştırıldığı zamanların toplamından ( $y_{mt} = y_{14} + y_{18} + y_{19}$ ) motorlu testere çalıştırma zamanı ( $y_{mt}$ ) oluşturulmuş,  $y_{mt}/x_{25}$  oranından birim hacim için motorlu testere çalıştırma zamanı ( $y_{bymt}$ ) oluşturulmuştur.  $y_{mt}$  ve  $y_{bymt}$  değerlerinin ihtimal dağılımlarının, normal dağılıma yakın olduğu görülmüştür. Bu durumda,  $y_{mt}$  için (20) nolu ilişki,  $y_{bymt}$  için (21) nolu ilişki kurulabilir.

$$ymt = f(x_{20}, x_{22}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{30}, x_{32}, x_{33}, x_{34}) \quad (20)$$

$$bymt = f(x_{20}, x_{22}, a_{24}, a_{25}, x_{26}, x_{27}, a_{30}, x_{32}, a_{33}, a_{34}) \quad (21)$$

Bu ilişkilerden hareketle ymt'nin hesaplanmasına yönelik oluşturulan 1 ve 2 nolu regresyon eşitlikleri ile bymt'nin hesaplanmasına yönelik 3, 4 ve 5 nolu regresyon eşitlikleri Tablo 23'de verilmiştir. Bunlardan 1 nolu eşitliğin hata dağılımı 2 nolu eşitlikten daha homojen ve A1 tipli dağılıma yakın bulunmuştur. 3 nolu eşitliğin hata dağılımı ise 4 ve 5 nolu eşitlik dağılımlarından daha homojen olmakla birlikte B2 tipi dağılım sergilemektedir.

Tablo 23. Kesim Sürecinde Motorlu Testere Çalıştırma Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	ymt	a	x <sub>20</sub>	x <sub>24</sub>	x <sub>26</sub>	x <sub>27</sub>	x <sub>30</sub>	x <sub>32</sub>	x <sub>33</sub>	R-sq	SE	MAE	D
1	ymt	-1295	194,4	16,5	120,8	62,3	474	135	51,7	,858	175	131	1,575
2	ymt			14					52,9	,945	245	192	1,59
	bymt	a	a <sub>24</sub>	a <sub>25</sub>	x <sub>26</sub>	x <sub>27</sub>	a <sub>30</sub>	x <sub>32</sub>	a <sub>34</sub>	R-sq	SE	MAE	D
3	bymt	612		-100			61,1			,50	177	127	1,45
4	bymt			-87	200,6		131,5			,89	197	148	1,5
5	bymt			-105	179,5		123		35,9	,90	184	141	1,5

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile motorlu testere çalıştırmada gerçek zamanın ve birim zamanın hesaplanmasında aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

ymt için, veri dosyası: MT (eğitim için: MTE, test için: MTT) şeklinde olup (20) nolu ilişkiden hareketle MT verileri (22) nolu formül ile oluşturulmuştur.

Ara katmandaki nöron sayısı (hid), öğrenme oranı (lr), momentum oranı (mom) ve iterasyon sayısı (iter) değiştirilerek alternatif modeller oluşturulmuştur. Her model için eğitimin seyri şekiller üzerinde incelenmiş ve seçilen ANN modelinin parametreleri (23) noda verilmiştir.

$$(x_{20}/10, x_{22}/10, x_{24}/100, x_{25}/10, x_{26}/10, x_{27}/10, x_{30}, x_{32}/10, x_{33}/100, x_{34}/100, ymt/10000) \quad (22)$$

$$PMT (inp = 10; out = 1; hid: 19; lr: 0,18; mom: 0,63; iter: 1010000) \quad (23)$$

Seçilen ANN modeline göre en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan ymt değerlerinin hata dağılımı Şekil 26'deki A1 tipi dağılıma yakın bulunmuştur. Hesaplanan ymt değerleri 1/10000 YD birimindedir.

bymt için, veri dosyası: BMT (eğitim için: BMTE, test için: BMTT) şeklinde isimlendirilmiş, (21) nolu ilişkiden hareketle BMT verileri aşağıdaki formül ile oluşturulmuştur.

$$(x_{20}/10, x_{22}/10, a_{24}/10, a_{25}/10, x_{26}/10, x_{27}/10, a_{30}/10, x_{32}/10, a_{33}/10, a_{34}/10, bymt/10000) \quad (24)$$

Eğitimi yapılan modeller arasından seçilen ANN modelinin parametreleri şu şekilde verilmiştir.

$$PBMT (inp = 10; out = 1; hid: 10; lr: 0,27; mom: 0,71; iter: 207000) \quad (25)$$

Seçilen ANN modeline göre en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan bymt değerlerinin hata dağılımı A2 tipine yakın bulunmuştur. bymt değerleri 1/10000 (YD/m<sup>3</sup>) birimindedir.

### 3.1.6.9. Toplam Çalışma Zamanı

Toplam çalışma zamanı (yge), kesim sürecinde bütün iş dilimleri için harcanan aktif çalışma zamanlarının toplamından oluşmaktadır.

$$yge = y_{11} + y_{13} + y_{12} + y_{14} + y_{15} + y_{16} + y_{18} + y_{19} \quad (26)$$

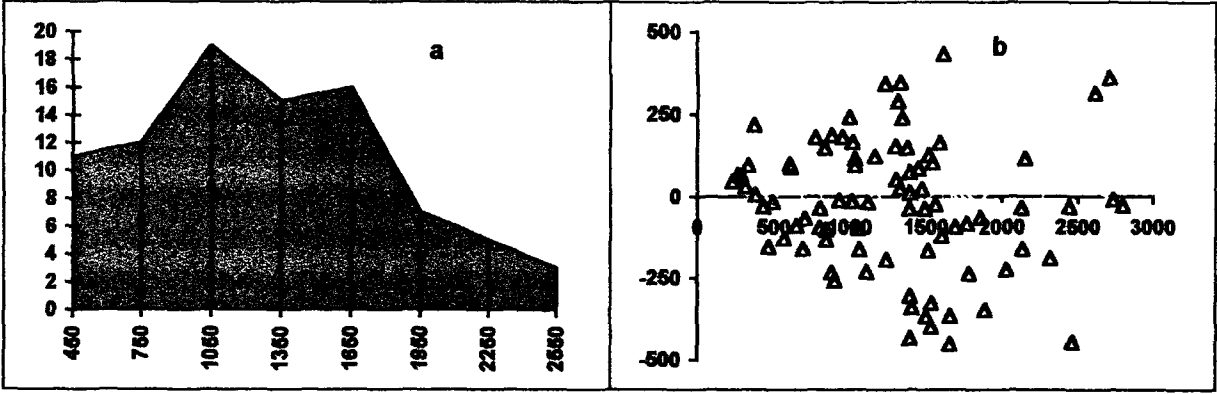
Burada görüldüğü gibi yge, yaklaşık bütün iş dilimlerinin toplamından oluşmaktadır ve gözlenen değişkenlerin hepsi ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımdan hareketle yge, aşağıdaki şekilde ilişkiye getirilebilir.

$$yge = f(\text{kesim sürecinde gözlemlenen bütün } x_i\text{'ler}) \quad (27)$$

yge'nin ihtimal dağılımı araştırıldığında, normal dağılıma yakın çan eğrisine yaklaşılmıştır (Şekil 33 a). (27)'de verilen ilişkiden hareketle, yge'nin hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 24'de verilmiştir. Eşitliklerin hata dağılımlarının incelenmesinden, 5 nolu eşitliğin diğerlerine göre daha üniform dağılımlı olduğu görülmüş ve Şekil 33 b'de verilmiştir.

Tablo 24. Toplam Çalışma Zamanı Değerlerini Tahmin İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	yge	a	x11	x13	x20	x24	x28	x29	x33	R-sq	SE	MAE	D
1	yge		-102,	118,		28,7	-41,3	59,5		,940	369	271	1,824
2	yge		-132,	174,		30,1	-28,2		33,8	,931	396	286	2,019
3	yge				-147	19,1		58,8		,925	410	307	1,638
	yge	a	x20	x24	x26		x30	x32	x34	R-sq	SE	MAE	D
4	yge	1120		20	156		739,7	136,5	21	,827	218	163	2,02
	yge	a	x17	x19	x24	x16	x27	x30	x34	R-sq	SE	MAE	D
5	yge	-1502	139,4	8,1	10	143,2	203	1282	31	,872	276	208	1,757



Şekil 33. Toplam Çalışma Zamanı Değerlerine İlişkin Dağılımlar (a, b)

a: gözlem değerlerinin ihtimal dağılımı (X ekseninde zaman değerleri, Y ekseninde gerçek frekanslar yer almaktadır)

b: Tablo 24'deki 5 nolu regresyon eşitliği ile hesaplanan toplam zaman değerlerine göre gözlem değerleri farkının dağılımı (X: zaman değerleri, Y: hata değerleri)

Aktif faaliyet gerektiren bazı iş dilimlerinin birleştirilmesi durumunda oluşturulan toplam zaman değerinin hesaplanmasına yönelik elde edilen regresyon eşitlikleri Tablo 25'de verilmiştir. Tablo 25'de verilen eşitliklerin açıklaması şu şekildedir:

- Kesim hazırlığı, engel giderme ve bekleme zamanları dikkate alınmadığında, diğer iş dilimi zamanları toplamının hesaplanmasında 1 ve 2 nolu eşitlikler,

- Kesme, devirme, dal budama ve tomruklama işlemlerinde toplam zamanın bütün gözlem değerleri için hesaplanmasında 3 ve 4 nolu eşitlikler, GYA'lar için hesaplanmasında 5 nolu eşitlik, İYA'lar için hesaplanmasında 6 nolu eşitlik elde edilmiştir.

- Kesme, devirme, dal budama ve tomruklama işlemlerinin toplam aktif zamanını; d1,30 çapının her cm.'si için hesaplamada 7 ve 8 nolu eşitlikler, d1,30 çapının karesine bağlı olarak hesaplamada 9 nolu eşitlik elde edilmiştir.

Tablo 25. Kesim Sürecinde Bazı İş Dilimlerinin Birleştirilmesiyle Oluşan Zaman Değerlerini Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	x20	x24	x26	x27	x28	x29	x30	x32	x33	x34	R-sq	SE	MAE	D
1		24,4			-36,4	66,7					,936	339	256	1,536
2	-168,	20,6					829,				,923	371	280	1,644
3	156,5	15,	167,4	84,4	-57,6	128,8	-2186	133,	43,5		,969	189	139	1,7
4	245	17,2					602,6			22,7	,954	257	203	1,84
No	x24	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32	x33	x34	R-sq	SE	MAE	D
5	12,2								58,7		,963	223	167	1,87
6	10				92,2	-1372		174,7			,952	223	168	1,61
7		3,15	2,1			12,5	2,7	2,9			,925	7,4	5,1	1,69
8		5,1				15,1		3,8			,922	7,6	5,3	1,63
9		0,22				0,73				-0,01	,826	0,29	0,2	1,27

### 3.1.6.10. Temel Çalışma Zamanı

Kesim sürecinde uygulanan işlemler için 3 farklı çalışma şeklinin sözkonusu olduğu ve bu çalışma şekilleri için belirlenen temel zamanlar daha önce verilmişti. Her çalışma şekli için birim temel zamanlar aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

$$1.\text{tip çalışma şekli için: } bkg1 = by11 + by12 + by14 + by15 + by17$$

$$2.\text{tip çalışma şekli için: } bkg2 = bkg1 + by18$$

$$3.\text{tip çalışma şekli için: } bkg3 = bkg2 + by19$$

Her çalışma şekli için varsayılan ilişkiler (28) (29) (30)'da verilmiştir. Bu ilişkilerden hareketle çalışma şekillerine göre, harcanan birim temel zamanların değişkenler yardımı ile hesaplanmasında regresyon analizi ve yapay sinir ağlarının eğitimi uygulanmıştır. Bunların uygulanması, daha önceki iş dilimlerinde yapıldığı şekildedir. ANN modelinin seçilmesinde 3.1.6.1. bölümünde y11 için yapılan işlemler her çalışma şekli için ayrı ayrı uygulanmıştır.

$$bkg1 = f(x11, a12, x13, x14, x15, x17, x18, a19, x20, x22, a24, x26, x27) \quad (28)$$

$$bkg2 = f(x11, a12, x13, x14, x15, x17, x18, a19, x20, x22, a24, x26, x27, a28, a29, x31, x32) \quad (29)$$

$$bkg3 = f(x11, a12, x13, x14, x15, x17, x18, a19, x20, x22, a24, x26, x27, a28, a29, x31, x32, a33, a34) \quad (30)$$

Her çalışma şeklindeki birim zaman değerlerinin ihtimal dağılımı araştırıldığında, bkg1 ve bkg2 için sola çarpık çan eğrisi elde edilmiş, bkg3 için iki tarafından basık normal çan eğrisine ulaşılmıştır.

(28)'de verilen ilişkiden, 1.tip çalışma şekli için birim (1 m<sup>3</sup>.) temel çalışma zamanının hesaplanmasında (31) nolu regresyon eşitliği oluşturulmuş ve bu eşitliğin hata dağılımı B1 tipindeki dağılıma benzer bulunmuştur.

$$bkg1 = 96 x11 + 51 a12 + 134 a19 -184 a24 + 143 x26 \quad (31)$$

$$R-rq: 0,75, \quad SE: 246, \quad MAE: 160, \quad D:1,8$$

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile bkg1'in hesaplanmasına yönelik ANN modelinin belirlenmesinde, veri dosyası: BKG1 (eğitim için: BKG1E, test için: BKG1T) şeklinde isimlendirilmiştir. Değişkenlerine (32) nolu formülün uygulanması ile veriler hazırlanmıştır.

$$(1/10 (x11, a12, x13, x14, x15, x17, x18, a19, x20, x22, a24, x26, x27), bkg1/10000) \quad (32)$$

Oluşturulan alternatif modeller için eğitimin seyri şekiller üzerinde incelenmiş ve parametreleri aşağıda verilen ANN modeli bkg1'in hesaplanması için seçilmiştir. Model ile hesaplanan bkg1 değerlerinin hata dağılımı A1 tipi dağılıma yakın bulunmuştur.

$$PBKG1 (\text{inp} = 13; \text{out} = 1; \text{hid: } 15; \text{lr: } 0,18; \text{mom: } 0,63; \text{iter: } 384000) \quad (33)$$



(29) ilişkisinden hareketle bkg2'nin regresyon eşitliği ile hesaplanmasında seçilen regresyon eşitliği 35 nolu formül ile verilmiştir. Eşitliğin hata dağılımı kısmen A1, kısmen de B1 tipi dağılıma benzer bulunmuştur.

$$\text{bkg2} = 139 \times 11 + 133 \times 17 + 125 a_{19} + 219 \times 20 - 284 a_{24} + 153 \times 26 \quad (35)$$

$$\text{R-rq: } 0,78 \quad \text{SE:}334 \quad \text{MAE:}218 \quad \text{D:}1,46$$

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile bkg2'nin hesaplanmasında;

$$(1/10 (x_{11}, a_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, a_{19}, x_{20}, x_{22}, a_{24}, x_{26}, x_{27}, a_{28}, a_{29}, x_{31}, x_{32}), \text{bkg2}/10000) \quad (36)$$

işlemi uygulanarak, BKG2 isimli veri dosyası (eğitim için: BKG2E, test için: BKG2T) oluşturulmuştur. Alternatif modellerin eğitimi gerçekleştirilmiş ve uygun model seçilmiştir. Seçilen ANN modelinin parametreleri ise şu şekildedir:

$$\text{PBKG2} (\text{inp} = 17; \text{out} = 1; \text{hid: } 17; \text{lr: } 0,13; \text{mom: } 0,65; \text{iter: } 482000) \quad (37)$$

Bu modele göre 2.tip çalışma şekli olan ağaç kesme, devirme, dal budama işlemlerinin tamamlanmasına kadar harcanan birim zaman hesaplanmış, hata dağılım şekli A1 tipi dağılıma benzer bulunmuştur. Zaman değerleri 1/10000 YD birimindedir.

3. tip çalışma şeklinde birim temel zamanın hesaplanmasına yönelik regresyon eşitlikleri (30) nolu ilişkidenden hareketle oluşturulmuş, hesaplanan değerlerin hata dağılımı daha homojen olan ve A2 tipi dağılım şekline benzeyen aşağıdaki eşitlik seçilmiştir:

$$\text{bkg3} = 1350 + 73 \times 17 + 58 a_{19} - 306 a_{24} + 184 \times 27 - 78 a_{28} \quad (38)$$

$$\text{R-rq: } 0,5 \quad \text{SE:}255 \quad \text{MAE:}193 \quad \text{D:}1,66$$

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile kesim işlemlerinin tamamı için birim temel çalışma zamanının (bkg3) hesaplanmasında yine (30) nolu ilişki çerçevesinde,

$$(1/10 (x_{11}, a_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, a_{19}, x_{20}, x_{22}, a_{24}, x_{26}, x_{27}, a_{28}, a_{29}, x_{31}, x_{32}, a_{33}, a_{34}), \text{bkg3}/10000) \quad (40)$$

işlemi uygulanarak BKG3 isimli veri dosyası (eğitim için: BKG3E, test için: BKG3T) oluşturulmuştur. Daha önce diğer iş dilimlerinin eğitiminde uygulanan işlemler burada da uygulanarak, parametreleri aşağıdaki şekilde verilen ANN modeli seçilmiştir.

$$\text{PBKG3} (\text{inp} = 19; \text{out} = 1; \text{hid: } 38; \text{lr: } 0,19; \text{mom: } 0,83; \text{iter: } 414000) \quad (41)$$

Seçilen ANN modeline göre 3.tip çalışma şekli için hesaplanan birim temel çalışma zamanı değerleri, gözlem değerleri ile karşılaştırılmış, hata dağılımı A1 tipi dağılım şekline benzer bulunmuştur.

### 3.2. İğne Yapraklı Ağaçlarda Balta İle Kabuk Soyma İşlemine İlişkin Bulgular

İğne yapraklı ağaç türlerinde (ladın, sarıçam, göknar) balta ile kabuk soyma işlemi yapılması sırasında elde edilen bütün gözlem değerleri Ek Tablo 4'de verilmiştir. Kabuk soyma işi ile ilgili yürütülen bütün işlemler ve yapılan hesaplamalar Ek Tablo 4'de verilen değerler esas alınarak yapılmıştır. Buradaki xii ve yii şeklinde isimlendirilen değişkenlerin açıklanması ve gruplandırılması 2.4.2.2. bölümünde verilmiştir.

Ek Tablo 4'de verilen gözlem değerlerinin değişken gruplarına göre ayırımı yapılarak Tablo 26'da verilmiştir. Bu tablo, kabuk soyma işinin yapıldığı koşulları yansıtmaktadır. Gruplandırılmadığı grup ortalamaları ile, her gruptaki gözlem sayısı (adet ve % olarak), her gruptan önceki grupların ya da sonraki grupların toplam sayısı, kabuk soyma işinde kıstas miktarı olarak alınabilecek hacim ve kabuk alanı ortalamaları bu tabloda yer almaktadır.

#### 3.2.1. Ölçüm Yapılan Değişkenlere İlişkin Ortalamaların Hesaplanması

Ek Tablo 4'de verilen gözlem değerleri hakkında genel bir fikir vermek açısından, ölçümü yapılan xii değerleri ile bütün yii değerlerinin aritmetik ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma değerleri hesaplanarak Tablo 27'de verilmiştir.

Kabuk soyma işlemi, uygulamada kesim süreci içerisinde değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, sadece İYA'ların kesimi ve hazırlanması işlemleri dikkate alınarak kabuk soyma işlemi ile birlikte değerlendirilmiş ve iş dilimlerindeki birim zamanların toplam çalışma zamanı içerisindeki % oranları Tablo 28'de verilmiştir. Kabuk soyma işlemi dışındaki diğer işlemler için harcanan zaman değerleri 2 kişilik çalışma için verilmiştir. Bu değerlerin iki katı alınarak elde edilen birim zaman değerleri iş dilimleri itibariyle Şekil 34'de karşılaştırılmıştır. Buradaki kabuk soyma birim zaman ortalaması, toplam soyma zamanının toplam hacme bölünmesiyle elde edilmiştir.

Kabuk soyma işleminde, aktif olarak kabuk soyma zamanı (y21), kesim süreci içerisinde ana faaliyet olarak, zorunlu hareket ettirme zamanı (y22) ise yan faaliyet olarak belirlenmiştir. Dinlenme zamanı ve sigara molası için harcanan zaman, toplam kabuk soyma faaliyet zamanının (y21+y22) % 23'ü olarak tespit edilmiştir. Ancak bu oran kesim sürecinin tamamında % 25 olarak kabul edilmiştir. Aksama nedeniyle işe ara verilmesi zamanı % 3

olarak alınmıştır. Bu durumda İYA'lar için kesim sürecinin birim zamanı (kabuk soyma dahil) şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} \text{Temel zaman} &= \text{Ana faaliyet} + \text{Yan faaliyet} + \text{Akış gereği ara verme} \\ &= 2 (by_{14}+by_{18}+by_{19}) + by_{21} + 2 (by_{11}+by_{12}+by_{15}) + by_{22} + 2 by_{17} \\ &= 13714 \text{ YD/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Dinlenme Zamanı} = \text{Temel zaman} \times \% 25 = 3428 \text{ YD/m}^3$$

$$\text{Dağılım Zamanı} = 2 \times (y_{13}+y_{16}) + (\text{temel zaman} \times \% 3) = 208 + 411 = 619 \text{ YD/m}^3$$

$$\text{Birim Zaman (BZ)} = \text{Temel zaman} + \text{Dinlenme Zamanı} + \text{Dağılım Zamanı}$$

$$\text{BZ} = 13714 + 3428 + 619 = 17761 \text{ YD/m}^3 \text{ (temel z.nın \% 29,5 fazlası)}$$

Tablo 26. Kabuk Soyma işine Ait Gözlem Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Sayısal ve % Olarak Ayrımı, Değişken Gruplarının Kabuk Alanı ve Hacim Ortalamaları

değişken adı	değ. grp.	grup ort.	gözlem sayısı		den az	den çok	kabuk alanı ort.	kabuksuz hacim ort.
			adet	%	$\Sigma \downarrow$	$\Sigma \uparrow$		
					%	%	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
x41 ağaç türü	1		92	75	75	100	4,02	,303
	2		16	13	84	25	2,61	,176
	3		15	12	100	12	4,18	,367
x42 orta çap	1	10,4	19	15	15	100	1,19	,03
	2	16,2	30	24	40	85	1,97	,08
	3	24,4	34	28	68	60	4,22	,271
	4	33,6	25	20	88	32	5,78	,480
	5	43,5	11	9	97	12	7,98	,879
	6	58,2	4	3	100	3	4,38	,693
x43 ürün boyu	1	1,8	13	11	11	100	2,16	,221
	2	3,5	93	76	86	89	2,51	,174
	3	7,2	6	5	91	14	4,71	,249
	4	16,4	11	9	100	9	16,8	1,421
x44 hacim	1	,052	46	37	37	100	1,43	
	2	,139	30	24	62	63	2,55	
	3	,291	27	22	84	38	2,45	
	4	,642	12	10	94	16	7,66	
	5	1,756	8	7	100	7	18,5	
x45 kabuk alanı	1	1,20	25	20	20	100		,038
	2	2,10	53	43	63	80		,125
	3	3,61	23	19	82	37		,280
	4	8,67	15	12	94	18		,654
	5	17,2	7	6	100	6		1,76
x47 budak oranı	1	0	28	23	13	100	3,99	,384
	2	0,32	12	10	33	87	2,65	,200
	3	0,62	31	25	58	67	3,71	,265
	4	0,97	52	42	100	42	4,16	,285
x48 budak yoğunlu	1		48	39	39	100	3,08	,264
	2		51	42	81	61	3,82	,266
	3		24	19	100	19	5,51	,416
x49 ürün vasfi	1		84	68	68	100	4,04	,308
	2		19	15	84	32	3,87	,326
	3		20	16	100	16	3,10	,205

Tablo 27. Kabuk Soyma İşine Ait Bazı Değişkenlerin, Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Gözlem Değerleri

Değişkenler		birim	ortalama	St. sapma	minimum	maksim.
x42	Ürünün çap değeri	cm.	24,9	11,9	8	68
x43	Ürünün boy değeri	m.	4,7	3,97	1	23
x44	Ürün hacmi	m <sup>3</sup>	0,294	0,45	0,019	2,86
x45	Toplam kabuk alanı	m <sup>2</sup>	3,86	4,54	0,85	25,4
x47	Budaklılık oranı		0,6	0,39	0	1
Zaman değerleri (YD)						
y21	Aktif kabuk soyma zamanı		1517	1482	270	10020
ky21 = y21/x45	birim alan (1 m <sup>2</sup> ) için		485	286	69	1737
by21 = y21/x44	birim hacim (1 m <sup>3</sup> ) için		10396	7989	673	35217
y22	Gerekli hareketler için zaman		118	143	0	655
by22 = y22/x44	birim hacim için		1188	2044	0	14516
ky22 = y22/x45	birim kabuk alanı için		48	63	0	382
	Dinlenme, mola zamanı		373	373	760	6800

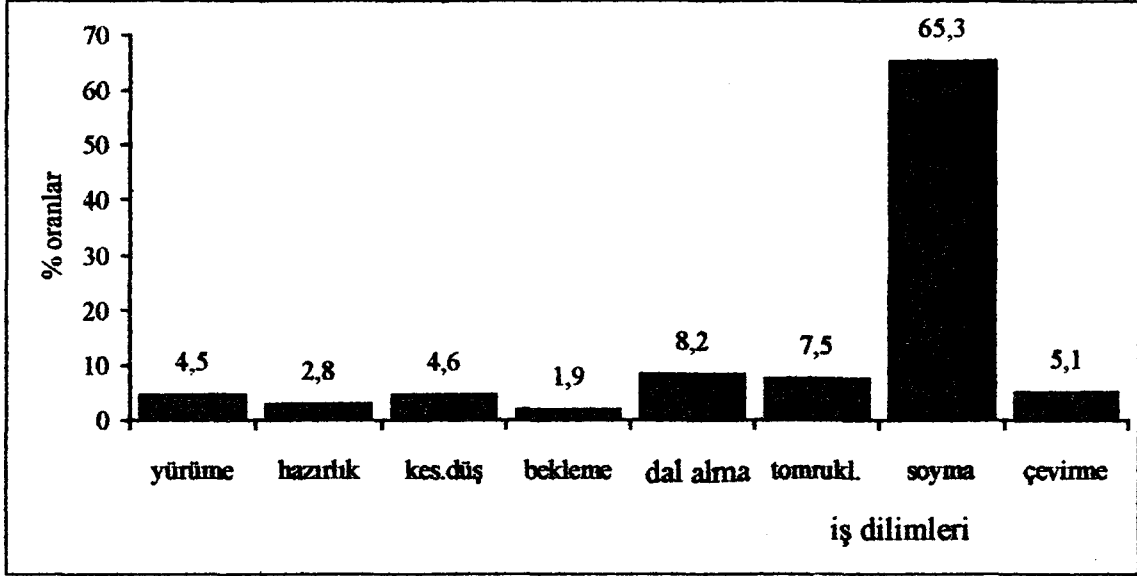
Tablo 28. İYA'ların Kesimi, Hazırlanması ve Kabuklarının Soyulmasına İlişkin Birim Zamanların Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki % Oranları

kesim sürecinde uygulanan işlemler ve birim zamanlar		birim zaman YD/m <sup>3</sup>	toplam zamana oranı (%)
by11	kesilecek ağaçlar arasında yürüme	362	4,54
by13+by12	engel giderme ve hazırlık	218	2,76
by14+by15+by16	kesme, devirme ve düşürme	360	4,56
by17	zorunlu beklemler	154	1,95
by18	dal budama	650	8,20
by19	ölçme, işaretleme ve tomruklama	594	7,50
by21	balta ile kabuk soyma	5150*	65,27
by22	soyulan ürünün ayarlanması	402*	5,09
TOPLAM		7890	100,0

\* Bütün gözlem değerleri için harcanan toplam soyma zamanının, toplam ürün hacmine bölünmesiyle elde edilmiştir. Diğer iş dilimlerine ilişkin değerler ise, her seferinde yii değerlerinin işlem gören ürün hacmine bölünmesiyle hesaplanan birim zaman değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

### 3.2.2. Değişkenler Arası İlişkiler

Kabuk soyma işlemi sırasında gözlem değişkenleri arasındaki ilişkilerin araştırılması için korelasyon analizi uygulanmış ve oluşturulan korelasyon matrisi Ek Tablo 5'de verilmiştir. Tablodaki ilişkiler incelendiğinde birbirleriyle en kuvvetli ilişkide olan değişkenler; kabuk alanı-hacim, kabuk alanı-boy, hacim-boy, hacim-çap ilişkisi şeklinde olduğu anlaşılmaktadır. Diğer değişkenler arasındaki ilişki Ek Tablo 5'den okunabilir.



Şekil 34. İYA'lar İçin Kesim Sürecinde İş Dilimleri Birim Zamanlarının Toplam Çalışma Zamamı İçerisindeki % Oranları

### 3.2.3. Bağımsız Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizi

İğne yapraklı ağaçlarda balta ile kabuk soyma işinde, gözlenen xii değişkenleri arasından en etken olanlarının belirlenmesi ve bunların diğer değişkenleri de temsil edecek şekilde seçilmesi için faktör analizi uygulanmış, belirlenen faktörler ve değişkenlerle ilişkileri Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Faktör Analizi İle Kabuk Soyma İşinde Gözlenen Değişkenlere İlişkin Oluşturulan Faktörler ve Faktör Yükleri

Değişkenler	Ortak Faktörler ve Faktör Yükleri				Ortaklık ölçüsü
	F1	F2	F3	F4	
x41	0,011	0,363	0,589	0,664	,92
x42	0,534	0,637	-0,271	0,216	,81
x43	0,884	-0,312	0,103	-0,121	,90
x44	0,969	0,077	-0,012	-0,041	,95
x45	0,990	-0,067	0,010	-0,065	,99
x47	-0,072	-0,898	0,029	0,048	,81
x48	0,205	-0,681	-0,059	0,562	,83
x49	-0,073	0,025	-0,880	0,328	,89
Varyansa Katılma	3,04	1,92	1,21	0,93	7,1
Katılım %'si	38,0	23,9	15,1	11,7	88,7

Tablo 29'da görüldüğü gibi, 8 adet değişken işleme sokulmuş ve değişken sayısı kadar (8 adet) faktör türetilmiştir. İlk 3 faktör gözlenen 8 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 77'sini, ilk 4 faktör ise gözlenen 8 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 89,7'sini üstlenmekte ve açıklamaktadır. Bu dört faktör ortak faktör olma özelliğini göstermektedir. Bunlardan; 1.faktör üzerinde (F1); x45 ve x44, 2.faktör üzerinde (F2); x47 ve x48, 3.faktör üzerinde (F3); x49, 4. faktör üzerinde (F4); x41 değişkenlerinin etkili olduğu Tablo 29'dan görülmektedir.

Sonuç olarak; balta ile kabuk soyma işinde, ağaçların kabuk alanının (x45) en etken değişken olduğu, bunun yanında soyulan ürünün hacmi (x44), budak oranı (x47) ve ağaç türü farklılığının (x41) etkili olduğu ortaya çıkmaktadır.

#### 3.2.4. Kabuk Soyma Zamanını Etkileyen Değişkenlerin Belirlenmesi

Bundan önce hesaplanan ortalama ve standart sapma değerlerinden; birim kabuk soyma zamanının, kesim safhasındaki diğer iş kısımlarına oranla çok yüksek değerde olduğu anlaşılmaktadır. Soyma zamanı üzerinde etken faktörlerin araştırılması için varyans analizi ve korelasyon analizi uygulanmıştır.

Kabuk soyma işinde xii değişkenlerinin, iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri (yii) ile ilişkileri Ek Tablo 5'deki korelasyon matrisinde verilmiştir. Değişken gruplarının ilgili iş dilimi zamanını etkilemesinin anlamlı olup olmadığı, tek girişli varyans analizi uygulanarak araştırılmıştır. Her gruba ilişkin aritmetik ortalamalar ile Scheffe'ye farklı bulunan gruplar Ek Tablo 6'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

İğne yapraklı ağaç türlerinde balta ile yapılan kabuk soyma işleminde kabuk soyma zamanı (y21), birim hacim için kabuk soyma zamanı (y21/x44) ve birim kabuk alanını soyma zamanı (y21/x45) üzerinde etken olduğu varsayılan değişkenler; ağaç türü, çap, boy, kabuk alanı, ürün hacmi, vasfi, budak yoğunluğu, budaklılık oranıdır.

Kabuk soyma zamanı (y21) ile, sırasıyla; ürün boyu, kabuk alanı, hacim, budak yoğunluğu, kabuk vasfi aynı yönde ilişkili, ağaç türü, orta çap, budaklılık oranı ilişkisi yetersiz bulunmuştur (Ek Tablo 5). Ayrıca Ek Tablo 6'dan;

- Ürün boyu gruplarının, kabuk soyma zamanı üzerindeki etkisi oldukça önemli bulunmuş, sadece 1 ve 2 nolu gruplar arasındaki farkın önemli sayılmayıp, diğer gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak çok önemli olduğu, grup değeri büyüdükçe kabuk soyma zamanının da arttığı ortaya çıkmaktadır.

- Kabuk alanı için yapılan gruptandırma, 1 nolu grup ile; 2 hariç diğer gruplar arasındaki fark ve 2-4 ile 3-4 grupları arasındaki fark önemli bulunmuş, diğer gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

- Hacim gruplarından 3 nolu grup ile (1, 2, 4) nolu gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuş diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

- Budak yoğunluğunun bütün grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur.

- Soyulan ürünün kabuk vasfının 1-3 ve 2-3 grupları farkı önemli bulunmuştur.

Birim hacim kabuk soyma zamanı ( $by_{21} = y_{21}/x_{44}$ ) ile, sırasıyla; ürün çapı, ürün hacmi, kabuk alanı ters yönde ilişkili, budaklılık oranı, budak yoğunluğu ve kabuk vasfi aynı yönde ilişkili, ağaç türü ve ürün boyu ilişkisi yetersiz bulunmuştur (Ek Tablo 5).

Ek Tablo 6'dan;

- Ürün çapının bütün grupları arasındaki fark, birim hacim soyma zamanını etkilemede önemli bulunmuştur. Grup değerlerinin büyümesi ile yani çapın artmasıyla birim hacim soyma zamanı azalmaktadır.

- Çap grupları arasındaki fark hacim ve kabuk alanı grupları için de aynı şekilde ve aynı yönde bulunmuştur.

- Budaklılık oranının artması ile yani grup değerlerinin büyümesi ile, birim hacim soyma zamanı da artmaktadır. 1-2 grupları hariç diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Birim alan kabuk soyma zamanı ( $ky_{21} = y_{21}/x_{45}$ ) ile, sırasıyla; kabuk vasfi, budak yoğunluğu, budaklılık oranı aynı yönde ilişkili, ürün hacmi, ürün çapı, kabuk alanı ters yönde ilişkili, ağaç türü ve ürün boyu ilişkisi yetersiz bulunmuştur (Ek Tablo 5).

Aslında bu değişken gruplarından ağaç türü, budaklılık oranı, budak yoğunluğu, kabuk vasfi farklılığının soyma zamanı üzerindeki etkileri, birim alan kabuk soyma işlemi için harcanan zaman üzerinde daha gerçekçi belirlenebilmektedir. Ek Tablo 6'dan;

- Budaklılık oranı açısından gruptandırmanın, birim kabuk alanını soyma üzerindeki etkisi artırıcı yönde olmakla birlikte önemsiz bulunmuştur.

- Budak yoğunluğu gruplarının, birim kabuk alanını soyma üzerindeki etkisi önemli ve artırıcı yönde bulunmuştur.

- Kabuk vasfi gruplarının, birim kabuk alanını soyma üzerindeki etkisi önemli ve artırıcı yönde bulunmuştur.

Ayrıca, soyma sırasında soyma işlemi yapılan parçanın çevrilmesi, ayarlanması ya da zorunlu bazı işleri yapmak için harcanan zamanlar (y22) ile; boy, kabuk alanı ve hacim aynı yönde ilişkili bulunmuştur (Ek Tablo 5).

### 3.2.5. Kabuk Soyma Zamanının Değişkenler Yardımıyla Hesaplanması

Ek Tablo 4'de verilen gözlem değerlerinden yararlanarak, kabuk soyma işi için harcanan zaman değerini, etken faktörler olan değişkenlerle hesaplamaya yönelik işlemler yapılmıştır. Bu işlemler kesim işlemlerinde olduğu gibi,

- seçimlik kademeli regresyon analizi uygulanarak,
- yapay sinir ağı (ANN) modellerinin eğitilmesi ve uygun modelin seçilmesi,

şeklinde farklı iki yöntemden yararlanarak yürütülmüştür.

Balta ile İYA türlerinde kabuk soyma işleminde;

$$y_{21} = f(x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44} \text{ veya } x_{45}, x_{47}, x_{48}, x_{49}) \quad (42)$$

ilişkisi yazılabilir. Burada, hacim (x44) ve kabuk alanı (x45) değişkenleri, soyulacak ürünün genel durumunu yansıtan farklı iki kıstas miktarıdır. Bu durum, faktör analizi sonuçlarında (3.2.3. bölümü), Ek Tablo 5 ve 6'da da görülmektedir. Dolayısıyla zaman değerleri hesaplanırken, her seferinde bu değişkenlerden bir tanesi işleme sokulmuştur.

Balta ile kabuk soyma zamanı için, gözlem değerlerinin ihtimal dağılımı araştırıldığında normal dağılım göstermediği anlaşılmaktadır. (42) nolu ilişkiden hareketle y21'in hesaplanması için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Kabuk Soyma Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y	a	x41	x42	x43	x44	x47	x48	x49	R-sq	SE	MAE	D
1	y21	-2824	191	46	490	-2533		232	658	,796	664	428	1,64
2	y21				374	-1275	-645		433	,840	852	602	1,29
3	y21	-3504	189	64	817	-528*		224	714	,837	608	430	1,59
4	y21				465	-195*	-716		438	,838	863	612	1,12
5	sqrt y21	-12,8	2,8	0,46	4,3	-20,5		4	8	,809	6,6	4,7	1,33
6	sqrt y21			0,32	3,75	-14,9		2,8	6,7	,970	7	5,2	1,1
7	sqrt y21	-18,6	2,8	0,59	6,9	-4,7*		3,9	8,5	,861	6,3	4,6	1,34
8	sqrt y21			0,3	5,2	-2,6*	-4,5	3,7	7,2	,970	7	5,3	1,12
9	y21+y22	-2474	257,2	45	408,3	-2313			724,6	,797	693	445	1,89

\* x44 (hacim) yerine x45 (kabuk alanı) değişkeni işleme sokulmuştur.



1 ve 2 nolu eşitliklerde hacim ( $x_{44}$ ) esas alınmış, 3 ve 4 nolu eşitliklerde kabuk alanı ( $x_{45}$ ) esas alınmıştır. Bunlardan 1 ve 3 nolu eşitliklerle hesaplanan değerlerin hata dağılımları diğerlerinden daha homojen bulunmuş olmakla birlikte B2 tipi dağılım şekline (homojen olmayan bir dağılım) yakın oldukları görülmüştür.  $y_{21}$ 'e karekök dönüşümü uygulandığında normal dağılıma yaklaşmış olduğu görülmüş ve " $\sqrt{y_{21}}$ "in hesaplanmasına yönelik 5 ve 6 nolu eşitlikler (hacim esas alınarak) ile 7 ve 8 nolu eşitlikler (kabuk alanı esas alınarak) oluşturulmuştur. Bunların hata dağılımlarının incelenmesinden 5 ve 7 nolu eşitliklerin daha homojen dağılımlı oldukları ve A1 tipi dağılım şekline benzer dağılım sergiledikleri görülmüştür.

Tablo 30'da verilen eşitliklerden hacim ve kabuk alanı esas alınarak oluşturulanlar karşılaştırıldığında (1 ile 3, 5 ile 7), kabuk alanı değişkeninin esas alınmasıyla yapılan hesaplamaların daha güvenli olduğu R-sq değerlerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca  $y_{21}+y_{22}$  toplamının hesaplanmasına yönelik 9 nolu eşitlik oluşturulmuştur (Tablo 30).

Kabuk soyma zamanının, ANN modeli ile hesaplanması için daha önce 3.1.5.1. bölümünde yürüme zamanı hesaplanmasında yapılan işlemler burada da uygulanmıştır. Oluşturulan alternatif ANN modellerinin eğitimi, Şekil 18'deki akış şemasında verilen esaslara göre yapılmıştır. (42) nolu ilişkiden hareketle,

$$(x_{41}/10, x_{42}/100, x_{43}/100, x_{44}/10 \text{ veya } x_{45}/10, x_{47}/10, x_{48}/10, x_{49}/10, y_{21}/10000) \quad (43)$$

işlemi uygulanmış ve değişken sıralamasında " $x_{44}$ "ün yer almasıyla veri dosyası: KSA (eğitim için: KSAE, test için: KSAT), " $x_{44}$ " yerine " $x_{45}$ " alınmasıyla veri dosyası KSB (eğitim için: KSBE, test için: KSBT) şeklinde isimlendirilmiştir.

Her iki veri dosyası için giriş katmanı nöron sayısı (inp) 7, çıkış katmanı nöron sayısı (out) 1'dir. Ara katmandaki nöron sayısı (hid), öğrenme oranı (lr), momentum oranı (mom) ve iterasyon sayısı (iter) değiştirilerek alternatif modeller oluşturulmuştur. Her model için eğitimin seyri şekiller üzerinde incelenmiş ve aşağıdaki alternatifler seçilmiştir:

$$\text{PKSA (inp} = 7; \text{out} = 1; \text{hid: } 7; \text{lr: } 0,14; \text{mom: } 0,63; \text{iter: } 300000) \quad (44)$$

$$\text{PKSB (inp} = 7; \text{out} = 1; \text{hid: } 11; \text{lr: } 0,18; \text{mom: } 0,41; \text{iter: } 300000) \quad (45)$$

(44) ve (45) nolu modellere göre hesaplanan kabuk soyma zamanı değerlerinin hata dağılım şekli A2 tipi dağılıma yakın bulunmuştur (Birimler 1/10000 YD'dir).

Birim kabuk alanını ( $1 \text{ m}^2$ ) soyma zamanı ( $ky_{21}$ ) değerleri ve birim hacim için kabuk soyma zamanı ( $by_{21}$ ) değerlerinin ihtimal dağılımları incelendiğinde, her ikisinin de sola çarpık çan eğrisine benzer oldukları görülmüştür.

Tablo 31. Balta İle Kabuk Soymada Birim Zamanların Hesaplanması İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y	a	x41	a42	a43	a44	a47	x48	x49	R-sq	SE	MAE	D
1	ky21	120	73,4	-57		-46		105	238	,524	197	134	1,12
2	ky21		93	-50		-42		125	253	,876	198	133	1,17
3	sqrt ky21	16,5	1,34	-1,9	-1,6			2,68	4,8	,58	3,9	2,8	1,04
4	by21	12267	1228	-3253		-1532		2472	3330	,588	5130	3928	1,36
5	by21		1830		2943	-4601	1127	2060	3269	,826	5477	4283	1,33
6	sqrt by21	108	5,8	-16,3		-8,9		11,6	17	,708	20	16	1,2
7	sqrt by21		16,7		20	-23	9,5	9,4	23,3	,937	25,6	19,5	1,34

$$ky21 = f(x41, a42, a43, a45, a47, x48, x49) \quad (46)$$

$$by21 = f(x41, a42, a43, a44, a47, x48, x49) \quad (47)$$

şeklinde kurulan ilişkiler çerçevesinde, ky21 ve by21'in hesaplanması için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31'deki eşitliklerle hesaplanan değerlerin hata dağılımlarının incelenmesinden; 1 nolu eşitlik 2 nolu olandan daha homojen dağılımlı ancak B1 tipi dağılım, 3 nolu eşitliğin A1 tipi dağılım, 6 nolu eşitlik, 4, 5 ve 7 nolu eşitliklerden daha homojen dağılımlı ancak B2 tipi dağılım şeklinde oldukları görülmüştür.

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile birim hacim için kabuk soyma zamanının (by21) hesaplanmasında (47) nolu ilişkiden hareketle; veri dosyası: BKSA (eğitim için: BKSAE, test için: BKSAE) şeklinde isimlendirilmiş, BKSA dosyası (48) nolu formül ile oluşturulmuş, (49) nolu ANN modeli seçilmiştir.

$$(1/10 (x41, a42, a43, a44, a47, x48, x49), by21/100000) \quad (48)$$

$$PBKSA (inp = 7; out = 1; hid: 11; lr: 0,18; mom: 0,63; iter: 300000) \quad (49)$$

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile birim kabuk alanını soyma zamanının (ky21) hesaplanması için (46) nolu ilişkiden hareketle; veri dosyası: BKSB (eğitim için: BKSB, test için: BKSB) şeklinde isimlendirilmiş, (50) nolu formül ile BKSB dosyası oluşturulmuş, (51) nolu ANN modeli seçilmiştir.

$$(1/10 (x41, a42, a43, a45, a47, x48, x49), ky21/10000) \quad (50)$$

$$PBKSB (inp = 7; out = 1; hid: 14; lr: 0,21; mom: 0,42; iter: 300000) \quad (51)$$

Kabuk soymada birim zamanların ANN modeli ile hesaplanmasında (49) ve (50) nolu modeller ile hesaplanan zaman değerlerinin hata dağılımları A1 tipi dağılım şekline yakın bulunmuştur.

### 3.3. Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma İşine İlişkin Bulgular

#### 3.3.1. Değişkenlerin Gruplandırılması

Orman traktörleri ile bölmeden çıkarma işi sırasında yapılan gözlem değerleri topluca Ek Tablo 7'de verilmiştir. Traktörlerle bölmeden çıkarma sürecinde yürütülen bütün işlemler ve yapılan hesaplamalar Ek Tablo 7'de verilen gözlem değerleri esas alınarak yapılmıştır.

Gözlemlerin değişken gruplarına göre ayırımı yapılarak Tablo 32'de verilmiştir. Bu tablo, traktörlerle bölmeden çıkarma işine ilişkin gözlemlerin, yapıldığı koşulları yansıtmaktadır. Yani, bütün gözlemler dikkate alındığında, herdir değişkenin hangi gruplardan oluştuğu, grup orta değerleri, ilgili gruptaki gözlem sayısı (adet ve % olarak), ilgili gruptan daha önceki ve sonraki grupların toplam gözlem sayısı içerisindeki oranı, her gruptaki gözlemlerin kablo çekme mesafesi ortalamaları ve çekilen ürün hacmi ortalamaları bu tabloda yer almaktadır.

#### 3.3.2. Ölçülen Değişken Değerlerine İlişkin Ortalamalar

Ek Tablo 7'de verilen gözlem değerleri hakkında genel bir fikir vermek açısından, bütün değerlerin aritmetik ortalamaları, maksimum ve minimumları ile standart sapmaları Tablo 36'de verilmiştir. Gözlem değerlerinin birbirinden farklı alanlarda ve farklı çalışma koşullarında elde edilmiş olması nedeniyle tablodaki standart sapma değerinin büyüklüğü dikkat çekmektedir.

Orman traktörleri ile kablo çekiminde toplam sefer zamanı ve birim hacim zamanları esas alınarak her akış diliminin toplam çalışma zamanı içerisindeki % oranları hesaplanarak Tablo 33'da verilmiştir. Sefer zamanı esas alındığında iş dilimlerinin toplam çalışma zamanı (yfa) içerisindeki % oranları Şekil 35'de verilmiştir. İş dilimlerine ilişkin birim zaman ortalamaları esas alındığında byfa içerisindeki % oranlar Şekil 36'da verilmiştir. Aktif çalışma zamanı içerisinde değerlendirilmeyen diğer zaman harcamalarının yfa'ya göre durumları da Şekil 37'de verilmiştir.

Tablo 32. MB Trac Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma Sırasında Gözlem Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Sayısal ve % Olarak Ayrımı, Grupların Çekim Mesafesi ve Hacim Ortalamaları

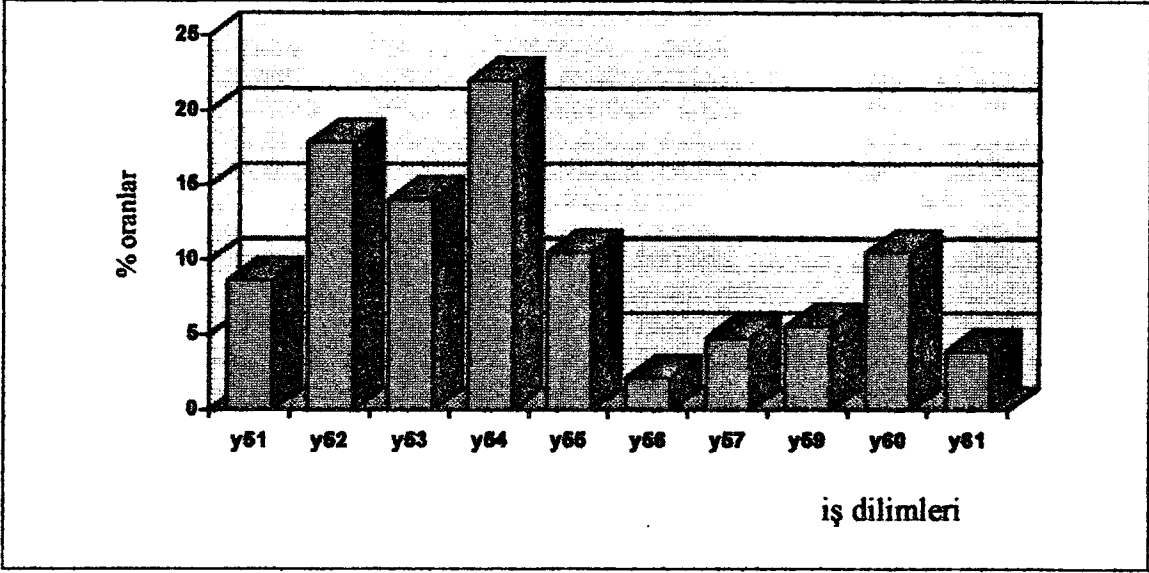
değişken adı	değişken grupları	grup ort.	gözlem		den az %	den çok %	ç.mes ortal m.	hacim ortal. m <sup>3</sup>
			adet	%				
x51 çekim yönt.	1 yukarı		254	88	88	100	38	1,03
	2 yana		12	4	92	12	24	2,09
	3 aşağı		8	3	95	8	40	1,41
	4 karışık		15	5	100	5	45	1,02
x52 yamaç eğimi %	-% 33	26	39	13	100	38	1,41	
	% 35-% 50	42	57	20	33	87	46	1,30
	% 51-% 70	63	80	28	61	67	36	1,08
	% 71-	85	113	39	100	39	35	0,86
x53 diri örtü yoğunluğu	1 yok		131	45	45	100	31	1,16
	2 az		56	19	65	55	43	1,12
	3 orta		47	16	81	35	42	0,94
	4 çok		55	19	100	19	45	0,98
x54 ölü örtü, taş yoğunluğu	1 yok		182	63	63	100	33	1,15
	2 orta		48	17	80	37	45	0,89
	3 yoğun		59	20	100	20	46	1,05
x55 arazi yüzeyi engelleri	1 düzğün		199	69	69	100	37	1,11
	2 çıkıntılı		41	14	83	31	40	1,12
	3 engeller		49	17	100	17	39	0,97
x56 dip kütük ve dikili gövde	1 seyrek		174	60	60	100	34	1,07
	2 orta		53	18	78	40	38	1,01
	3 yoğun		62	22	100	22	49	1,18
x57 zemin koşulları	1 kuru		172	60	60	100	37	1,12
	2 nemli		64	22	82	40	39	1,16
	3 ıslak		53	18	100	18	37	0,89
x58 hava hali	1 açık,		144	50	50	100	36	1,08
	2 sisli		117	40	90	50	40	1,13
	3 kapalı		28	10	100	10	39	0,92
x59 kablo çekim mesafesi	-20 m.	15	84	29	29	100	15	1,05
	21 m.-50 m	36	126	44	73	71	36	1,07
	51 m.-	65	79	27	100	27	65	1,14
x71 yol durumu	1 yeterli		153	53	53	100	36	1,21
	2 yetersiz		136	47	100	47	40	0,95
x60 çalışan kişi sayısı (adet)	1 kişi		14	5	5	100	44	0,83
	2 kişi		129	45	49	95	31	1,02
	3 kişi		127	44	93	51	42	1,21
x72 yol üzerinde sürütt. mes.	4 ve çok		19	7	100	7	46	0,91
	11 m.-30 m.	3	177	61	61	100	36	1,07
	31 m.-	54	44	15	100	15	39	1,05
x61 takılma sayısı	1 yok		194	67	67	100	34	1,05
	2 1-2 kez		54	19	86	33	42	1,21
	3 çok		41	14	100	14	48	1,03
	x62 çözümlenme sayısı		256	88	88	100	38	1,08
x63 ağaç türü	1 1-2 kez		30	10	99	12	36	1,15
	3 çok		3	1	100	1	55	0,53
	1 YVA		98	34	34	100	46	1,08
x64 ürün vafisi	2 YVA		176	61	95	66	33	1,09
	3 karışık		15	5	100	5	34	0,99
	1 yaş		177	61	61	100	36	1,02
x65 çekilen ürünün şekli	2 kuru		90	31	92	39	40	1,26
	3 karışık		22	8	100	8	42	0,90
	1 ince		31	11	11	100	30	0,63
x66 yüklteki parça say.	2 tomruk		130	45	56	89	41	1,06
	3 gövde		50	17	73	44	31	1,17
	4 ağaç		78	27	100	27	39	1,24
	1 tek parça		178	62	62	100	39	1,11
x67 bağlama yeri	2 2-3 parça		61	21	83	38	41	1,02
	3 4 ve çok		50	17	100	17	28	1,08
	1 kalın		195	67	67	100	40	1,15
x68 bağlama çapı	2 orta		71	25	92	33	33	0,82
	3 ince		23	8	100	8	34	1,27
	-30 cm.	25	36	13	13	100	30	0,64
x69 yük boyu	31 cm.-50 cm.	41	93	32	45	87	38	0,80
	51 cm.-80 cm.	65	98	34	79	55	37	1,29
	81 cm.-	94	62	22	100	22	43	1,43
x70 yük hacmi m <sup>3</sup>	-2 m.	2	48	17	17	100	38	0,99
	3 m.-6 m.	4	112	39	55	83	39	0,92
	7 m.-	12	129	45	100	45	37	1,26
x72 yol üzerinde sürütt. mes.	-0,50 m <sup>3</sup>		53	18	18	100	29	0,33
	0,501-1,00		108	37	56	82	40	0,74
	1,001-1,50		63	22	77	44	39	1,25
x72 yol üzerinde sürütt. mes.	1,501-2,00		40	14	91	23	43	1,71
	2,001- m <sup>3</sup>		25	9	100	9	33	2,71
	-10 m.	3	177	61	61	100	36	1,07
x72 yol üzerinde sürütt. mes.	11 m.-30 m.	19	68	24	85	39	39	1,05
	31 m.-	54	44	15	100	15	44	1,18

Tablo 33: Traktörlerle Bölmeden Çıkarma İşinde Bazı Değişkenlere İlişkin Aritmetik Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maximum Gözlem Değerleri

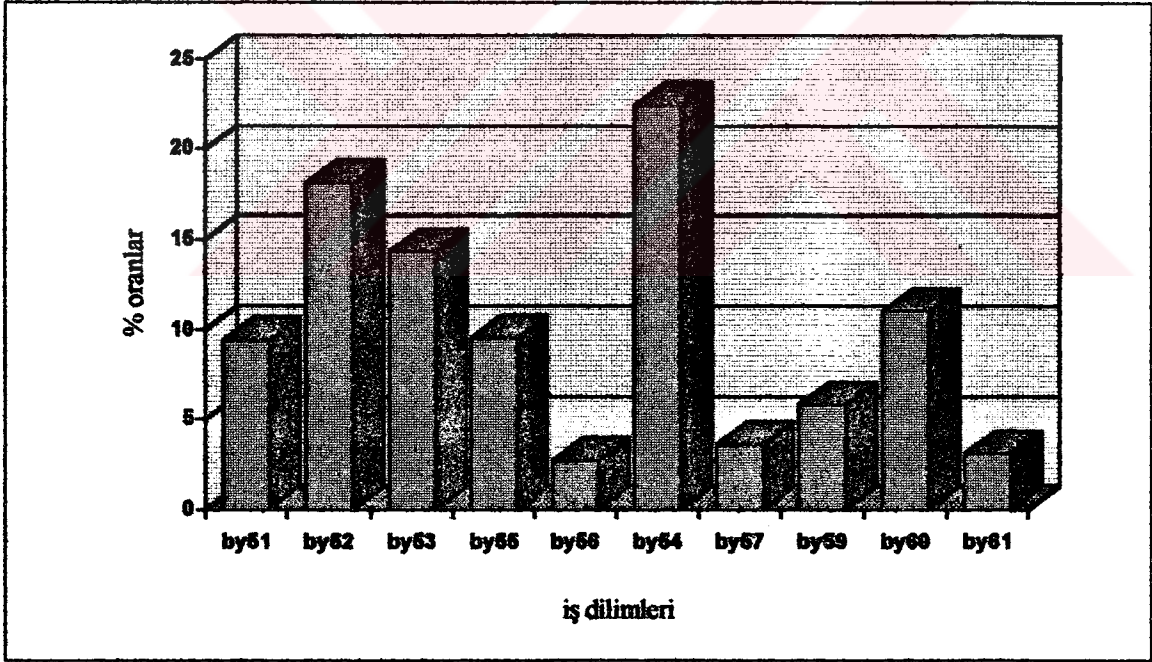
Değişken adı		birim	ortalama	S.Sapma	minimum	maximum
x52	Arazi Eğimi	%	62,4	22	15	100
x59	Kablo Çekim Mesafesi	m.	37,8	20	2	95
x66	Yükteki Parça sayısı	cm	2,45	3	1	26
x68	Bağlama Çapı	cm.	58,7	24	17	126
x69	Yükün max boyu	m.	7,2	4,7	1	24
x40	Sefer yükü hacmi	m <sup>3</sup>	1,083	0,7	0,09	4,646
x72	Yol üzerinde sürütme mesafesi	m.	14,8	20	0	130
<b>zaman değerleri</b>						
y51	Traktörün hazırlanması	YD	68	54	0	540
y52	Boş kablo çekim zamanı	YD	158	86	10	530
my52	1 m. çekim mesafesi	YD/m.	4,42	1,7	1,6	12
y53	Yükün kabloya bağlanm	YD	102	86	10	980
by53	1 m <sup>3</sup> ürün için bağlama z.	YD/m <sup>3</sup>	149	238	3,4	2444
y55	Yük takılmasını bekleme za.	YD	94	186	0	990
y56	Yük çözülmesini bekleme	YD	19	59	0	420
y54	Yükü yola çekme zamanı	YD	187	103	20	750
my54	1 m. mesafeyi çekme zamanı	YD/m	5,4	1,7	1,7	10,5
by54	1 m <sup>3</sup> ürün için çekme zamanı	YD/m <sup>3</sup>	248	209	10	1438
y57	Yükü yola alma zamanı	YD	43	85	0	570
y58	Bekleme zamanları	YD	131	550	0	6340
y59	Yol üzerinde sürütme za.	YD	50	64	0	500
sy59	10 m.'den fazla sürütme için za.	YD	104	70	20	500
m5y59	1 m. mesafeyi sürütme za.	YD/m	3,5	1,8	1,4	12
y60	Yükü çözme ve yerleştirme z.	YD	94	52	0	230
by60	1 m <sup>3</sup> ürün için çözme ve yerl.	YD/m <sup>3</sup>	131	132	5	895
y61	Ekstra yerleştirme zamanı	YD	35	74	0	530
ay61	Sadece gerekli olduğu zaman	YD	129	77	30	530
y26	Tamir bakım beklemesi	YD	41	306	0	4625

Tablo 34: Orman Traktörleri ile Kablo Çekimi ve Sürütme Sırasında Akış Dilimi Ortalama Zamanlarının Toplam Çalışma Zamanı İçerisindeki Oranları

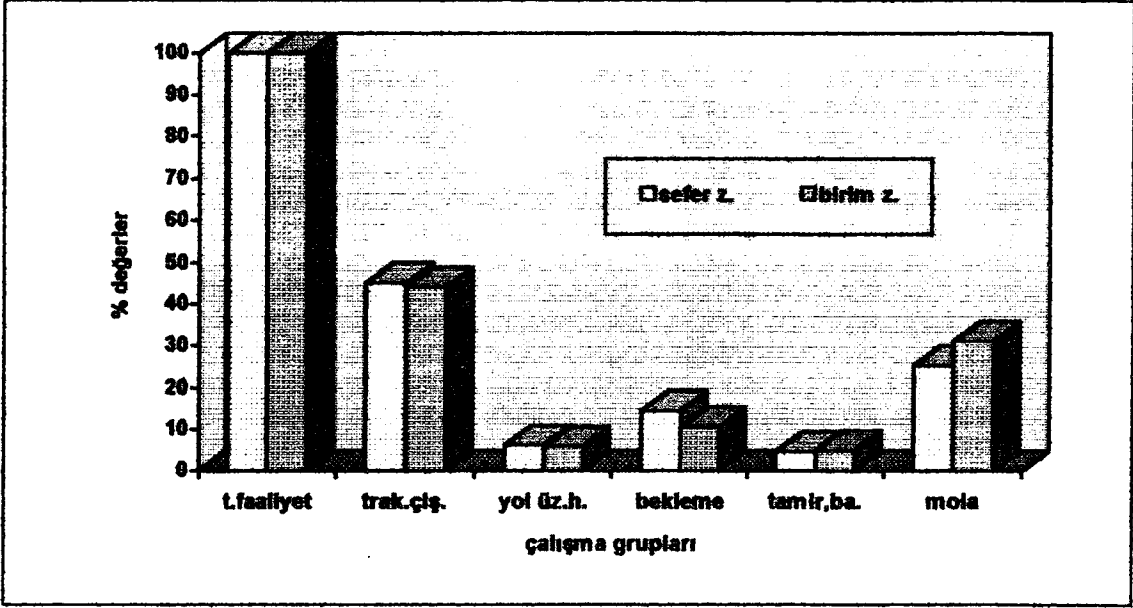
İş dilimleri	1 sefer için gerçek zaman değerleri		1 m <sup>3</sup> için bölmeden çıkarma zamanı		sadece zaman harcamını olan gözlemler dikkate alındığında			
	ortalama	yfa'a göre	ortalama	byfa'ya g.	gözl s.	ortalama	o. birim z.	
	YD	%	YD/m <sup>3</sup>	%	adet	YD	YD/m <sup>3</sup>	
y51	hazırlık	77	8,6	111	9,4	250	89	129
y52	boş kablo ç.z	160	17,9	213	18,1			
y53	yük bağlama	126	14,1	168	14,3			
y55	takılma bekl	94	10,5	112	9,5	95	286	340
y56	çözülme b.	19	2,1	32	2,7	33	164	281
y54	yüklü ç.z.	197	22,0	264	22,4			
y57	yükü yola al	43	4,8	42	3,6	88	140	137
y59	sürütme	53	5,6	68	5,8	181	85	107
y60	yük çözme	94	10,5	130	11,0			
y61	yük yerleş.	35	3,9	36	3,1	75	135	140
yfa	topl faal za.	898	100	1176	100			



Şekil 35. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Toplam Çalışma Zamanını Oluşturan İş Dilimi Zamanlarının % Oranları (1 sefer için)



Şekil 36. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Toplam Çalışma Zamanını Oluşturan İş Dilimlerinin % Oranları (1 m<sup>3</sup> ürün için)



Şekil 37. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Aktif Çalışma Zamanı Dışındaki Diğer Zamanların Toplam Çalışma Zamanına Göre Durumu

### 3.3.3. Temel Çalışma Zamanının Hesaplanması

Gözlemler, aynı tipteki farklı traktörlerin farklı üretim alanlarında, sayıları 1 ile 4 arasında değişen çalışanlar ile bölmeden çıkarma denemeleri üzerinde yapılmıştır. İş akışı gereği, çalışanların, operatörün ve makinenin aynı anda tamamen birlikte faal durumda bulunması mümkün olmamaktadır. Bunlardan biri veya birkaçı faaliyette iken diğerlerinin faaliyette olmaması, iş akışını bozmamakta, çoğu kere çalışmalarını aksatmamaktadır. Dolayısıyla bunların her bireri için dinlenme zamanı, kısa süreli mola, boşa harcanan zamanlar gibi ayrıntıların tespiti güçleşmektedir. Ancak bakım ve küçük onarım zamanları ile yemek ve çay molaları birlikte gerçekleştiğinden tespiti daha kolay yapılabilmektedir.

Traktörle kablo çekimi ve yol üzerinde sürütme işlerinde, iş dilimlerinin gruplandırılması ve birim zamanların hesaplanması için Şekil 15'den yararlanılmıştır. İş dilimlerinin gruplandırılması, çalışanlar için, operatör için ve makine için ayrı ayrı yapılmış ve Tablo 35'de verilmiştir. Verilen koşullarda sefer zamanının ve birim zamanların hesaplanması şu şekilde yapılmıştır (Sefer Zamanı için SZ, Birim Zaman için BZ şeklinde kısaltma kullanılmıştır):

$$\text{Sefer Zamanı} = \text{Temel Zaman} + \text{Dinlenme Zamanı} + \text{Dağılım Zamanı}$$

$$\text{Temel zaman} = \text{Ana faaliyet} + \text{Yan faaliyet} + \text{Akış gereği ara verme}$$

$$\text{Dinlenme zamanı} = \text{Yorgunluğun giderilmesi amacıyla faaliyete ara verme}$$

Dağılım zamanı = Ek faaliyetler + Arıza gereği ara + Kişisel nedenle ara verme

Birim zaman için aynı şekilde hesaplama yapılmış, hesaplanan değerler Tablo 36'de verilmiştir. Gözlemler çok farklı koşullarda yapılmış olduğundan, bu şekilde hesaplama sonuçları standart zaman olarak değerlendirilemezler.

Tablo 35. Orman Traktörleri İle Kablo Çekimi ve Sürütme Sırasında İş Dilimlerinin İnsan ve Makine Açısından Gruplandırılması

İş dilimleri	Traktör için değerlendirme	Operatör için değerlendirme	Çalışan 1 kişi ise	Çalışan sayısı 1 kişiden fazla ise	
	1 adet Mbtrak	1 operatör	kablo ç+yük b.	kablo çeken	diğerleri
hazırlık	yan faydalanma	yan faaliyet	akış gereği ara	akış gereği ara	yan faaliyet,
boş kablo çekme	akış gereği ara	akış gereği ara	ana faal.	ana faal.	dinl. ve dağıl.
kabloyu yüke bağl.	akış ger.ara	akış gereği ara	ana faal.	dinlenme	ana faaliyet
takılma beklemesi	arıza gereği ara	bekleme	dağılım z	dağılım z	yan faaliyet,
çözülme beklemesi	arıza ger a.	bekleme	dağılım z	dağılım z	dinlenme
yükün yol ken.çek.	ana faydalanma	ana faal.	yan faal.	yan faal.	zamanı ve
yükün yola alınm.	ek faydalanma	ek faal.	akış gereği ara	akış gereği ara	dağılım zamanı
boş bekleme	boş bekl.	boş bekleme	dinlenme	dinlenme	olarak
yol fiz. sürütme	yan fayd.	yan faal.	akış gereği ara	akış gereği ara	değerlendiril-
tamir bakım bekl.	arıza ger.ara	ek faal.	dağılım zamanı	dağılım z	miştir.
kablonun çözülme.	akış ger.ara	bekleme	ana faaliyet	ana faal.	(serbest hareket
yükün yerleştirilm.	ek faydalanma	ek faal.	dinlenme	dinlenme	edilmektedir)

Tablo 36. Orman Traktörleri ile Kablo Çekimi ve Sürütme Sırasında İnsan ve Makine için Standart Zaman Belirlenmesi

Sefer Zamanının (SZ) Hesaplanması	Traktör için SZT	Operatör için SZO	1 kişilik çalışan kişi için SZ1	Çalışanlardan kablo çeken için SZK	Çalışanlardan diğerleri için SZD
Temel zaman	707	613	750	624	-
Dinlenme za.	131 (% 18)	225 (% 37)	166 (% 22)	292 (% 47)	-
Dağılım za.	232 (% 33)	232 (% 38)	154 (% 21)	154 (% 25)	-
TOPLAM	1070	1070	1070	1070	1070
Birim Zamanının (BZ) Hesaplanması	Traktör için BZT	Operatör için BZO	1 kişilik çalışan kişi için BZ1	Çalışanlardan kablo çeken için BZK	Çalışanlardan diğerleri için BZD
Temel zaman	954	824	996	828	-
Dinlenme za.	127 (% 18)	257 (% 31)	163 (% 17)	331 (% 40)	-
Dağılım za.	281 (% 30)	281 (% 34)	203 (% 20)	203 (% 25)	-
TOPLAM	1362	1362	1362	1362	1362

Traktörün yol üzerindeki hareketi ve yemek molası değerlendirilmeyen zamanlardır.



### 3.3.4. Değişkenler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Traktörle kablo çekimi ve yollar üzerinde sürütme sırasında gözlenen ve Ek Tablo 7'de verilen değişkenlerin birbirleriyle ilişkilerinde, ilişki derecesinin belirlenmesi için korelasyon analizi uygulanmıştır. Oluşturulan korelasyon matrisi Ek Tablo 8'de verilmiştir. Aralarındaki ilişkinin % 95'den daha büyük olduğu değişkenlerin korelasyon katsayıları koyu renkli olarak verilmiştir. Tablodaki ilişkilerin okunmasına ilişkin bir örnek şu şekilde verilmiştir. Diri örtü (x53) ile; x54, x57, x59, x60, x61, x64, x67 aynı yönde ilişkili, x63, x69, x70 ters yönde ilişkili bulunmuştur.

### 3.3.5. Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizinin Sonuçları

Traktörlerle bölmeden çıkarma işinde, gözlenen değişkenler arasından en etken olanlarının belirlenmesi ve bunların diğer değişkenleri de temsil edecek şekilde seçilmesi için faktör analizi uygulanmıştır. Kablo çekimi işinde etken olduğu varsayılan bütün değişkenler işleme sokularak faktör analizi yapıldığında, oluşturulan ortak faktörler ve değişkenlerin faktör yükleri Tablo 37'de verilmiştir.

Tabloda görüleceği üzere değişken sayısı kadar (17 adet) faktör türetilmiştir. Her faktör, kendisinden arda kalan tüm varyanstan daha çoğunu içerdiğinden, son sıradaki faktörlere gerek kalmadan daha az sayıdaki faktörlerle yetinilmektedir. 17 değişkenin toplam varyansı 17 olmaktadır. İlk 4 faktör gözlenen 17 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 52,2'sini, ilk 6 faktör ise % 66,5'ini üstlenmekte ve açıklamaktadır. Faktör çözümü 17'e kadar sürdürülürse toplam varyansın tümü kavranabilir. Ancak bu faktörlerin hepsi ortak faktör olamaz. Bir faktörün ortak sayılabilme şartları 2.4.3.5. konusunda açıklanmıştır.

F5 ve sonraki faktörlerin, ortak faktör olma koşullarını gerçekleştirmediği gözlenmiş ve çözüm F4'de kesilmiştir. F1, F2, F3, F4 faktörleri ise ortaklık koşullarının tamamına uydukları için ortak faktör olarak alınmıştır. Oluşturulan faktörlerden ilk 4'ünün bu değişkenler yerine geçebileceği (% 52,2) varsayımından hareketle,

1. faktör üzerinde x65, x66, x69, x60; 2. faktör üzerinde x52, x71, x68; 3. faktör üzerinde x53, x64, x69; 4. faktör üzerinde x51, x63 değişkenlerin faktör yüklerinin etkili olduğu görülmektedir.

Bölmeden çıkarmada, gözlem değişkenleri sınıflandırılarak her sınıf için ortak faktörler belirlenmiştir. Gözlem değişkenlerinden;

- arazi özellikleri ile ilgili olanlar; x51, x52, x53, x54, x55, x56, x57, x71
  - çekilen ürün ile ilgili olanlar; x63, x64, x65, x66, x67, x68, x69, x70,
- değişkenleri şeklinde gruplandırma yapılmıştır.

Tablo 37. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Denemelerinde Değişkenlere Uygulanan Faktör Analizi Sonuçları

BİRİNCİ KISIM						İKİNCİ KISIM				
Değişkenler	Ortak Faktörler ve Faktör Yükleri				Ortaklık ölçüsü	Değişkenler	Ortak F. ler ve F. Yükleri			Ortaklık ölçüsü
	F1	F2	F3	F4			F1	F2	F3	
x51	,342	,131	-,398	-,557	,60	x51	,274	-,614	,312	,55
x52	-,196	,765	,002	,009	,63	x52	,745	,019	,021	,56
x53	-,031	,264	,627	-,434	,65	x53	,475	,457	,286	,58
x54	,333	,315	,324	,110	,33	x54	,270	,691	-,357	,68
x55	-,482	,448	-,228	-,257	,55	x55	,612	-,461	-,054	,59
x56	,429	-,106	,023	-,173	,23	x56	-,232	,458	-,017	,26
x57	,319	,119	,303	-,304	,30	x57	,018	,325	,864	,85
x60	-,538	-,180	,140	-,334	,45	x71	,820	,161	,211	,74
x63	-,093	,185	-,491	,528	,56	V. Katılma	2,03	1,62	1,16	5,85
x64	-,124	-,349	,557	-,150	,47	Katılım %'si	25,4	20,3	14,6	73,2
x65	,810	,051	-,252	-,277	,80	ÜÇÜNCÜ KISIM				
x66	-,661	,118	-,368	-,071	,59	Değişkenler	F1	F2	F3	
x67	-,188	,218	,089	-,004	,09	x60	,586	-,189	,117	,39
x68	-,417	-,652	,000	-,172	,63	x63	-,098	,481	,610	,61
x69	,558	,223	-,552	-,389	,82	x64	,420	-,364	-,405	,47
x70	,093	-,482	-,392	-,437	,59	x65	-,833	-,285	-,005	,78
x71	-,107	,704	,191	-,204	,59	x66	,444	,203	,642	,65
						x67	,164	,357	,202	,19
						x68	,58	-,568	,250	,72
						x69	-,772	-,250	,343	,78
						x70	,079	-,756	,523	,85
Vary. Katıl.	2,74	2,46	2,08	1,61	8,89	V. Katılma	2,39	1,61	1,45	6,41
Katılım %'si	16,1	14,4	12,2	9,5	52,2	Katılım %'si	26,5	17,9	16,2	71,4

Bunlardan arazi özellikleri ile ilgili değişkenlerle faktör analizi yapıldığında Tablo 37'ün ikinci bölümünde verilen sonuçlar elde edilmiştir. Burada, işleme sokulan 8 adet değişkenin toplam varyansının % 73,2'si ilk 4 faktör ile açıklamaktadır. 1.faktör üzerinde

x52, x55; 2.faktör üzerinde x54, x51; 3.faktör üzerinde x57 değişkenlerinin faktör yüklerinin etkili olduğu söylenebilir.

Çekilen ürün özelliklerini ifade eden değişken grupları işleme sokularak faktör analizi uygulandığında elde edilen sonuçlar Tablo 37'ün üçüncü bölümünde verilmiştir. Burada, 9 adet değişken grubu işleme sokulmuş ve değişken sayısı kadar (9 adet) faktör türetilmiştir. İlk 4 faktör gözlenen 9 değişkenin yol açtığı toplam varyansın % 71,4'ünü üstlenmekte ve açıklamaktadır.

1.faktör üzerinde x65, x69, x60; 2.faktör üzerinde sırasıyla x70, x68; 3.faktör üzerinde x66, x63 değişkenlerinin faktör yüklerinin etkili olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, traktörlerle kablo çekim denemelerinde, diri örtü başta olmak üzere, arazideki kırıklıkların yani yüzey engellerinin, yamaç eğimi ve zemin özellikleri gibi arazi koşullarının, ürün şekli başta olmak üzere, ağaç türü ve yük bağlama yerinin ve çalışanların sayısının etken faktörler olduğu ortaya çıkmaktadır.

### 3.3.6. Değişkenlerin Zaman Değerleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

Traktörlerle bölmeden çıkarmada, Ek Tablo 7'de verilen, yii olarak belirlenen iş dilimi zamanlarını etkilemesinin anlamlı olup olmadığı, tek girişli varyans analizi uygulanarak araştırılmıştır. Değişken grupları arasında fark çıkması durumunda, farklı grupların belirlenmesi Scheffe'ye göre yapılmıştır (98). Grup ortalamaları ile, Scheffe'ye göre aritmetik ortalamalar arasında fark görülen gruplar Ek Tablo 9'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Ayrıca değişkenlerin (xii değerlerinin), iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri (yii) ile ilişki durumları Ek Tablo 8'de verilmiştir.

Ek Tablo 8 ve gerekse Ek Tablo 9'da verilen ilişkilerin okunmasına ilişkin örnek şu şekilde verilebilir: Çekme kablosuna bağlı yükün yol kenarına kadar çekim zamanı y54 üzerinde, % 95 güven düzeyinde ilişkili olduğu gözlenen değişkenlerin; x53, x54, x56, x59, x61, x63, x66, şeklinde olduğu Ek Tablo 8'den görülmektedir. Ek Tablo 9'dan, x51, x53, x54, x56, x57, x59, x63, x65 ve x66 olarak verilen değişken gruplarının, yükün yol kenarına çekilmesi zamanı üzerinde etkilerinin % 95 güven düzeyinde önemli olduğu *Fhesap* değerlerinden anlaşılmaktadır. Scheffe testi ile, aralarında fark olan gruplar ise yine Ek Tablo 9'dan (x51 için 1-2, x53 için 1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4, ... şeklinde) okunmaktadır. Buna benzer şekilde her iş dilimi için ve her değişken grubu için ilişkiler yorumlanabilir.

### 3.3.7. Zaman Değerlerinin Değişkenler Yardımıyla Hesaplanması

Ek Tablo 7'de verilen gözlem değerlerinden yararlanarak, traktörlerle bölmeden çıkarma sürecinde harcanan zaman değerini, etken faktörler olan değişkenlerle hesaplamaya yönelik işlemler yapılmıştır. Bu işlemler, kesim sürecinde olduğu gibi;

- seçimlik kademeli regresyon analizi uygulanarak,
- yapay sinir ağı (ANN) modellerinin eğitilmesi ve uygun modelin seçilmesi,

şeklinde farklı iki yöntemden yararlanarak yürütülmüştür.

Regresyon analizi ile traktörlerle kablo çekim zamanının hesaplanmasında, her iş dilimi için oluşturulan anlamlı regresyon eşitlikleri tablolar halinde verilmiştir. Oluşturulan bütün eşitliklerin hata dağılımları da incelenerek, ilgili iş diliminin hesaplanmasında daha uygun olan regresyon eşitliği belirlenmiştir. Eşitliklerin çok alternatifli olarak verilmesi, uygulamada karşılaşılabilecek sorunlara daha kolay çözüm getirmesi açısındandır.

Traktörle bölmeden çıkarma zamanının belirlenmesi için ANN modellerinin oluşturulması, eğitimi ve uygun modelin seçilmesi, daha önce Şekil 18'de verilen akış şemasına ve Şekil 19-22'lerdeki esaslara uygun olarak yapılmıştır. Bunun için yürütülen işlemler, açıklamalı olarak 3.1.6.1 bölümünde "yürüme zamanı" için verilmişti. Söz konusu işlemler aynı şekilde uygulanarak, iş dilimi gerçek zamanları ve birim zamanlarının hesaplanması modelleri oluşturulmuştur.

Gerek regresyon eşitlikleri ile hesaplanan zaman değerlerinin, gerekse seçilen ANN modeli ile hesaplanan değerlerin gözlem değerlerinden olan ayrılışları (hata dağılımı) şekiller üzerinde incelenmiştir. Her iş dilimi için ve her model için ayrı ayrı oluşturulan bu şekillerin tez kapsamında verilmesi mümkün olmadığından, daha önce Şekil 26'de verilen hata dağılım tiplerinin gruplandırılması burada da kullanılmıştır. Bu gruplandırmada, üniform dağılımlar için A1, A2, A3 tipi, üniform olmayan dağılımlar için B1, B2, B3 tipi şeklinde ayırım yapılmış ve diğer dağılımlar da bunlara benzetilerek verilmiştir.

#### 3.3.7.1. Hazırlık Zamanı

Traktörün hazırlanma zamanı ( $y_{51}$ ), özellikle ürünlerin yol üzerinde sürütülmesi mesafesinden ( $x_{72}$ ) etkilenmektedir. Çekilecek ürünlerin alanda dağınık olması da önemli etkindir. Yol üzerinde sürütme mesafesi ise, yol genişliğinin yeterli olup olmamasına,

çekilen ürünlerin biriktirilmesi için uygun bir yerin bulunmasına bağlı olduğu gözlenmiştir. Bu durumda her sefer için hazırlık zamanının, bir önceki çekim denemelerinden daha çok etkilendiği söylenebilir. Ek Tablo 7'nin y51 sütunu değerleri bir satır yukarı kaydırılarak (diğer sütun değerleri sabit) aşağıdaki ilişki kurulmuştur.

$$y51 = f(x66, x67, x69, x72) \quad (52)$$

Bu ilişkiden hareketle (53) nolu regresyon eşitliği oluşturulmuştur. Hata dağılımı incelendiğinde B2 tipine yakın bulunmuştur.

$$y51 = 2,0 x66 + 16,2 x67 + 3,5 x69 + 0,81 x72 \quad (53)$$

$$R\text{-sq: } 0,627 \quad SE: 53 \quad MAE: 41 \quad D: 1,735$$

Hazırlık zamanı değeri, ölçülemeyen diğer bazı etmenlerden de (operatör, makine, yol vs) etkileneceği gerçeği göz önünde tutulursa, ölçülen değişkenlerle açıklanabilme ihtimali çok zayıftır. Dolayısıyla hazırlık zamanının hesaplanabilmesine yönelik yapay sinir ağı modeli oluşturulamamıştır.

### 3.3.7.2. Kablonun Yükleme Yerine Götürülmesi Zamanı

Traktör yol üzerinde uygun bir konumda hazırlandıktan sonra, traktörün arka tamburuna sarılı kablunun serbest ucu, çalışanlardan birisi tarafından çekilerek, yükleme yerine kadar götürülmektedir. Ek Tablo 7'de y52 olarak verilen zaman değerlerinin ihtimal dağılımı, tepeden basık olan normal dağılıma yakın bulunmuştur. y52 için;

$$y52 = f(x51, x52, x53, x54, x55, x56, x57, x58, x59) \quad (54)$$

$$my52 = f(x51, a52, x53, x54, x55, x56, x57, x58, a59) \quad (55)$$

varsayımından hareketle oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Boş Kablo Çekim Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y52	a	x52	x53	x54	x55	x56	x57	x59	R-sq	SE	MAE	D
1	y52	-56,6		18,1	18,9	16,5		10,	2,85	0,719	47,5	36,2	1,178
2	y52			19,3	12				2,74	0,920	52	39,9	1,193
3	y52	31,6							3,4	0,583	59	45	1,003
4	y52								4,04	0,890	61	45	0,945
No	my52	a	a52	x53	x54	x55	x56	x57	a59	R-sq	SE	MAE	D
5	my52			,37	,74	,66	,3	,67	-0,02	0,907	55,3	43,5	0,870

Bütün gözlem değerleri işleme sokulduğunda Tablo 38'deki 1 ve 2 nolu eşitlik elde edilmiştir. 1 nolu eşitliğin R-sq değerinin 2 nolu olandan küçük olmasına rağmen, hata dağılımının daha homojen olması (A1 tipi dağılım), standart hata ve ortalama hata değerlerinin daha küçük olması ve Durbin-Watson testi değerinin yüksek oluşu dikkat çekmektedir. Sadece çekim mesafesi bağımsız değişken olarak alındığında 3 ve 4 nolu eşitlikler oluşturulmuştur.

Çekim mesafesinin her defasında farklı ve oldukça önemli olması nedeniyle, boş kablo çekim zamanı üzerindeki etken faktörleri araştırmak için yapılan bu işlemler, birim uzunluk için ayrıca yapılmıştır. (55) nolu ilişkiden hareketle my52'nin hesaplanmasında Tablo 38'de verilen 5 nolu eşitlik elde edilmiştir. Bu eşitliğe ilişkin hata dağılımının homojen olduğu ve A1 tipi dağılım şekline benzer olduğu görülmüştür. Ancak bu eşitlik sonucunda hesaplanan değerlerin, kablo çekim mesafesi ile çarpımından gerçek y52 değerleri hesaplanmaktadır.

Yapay sinir ağlarının eğitimi için (54) nolu ilişkiden hareketle TY isimli veri dosyası (56) nolu formül uygulanarak oluşturulmuştur. y52'nin hesaplanmasında oluşturulan alternatif ANN modellerinden (57) nolu model seçilmiştir.

(55) nolu ilişkiden hareketle MTY isimli veri dosyası, (58) nolu formül uygulanarak hazırlanmış, my52'nin hesaplanmasında oluşturulan alternatif ANN modellerinden (59) nolu model seçilmiştir.

(x51/10, x52/100, x53/10, x54/10, x55/10, x56/10, x57/10, x59/100, y52/1000) (56)

PTY (inp = 8; out = 1; hid = 16; lr = 0,41; mom = 0,33; iter = 220000) (57)

(x51/10, a52/10, x53/10, x54/10, x55/10, x56/10, x57/10, a59/10, my52/10) (58)

PMTY (inp = 8; out = 1; hid = 18; lr = 0,33; mom = 0,41; iter = 155000) (59)

Seçilen ANN modellerine göre hesaplanan zaman değerlerinin hata dağılımları A1 tipi dağılım şekline yakın bulunmuştur. Bunlardan (59) nolu model sonuçlarının çekim mesafesi ile çarpımından gerçek y52 değerleri hesaplanmaktadır.

### 3.3.7.3. Yükün Hazırlanması ve Kablonun Bağlanması Zamanı

Kablonun serbest ucu yükleme yerine ulaştırıldıktan sonra, çekim için hazırlanan ürünlere bağlanmaktadır. Bu işlem sırasında harcanan zaman Ek Tablo 7'de y53 olarak

verilmiştir.  $y_{53}$  ile ilgili gözlem değerlerinin ihtimal dağılımının incelenmesinden çan eğrisinin oldukça sola çarpık olduğu görülmüştür.  $y_{53}$  ile ilgili aşağıdaki ilişki kurulabilir:

$$y_{53} = f(x_{60}, x_{63}, x_{64}, x_{65}, x_{66}, x_{67}, x_{68}) \quad (60)$$

Bu varsayımdan hareketle oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 39'da verilmiştir. Bunlardan 1 nolu eşitliğin, kablonun yüke bağlanması zamanını hesaplamada kullanılması istatistiki olarak mümkün olmakla birlikte hata dağılımının homojen olmadığı ve B2 tipi dağılıma yakın olduğu gözlenmiştir.  $y_{53}$  değerlerinin karekökünün alınmasıyla oluşturulan "sqrt  $y_{53}$ "ün hesaplanmasında 2 nolu regresyon eşitliği elde edilmiş, ancak hata dağılımında yine homojenlik sağlanamamıştır.

Tablo 39. Kablo Bağlama Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri

No	y	x60	x63	x64	x65	x66	x68	R-sq	SE	MAE	D
1	y53		-27,1		20,5	16,9	0,99	,674	76	59	1,54
2	sqrt y53			,91	1,22	0,9	,05	,83	4,6	3,5	1,42
3	ln (y53)	0,24		,366	0,55	0,21	,018	,944	1,02	0,8	1,56
4	sqrt by53	1,6	1,8	1,22		,66		,71	6,9	5,1	1,28

$y_{53}$  değerlerine logaritmik dönüşüm uygulandığında elde edilen "ln  $y_{53}$ " değerlerinin ihtimal dağılımının normal dağılıma yakın olduğu görülmüştür. "ln  $y_{53}$ "ün hesaplanmasına yönelik Tablo 39'da verilen 3 nolu regresyon eşitliği elde edilmiş, hata dağılımının A3 tipi dağılıma benzer olduğu görülmüştür. Bu eşitlik sonucu hesaplanan değerlerin anti logaritması alınarak gerçek  $y_{53}$  değerleri elde edilmektedir.

Kablonun yüke bağlanmasında (60) nolu ilişkiden hareketle, birim zamanların ( $by_{53}=y_{53}/x_{70}$ ) hesaplanmasına yönelik anlamlı regresyon eşitliği oluşturulamamış, ancak "sqrt  $by_{53}$ "ün hesaplanmasına yönelik Tablo 39'da verilen 4 nolu regresyon eşitliği oluşturulmuştur. Hesaplanan değerlerin karesi alınarak  $by_{53}$  değerleri elde edilmektedir.

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile, kablonun yüke bağlanmasında gerçek zamanın hesaplanmasında TB isimli veri dosyası, (60) nolu ilişkiden hareketle (61) nolu formül uygulanarak hazırlanmış, eğitim denemeleri sonucunda (62) nolu ANN modeli tercih edilmiştir.

$$(x_{60}/10, x_{63}/10, x_{64}/10, x_{65}/10, x_{66}/100, x_{67}/10, x_{68}/100, y_{53}/1000) \quad (61)$$

$$PTB (inp = 7; out = 1; hid = 14; lr = 0,18; mom = 0,41; iter = 380000) \quad (62)$$

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile, kablonun yüke bağlanmasında birim zamanın hesaplanmasında BTB isimli veri dosyası, (60) nolu ilişkidenden hareketle (63) nolu formül uygulanarak hazırlanmış, (64) nolu ANN modeli tercih edilmiştir.

$$(x60/10, x63/10, x64/10, x65/10, a66/10, x67/10, a68/10, by53/1000) \quad (63)$$

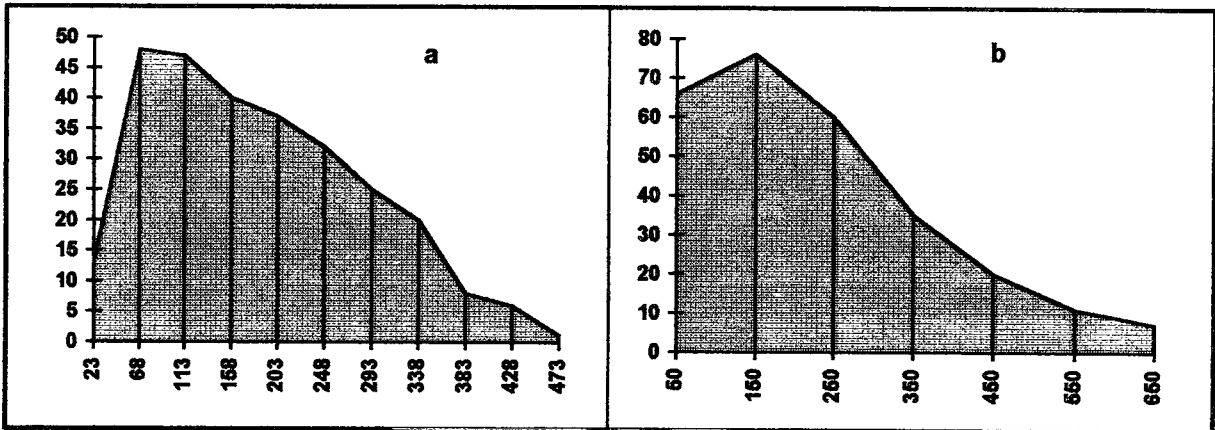
$$PBTB (inp = 7; out = 1; hid = 14; lr = 0,18; mom = 0,63; iter = 315000) \quad (64)$$

Burada (62) ve (64) nolu modeller uygulanarak hesaplanan gerçek zaman ve birim zaman değerlerinin hata dağılımı A2 tipi dağılım şekline benzer bulunmuştur.

#### 3.3.7.4. Yükün Yol Kenarına Kadar Çekilmesi Zamanı

Çekme kablosunun serbest ucunun çekilecek ürüne bağlanmasından sonra, yükün yol kenarına kadar çekilmesi zamanı değerleri Ek Tablo 7'de y54 ile ifade edilen sütununda verilmiştir. y54 değerlerine her türlü takılma ve çözülme beklemesi ile diğer bekleme ve gecikmeler dahil edilmemiştir. y54 sütunundaki değerler, x59 sütunu değerlerine bölünmek suretiyle birim mesafe çekim zamanı (my54) oluşturulmuş, x70 sütunu değerlerine bölünerek birim hacim (1 m<sup>3</sup>) için çekme zamanı (by54) değerleri oluşturulmuştur.

y54 ve my54 değerlerine ilişkin ihtimal dağılımlarında çan eğrisinin biraz sola çarpık olduğu görülmektedir (Şekil 38). y54'ün bağımsız değişkenlerle hesaplanmasında;  $y54 = f(x51, x52, x53, x54, x55, x56, x57, x63, x64, x65, x66, x67, x69, x70)$  (65) varsayımından hareketle oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 40'de verilmiştir.



Şekil 38. Traktörlerle Bölmeden Çıkarmada Yükün Yol Kenarına Çekilmesi Zamanına İlişkin Gözlem Değerlerinin Dağılımı (a, b)

(X ekseninde zaman değerleri, Y ekseninde gerçek frekanslar yer almaktadır)  
a: yükün yol kenarına çekim zamanı, b: 1 m. mesafeyi çekme zamanı



Tablo 40. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Yükün Yol Kenarına Çekilmesi Zamanının Hesaplanmasında Regresyon Eşitlikleri

No	y54	a	x53	x54	x55	x56	x57	x59	x63	x70	R-sq	SE	MAE	D
1	y54	-7,4	24,8					3,9			,767	50	39	,96
2	y54		23,3					3,8			,946	50	38,8	,959
3	y54	24,8						4,55			,641	70	49	,785
4	y54							5,05			,903	71	50	,781
5	sqrt y54		1,87	1,14	,94	1,39	,88		,71	1,11	,936	3,5	2,7	1,01
6	ln y54	3,9	,175					,022			,759	,31	,25	1,04
7	ln y54	3,62	,174				,07	,023	,11		,770	,3	,23	1,17

Bütün değişkenler işleme sokulduğunda 1 ve 2 nolu eşitlikler elde edilmiştir. Sadece çekim mesafesine göre 3 ve 4 nolu eşitlikler elde edilmiştir. Bu eşitliklerden görüleceği gibi, yüklü çekim zamanı üzerinde çekim mesafesinin etkili olduğu, ayrıca bir miktar da diri örtü yoğunluğundan etkilendiği, diğer değişkenlerin etkisinin istatistiki olarak önemli sayılmayacak düzeyde kaldığı anlaşılmaktadır. Buradan, mesafeye bağlı olarak çekim zamanını, kablo çekme hızı belirleyebileceği, diri örtü yoğunluğunun artmasıyla çekim hızının yavaşlayacağı ve çekim zamanının böylece artacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Hata dağılım şekillerinin incelenmesinden, 1 ve 3 nolu eşitliklerle daha homojen bir dağılıma yaklaşılmış olduğu ancak bunların da B2 tipi dağılım şekline benzer olduğu görülmüştür.

y54 değerlerine karekök dönüşümü uygulandığında oluşturulan "sqrt y54"ün hesaplanmasında 5 nolu eşitlik elde edilmiş, hata dağılımının A2 tipi dağılıma benzer bulunmuştur. Logaritmik dönüşümle oluşturulan "ln y54" değerlerinin ihtimal dağılımının, normal dağılım gösterdiği anlaşılmış, "ln y54"ün hesaplanmasına yönelik 6 ve 7 nolu eşitlikler elde edilmiştir. Hata dağılımları A1 tipi dağılım şekline yakın bulunmuştur. Oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 40'da verilmiştir.

Birim uzaklık için yüklü kablo çekim zamanının (my54) bağımsız değişkenler yardımıyla hesaplanmasında oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 41'de verilmiştir. 1 ve 2 nolu eşitliklerin homojen hata dağılımı sergilediği görülmüş, ancak istatistiki koşulların 1 nolu eşitlikte daha iyi olduğu görülmektedir. Burada hesaplanan zaman değeri ile çekim mesafesi çarpılarak gerçek y54 değerleri elde edilmektedir. Ortalama çekim mesafesine yakın değer olan 40 m. mesafeden kablo çekimi yapılması durumunda, oluşturulan regresyon eşitliği yine Tablo 41'da 3 ve 4 nolu olarak verilmiştir.

Tablo 41. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Birim Mesafe İçin Kablo Çekim Zamanının Hesaplanmasında Regresyon Eşitlikleri

No	my54	x52	x53	x56	x57	x59	x63	x65	R-sq	SE	MAE	D
1	my54	,009	0,7	0,45	0,82	-,02	1,24		,922	1,6	1,35	1038
2	my54	,01	,61			-,017	1,06	,4	,911	1,67	1,37	1,003
	40 m. için	x53	x56	x57	x64	x63	x65	x70	R-sq	SE	MAE	D
3	y54- 40 m.	24,7	16,4	23,8	13,4	38,1	13,1	15,4	,927	62	50,3	1,218
4	y54-40 m.	25,4	16,3	28,4	16,6	41,6		10,9	,925	63	51,8	1,109

Yüklü çekim sırasında takılma sayısı x61 olarak, çözülme sayısı da x62 olarak ifade edilmiş, bunlara ilişkin zaman değerleri y55 ve y56 şeklinde verilmiştir. y55 ve y56'nun ihtimal dağılımı araştırıldığında, herhangi bir dağılım şekline benzemediği görülmüştür.

Takılma ve çözülme üzerinde, arazi kırıklıkları, yoğun diri örtü, zemindeki dip kütük-gövde sıklığı, yükteki parça sayısının fazla oluşu, bütün ağaçların uç tarafından bağlanarak çekilmesi gibi etkenlerin rol oynadığı gözlenmiştir. Takılma ve çözülme gecikmelerinin hangi değişkenlerle nasıl açıklanabileceği konusunda regresyon denklemleri araştırılmış, ancak uygun bir eşitlik oluşturulamamıştır.

Takılma ve çözümlere ilişkin harcanan zaman, yükün çekilmesi zamanı kapsamında değerlendirildiğinde oluşturulan y567'nin ( $y567=y55+y56+y54$ ) değişkenlere bağlı olarak hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 42'de 1 ve 2 nolu olarak verilmiştir. y567 değerleri birim mesafe için ( $my567=y567/x59$ ) hesaplanmak istendiğinde 3 ve 4 nolu eşitlikler elde edilmiştir. 1 m<sup>3</sup> için y567 hesaplanmak istendiğinde 5 nolu regresyon eşitliği oluşturulmuş ve Tablo 42'de verilmiştir. 5 nolu eşitlikte, bazı değişkenlerin etkisinin "-" işaretli olması, yani zaman üzerinde azaltıcı etki yapıyor olması dikkat çekmektedir. Bunlar yükün boyu, yükteki parça sayısı, yükün kuru olması gibi özelliklerdir. Buradan da her sefer için çekilen yük miktarının artırılması gereği ortaya çıkar.

Traktörlerle kablo çekim denemelerinde, takılma veya çözülme ya da hem takılma + çözülme Söz konusu olan gözlemler esas alındığında Tablo 42'deki 6-10 nolu eşitlikler elde edilmiştir. Bu eşitlikler oldukça olumsuz koşullardaki çekim denemeleri için gerekli y567 zaman değerlerini hesaplamada kullanılabilir. Bu eşitlikler, y55+y56 toplamının sonucu 0'dan farklı olan gözlemlerin seçilmesi ile 111 gözlem değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 42. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Yükün Yol Kenarına Çekim Zamanının Gecikmelerle Birlikte Hesaplanmasında Regresyon Eşitlikleri

No	y	x53	x55	x56	x59	x64	x65	x67	x69	R-sq	SE	MAE	D
1	y567	31,7		22,7	4			23,9		,813	144	114	1,69
2	y567	32		22,6	4,3	-24,4		35,2		,823	136	106	1,73
3	my567	,75		1,55	-,08	1,45	,74	2,0		,693	5,6	3,5	1,54
4	my567	,85		,75	-,037	1,1	,5	2,1		,808	3,7	2,6	1,809
5	by567	59,9	62,1	85,2	3,45	-77,1	64		-13,3	,581	337	207	1,694
	y	x52	x55	x57	x59	x63	x64	x66	x69	R-sq	SE	MAE	D
6	y56	2,1			3,26					,654	210	155	1,776
7	my56	,088		1,7	-,126	2,93				,659	6,6	4,9	1,823
8	y567		51,1		7,25		83,4			,850	231	173	1,84
9	my567	,08		2,1	-,14	3,7	2,8			,825	6,8	4,9	1,927
10	by567	11,8			6,7			-39	-37	,697	490	350	1,978

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile yükün yol kenarına kadar çekilmesi zamanının belirlenmesinde (65) nolu ilişkidен hareketle TH isimli veri dosyası aşağıdaki formül ile oluşturulmuştur.

$$(x52/100, x53/10, x54/10, x55/10, x56/10, x57/10, x59/100, x63/10, x64/10, x65/10, x66/100, x67/10, x69/100, x70/10, y54/1000) \quad (66)$$

Ara katmandaki nöron sayısı (hid), öğrenme oranı (lr), momentum oranı (mom) ve iterasyon sayısı (iter) değiştirilerek oluşturulan alternatif modellerin eğitim sonuçlarından seçilen ANN modelinin parametreleri şu şekildedir:

$$PTH (inp = 14; out = 1; hid = 36; lr = 0,18; mom = 0,63; iter = 467200) \quad (67)$$

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile yükün yol kenarına kadar çekilmesinde birim zamanın belirlenmesinde yine (65) nolu ilişkidен hareketle BTH isimli veri dosyası;

$$(1/10 (a52, x53, x54, x55, x56, x57, a59, x63, x64, x65, a66, x67, a69, a70), by54/1000) \quad (68)$$

formülü uygulanarak oluşturulmuştur. by54'ün hesaplanmasında (69) nolu ANN modeli seçilmiştir.

$$PBTH (inp = 14; out = 1; hid = 18; lr = 0,19; mom = 0,55; iter = 978220) \quad (69)$$

(67) ve (69) nolu ANN modelleri ile hesaplanan gerçek zaman ve birim zaman değerlerinin hata dağılımlarının, A1 tipi dağılım şekline benzer olduğu görülmüştür.

### 3.3.7.5. Yol Kenarına Çekilen Yükün Yola Alınması Zamanı

Kablo çekimi sırasında, bazı durumlarda yol kenarına kadar çekilen yük ilk hamlede yola alınamamaktadır. Traktör yol üzerinde hareket etmek suretiyle yükü yola çıkartmaktadır. Bu durum, zaman harcanımını artırmaktadır. Yol kenarına kadar çekilen ürünün yola alma zamanını artıran etmenlerin başında ürünün uzunluğu, yol genişliğinin yetersiz oluşu ve dolduru şevinin eğiminin etkili gözlenmiştir. Bütün gözlemler dikkate alındığında (y57) ve sadece yükün yola alınması için zaman harcanımı olan gözlemler dikkate alındığında (y570) oluşturulan dağılım şekilleri normal dağılım göstermediği görülmüştür. y57'nin bağımsız değişkenlerle hesaplanmasına yönelik regresyon eşitliği (70) nolu ilişkidir hareketle araştırılmış ancak anlamlı eşitlik kurulamamıştır. Sadece, yükün yola alınması için zaman harcanımını gerektiren denemeler (y570) dikkate alındığında (88 gözlem için) (71) nolu eşitlik elde edilmiştir.

$$y57 \text{ (veya } y570) = f(x65, x66, x67, x69, x71) \quad (70)$$

$$y570 = 4,8 x69 + 26,08 x65 \quad (71)$$

$$R\text{-sq: } 0,737 \quad SE: 78,6 \quad MAE: 61,3 \quad D: 1,713$$

### 3.3.7.6. Yol Üzerinde Sürütme Zamanı

Kablo çekimi ile tamamen yola alınan ürünler, uygun bir yerde boşaltılması için yol üzerinde sürütülerek götürülmektedir. Sürütme işlemine, daha çok yol genişliğinin yetersiz olması neden olmaktadır. Bu durumda, sürütme mesafesi en etken değişken durumundadır. Ayrıca, traktörün manevra kabiliyeti, operatörün çalışma stili, yükün boyutlarının etken olduğu gözlenmiştir. Gözlemlerin tamamında sürütme gerçekleştirilmemiştir. Sürütmenin yapıldığı gözlemler seçilerek, yani y59'un 0 dan farklı olduğu gözlemler (175 adet) seçilerek sürütme zamanı için y590 oluşturulmuştur. Yol üzerinde ilk 10 m.lik sürütmenin normal olabileceği varsayımından hareketle (x72'in 10 m.den büyük değerli gözlemler dikkate alınarak) sy59 oluşturulmuştur.

$$y59 = f(x65, x66, x68, x69, x70, x71, x72) \quad (72)$$

varsayımından hareketle oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 43'de verilmiştir. Bütün gözlem değerleri dikkate alındığında y59'in hesaplanmasında 1, 2 ve 3 nolu eşitlikler elde edilmiştir. y590'un hesaplanmasında 4 nolu eşitlik elde edilmiştir. sy59'in hesaplanmasında 5, 6, 7 nolu eşitlikler oluşturulmuştur.

Tablo 43. Traktörlerle Yükün Yol Üzerinde Sürütülmesi Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y	a	x65	x66	x69	x72	R-sq	SE	MAE	D
1	y59				0,91	3,07	,77	44,8	22,7	2,10
2	y59	8,84				2,83	,786	29,8	20,3	1,976
3	y59					3,03	,86	30,6	17,7	1,873
4	y590					2,9	,862	34,8	25,7	1,516
5	sy59		6,3	1,8		2,37	,888	31,3	24,4	1,785
6	sy59	23,3				2,3	,684	31,3	24,7	1,752
7	sy59		7,2			2,4	,885	31,6	24,5	1,795

Yükün yol üzerinde sürütülmesi zamanının belirlenmesine yönelik yapay sinir ağlarının eğitiminde veri dosyası TS olarak isimlendirilmiş, (72) nolu ilişkidен hareketle ve (73) nolu formül uygulanarak veriler hazırlanmış, oluşturulan ANN modellerinin eğitim denemeleri yapılmış ve (74) nolu model seçilmiştir.

$$(x65/10, x66/100, x68/100, x69/100, x70/10, x71/10, x72/100, sy59/1000) \quad (73)$$

$$PTS (inp = 7; out = 1; hid = 21; lr = 0,18; mom = 0,63; iter = 400000) \quad (74)$$

Seçilen ANN modelindeki en son ulaşılan tartılar kullanılarak hesaplanan y59 değerlerinin hata dağılımı A1 tipi dağılıma benzer bulunmuştur.

Yükün yol üzerinde birim mesafe (1 m.) sürütülmesi zamanının belirlenmesine yönelik yapay sinir ağlarının eğitiminde veri dosyası MTS olarak isimlendirilmiş, (72) nolu ilişkidен hareketle ve (75) nolu formül uygulanarak veriler hazırlanmış, oluşturulan ANN modellerinin eğitim denemeleri yapılmış, msy59'un hesaplanmasında (76) nolu model seçilmiştir. Hesaplanan msy59 değerlerinin hata dağılımı A1 tipine benzer bulunmuştur.

$$(x65/10, a66/10, a68/10, a69/10, a70/10, x71/10, a72/10, msy59/10) \quad (75)$$

$$PMTS (inp = 7; out = 1; hid = 11; lr = 0,13; mom = 0,41; iter = 320000) \quad (76)$$

### 3.3.7.7. Kablonun Çözülmesi ve Yükün Boşaltılması Zamanı

Yol üzerinde uygun boşaltma yerine kadar götürülen ürünlerin boşaltılması işleminde önce kablo çözülmekte, sonra traktörün geri manevrası ile yükteki ürünler yol kenarına itilmektedir. Kablo çözme zamanı, kablo ile ürünler arasına sürütme sırasında çalı, kesek, taş parçası gibi yabancı cisimlerin sıkışması durumunda uzamaktadır. y60'ın hesaplanmasına yönelik, elde edilen 1, 2, 3 nolu regresyon eşitlikleri Tablo 44'de verilmiştir. Bu eşitlikler

sonucu hesaplanan değerlerin homojen dağılım göstermediği B1 tipi dağılım şekline benzer oldukları görülmüştür.

Boşaltılan yükün yol kenarına yerleştirilmesi için harcanan zaman değerleri Ek Tablo 7'de y61 olarak verilmiştir. 76 adet gözlem sırasında yerleştirme faaliyeti söz konusu olmuş ve bu gözlemler dikkate alındığında yerleştirme zamanı y610 olarak ifade edilmiştir. y610'nin hesaplanması için elde edilen 4 ve 5 nolu eşitlikler Tablo 44'de verilmiştir.

Yükün çözülmesi ve yerleştirilmesinin tamamlanması zamanının ( $y_{cy}=y_{60}+y_{61}$ ) bağımsız değişkenler yardımıyla hesaplanmasında Tablo 44'de verilen 6, 7 ve 8 nolu regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur.

Tablo 44. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Kablonun Çözülmesi ve Yükün Yerleştirilmesi Zamanını Hesaplamak İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri

No	y	x64	x65	x66	x67	x68	x70	x71	R-sq	SE	MAE	D
1	y60	15,6	10		17,7	,3			,756	53	43	1,346
2	y60		11,8		21,5	,5			,753	54	43,6	1,389
3	y60		11,5	2,8	14,2	,22			,764	52	42	1,378
4	y610		19,4	9,7					,761	74	56	1,47
5	y610		14,6	11,3			44,7		,786	70	53	1,55
6	y <sub>cy</sub>	19,4	9,5	7,2			24,9	21,2	,723	82	61	1,539
7	y <sub>cy</sub>		10,8	4,2	23,7		10,9	24,7	,784	64	52	1,525
8	y <sub>cy</sub>		11,2	16,1	28,5		9,8		,78	64	52	1,426
9	y <sub>cy</sub>		9,38		25		23,2	23,8	,784	61	48	1,68
10	y <sub>cy</sub>				24,6		16	31,4	,775	63	49	1,689
	y	x52	x65	x67	x68	x69	x71	x72	R-sq	SE	MAE	D
11	by <sub>acy</sub>	2,3	50,4	45,3	-2,4	-13,8	81,8	3,1	,720	185	133	1,71
12	by <sub>acy</sub>	1,6	37,2	38,4	-1,8	-10,6	86,3	2,7	,773	139	107	1,73

Yol üzerinde hiç sürütme yapılmadan ya da 10 m.ye kadar sürütme yapılan gözlemler dikkate alındığında, çözme ve yerleştirme zamanının hesaplanması için 9 ve 10 nolu regresyon eşitlikleri oluşturulmuş ve Tablo 44'de verilmiştir. Yol kenarına çekilen ürünlerin, "yola alınması + sürütme yapmadan boşaltılması + yerleştirilmesi" işlemlerinde birim zamanın ( $by_{acy}=(y_{57}+y_{35})/x_{70}$ ) değişkenler yardımıyla hesaplanmasında 11 ve 12 nolu regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur (Tablo 44).

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile, yükün boşaltılması ve yerleştirilmesi zamanının ( $y_{cy}$ ) hesaplanmasında TC olarak isimlendirilen veri dosyası (77) nolu formül uygulanarak

hazırlanmış ve (78) nolu ANN modeli seçilmiştir. Seçilen ANN modeli ile hesaplanan ycy değerlerinin hata dağılımı A1 tipi dağılım şekline yakın bulunmuştur.

$$(x63/10, x65/10, x66/100, x68/100, x70/10, y35/1000) \quad (77)$$

$$PTC (inp = 5; out = 1; hid = 7; lr = 0,09; mom = 0,41; iter = 500000) \quad (78)$$

Kablonun çözülmesi ve yükün yerleştirilmesi işleminde birim zamanın (bycy) hesaplanmasında BTC olarak isimlendirilen veri dosyası (79) nolu formül uygulanarak hazırlanmış ve (80) nolu ANN modeli seçilmiştir. Seçilen ANN modeli ile hesaplanan bycy değerlerinin hata dağılımı A2 tipi dağılım şekline yakın bulunmuştur.

$$(x63/10, x65/10, a66/100, a68/100, a70/10, by35/1000) \quad (79)$$

$$PBTC (inp = 5; out = 1; hid = 7; lr = 0,09; mom = 0,41; iter = 700000) \quad (80)$$

### 3.3.7.8. Kablo Çekiminde Minimum Çalışma Zamanının Belirlenmesi

Traktörle kablo çekimi yapılarak bölmeden çıkarma sırasında minimum çalışma zamanı olarak ifade edilen (yge); boş kablo çekimi, kablonun yüke bağlanması, yükün yola çekilmesi ve kablonun çözülmesi zamanlarının toplamından oluşmaktadır. Yani;

$$yge = y52 + y53 + y54 + y55 + y56 + y60 \quad (81)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada yükün yol üzerine alınmasında, yükün yol üzerinde sürütülmesinde, boşaltılan ürünlerin yerleştirilmesinde ve traktörün tekrar hazırlanmasında harcanan zamanlar dikkate alınmamıştır. Bu tür çalışma şekli, traktörle çalışma için nispeten ideal koşulların varlığında söz konusudur. Burada harcanan zaman dikkate alınarak;

- 1 m. mesafe için minimum çalışma zamanı:  $myge = yge/x59$  oranlaması ile,

- 1 m<sup>3</sup> ürün için minimum çalışma zamanı:  $byge = yge/x70$  oranlaması ile,

- 1 m<sup>3</sup> ürünün 1 m. mesafe çekilmesi için minimum çalışma zamanı:

$$bmyge = (yge / x59) / x70 \text{ oranlaması ile oluşturulmuştur.}$$

$$yge = f(x71 \text{ ve } x72 \text{ hariç bütün } x_i \text{ değişkenleri}) \quad (82)$$

varsayımından hareketle, yge, myge, byge ve bmyge zamanlarını hesaplamak için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 45'de verilmiştir.

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile, 1 m<sup>3</sup> ürünün 1 m. mesafe için kablo çekimi yapılarak bölmeden çıkama zamanının (bmyge) hesaplanmasında BMTG olarak isimlendirilen veri dosyası (82) nolu ilişkiden hareketle, (83) nolu formül uygulanarak hazırlanmıştır. Oluşturulan alternatif ANN modellerinin eğitiminden (84) nolu ANN modeli seçilmiştir.

Tablo 45. Traktörlerle Kablo Çekimi İle Bölmeden Çıkarmada Minimum Çalışma Zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri

No	y	x53	x57	x59	x60	x65	x66	x67	x68	x70	R-sq	SE	MAE	D			
1	yge	80,5	37	9,5			31,2	55,2	-2,3	78,4	,878	276	202	1,63			
2	yge	72,5	35,4	8,3	-39	26,6	32,3	56,3			,81	213	162	1,535			
No	y	x52	x56	x57	x59	x60	x63	x66	x67	x70	R-sq	SE	MAE	D			
3	myge	,09	2,4	4,6	-,3	2,6	3,5	,55		1,9	,83	10,5	7,6	1,481			
4	myge	,06		3,9	-,2	2,6	2,8	,4	2,6	1,76	,871	8,2	6,2	1,547			
No	y	x52	x53	x55	x56	x57	x59	x60	x65	x66	x67	x68	x69	R-sq	SE	AE	D
5	byge	5,6		102		129	9,9	173			114	-4,5		,747	611	401	1,64
6	byge	5,4	91,5	105	89		7,3		106	17,9	84	-7,2	-46	,844	365	281	1,73
No	y	x52	x53	x57	x59	x60	x63	x67	x68	x69	x70	R-sq	SE	MAE	D		
7	bmyge	,33	-3,7	11,1	-,5	11,4	10				-23	,56	37,7	19,8	1,52		
8	bmyge	,4		4,8				8,2	-,2	-,85		,66	22,2	15,3	1,44		
9	bmyge	,35		3,8	-,33			7,1			-9,9	,771	15,6	11,2	1,38		
10	bmyge	,32		2,98				7			-11	,75	16,3	11,9	1,38		
11	bmyge	,38		2,79				6,8	-,2	-,9		,72	17,2	12,9	1,42		

$$(1/10 (a52, x53, x54, x55, x56, x57, a59, x60, x63, x64, x65, a66, x67, a68, a69, bmyge)) \quad (83)$$

$$\text{PMBYG (inp} = 15; \text{out} = 1; \text{hid} = 15; \text{lr} = 0,15; \text{mom} = 0,63; \text{iter} = 500000) \quad (84)$$

Seçilen ANN modellerine göre hesaplanan zaman değerlerinin hata dağılımları A2 tipi dağılım şekline yakın bulunmuştur. Bu model ile hesaplanan değerler çekme mesafesi ile çarpımından ve bunun da çekilen ürün hacmi ile çarpımından traktörle minimum çalışma zamanı hesaplanabilmektedir.

### 3.3.7.9. Toplam Faaliyet Zamanının Belirlenmesi

Toplam faaliyet zamanı, aktif olarak çalışmayı gerektiren iş dilimi zamanlarının toplamından oluşmaktadır.

$$yfa = y51 + y52 + y53 + y55 + y56 + y54 + y57 + y59 + y60 + y61 \quad (85)$$

1 m<sup>3</sup> ürünün traktörle bölmeden çıkarılmasında toplam faaliyet zamanı;

byfa = yfa / x70 oranlaması ile oluşturulmuştur.

$$yfa = f(\text{bütün xii değişkenleri}) \quad (86)$$

ilişkisinden hareketle toplam faaliyet zamanının bağımsız değişkenler yardımıyla hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 46'da verilmiştir.



Tablo 46. Traktörle Bölmeden Çıkarmada Toplam faaliyet zamanının Hesaplanmasına İlişkin Regresyon Eşitlikleri

No	y	x52	x53	x56	x57	x59	x66	x68	x69	x70	x72	R-sq	SE	MAE	D
1	yfa		79		68,7	8,02	30,3		10	96,3	5,3	,891	331	245	1,52
3	yfa		80,7		76,4	9,2	35,2	-3,5		196	5,2	,896	323	239	1,61
2	yfa	1,4	84,9	50,9	55,3	8,36	33,7	-3,7		196	5,55	,88	355	248	1,61
No	y	x55	x56	x57	x59	x60	x63	x65	x66	x68	x71	R-sq	SE	MAE	D
4	ln yfa	,18	,19	,39	,01	,38	,57	,52	,04	,01	,53	992	,6	,46	,994
No	y	a	x53	x55	x57	x59	x60	x65	x66	x70	x72	R-sq	SE	MAE	D
6	myfa		-3,5	5,76	7,57	-,73	8,6	3,58		6,4	,44	,758	20,3	13	1,232
5	ln yfa	5,3	,09	,088	,1	,009		,07	,048	,14	,006	,518	,33	,26	1,511
No	y	x51	x56	x57	x59	x60	x63	x68	x69	x70	x71	R-sq	SE	MAE	D
7	byfa	171	147	238	4,6	151	136	-7,3	-33	-517	531	,791	690	469	1,72
No	y	a	x51	x56	x57	x59	x66	x69	x70	x71	x72	R-sq	SE	MAE	D
8	ln byfa	6,79	,08	,1	,12	,006	,03	-,02	-,53	,26	,005	,667	,4	,3	1,448

Traktörlerle bölmeden çıkarmada toplam faaliyet zamanının yapay sinir ağlarının eğitimi ile belirlenmesinde TFA olarak isimlendirilen veri dosyası (86) nolu ilişkidir hareketle (87) nolu formül uygulanarak hazırlanmıştır. Oluşturulan ANN modellerinin eğitim denemeleri sonucunda yfa'nın hesaplanmasında (88) nolu ANN modeli seçilmiştir. Hesaplanan değerlerin hata dağılımı A1 tipi dağılım şekline benzer bulunmuştur.

TFA (x52/100, x53/10, x54/10, x55/10, x56/10, x57/10, x59/100, x60/10, x63/10, x64/10,

$$x65/10, x66/100, x67/10, x68/100, x69/100, x70/10, x71/10, x72/100, yfa/1000) \quad (87)$$

$$TFA (inp = 18; out = 1; hid = 18; lr = 0,18; mom = 0,63; iter = 400000) \quad (88)$$

Traktörlerle bölmeden çıkarmada 1 m<sup>3</sup> için toplam faaliyet zamanının yapay sinir ağlarının eğitimi ile belirlenmesinde BTFA olarak isimlendirilen veri dosyası (86) nolu ilişkidir hareketle (89) nolu formül uygulanarak hazırlanmıştır. Oluşturulan ANN modellerinin eğitim denemeleri sonucunda byfa'nın hesaplanmasında (90) nolu ANN modeli seçilmiştir. Hesaplanan değerlerin hata dağılımı A2 tipi dağılım şekline benzer bulunmuştur. (90) nolu model ile hesaplanan değerlerin hata dağılımı A2 tipi dağılım şekline benzer bulunmuştur.

$$BTFA (1/10 (a52, x53, x54, x55, x56, x57, a59, x60, x63, x64, x65, a66, x67, a68, a69, x71, a72) byfa/100) \quad (89)$$

$$TBFA (inp = 18; out = 1; hid = 30; lr = 0,4; mom = 0,85; iter = 274000)$$

$$\begin{array}{ccc} ,14 & ,49 & 571000 \\ ,13 & ,63 & 1\ 575000 \end{array} \quad (90)$$

### 3.4. İnsan gücü İle Yapılan Bölmeden Çıkarmada Elde Edilen Bulgular

Odun hammaddesinin insan gücü ile çeşitli yardımcı aletlerin kullanılması ve eğimin de etkisiyle yukarıdan aşağı yönde bölmeden çıkarılmasında yapılan ölçümlerin değerlendirilmesinden elde edilen bulgular Tablo 47'de verilmiştir. Burada iş akışına göre, yapılan işin miktarı, etken faktörler ve harcanan zaman değerlerine ilişkin ölçümler değerlendirilmiştir. Ürünlerin hiçbir müdahalede bulunmadan sadece ilk hareketin verilmesiyle kontrolsüz olarak kaydırılması şeklinde bölmeden çıkarma çalışmalarına ilişkin gözlemler değerlendirilmemiştir. Ayrıca, insan gücü ile bölmeden çıkarmada oluşan kayıplar ve meşcere zararları nedeniyle sürütme mesafesinin 100 m.den daha fazla alınmaması esas alınarak bu sınırlar içerisinde yapılan gözlemler değerlendirilmiştir.

Tablo 47. İnsan Gücü İle Yapılan Bölmeden Çıkarmada Elde Edilen Bulgular

Değişkenler ve açıklaması		Değişkenlere ilişkin ölçüm değerlerinin sonuçları					
x81	Çalışan kişi (adet)	2	3	3	2	4	4
x82	Arazi eğimi (%)	40	45	50	55	55	60
x83	Zemin durumu	ıslak	nemli	nemli	nemli	nemli	nemli
x84	Engel durumu	engel yok	engel yok	engel yok	20 m.de engel	15 m.de engel	27 m.de engel
x	gövde ve kök sıkl.	orta	orta	seyrek	seyrek	seyrek	seyrek
x85	Diri örtü	yok	az	yok	çok	yoğun	yoğun
x86	Ürün cinsi	ladin	ladin	ladin	L&Kn	L&Kn	%70L&%30Kn
x87	Ürün vasfı	kuru	kuru	kuru	yaş	yaş	yaş
x88	Parça sayısı (adet)	26	22	24	15+21	32	58
x89	Ort. mesafe (m.)	35	28	30	70	30	80
x90	Ort. çap (cm.)	30 (15-40)	22 (10-30)	30 (16-40)	25 (14-28)	28 (18-42)	32 (24-36)
x91	Ort. boy (m.)	3,7 (3-4)	3,4 (2-4)	3,7 (3-4)	3,8 &2,6	4,2& 2,5	4 &2,9
x92	Toplam hacim (m <sup>3</sup> )	5,602	2,907	4,65	3,52& 1,6	7,02	14,87
yz	Fiili çalışma zamanı	5000	1780	3100	10100	7000	12000
	Dinlenme zamanı	1600	-	680	2210	1000	2920
yz1	1 kişi için zaman	10000	5340	9300	20200	28000	48000
byz1	1 kişi ve 1 m <sup>3</sup> için z.	1786	1837	2000	3942	5462	3228

Gözlenen değişkenlere bağlı olarak zaman değerlerinin hesaplanmasında yapay sinir ağlarının (ANN) eğitimi modeli geliştirilmiştir. Modelde yer alan x81-x92 değişkenleri sırasıyla giriş katmanı nöronları olarak alınmış, "yza" değişkeni çıktı katmanı nöronu olarak hesaplanmıştır. yza'nın hesaplanması için (91) nolu ilişkiden hareketle (92) nolu formül uygulanarak veri dosyası hazırlanmış, alternatif ANN modelleri oluşturulmuş, eğitim sonucunda (93) nolu ANN modeli seçilmiştir.

$$yza = f(x81, x82, x83, x84, x85, x86, x87, x88, x89, x90, x91, x92) \quad (91)$$

$$(x81/10, x82/100, x83/10, x84/10, x85/10, x86/10, x87/10, x88/100, x89/100, x90/100, x91/10, x92/100) \quad (92)$$

$$PNELS (inp: 12, out: 1, hid: 18, lr: 0,25; mom: 0,75; iter: 45000) \quad (93)$$

Bu modelin kullanılmasıyla farklı arazi ve çalışma koşulları için gerçek insan gücü ile bölmeden çıkarma zamanı değerleri hesaplanmaktadır. Ancak insan gücü ile sürütme işleminin etkilendiği daha birçok etmen söz konusu olduğundan ANN modeli ile hesaplanan değerlerin kontrol edilerek uygulanması gerekmektedir.

1 kişi çalışması için hesaplamalarda oluşturulan ANN modelinin parametreleri P1ELS dosyasında kayıtlı olup, burada çalışan sayısı giriş değişkeni olarak alınmamıştır. Dolayısıyla girdi katmanındaki nöron sayısı 11'dir. Çıktı katmanı nöronu olarak yz1 hesaplanmaktadır. yz1'in hesaplanması için (91) nolu ilişkiden hareketle (94) nolu formül uygulanarak veri dosyası hazırlanmış, alternatif ANN modelleri oluşturulmuş, eğitim sonucunda (95) nolu ANN modeli seçilmiştir.

$$(x82/100, x83/10, x84/10, x85/10, x86/10, x87/10, x88/100, x89/100, x90/100, x91/10, x92/100) \quad (94)$$

$$P1ELS (inp: 11, out: 1, hid: 22, lr: 0,3; mom: 0,75; iter: 36000) \quad (95)$$

1 m<sup>3</sup> için 1 kişinin harcadığı zamanın hesaplanmasında oluşturulan ANN modelinin değişkenleri (96) nolu formül uygulanarak hazırlanmış olup seçilen ANN modelinin parametreleri (97) nolu model olarak verilmiştir.

$$(x82/100, x83/10, x84/10, x85/10, x86/10, x87/10, x88/100, x89/100, x90/100, x91/10) \quad (96)$$

$$PBELS (inp: 10, out: 1, hid: 18, lr: 0,35; mom: 0,8; iter: 36000) \quad (97)$$

## 4. TARTIŞMA

### 4.1. Ölçüm ve Değerlendirme Metotlarının Tartışılması

Odun hammaddesi üretim sürecinin uygulamada yapılış sırası Şekil 2'de verilmiştir. Kesim süreci ve bölmeden çıkarmanın traktörlerle yapılması sürecinde Şekil 11'de sınırlandırılması verilen alan üzerinde gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Çalışmaları etkilediği varsayılan değişkenlerin belirlenmesi işlemi, esas ölçümlere başlamadan önce ön etütler sonucunda yapılmıştır. Değişkenlerin 2.4.2. bölümünde verildiği şekilde gruplara ayrılması işlemi, hem arazi ölçümleri sırasında hem de etütlerin bitirilmesinden sonra bütün veriler birlikte değerlendirilerek kademeli olarak yapılmıştır. Gruplandırılmada, her değişken grubunun ilgili iş dilimi zamanını etkileme farklılığı dikkate alınmıştır. Grup değerleri arasındaki farkın önemli olup olmadığı, tek girişli varyans analizi uygulanarak araştırılmıştır. Grup ortalama değerlerine Duncan testi uygulanarak, aralarında fark görülmeyen gruplar birleştirilmiş ve gruplandırmaya son şekli verilmiştir. Belli bir değişkenin gruplandırılması yapılırken diğer değişkenlerin yaklaşık aynı özelliklerde olmasına dikkat edilmiştir. Bazı grup değerlerinin belirlenmesinde, literatürde verilen araştırma sonuçlarından yararlanılmış, bazılarında ise halen uygulamada kabul görmüş değerlere bağlı kalmıştır.

İş dilimlerinin ayrılmasında, işin uygulamadaki yapılış sırası dikkate alınmıştır. Zaman tespitleri, devamlı çalıştırılan kronometre üzerinden, her iş dilimi olayının başlangıç ve bitiş anındaki okumaların gerekli açıklamalar ile birlikte kaydedilmesi şeklinde yapılmıştır. Böylece, iş dilimlerine ilişkin zamanların belirlenmesinde daha detaylı ve kontrollü değerlendirme imkanı elde edilmiştir. İş dilimi zamanları, ilgili iş diliminin başlangıç ve bitiş anı okumaları arasındaki farkın alınması ve performans değerlendirmesi ile gerçek zamana çevrilmesi şeklinde belirlenmiştir.

### 4.2. Kesim Sürecine İlişkin Bulguların Tartışılması

Kesim süreci, geniş yapraklı ağaçlar için tomruklama işlemi ile tamamlanmakta iken iğne yapraklı ağaç türlerinde kabuk soyma işlemi ile tamamlanmaktadır. Bu durumda kabuk soyma işlemi, ayrıca değerlendirilmiştir. Kesim sürecine ilişkin bütün gözlem değerleri Ek Tablo 1'de verilmiştir. Bu değerlerin değişken gruplarına sayısal ve % ayırımı yapılarak Tablo 7 oluşturulmuştur. Kesim sürecindeki bütün istatistiksel işlemler ve yapay sinir ağı

modellerinin oluşturulması, bu tablo değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Elde edilen bulgular, bu tablolarda özetlenen koşullarda ve benzer koşulların varlığında geçerlidir. Ayrıca gözlemlerin yaz aylarında yapılmış olması nedeniyle elde edilen bulgular kış üretimini kapsamamaktadır.

#### 4.2.1. Ortalama Değerler

Ek Tablo 1'de verilen gözlem değerleri hakkında genel bir fikir vermek açısından, bazı değişken değerlerinin aritmetik ortalamaları, maksimum ve minimumları ile standart sapma değerleri hesaplanarak Tablo 8'de verilmiştir. Ayrıca iş dilimlerine ilişkin gerçek çalışma zamanı değerleri ile birim zaman değerlerinin ortalaması ve toplam zaman içerisindeki % oranları hesaplanmış, bu oranlar şekiller üzerinde karşılaştırılmıştır. Kesim sürecinde en fazla zaman harcanımı olan iş diliminin;

- 1.tip çalışma şekli için; ağaçlar arasındaki yürüme işlemi,
- 2.tip çalışma şekli için; dal alma işlemi,
- 3.tip çalışma şekli için; dal alma ve tomruklama işlemleri,

şeklinde olduğu Şekil 25'ten anlaşılmaktadır. Ayrıca iğne yapraklı ağaç türlerinde kabuk soyma işlemi yapıldığından, kabuk soyma işleminde harcanan zamanın diğer iş dilimlerinde harcanan zaman değerlerinden kat kat fazla olduğu Şekil 34'ten anlaşılmaktadır.

İş dilimlerinin analizinde ve gruplandırılmasında, iş dilimlerini iş etüdü açısından değerlendiren ve ortalama değerlerden hareketle birim zamanları ortaya koyan REFA standart programından yararlanılmıştır. Gözlemlerin birbirinden farklı alanlarda ve farklı çalışma koşullarında elde edilmiş olması nedeniyle, iş dilimlerine ilişkin hesaplanan standart sapma değerinin büyüklüğü dikkat çekmektedir. Ayrıca, çalışma koşullarının sürekli değişiklik göstermesi, iş standardının belirlenmemiş olması, genel ortalamalardan hesaplanan sefer zamanı ve birim zaman değerlerinin, standart zaman olarak alınmasını sakıncalı kılmaktadır. Çalışmanın amacı, belirli koşullarda bazı ortalama değerleri elde etmek değil, farklı koşullardaki etken faktörleri ve faktörlerin ağırlıklarını ortaya koymaktır.

İş dilimleri birim zaman değerlerinin, çap kademelerine ve her çap kademesindeki ağaç cinslerine göre ayırımı yapılarak Tablo 47'de verilmiştir.

Kesim sürecindeki uygulanan işlemler gruplandırılarak, bunlara ilişkin birim zamanlar aşağıdaki şekilde oluşturulmuş ve Şekil 39'da gösterilmiştir.

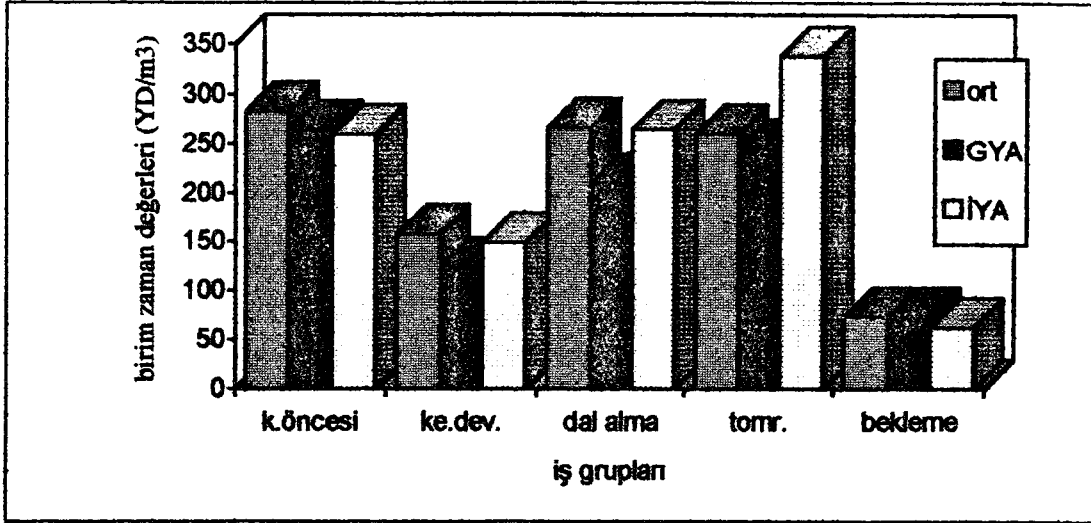
<u>İşlem Grupları</u>	<u>Ortalama ve %</u>	<u>(GYA-İYA)</u>
Kesme öncesinde harcanan zaman (byh) byh = by11+by13+by12	283 % 27,3	(263-259)
Kesme, devirme ve düşürme zamanı (bkd) bkd = by14+by15+by16	157 % 15,0	(124-149)
Kesme sonrası dal alma zamanı (by18)	266 % 25,6	(209-264)
Ölçme, işaretleme ve bölümlere ayırma zamanı by19	259 % 25,	(244-238)
İş akışı gereği bekleme zamanı: by17	73 % 7,0	(73-62)
Toplam	1308 % 100	

Bu şekilde gruplandırma iş dilimlerinin daha toplu olarak görülmesi açısından önemli bulunmuştur. Tablo 47'de çap sınıflarına göre verilen değerler, yukarıdaki iş gruplarına göre değerlendirildiğinde elde edilen birim zaman değerleri yine çap sınıfları itibariyle Şekil 40' de karşılaştırılmıştır. Tablo ve şekilden, iş grupları birim zaman değerlerinin ağaç türleri itibariyle her çap kademesindeki değişimi incelendiğinde, çap kademeleri arasındaki farkın çok belirgin olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, her seferinde ölçülen zamanlar, kesimi yapılan ağaç hacmine oranlandığından, 4. çap sınıfındaki ağaç hacmi büyük olduğundan ve paydada yer aldığından birim zamanlar küçük değerli çıkmaktadır.

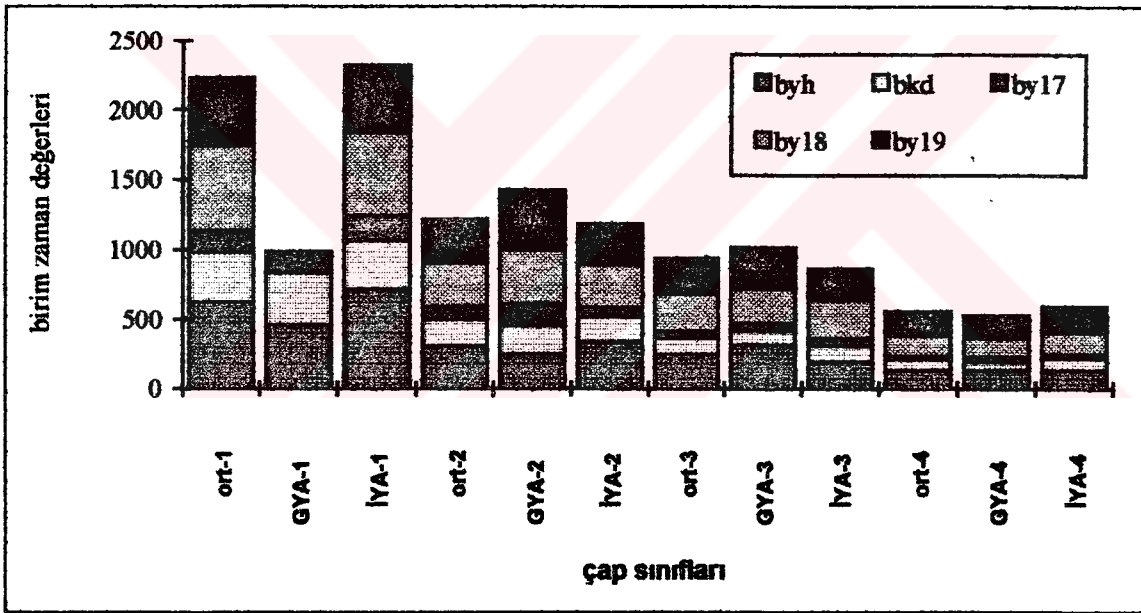
Tablo 48. Ağaç Cinslerine, Çap Kademelerine ve Her Çap Kademesindeki Ağaç Cinslerine Göre İş Dilimlerinin Birim Zaman Değerleri

İş dilimleri	Dikili kabuklu gövde hacmine göre (DKGH) hesaplanan birim zamanlar													
	genel ort.		1.çap sınıfı			2.çap sınıfı			3.çap sınıfı			4.çap sınıfı		
	GYA	İYA	genel	GYA	İYA	genel	GYA	İYA	genel	GYA	İYA	genel	GYA	İYA
y11	139	155	325	268	360	190	164	200	135	147	126	83	80	84
y11*	214	198	790	657	860	285	370	246	141	166	117	60	51	66
y13	78	41	55	143	0	63	18	83	70	117	33	29	33	25
y12	46	63	242	50	363	55	69	50	41	53	32	23	22	24
y14	94	92	177	188	171	116	134	108	85	92	79	60	52	67
y15	6	10	0	0	0	4	0	5	10	8	12	14	10	16
y16	24	47	175	184	170	33	63	70	19	0	23	0	0	0
y17	73	62	169	154	179	99	167	70	53	51	55	32	34	29
y18	209	264	600	-	600	310	381	302	266	255	269	144	132	157
y19	244	238	485	-	485	309	434	294	252	291	224	169	163	188
ymt	529	579	1068	-	1068	693	942	668	623	638	595	380	345	430

\*) (y11 / x19) x 31,13 işlemine göre (ortalama yürüme mesafesi=31,13 m.dir GYA=29,5 İYA=31,5 m.)

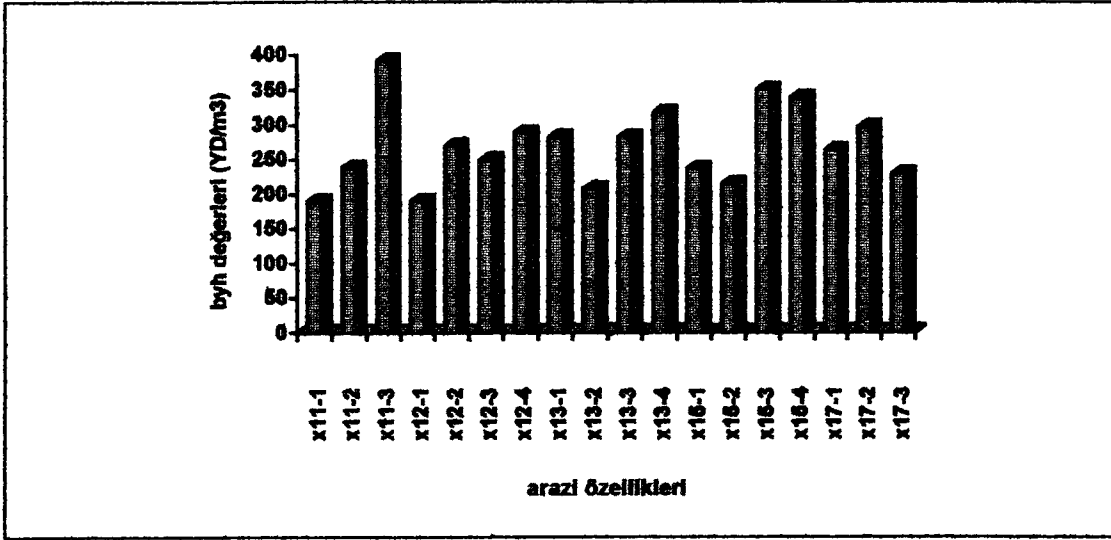


Şekil 39. Ağaçların Kesilmesi ve Hazırlanması İşinde Toplam Çalışma Zamanının İş Gruplarına Dağılımı



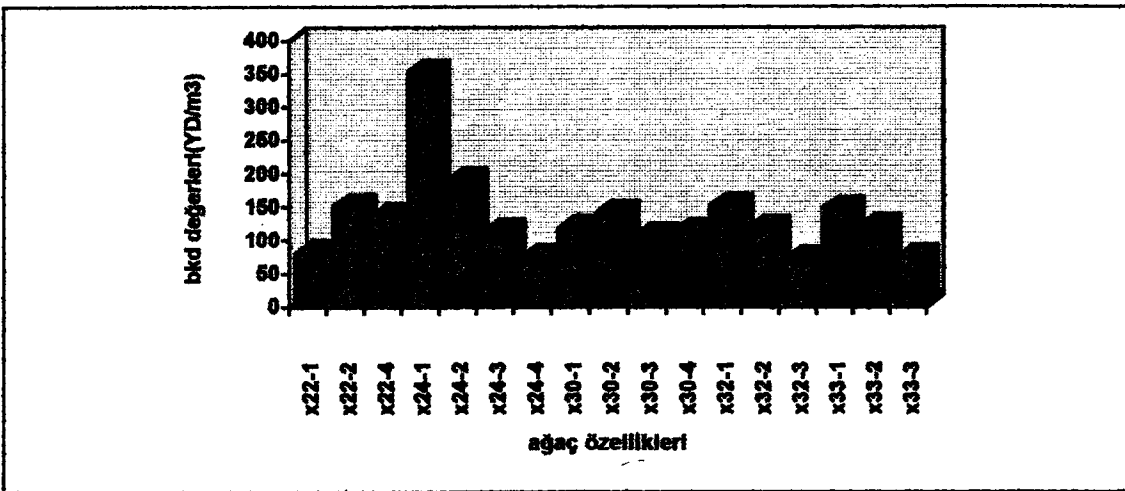
Şekil 40. Çap Kademelerine ve Her Çap Kademesindeki Ağaç Türlerine Göre İş Gruplarındaki Birim Zaman Değerlerinin Karşılaştırılması

Kesme işlemine başlamadan önceki birim zaman değerleri (byh), genellikle arazi özelliklerinin farklılığından etkilenmektedir. Arazi özelliklerini ifade eden değişken gruplarına göre byh değişimi Şekil 41'de verilmiştir. Buradan yoğun diri örtü kaplı alan ile arazi engelinin fazla olduğu alanlarda byh değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.



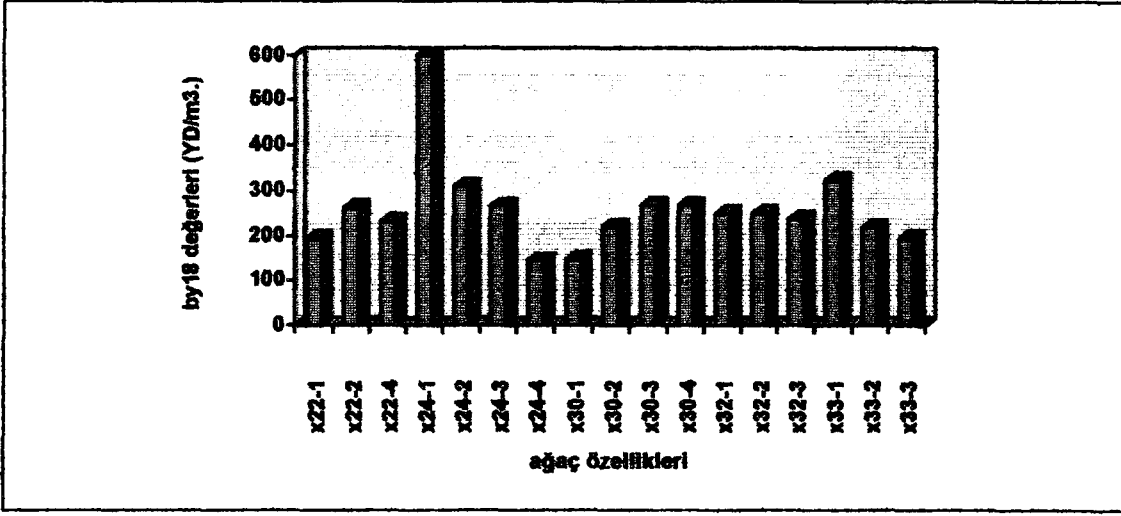
Şekil 41. Arazi Özelliklerine Göre Kesim Öncesi Birim Zamanın Değişimi

Kesme ve devirme işlemi tamamlanuncaya kadar harcanan birim zaman (bkd), genellikle ağaç özelliklerinin farklılığından etkilenmektedir. Ağaç özelliklerini ifade eden değişken gruplarına göre bkd değişimi Şekil 42'de verilmiştir. Dal alma işlemi için harcanan birim zaman (by18) ve gövdenin standartlara uygun olarak ölçülüp işaretlenmesi ve tomruklanmasında harcanan birim zaman (by19) genellikle ağaç özelliklerinin farklılığından etkilenmektedir. by18 üzerinde farklılığa neden olan ağaç özellikleri dikkate alındığında, değişken gruplarına göre by18 değişimi Şekil 43'te verilmiştir. by19 üzerinde farklılığa neden olan ağaç özellikleri dikkate alındığında, değişken gruplarına göre by19 değişimi Şekil 44'te verilmiştir.

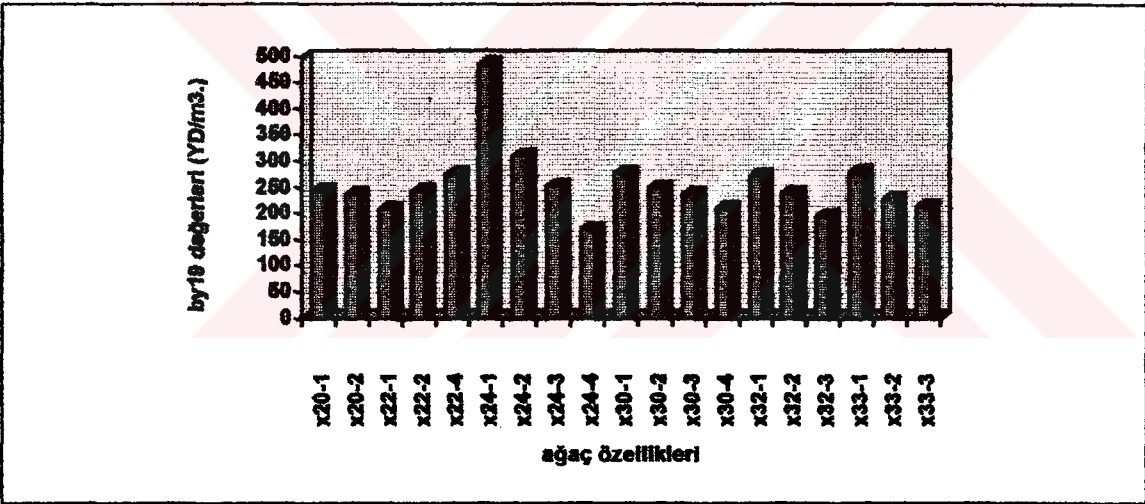


Şekil 42. Ağaç Özelliklerine Göre Kesme ve Devirme Birim Zamanın Değişimi





Şekil 43. Ağaç Özelliklerine Göre Dal Alma Birim Zamanının Değişimi



Şekil 44. Ağaç Özelliklerine Göre Tomruklama Birim Zamanının Değişimi

#### 4.2.2. Değişkenler Arasındaki İlişkiler

Değişkenler arasındaki ikili ilişkiler korelasyon analizi uygulanarak araştırılmış ve Ek Tablo 2'de verilmiştir. Korelasyon matrisinin incelenmesinden, bazı değişkenlerin aynı yönlü ilişkide, bazılarının ters yönde ilişkide, bazılarının da hiç ilişkili olmadığı anlaşılmaktadır. Bu ilişkilerin % 95 güven düzeyi için anlamlı çıkmış olması, söz konusu değişkenler arasında ilişkinin belli nedene dayandığını ifade etmektedir. Ancak, gözlemlenen değişkenler

arasındaki aynı ya da ters yöndeki ilişki bu değişkenler arasında gerçekte böyle bir bağımlılığın olduğunu her zaman göstermez. Gözlemler sırasında tesadüfen böyle bir ilişki oluşmuş demektir. Bu tür ilişkiler de, özellikle regresyon eşitliklerinin oluşturulmasında çok önemlidir. Regresyonda işleme sokulan değişkenler arasında herhangi bir ilişkinin olması arzu edilmez. Tesadüfen ortaya çıkmış olan ilişki, regresyon eşitliğindeki ilgili değişkenin gerçek etkisini göstermesine engel olur. Ya da gereksiz yere kuvvetli ilişkiliymiş gibi davranarak hatalı sonuca götürme ihtimali söz konusudur.

Bağımsız değişkenler arasından en etken olanlarının belirlenmesi ve bunların diğer değişkenleri de temsil edecek şekilde seçilmesi için faktör analizi uygulanarak, elde edilen sonuçlar Tablo 12'de verilmişti. Kesim sürecinde, faktör yükü en fazla bulunan ve ortak faktör olarak alınabilecek değişkenin, ağaçların bölümlere ayrılma sayısını ifade eden x33 olduğu bulunmuştur. Korelasyon analizinde de, ağaç özellikleri ile ilgili değişkenlerin yaklaşık olarak hepsi x33 ile ilişkili bulunmuştu (Ek Tablo 2). Bundan başka diğer etken faktörlerin; dal yoğunluğu (x32), dallı kısım uzunluğu (x29), endüstriyel gövde uzunluğu (x34) ve kabuksuz hacim şeklinde sıralandığı ve arazi özelliklerinden diri örtü (x13) ile yüzey engelinin (x15) bütün faktörler arasında belirleyici özelliğinin ortaya çıktığı Tablo 12'den anlaşılmaktadır.

#### 4.2.3. Değişken Gruplarının İş Dilimleri Üzerindeki Etkileri

Bütün gözlem değerleri dikkate alınarak, her iş dilimi için etken olduğu varsayılan değişken gruplarının etkisi, tek girişli varyans analizi ile araştırılmış ve sonuçlar Ek Tablo 3' de verilmiştir. Her grubun, ilişkiye getirilen zaman değeri üzerinde, gerçekte etkili olup olmadığı F testi uygulanarak belirlenmiştir. "F hesap > F tablo" durumunda farklı grupların belirlenmesi Scheffe testi uygulanarak yapılmıştır. Gruplardaki örnek sayısının farklı olması nedeniyle Scheffe testi uygulanmıştır.

Gerek Ek Tablo 2 ve gerekse Ek Tablo 3' de verilen ilişkiler, bütün gözlem değerleri esas alındığında söz konusu olan ilişkilerdir. Burada, çok sayıda değişkenin birbirini etkilemesi ya da birlikte etkisi ile farklı sonuçlara götürme ihtimali de söz konusudur. İncelenen her değişken grubunun, ilgili iş dilimindeki zaman değeri üzerinde gerçekten etkili olup olmadığının araştırılmasında diğer değişken etkilerinin olmaması gerekir. Yani ele alınan değişkenin grupları arasında farkın olup olmadığı, diğer değişken etkilerinin sabit olması durumunda araştırılabilir.

Değişkenlerin gruplandırılmasında, güçlük çıkarma durumuna göre grup değerleri belirlenmişti. Her değişken için, grup değeri 1 ve 2 olan gözlemler, diğer değişken etkisinin

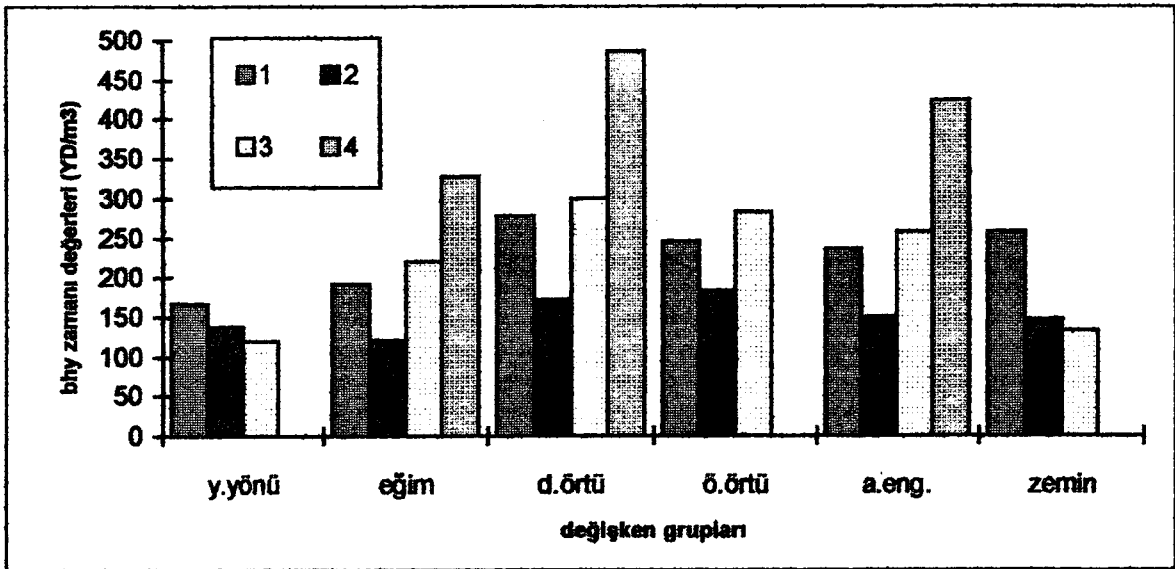
araştırılmasında kısmen de olsa homojen kabul edilmiştir. Buna göre, yürüme zamanı (y11) üzerinde (1) nolu ilişkide verilen değişkenlerin etkileri araştırılmış ve aşağıdaki ilişkiler tespit edilmiştir:

- Yürüme yönünün (x11) etkisinin araştırılmasında; x12, x13, x14, x15, x17 değişkenlerinin grup numarası 1 ve 2 olan gözlemler seçilmiş, yürüme yönü-yürüme zamanı (x11-y11) ilişkisi anlamlı bulunmuştur. Buna benzer şekilde;
- Eğim-yürüme zamanı (x12-y11) ilişkisi anlamsız bulunmuştur.
- Diri örtü-yürüme zamanı (x13-y11) ilişkisi anlamlı bulunmuştur.
- Ölü örtü - yürüme zamanı (x14-y11) ilişkisi önemli bulunmuştur.
- Arazi engeli durumu-yürüme zamanı (x15-y11) ilişkisi önemli bulunmuştur.
- Zemin koşulları -yürüme zamanı (x17-yx17) ilişkisi anlamlı bulunmuştur.
- En güç koşullarında çalışmaların araştırılmasında; x13'ün 1 ve 2, x14'in 1, x15'nin 1 ve 2, x17'in 1 nolu grupları dikkate alınmadan diğer grup değerli gözlemler seçilmiştir. Böylesi güç arazi koşullarda yürüme zamanı (zy11) ile, sırasıyla; diri örtü, yürüme yönü, zemin koşulları ilişkisi anlamlı bulunmuştur.

Yukarıda verilen esaslara göre gruplandırma yapılarak her gruba ilişkin, gerçek yürüme zamanı (y11) ve 1 m. mesafe için yürüme zamanı (my11) ortalama değerleri ve ağaç cinslerine göre ortalamalar Tablo 48'de verilmiştir.

Kesim öncesi birim zaman değerlerinin yukarıda verilen arazi özelliklerine göre değişimi Şekil 45'te karşılaştırılmıştır.

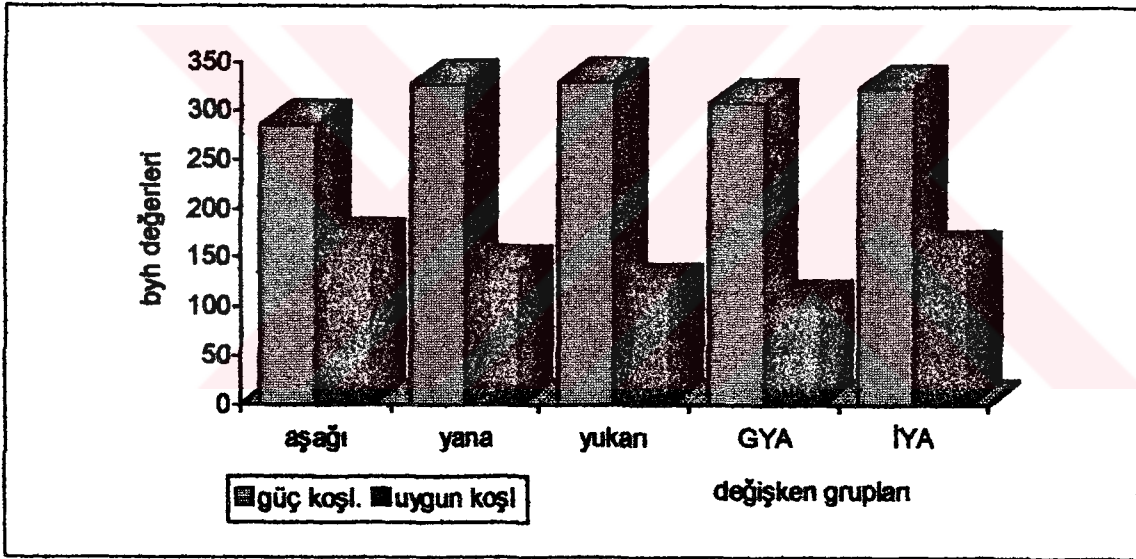
Güç olmayan arazi koşulları ile güç koşullara sahip arazi üzerinde çalışmalar için, kesim öncesi birim zaman değerlerinin çalışma yönüne (x11) ve ağaç cinslerine (x20) göre karşılaştırılması Şekil 46'da verilmiştir.



Şekil 45. Arazi İle İlgili Değişken Gruplarına Göre Kesim Öncesi Birim Zamanın Değişiminin İncelenmesi

Tablo 48. Arazi Özellikleri Dikkate Alındığında Farklı Çalışma Koşulları İçin Yürüme Zamanı ve Birim Mesafe Yürüme Zamanı Değerlerinin Değişimi

Dikkate alınan arazi özellikleri	yürüme zamanı (y11)			1 m. için yürüme zamanı $my11 = y11/x19$		
	genel	GYA	İYA	genel	GYA	İYA
bütün gözlemlerin ortalaması	197	190	187	5,7	6,2	5,3
aşağıdan yukarı doğru çalışma	165	159	165	5,8	6,4	5,2
yukarıdan aşağı yönde çalışma	148	128	161	5,0	5,1	4,9
x12&x13&x14&x15&x17'si 1 ve 2	85	111	70	3,1	3,8	2,7
x13&x14&x15&x17'si 1 ve 2	87	97	82	3,3	3,0	3,5
x14&x15&x17'si 1 ve 2	110	105	112	3,9	4,0	3,9
x13&x15&x17'si 1 ve 2	91	95	89	3,4	3,2	3,5
x13&x14&x17'si 1 ve 2	133	123	139	3,9	3,5	4,1
x13&x14&x15'i 1 ve 2	98	105	93	3,5	3,1	3,7
x13&x15'i 3 ve 4, x14&x17'si 2 ve 3	330	302	318	8,8	9,1	8,0



Şekil 46. Güç Olmayan Arazi Koşulları İle Güç Arazi Koşullarındaki Kesim Öncesi Birim Zamanın Çalışma Yönüne ve Ağaç Türlerine Göre Değişimi

Motorlu testere sınıflarının ağaç kesme zamanı üzerindeki etkisi oldukça önemli bulunmuştu (Ek Tablo 2 ve 3). Böyle bir etki, her türlü ağaç kesme işinde mutlaka yüksek performanslı motorlu testere kullanım gerekliliğini haklı çıkarmaz. Ekonomik yönüyle tartışılması gerekir. Ekonomik açıdan, testere levhası uzunluğunun ağaç çapından büyük olmaması önerilmektedir.

Motorlu testere sınıfının gerçek etkisinin görülmesi için, kuru vasıflı ağaç ve eğik pozisyondaki ağaç kesimine ilişkin gözlemler işlem dışı bırakılarak, yani x22 ve x26'in 1 ve 2 nolu grup değerli gözlemler seçilerek, motorlu testere sınıfı ile kesme zamanı ilişkisi ve birim yüzey kesme zamanı " $byx39=yx39/x24^{**2}$ " ilişkisi ağaç türleri itibariyle araştırılmıştır.

- GYA ve İYA türleri için kesme zamanını etkilemede, motorlu testere sınıflarından 1-2 ve 1-3 grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur. Birim yüzeyin kesiminde ise her iki ağaç cinsi için, motorlu testere grupları arasında fark önemsiz (NS) bulunmuştur.

- Yine aynı koşullarda, grup değeri 1 olan motorlu testereler kullanılarak kesme işinin yapıldığı gözlemler dikkate alındığında gerek kesme zamanı gerekse birim yüzey kesme zamanı üzerinde, GYA ve İYA türlerinin etkisi önemsiz bulunmuştur.

- Aynı koşullarda, grup değeri 2 ve 3 olan motorlu testereler kullanılarak kesme işinin yapıldığı gözlemler dikkate alındığında kesme zamanı üzerinde, GYA ve İYA türlerinin etkisi önemsiz (NS) bulunmuştur. Ancak, birim yüzey kesme zamanı üzerinde, GYA ve İYA türlerinin etkisinin önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

#### 4.2.4. Kesim Sürecinde İş Dilimi Zamanlarının Hesaplanması

Kesim sürecinde belirlenen iş dilimlerinde harcanan zaman değerlerinin bağımsız değişkenler yardımı ile hesaplanmasında hem regresyon modelleri hem de yapay sinir ağı eğitim modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan regresyon eşitlikleri tablolar halinde verilmiş, sonuçlar ANN modeli sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada;

- ANN modelinde hata dağılımı daha homojen,
- hata değerleri daha küçük aralıkta seyretmekte,
- standart hata (SE) değeri çok daha küçük,
- ortalama mutlak hata (MAE) değeri çok daha küçük olduğu görülmüştür.

Ayrıca, regresyon eşitliği doğrusal ilişkiye dayandığından değişkenlerin buna göre gruplandırılması gereği vardır. ANN modelinde ise değişken gruplarının belirlenmesinde belli bir kural yoktur. Çünkü yapay sinir ağında değişkenlerin tartuları, eğitim ile belirlenmektedir. Kesim sürecinde bütün iş dilimleri için seçilen ANN modeline göre hesaplamaların daha isabetli olduğu anlaşılmaktadır.

- Kesilecek ağaçlar arasında yürüme zamanı (y11) ile; yürüme mesafesi (x19), arazi engeli (x15), ölü örtü (x14), diri örtü (x14), zemin koşulları (x17), yürüme yönü (x11)

değişkenleri aynı yönde ilişkili bulunmuştur (Ek Tablo 2). y11'i değişkenlere bağlı olarak hesaplamada oluşturulan ve Tablo 13'te verilen regresyon eşitliklerinde açıklayıcı değişken olarak x11, x13, x15, x17 ve x19 yer almaktadır. Ek Tablo 2'de x14 değişkeni de etken görülmekte iken eşitlikte yer almamıştır. Bunun nedeni x11-x14 ilişkisi olabilir.

Yapay sinir ağlarının (ANN) eğitimi ile yürüme zamanının hesaplanmasında (1) nolu ilişkide verilen bütün değişkenler işleme sokulmuştur. Veriler (2) nolu formül ile hazırlanmakta ve (3) nolu modele göre sonuçlar hesaplanmaktadır.

Birim mesafenin yürünmesi zamanına (my11) ilişkin olarak oluşturulan regresyon eşitliklerinin D değerinin 1 civarında olması (Tablo 15), eşitlikte yer alan değişkenler arasında otokorelasyonun olduğunu göstermektedir.

Yapay sinir ağlarının eğitimi ile my11'in hesaplanmasında 5 nolu formül ile hazırlanan veriler kullanılarak 6 nolu formül ile kesme zamanı değerleri hesaplanmaktadır.

- Kesme öncesinde harcanan hazırlık zamanı (y12) değerlerinin tesadüfi olduğu 3.1.6.2. bölümünde vurgulanmıştır. Bu durumda, hazırlık zamanı değerinin, ortalama değer olarak veya toplam çalışma zamanının %'si şeklinde verilmesi uygun görülmüştür.

166 gözlemin 93'ünde (% 56) hazırlık zamanı harcamını söz konusu olmuştur. Bunlardan 41'i GYA kesimi, 52'si İYA kesimi öncesine ilişkindir. Ortalama değerler;

$y_{12} = 58$  YD (GYA ve İYA için aynı). Bu değer, yürüme zamanı değerinin % 29,4'ü, 1.tip çalışma şeklinde harcanan zaman değerinin % 12,3'ü şeklinde hesaplanmıştır.

- Kesme engelinin giderilmesi zamanı (y13), engelin yoğunluğu ile doğru orantılı bulunmuştur. Ancak engelin varlığı ve yoğunluğu çoğu kere tesadüfi olduğundan ortalama değer olarak alınması ya da toplam zamanın % 'si şeklinde verilmesi uygun bulunmuştur.

Engel giderme işlemi 75 gözlem (% 47) için uygulanmış, bunlardan 36'sı GYA'lar için, 39'u İYA'lar için söz konusu olmuştur. Ortalamalar ve % değerler;

$y_{13} = 70$  YD, (GYA'larda 99, İYA'larda 49). Bu değer, yürüme zamanı değerinin % 35,5'i, 1.tip çalışma şeklinde harcanan zaman değerinin % 14,9'u şeklinde hesaplanmıştır. Sadece engel giderme işlemi uygulanan gözlemler dikkate alındığında ortalamalar;

$y_{130} = 139$  YD, (GYA'larda 179, İYA'larda 102) şeklinde hesaplanmıştır.

- Motorlu testere ile dikili ağaç kesme zamanı (y14) ile; ağaç çapı, ağaç hacmi, motorlu testere sınıfı, dip engeli ilişkili bulunmuştur. Bu ilişki gayet doğaldır. 1 m<sup>3</sup> için kesme zamanının çap ve hacmin artmasına bağlı olarak azaldığı, aksi yöne eğimli ağaçların kesilmesinde ise arttığı görülmüştür.

Kesme zamanının hesaplanmasında (7) nolu ilişkiden hareketle oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 17'de verilmiştir. Seçilen ANN modeli parametreleri (9) nolu formül ile verilmiştir. 1 m<sup>3</sup> için kesme zamanının hesaplanmasında oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 18'de, ANN modeli parametreleri (12) nolu formül ile verilmiştir.

- Kesme işlemi tamamlanan ancak kendiliğinden devrilmeyen gövdelerin devrilmesi faaliyeti ve civardaki ağaçlara takılan gövdelerin düşürülmesi faaliyeti için harcanan zaman değerlerinin tesadüfi olduğu bulunmuştur. Bu durumda ortalamalar;

y15 = 21 YD. Bu değer toplam çalışma zamanının % 1,6'sı, kesme işlemi zamanının % 17'si, kesme işlemi tamamlanmaya kadar harcanan zamanın (kg1'in) % 4,5, şeklinde hesaplanmıştır. y15 değerleri daha çok x26'nın aldığı değerlerden etkilenmektedir. Gözlemlerde 38 tane ağaç kesiminde (% 24'ü) devirme zamanı harcanmıştır, ortalama y150 = 89 YD hesaplanmış, bunlardan 23 tanesi (% 25'i) İYA'lar için, ort y150 = 91 YD, 15 tanesi (% 22'si) GYA'lar için ort y150 = 85 YD şeklinde hesaplanmıştır.

y16 = 23 YD. Bu değer toplam çalışma zamanının % 1,8'i, kesme işlemi zamanının % 17'si, kesme işlemi tamamlanmaya kadar harcanan zamanın (kg1'in) % 4,7'si şeklinde hesaplanmıştır. y16 değerinin iğne yapraklı türlerde ve dal yoğunluğu fazla olan ağaçlarda, sık ve genç meşcerelerde artış gösterdiği de gözlenmiştir. 28 adet ağaç kesiminde (% 17) takılma söz konusu olmuştur, ort y160 = 132 YD bulunmuştur.

- Dal alma işleminde harcanan zaman (y18) değerleri ile; dallanma oranı, dal yoğunluğu, d1,30 çapı, ağaç boyu, taç formu, endüstriyel hacim aynı yönde ilişkili, ağaç cinsi ve motorlu testere sınıfları ilişkisiz bulunmuştur. (13) nolu ilişkiden hareketle dal alma işleminde harcanan zamanın hesaplanmasında oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 20'de verilmiştir. Seçilen ANN modeli parametreleri formül (15)'de verilmiştir.

Birim hacim için dal alma zamanının hesaplanmasında seçilen ANN modeli parametreleri formül (18)'de verilmiştir.

- Ağaçların standartlara uygun olarak ölçülüp işaretlenmesi ve tomruklanması zamanı (y19) ile; ağaç cinsi, tomruk sayısı, d1,30 çapı, ağacın endüstriyel boyu, taç formu ve dal yoğunluğu aynı yönde ilişkili bulunmuştur. (19) nolu ilişkiden hareketle tomruklama zamanının hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 21'de verilmiştir. Tomruklama zamanını etkileyen değişkenler karmaşık yapıda olmadığından yapay sinir ağı eğitimi yapılmamıştır.

Kesim sürecinde zorunlu beklentiler için harcanan zaman değerlerinin ortalaması,  $y_{17} = 73$  YD şeklinde hesaplanmıştır. Bu değer toplam çalışma zamanının ( $y_{ge}$ 'nin) % 5,3'ü olarak hesaplanmıştır.

#### 4.2.5. Motorlu Testere Çalıştırma Zamanı

Ağaçların kesilmesi ve hazırlanmasında motorlu testerenin aktif olarak çalıştırılması zamanı ( $y_{mt} = y_{14} + y_{18} + y_{19}$ ) için (20) nolu ilişki kurulmuştur. Ağaçların kesilip hazırlanması sırasında motorlu testerenin toplam çalıştırılması zamanı ( $y_{mt}$ ) ile; ağaç çapı, ağaç hacmi, ağaç boyu ve dip engeli aynı yönde ilişkili bulunmuştur (Ek Tablo2).

Motorlu testere çalıştırma zamanının hesaplanması için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 23'te verilmiştir. Bunlardan 1 nolu eşitliğin diğerlerinden daha duyarlı olduğu anlaşılmaktadır.

Motorlu testerenin çalıştırılması zamanını ANN modeli ile hesaplamada seçilen modelin parametreleri formül (23)'de verilmiştir. ANN modeli sonuçları ile, regresyon eşitliğinin sonuçları karşılaştırıldığında, motorlu testere çalıştırma zamanının ANN modeli ile hesaplanmasının her yönüyle daha avantajlı olduğu görülmüş ve tercih edilmiştir. Modeldeki değişkenler formül (22)'deki şekilde hazırlanmaktadır.

Birim hacim için motorlu testere çalıştırma zamanının hesaplanmasında aynı yol izlenmiş ve  $1 m^3$  için motorlu testere çalıştırma zamanının hesaplanmasında (24) nolu formül ile değişkenler hazırlanmış ve formül (25)'de verilen model seçilmiştir.

#### 4.2.6. Toplam Çalışma Zamanı

Bütün iş kısımlarına ilişkin zamanların toplamı ( $y_{17}$  hariç) ile oluşturulan toplam çalışma zamanı ( $y_{ge} = y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{kd} + y_{pr}$ ) aynı zamanda kesim sürecinin gerçek çalışma zamanını ifade etmektedir. Dolayısıyla, gözlemlenen değişkenlerin hepsi ile ilişkilidir. Bu durumda,  $y_{ge} = f$  (bütün  $x_{ii}$  değişkenleri) şeklinde ilişkilendirilebilir. Ancak gerçek çalışma zamanı ( $y_{ge}$ ) ile; ağaç çapı ( $x_{24}$ ), hacim ( $x_{25}$  ve  $x_{35}$ ), ağaç dibi engeli ( $x_{16}$ ), yürüme mesafesi ( $x_{19}$ ), zemin koşulları ( $x_{17}$ ), boy ( $x_{28}$ ), diri örtü ( $x_{13}$ ), ölü örtü ( $x_{14}$ ) aynı yönde ilişkili, ağaç cinsi ( $x_{20}$ ) ters yönde ilişkili bulunmuştur.



Gerçek çalışma zamanının (yge) değişkenlere bağlı olarak hesaplanmasına yönelik regresyon eşitlikleri Tablo 24'te verilmiştir. Ancak, bunu çalışma şekilleri dikkate alarak incelemek daha yerinde olur.

Kesim sürecinde temel olarak 3 tip çalışma şeklinin olduğu daha önce verilmişti.

1.tip çalışma şekli olan, ağaçların kesme ve devirme işleminin tamamlanmasındaki birim zamanın (bkg1) hesaplanmasına yönelik regresyon eşitliği sonuçları ile, yapay sinir ağı modeli sonuçları karşılaştırılmış ve buradan formül (33)'de verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

2.tip çalışma şekli olan, kesme ve dal alma işlemlerinin tamamlanmasındaki birim zamanın (bkg2) hesaplanmasına yönelik regresyon eşitliği sonuçları ile, yapay sinir ağı modeli sonuçları karşılaştırılmış ve formül (37)'de verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

3.tip çalışma şekli olan, kesim sürecinin tamamlanmasındaki birim zamanın (bkg3) hesaplanmasına yönelik regresyon eşitliği sonuçları ile, yapay sinir ağı modeli sonuçları karşılaştırılmış ve formül (41)'de verilen ANN modeli tercih edilmiştir. Bunun tercih edilmesinde, hata dağılımının daha homojen olması, hatanın daha küçük aralıkta seyretmesi, standart hata (SE) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerlerinin çok daha küçük olması gibi nedenler etken olmuştur.

#### 4.3. Kabuk Soyma İşinde Değişkenler arası İlişkilerin Tartışılması

İğne yapraklı ağaç türleri için balta ile kabuk soyma işleminde harcanan zaman değerleri için (42) nolu ilişki kurulmuştur. Kabuk soyma zamanı (y21) ile, sırasıyla; ürün boyu, kabuk alanı, hacim, budak yoğunluğu, kabuk vasfi aynı yönde ilişkili, ağaç türü, orta çap, budaklılık oranı ilişkisi yetersiz bulunmuştur. Birim hacim kabuk soyma zamanı (by21) ile, sırasıyla; ürün çapı, ürün hacmi, kabuk alanı ters yönde ilişkili, budaklılık oranı, budak yoğunluğu ve kabuk vasfi aynı yönde ilişkili, ağaç türü ve ürün boyu ilişkisi yetersiz bulunmuştur. Birim kabuk alanını soyma zamanı (ky21) ile, sırasıyla; kabuk vasfi, budak yoğunluğu, budaklılık oranı aynı yönde ilişkili, ürün hacmi, ürün çapı, kabuk alanı ters yönde ilişkili, ağaç türü ve ürün boyu ilişkisi yetersiz bulunmuştur (Ek Tablo 5).

Değişkenlere uygulanan faktör analizinden ortak faktör ile ilişkisi en kuvvetli olan değişkenin kabuk alanı (x54) olduğu, diğer değişkenlerin de etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu durumda kabuk soyma işinde yer verilen değişkenlerin hepsinin belirlenmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Sadece iğne yapraklı türler için kabuk soyulması söz konusu olduğundan, İYA türleri için kesim sürecindeki iş dilimlerinde harcanan zaman değerleri 1 m<sup>3</sup> için Şekil 37'de karşılaştırılmıştır. Şekilden de görüleceği 1 m<sup>3</sup> için kabuk soyma zamanı değerinin diğer iş dilimi zamanlarından kat kat fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda, yapraklı ağaç kesimi ve hazırlanması ile, iğne yapraklı ağaç kesimi ve hazırlanması zaman bakımından çok farklı olup birlikte değerlendirilemez oldukları ortaya çıkmaktadır.

#### 4.4. Kabuk Soyma Zamanının Hesaplanması

Balta ile kabuk soyma işine ilişkin zaman hesaplamaları tek kişi çalışması esas alınarak yapılmıştır. (42) nolu ilişkiden hareketle bağımsız değişkenlerle kabuk soyma zamanının hesaplanmasında oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 30'da verilmiştir.

Kabuk soyma zamanının ANN modeli ile hesaplanmasında seçilen model sonuçları ile regresyon modelinin sonuçları karşılaştırıldığında, parametreleri formül (45)'de verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

Birim hacim için kabuk soyma zamanının hesaplanmasında de aynı yol izlenmiştir. 1 m<sup>3</sup> için kabuk soyma zamanının hesaplanmasında formül (48)'da verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

1 m<sup>2</sup> kabuk alanının balta ile soyulması zamanının hesaplanmasında oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 31'de verilmiştir. Seçilen ANN modelinin parametreleri formül 51'de verilmiştir. Her iki model sonuçları karşılaştırıldığında ANN modeli sonuçlarının hata dağılımının daha homojen olması, hatanın daha küçük aralıkta seyretmesi, standart hata (SE) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerlerinin çok daha küçük olması gibi nedenlerle tercih edilmiştir.

Balta ile kabuk soyma zamanının ürün hacmine bağlı olarak hesaplanması modeli ile kabuk alanına bağlı olarak hesaplanması modeli karşılaştırıldığında, formül (51)'de verilen ve hesaplamayı kabuk alanına göre yapan ANN modeli tercih edilmiştir. Böyle bir tercihin yapılmasında hesaplamaların standart hata değerleri ve hata dağılımı etken olmuştur.

#### 4.5. Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sürecine İlişkin Bulguların Tartışılması

Orman traktörleri ile bölmeden çıkarma çalışmalarında gerekli ölçümler, MB Trac 800 ve MB Trac 900 modeller üzerinde yapılmıştır. Çift tamburlu olan bu traktörler 1 adet operatör tarafından kumanda edilmekte, çalışanların sayısı 1 ile 4 arasında değişmektedir. Gözlemlenen değişkenler kendi içerisinde güçlük çıkarma durumuna göre gruplandırılmıştır. Bölmeden çıkarma sürecine ilişkin bütün gözlem değerleri Ek Tablo 7'de verilmiştir.

Gözlemlerin değişken gruplarına göre sayısal ve % ayırımı Tablo 32'de verilmiştir. Bölmeden çıkarma işine ilişkin bütün istatistiki işlemler ve yapay sinir ağlarının eğitimine ilişkin modellerin kurulması, söz konusu tablo değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Dolayısıyla elde edilen bulgular, tablodaki koşullarda ve benzer koşulların varlığında geçerlidir. Ölçümlerde olduğu gibi değerlendirmelerde de bütün zaman değerleri 1/100 dakika biriminden verilmiştir. Her iş dilimine ait faaliyet zamanının bulunmasında, o iş dilimi ile ilgili olmayan faaliyetler için harcanan zamanlar çıkartılmıştır. Böylece, mevcut koşulların varlığında iş dilimi zamanının standart olmasına çalışılmıştır. Aksi takdirde yapılan çalışmaların önceden belirlenmiş standardı yoktur.

##### 4.5.1. Ortalama Değerler

Ek Tablo 7'de verilen gözlem değerleri hakkında genel bir fikir vermek açısından, bazı değişken değerlerinin aritmetik ortalamaları, maximum ve minimumları ile standart sapma değerleri hesaplanarak Tablo 33'de verilmiştir. Ayrıca iş dilimlerine ilişkin gerçek çalışma zamanı değerleri ile birim zaman değerlerinin ortalaması ve toplam zaman içerisindeki % oranları hesaplanmış, bu oranlar şekiller üzerinde karşılaştırılmıştır. Traktörlerle bölmeden çıkarma sürecinde, gerçek çalışma zamanı ve 1 m<sup>3</sup> için çalışma zamanı için en fazla zaman harcanımı olan iş diliminin yükün yol kenarına çekilmesi zamanı olduğu ve bunu boş kablonun yükleme yerine götürülmesi zamanı ve kablonun yüke bağlanması zamanının takip ettiği anlaşılmaktadır (Şekil 35 ve 36).

İşin yapılışı sırasında hava halinden dolayı oluşan gecikmeler, iş yerine gidiş ve geliş süreleri, yemek ve çay molaları ile gereksiz bekleme hesaplamaların hiçbir safhasına dahil edilmemiş, bunlar ayrıca toplam çalışma zamanının %'si olarak verilmiştir.

İş akışı gereği, çalışanların, operatörün ve makinenin aynı anda tamamen birlikte faal durumda bulunması mümkün olmamaktadır. Bunların her bireri için dinlenme zamanı, kısa süreli mola, boşa harcanan zamanlar vb. ayrıntıların tespiti güçleşmektedir. Şekil 15'de verilen akış şemasına göre iş dilimleri analiz edilerek Tablo 35 oluşturulmuş, hesaplanan sefer zamanı ve birim zaman değerleri Tablo 36'da verilmiştir. Çalışma yeri koşulları ve çalışma koşullarının sürekli değişiklik göstermesi nedeniyle, hesaplanan bu değerleri standart zaman olarak almak yerinde olmaz. Ancak işin standardı belirlendikten sonra, belirlenen standarda uygun koşullar için yeniden hesaplama yapılırsa standart zamanlar da belirlenmiş olur. Uzun süreli planlamada, Doğu Karadeniz Yöresi ormanları için bazı ön hesaplamaların yapılmasında Tablo 36'da verilen zaman değerleri kullanılabilir.

Her değişkenin bir faktör olarak kabul edilip, en etken faktör ya da faktörlerin belirlenmesi için uygulanan faktör analizi sonuçları Tablo 37'de verilmiştir. Bunlardan ortak faktörler ile en etken değişkenin çekilen yükün şekli (x65) olduğu, bunu yükteki parça sayısı (x66), arazi eğimi (x52), diri örtü (x53) ve yük boyu değişkenlerinin takip ettiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, bu değişkenlerin belirlenmesi ile kablo çekim işlemi hakkında fikir yürütülebileceği ortaya çıkmaktadır.

Gözlem değerlerinden bağımsız değişkenlerin (xii), iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri (yii) ile ilişkileri ve iş dilimi zamanını etkilemede değişken grupları arasında farkın önemli olup olmadığı araştırılarak elde edilen bulgular Ek Tablo 8 ve Ek Tablo 9'da verilmiştir.

#### 4.5.2. İş Dilimi Zamanlarının Hesaplanması

Traktörlerle bölmeden çıkarma sürecinde belirlenen iş dilimlerinde harcanan zamanı, bağımsız değişkenlerle hesaplama, çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağlarının eğitimi ile ayrı ayrı araştırılmış ve 3.3.7. bölümünde verilmiştir. Bunlardan;

- bazı iş dilimlerindeki zamanların tesadüfi olduğu ve gözlem değişkenlerine bağlı olarak hesaplanamaması, bu gibi durumlarda;
  - hesaplanamayan iş dilimi zamanlarının ortalama değer olarak alınması,
  - hesaplanan başka iş dilimi zamanlarının %'si olarak verilmesi
  - toplam çalışma zamanının %'si olarak verilmesi

- bazı iş dilimlerindeki zamanların bağımsız değişkenlere bağlı olarak ve istatistiki yöntemle (regresyon, korelasyon ve varyans analizleri) tahmin edilmesi,
- bazı iş dilimlerindeki zamanların, bağımsız değişkenleri girdi olarak alıp, kendine özgü diğer değişkenleri de kullanarak ve insan beyni çalışmasına benzetilen eğitilmiş yapay sinir ağı modelinin kullanılması ile hesaplanması,

şeklinde alternatifler söz konusudur.

#### 4.5.3. Traktörün Hazırlanması Zamanı

Traktörün, kablo çekimi için hazırlanması zamanı için (52) nolu ilişki kurulmuştur. Ek Tablo 8'den,  $y_{51}$  ile,  $x_{72}$  ve  $x_{69}$  değişkenlerinin ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Traktörün hazırlanma zamanının ( $y_{51}$ ), özellikle yola kadar çekilen ürünün yol üzerinde sürütülmesi mesafesinden etkilendiği gözlenmiştir. Yol genişliğinin yeterli olmaması durumunda yola çekilen yükün uygun bir yere götürülmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Böyle bir zorunluluk olmamış olsa hazırlık zamanından da tasarruf sağlanmış olacaktır.

Hazırlık zamanı değerinin, toplam çalışma zamanının %'si şeklinde verilmesi durumunda, çalışma zamanının büyüklüğü oranında hazırlık zamanı da büyük değer olarak çıkacaktır. Halbuki hazırlık zamanı genel belirli bir aralıkta sabit değer olarak alınabilir. Farklı çalışma alanları için, üretim yoğunluğunun düşük olması durumunda;

- yol üzerinde sürütme söz konusu ise, ortalama  $y_{51} = 89$  YD/sefer,
- yol üzerinde sürütme söz konusu değil ise, ortalama  $y_{51} = 68$  YD/sefer,
- genel ortalama  $y_{51} = 77$  YD/sefer, şeklinde alınabilir (Tablo 33 ve 34).

#### 4.5.4. Kablonun Yükleme Yerine Götürülmesi Zamanı

Çekme kablosunun serbest ucunun yükleme yerine kadar götürülmesi zamanı için (53) nolu ilişki kurulmuştur. Kablo çekim işi farklı koşullardaki arazi üzerinde yapıldığından, yürüme yönü (yükü kablo çekim yönünün aksi istikametinde), yamaç eğimi, diri örtü, ölü örtü, arazi engebeli, gövde-kütük sıklığı, zemin şartları ve hava hallerinin direk olarak ya da dolaylı olarak boş kablo çekimini etkilediği gözlenmiştir. Ayrıca, kablunun götürülme güzergahı, özellikle takılma engeli olan arazide yapılacak çıkarmanın başarısı ve çalışmanın verimi açısından önemlidir.

Bağımsız değişkenlere bağlı olarak  $y_{52}$ 'nin hesaplanmasına yarayan regresyon eşitlikleri Tablo 38'de verilmiştir. Boş kablunun çekim zamanının hesaplanmasına yönelik yapay sinir ağı (ANN) modeli formül (58)'de verilmiştir. ANN modeli sonuçları ile, regresyon eşitliği sonuçları karşılaştırılmış, ANN modeli sonuçlarının hata dağılımının daha homojen olması, hatanın daha küçük aralıkta seyretmesi, standart hata (SE) değerinin çok daha küçük olması gibi nedenlerle çok daha isabetli olduğu yargısına varılmıştır.

1 m. mesafe için boş kablo çekim zamanının ( $my_{52}$ ) hesaplanmasında aynı yol izlenmiş, parametreleri formül (59)'da verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

#### 4.5.5. Kablunun Yüke Bağlanması Zamanı

Traktörün boş yere bekletilmeden verimli çalıştırılması için, çekilecek ürünlerin önceden hazır edilmesi oldukça önemlidir. Uygulamada ise, çoğu kere böyle bir hazırlık yapılmamış olup, çalışma sırasında hem hazırlık yapılmakta hem de bölmeden çıkarma işine devam edilmektedir. Ancak bu durumda, çekme kablosuna daha az yük bağlanmakta, dağınık şekilde bağlanmakta, takılma ve çözülme gecikmelerine neden olmaktadır. Gözlemler sırasında bu gibi gecikmelerin işlem dışı bırakılmasına çalışılmıştır. Bunlardan başka, çekilecek ürünün hazır edilmesi, çalışanların sayısına ve iş ile ilgili deneyimine, ürünün dağınık veya toplu halde bulunmasına, ürünün özelliklerine (türü, vasfı, şekli, boyutları, parça sayısı, bağlama yeri gibi) bağlıdır.

(60) nolu ilişkiden hareketle,  $y_{53}$ 'ün ve  $by_{53}$ 'ün hesaplanması için oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 39'da verilmiştir. Yapay sinir ağlarının eğitimi ile kablo bağlama zamanının hesaplanmasına yönelik (63) nolu model sonuçları ile regresyon eşitliği sonuçları karşılaştırıldığında ANN modeli tercih edilmiştir. Kablo bağlama zamanının  $1 \text{ m}^3$  için hesaplanmasına yönelik (64) nolu ANN modeli sonuçları daha uygun bulunmuştur.

#### 4.5.6. Yükün Yol Kenarına Kadar Çekilmesi Zamanı

Çekme kablosuna bağlanan yükün yol kenarına kadar çekilmesi zamanı için (65) nolu ilişki kurulmuştur.  $y_{54}$  üzerinde her türlü takılma ve çözülme bekleme ile diğer bekleme ve gecikmeler dahil edilmemiştir. Ek Tablo 9'dan,  $y_{54}$  ile ilişkili olduğu gözlenen değişkenlerin;  $x_{53}$ ,  $x_{54}$ ,  $x_{56}$ ,  $x_{59}$ ,  $x_{61}$ ,  $x_{63}$ ,  $x_{66}$ , olduğu görülmektedir.  $y_{54}$ 'ün hesaplanmasına yönelik

regresyon eşitlikleri Tablo 40'de verilmiş, seçilen ANN modelinin parametreleri formül (67)'da verilmiştir. Regresyon eşitliği sonuçları ile ANN modeli sonuçları karşılaştırılmış ve yükün yol kenarına çekilmesi zamanının hesaplanmasında ANN modeli tercih edilmiştir.

1 m. mesafe için yükün yol kenarına çekilmesi zamanının ( $my_{54}$ ) hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 41'da verilmiştir. Hesaplanan  $my_{54}$  değerlerinin hata dağılımlarının incelenmesinden, dağılımın ortalama bir değer etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun nedeni, kablonun sarılması hızının operatör kumandası ile olduğu ve  $y_{54}$  değerinin de sadece traktör tamburunun aktif çalışma zamanını ifade etmesidir. Eğer arazi engelleri mevcut ise, yük dağılık veya ağır ise, sis nedeniyle yük operatör tarafından görülemeyen mesafede ise tambur düşük devirde çalıştırılmakta, yük yavaş bir şekilde çekilmektedir.

1 m<sup>3</sup> ürünün yol kenarına kadar çekilmesi zamanının ANN modeli ile hesaplanmasında formül (69)'da parametreleri verilen model tercih edilmiştir. Ürünleri hazırlayıp kabloya bağlayanlar, düşük hacimli ürünü kabloya bağlamışlar ise birim hacim çekme zamanı doğal olarak artmaktadır.

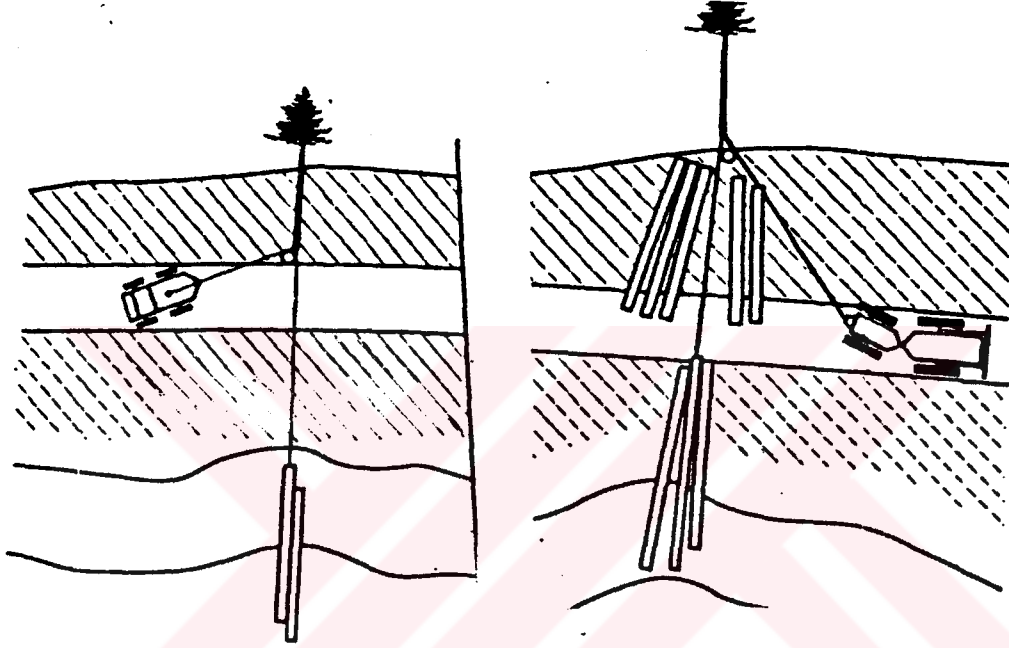
Yapılan gözlemlerde, yükün engellere takılması ve kablonun çözülmesi üzerinde, arazi kırıklıkları, yoğun diri örtü, zemindeki dip kütük-gövde sıklığı, yükteki parça sayısı, bütün gövdelerin çekiminde kablonun ince uç tarafından bağlanmış olması gibi durumların etkili olduğu tespit edilmiştir. Takılma bekleme ve çözülmeyi giderme için harcanan zaman değerinin, toplam çalışma zamanının % si olarak verilmesi uygun görülmüştür.

- Takılmaları gidermek için harcanan zaman, yükün çekilmesi zamanının ( $y_{54}$ 'ün) % 13,6'sı,  $y_{ge}$ 'nin ise % 10,45'i şeklinde hesaplanmıştır.
- Çözülme engelini giderme zamanı, yükün çekilmesi zamanının ( $y_{54}$ 'ün) % 2,71'i,  $y_{ge}$ 'nin ise % 2,1'i şeklinde hesaplanmıştır.
- Takılma + Çözülme engelini giderme zamanı toplamı, yükün çekilmesi zamanının ( $y_{54}$ 'ün) % 16,36'sı,  $y_{ge}$ 'nin ise % 12,5'i şeklinde hesaplanmıştır.

1 m<sup>3</sup> ürünün yol kenarına kadar çekilmesi takılma ve çözülme gecikmeleri ile birlikte değerlendirildiğinde,  $by_{567}$ 'in hesaplanmasına yönelik regresyon eşitliklerinde bazı değişkenlerin etkisinin "-" işaretli olması dikkat çekmektedir. Bunlar; yükün boyu, yükteki parça sayısı, yükün kuru vasıflı olması gibi özelliklerdir. Buradan da her sefer için çekilen ürün hacminin artırılması gereği ortaya çıkmaktadır.

#### 4.5.7. Yol Kenarına Çekilen Ürünlerin Yola Alınması Zamanı

Yol kenarına kadar çekilen ürünler bazı durumlarda, yük boyunun uzun olması, yol genişliğinin yetersiz olması ve dolduru şevinin yüksek eğimde olması gibi nedenlerle ilk hamlede yol üzerine çıkarılamamakta, gecikmelere neden olmaktadır. Bu gibi durumlar zaman harcanımını artırmakla kalmayıp, çekilen üründe kırılma, çatlama, yarılma nedeni de olmaktadır. Böylesi durumlarda Şekil 47'de verilen çıkarma şekli tavsiye edilmektedir (5).



Şekil 47. Traktörlerle Kablo Çekimi Yapılarak Bölmeden Çıkarmanın Dağlık Arazide Uygulanma Şekli

Ürünlerin yola alınması için harcanan zaman üzerinde yukarıda sayılan nedenler dışında başka etkileyiciler de sözkonusudur. Bu durumda y57 değerlerinin, toplam çalışma zamanının %'si olarak verilmesi ya da ortalama değer olarak alınması uygun bulunmuştur. Bu ortalama ve % değerler Tablo 33 ve 34'de verilmiştir.

#### 4.5.8. Yol Üzerinde Sürütme Zamanı

Kablo çekimi ile tamamen yola alınan emvalin uygun bir yere boşaltılmak üzere yol üzerinde sürütülerek götürülmesi durumunda, en etken değişken sürütme mesafesidir. Yol üzerinde 10 m. mesafeye kadar olan sürütmeler normal kabul edilmiş, 10 m.'den fazla sürütmenin yapıldığı gözlemler dikkate alındığında sürütme zamanı sy59 olarak alınmıştır.



sy59 için (72) nolu ilişki kurulmuştu. Ek Tablo 8'den, y59 ile ilişkili olduğu gözlenen değişkenlerin; x70, x71, x72, x63 olduğu görülmektedir. Değişkenlere bağlı olarak sy59'u hesaplamaya yarayan regresyon eşitlikleri Tablo 43'de verilmiştir.

Yükün yol üzerinde sürütülmesi zamanının hesaplanmasına yönelik seçilen ANN modelinin parametreleri formül (74)'de verilmiştir. Seçilen ANN modeli sonuçları ile regresyon eşitliği modeli sonuçları karşılaştırılmış, her iki model sonuçlarının hata dağılımları yaklaşık aynı bulunmuştur. Ancak ANN modelinde hatanın daha küçük aralıkta seyretmesi, standart hata (SE) değerinin daha küçük olması gibi nedenlerle tercih edilebilir.

1 m. mesafe için sürütme zamanının hesaplanmasında aynı yol izlenerek, msy59'un hesaplanmasında oluşturulan regresyon eşitliği sonuçları ile ANN modeli sonuçları karşılaştırılmış, yukarıdaki nedenlerden dolayı formül (76)'de verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

#### 4.5.9. Kablonun Çözülmesi ve Yükün Yerleştirilmesi Zamanı

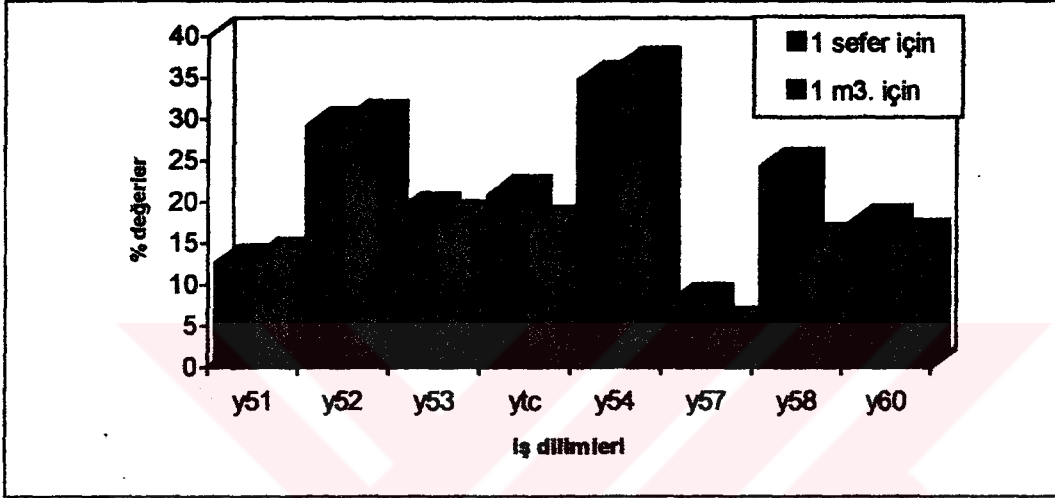
Yol üzerinde uygun boşaltma yerine kadar sürütülen ürünler, kablonun çözülmesi ile boşaltılmaktadır. Boşaltılan ürünler, traktörün manevrası ve arka tamburu ile tamamen yol kenarına itelenmektedir. y60 değerleri ile ilişkili olan değişkenlerin x64 ve x67 olduğu Ek Tablo 8'den anlaşılmaktadır. y60'm hesaplanmasına yönelik regresyon eşitlikleri Tablo 44'de verilmiştir. Kablonun çözülmesi tamamlandıktan sonra, başka çekim için hazırlık yapılmaktadır. Ancak bazı durumlarda yükün yerleştirilmesi faaliyeti gecikmelere neden olmaktadır. Bunun için gerekli zaman değerleri y61 olarak verilmiştir. y61, toplam çalışma zamanı (yfa'nın) %3,9'u olarak hesaplanmıştır.

Kablonun çözülmesi ve yükün yerleştirilmesi zamanının hesaplanmasına yönelik seçilen ANN modelinin parametreleri formül (78)'de verilmiştir. ANN modeli sonuçlarının hata dağılımı, hata değerleri, standart hata değerleri ve ortalama mutlak hata değeri regresyon modeli sonuçları ile yaklaşık aynı bulunmuştur. Bu durumda hem regresyon eşitliği hem de ANN modeli kullanılarak kablo çözüme ve yükü yerleştirme zamanı hesaplanabilir. Ancak regresyon eşitliğine göre hesaplama kolaylığı mevcuttur.

Birim hacim olan 1 m<sup>3</sup> için kablonun çözülmesi ve yerleştirilmesi zamanının hesaplanmasında aynı yol izlenmiş, parametreleri (80) nolu formülde verilen ANN modeli tercih edilmiştir.

#### 4.5.10. Bölmeden Çıkarmada Minimum Çalışma Zamanı

Normal şartlarda, optimal sayılabilecek işlemlerin uygulandığı gözlemler dikkate alındığında, minimum çalışma zamanı (yge), formül (81) ile oluşturulmuştur. yge ile ilgili (82) nolu ilişki kurulmuştur. Bu ilişkiden hareketle yge'nin hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitlikleri Tablo 45'de verilmiştir. Gözlem değerlerinden yararlanarak yge'yi oluşturan iş dilimlerinin yge içerisindeki oranları Şekil 48'de verilmiştir.



Şekil 48. Traktörlerle Kablo Çekimi Yapılarak Bölmeden Çıkarmada İş Dilimi Zamanlarının Toplam Minimum Çalışma Zamanı İçerisindeki Oranları

Birim mesafe olan 1 m. için, birim hacim olan 1 m<sup>3</sup> ürünün traktörlerle çekilmesi sırasında minimum çalışma zamanının hesaplanmasına yönelik (84) nolu ANN modeli sonuçları ile regresyon eşitliği sonuçları karşılaştırılmıştır. Hata dağılımları birbirine benzer bulunmakla birlikte ANN modelinin diğer kontrol parametreleri regresyona göre daha avantajlı bulunmuş ve tercih edilmiştir.

#### 4.5.11. Bölmeden Çıkarmada Toplam Faaliyet Zamanı

Toplam çalışma zamanı, formül (85)'de verilen ve aktif çalışmayı gerektiren iş dilimlerindeki zaman değerlerinin toplamından oluşmaktadır. yfa ile ifade edilen toplam çalışma zamanı ile ilgili (86) nolu ilişki kurulmuş, ancak yfa ile ilişkili olduğu gözlenen değişkenlerin; x65, x66, x71, x72, x70, x63, x64, x60, x62, x61, x51, x53, x54, x55, x56, olduğu Ek Tablo 8'den görülmektedir.

Bölmeden çıkarmada toplam çalışma zamanının hesaplanmasına yönelik oluşturulan regresyon eşitliklerinin sonuçları ile parametreleri formül (88)'de verilen ANN modeli sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların hata dağılımları birbirine benzer bulunmuş, her iki yöntemle toplam çalışma zamanının hesaplanmasının mümkün olduğu yargısına varılmıştır. 1 m<sup>3</sup> için bölmeden çıkarma zamanı byfa'ya hesaplamaya yönelik oluşturulan regresyon eşitliğinin hata dağılımı ile (90) nolu ANN modeli sonuçlarının hata dağılımı birbirine benzer bulunmuştur. Ancak ANN modelinde hata değerleri daha küçük aralıkta seyretmekte, SE ve MAE değerleri daha küçük bulunmuş olmakla tercih edilmiştir.

#### 4.6. İnsan Gücü İle Kaydırmada Elde Edilen Bulguların Tartışılması

Odun hammaddesinin insan gücü ile bölmeden çıkarılmasında çok ayrıntılı ölçüm yapılmamıştır. Sadece 100 m. sürütme mesafesi içinde ön sürütme şeklinde bölmeden çıkarmanın yapılması durumunda gerekli olabilecek veriler elde edilmiştir. Burada belirlenen değişkenler ve ortalama değerler Tablo 47'de verilmiştir. Değişkenlere bağlı olarak çalışma zamanının hesaplanmasına yönelik ANN modelleri formül 93, 95 ve 97'de verilmiştir. Ancak insan gücü ile kaydırma çalışmalarının belirli bir standardı olmayıp, yüksek eğimli, engelsiz ve kaygan zemin olması durumunda yukarıdan aşağı yönde kontrolsüz kaydırmalarda kayda değer zaman harcaması söz konusu olmamaktadır. Bu şekilde yapılan bölmeden çıkarma denemeleri değerlendirmeye alınmamıştır. Bu tür bölmeden çıkarma şeklinin miktar ve kalite kayıpları, çevre zararları, iş güvenliği vb. nedenlerle uygulanmaması ve bunun yerine makineli bölmeden çıkarma tekniklerinin uygulanması tercih edilmelidir.

İnsan gücü ile bölmeden çıkarma işlemine ilişkin geniş ve detaylı ancak koşulları farklı olan araştırmalar daha önceden gerçekleştirilmiştir (6, 7, 13, 14, 15).

## 5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, Doğu Karadeniz Yöresi ormanlarında geleneksel metotlarla sürdürülen üretim faaliyetlerinden kesim süreci ve bölmeden çıkarma sürecine ilişkin yapılan ölçüm ve gözlemler çeşitli metotlar uygulanarak değerlendirilmiş, söz konusu süreçlerde uygulanan işlemlere ilişkin harcanan zaman değerleri üzerinde etken olan faktörler araştırılmış ve bu faktörlere bağlı olarak harcanacak zamanın hesaplanmasına yönelik modeller geliştirilmiştir. Her süreç için uygulanan işlemler dikkate alınarak iş dilimleri belirlenmiş ve bu iş dilimlerine ilişkin zaman değerleri hesaplanmıştır. Ancak uygulanan işlemlerin çok sayıda değişkenin etkisi altında sürdürüldüğü ve bu değişkenlerden bir kısmının zaman içerisinde değişime uğradığı görülmüştür. Bu durumda iş dilimlerine ilişkin zaman değerlerini ortalama değer olarak hesaplamak ve bu ortalamaları standart zaman olarak kabul etmek, yapılan işlerin standart olmayışı nedeniyle doğru olmamaktadır. Zaman değerlerinin ve çalışma verimi değerlerinin değişen koşullara göre hesaplanması, planlamada, denetimde ve ücretlendirmede hesaplanan bu değerlerin kullanılması bilimsel temele dayalı olacağından daha gerçekçi olmaktadır.

Araştırma sonuçları, araştırma alanı olarak seçilen ve sınırlandırılan bölgede orman kuruluşuna katılma oranı en fazla olan iğne yapraklı ağaç türlerinden doğu ladini, sarıçam, kafkas göknarı, geniş yapraklı ağaç türlerinden doğu kayını türlerinin saf ya da karışık olarak bulunduğu üretim alanlarında ve yaz aylarında yapılacak üretim çalışmaları için geçerli olup, kış üretimini kapsamamaktadır. Ayrıca kızılgağaç, ıhlamur, titrek kavak ve karaağaç türleri için ölçümler yapılmış, bu ağaç türleri "diğer geniş yapraklı türler" olarak değerlendirilmiştir.

Ölçülen ve gözlemlenen değişkenler gruplandırılmış, gerek kendi arasındaki ilişkiler gerekse ilgili iş dilimi zamanı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bağımlı değişken olarak alınan iş dilimlerinde harcanan zaman değerlerinin, bağımsız değişkenler olarak kabul edilen etken faktörler yardımıyla hesaplanmasında regresyon modelleri ve yapay sinir ağı modelleri oluşturulmuştur.

Regresyon modellerinin oluşturulmasında, işleme sokulan değişkenlerden bazıları arasındaki etkileşim nedeniyle her etken değişkenin modelde yer almadığı ya da gerçek etki değeri ile temsil edilmediği görülmüştür. Regresyon eşitliğinin sol tarafındaki "yii" değişkeni ilgili iş dilimi zamanını ifade etmekte, sağ tarafta ise değişkenler ve katsayıları yer almaktadır. Regresyon eşitlikleriyle zaman hesaplama basit hesap makinesi kullanımı ile yapılabilir.

Yapay sinir ağı (ANN) modellerinden yararlanma mutlaka bilgisayar kullanımını gerektirmektedir. Bütün ANN modelleri, "AKARN.EXE" isimli programın çalıştırılması ile aktif duruma geçmekte, ilgili iş dilimi zamanını hesaplamaya yönelik parametre dosyasının kullanımı komutunun verilmesi ile sonuçlar hesaplanmaktadır.

### 5.1. Kesim Sürecinde Zaman Üzerinde Etken Olan Değişkenler

Kesim sürecinde belirlenen iş dilimlerinde harcanan zaman değerlerini etkileyen faktörler ve etkileme durumları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

1. Yürüme yönü için; yukarıdan aşağı doğru yürüme, eş yükselti eğrilerine paralel yönde yürüme ve aşağıdan yukarı doğru yürüme şekilleri söz konusudur.

Yürüme yönü etkisinin; gerek yürüme zamanı gerekse birim mesafe yürüme zamanı açısından gruplar arasındaki farkın önemli olduğu, aşağı ve yana doğru yürümede farkın önemli olmadığı ancak yukarı doğru yürümede yürüme zamanının, aşağı ve yana doğru yürüme zamanından daha büyük ve de diğerlerinden önemli ölçüde farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer değişken etkileri nispeten homojen olan arazide yürüme yönünün yürüme zamanı üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur.

2. Arazi eğimi % olarak belirlenmiş ve % 33, %50, % 70 sınır değerlerinden ayırım yapılarak gruplandırılmıştır. İYA ormanlarında eğimin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Eğim gruplarının, yürüme zamanını etkilemede önemli farka neden olmadığı, gruplar arasındaki farkın tesadüfi olabileceği bulunmuştur. Diğer değişken etkileri nispeten homojen olan arazide eğimin yürüme zamanı üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur.

3. Diri örtü durumu, özellikleri ve alanda bulunma durumuna göre hiç bulunmama durumundan çok yoğun doğru 4 gruba ayrılmıştır. Yoğun diri örtü alanlarının aynı zamanda ıslak ve kaygan olduğu, kesim engelinin fazla olduğu, GYA kesiminin daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Diri örtü gruplarının, gerek yürüme zamanı gerekse birim mesafe yürüme zamanı üzerindeki etkisinin önemli olduğu, gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, grup sayısı büyüdükçe yürüme zamanının da arttığı ortaya çıkmaktadır. Diğer değişken etkileri nispeten homojen olan arazide eğim-yürüme zamanı ilişkisi çok kuvvetli bulunmuştur.

4. Ölü örtü durumunun yürüme zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuş, diğer değişken etkileri nispeten homojen olan arazide ölü örtü durumunun yürüme zamanı üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur.

5. Arazi engeli yönünden engelin bulunmamam durumu ile sarp olma durumu arasında 5 grup belirlenmiştir. Arazi engeli fazla olan arazide, yürüme mesafesinin daha fazla olduğu, kahın çaplı ağaçların çoğunlukta olduğu gözlenmiştir.

Arazi engelinin artmasıyla yürüme zamanı ve birim yürüme zamanının da arttığı ve bu gruplandırmanın, zamanı etkilemede önemli olduğu, birbirine komşu gruplar arasındaki farkın önemli olmadığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca yürüme zamanının en büyük ortalama değeri 5 nolu arazi engeli grubunda bulunması da dikkat çekicidir. Diğer değişken etkileri nispeten homojen olan arazide arazi engelini yürüme zamanı üzerindeki etkisi oldukça anlamlı bulunmuştur.

6. Zemin koşulları yönünden kuru, nemli, ıslak ve kaygan olma durumları belirlenmiştir. Hava halinin çiseli olması durumunda zeminin kayganlaştığı, bu durumun GYA ormanlarında daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Zemin koşulları gruplarının da yürüme zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuş, zeminin kayganlaşması ile yürüme zamanında da artış gözlenmiştir. Diğer değişken etkileri nispeten homojen olan arazide zemin koşullarının yürüme zamanı üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur.

7. Hava halinin farklılığının yürüme zamanı üzerindeki etkisi önemli çıkmış olmakla birlikte gerçekte böyle bir etkinin var olduğu söylenemez, ancak hava hali- zemin koşulları ilişkisi ve zemin koşullarının da yürüme zamanı üzerindeki etkisinden olmuş olabilir.

En güç koşulların varlığında, yürüme zamanı ile, sırasıyla; diri örtü, yürüme yönü, zemin koşulları ilişkisi anlamlı bulunmuştur.

8. Yürüme mesafesinin artışı ile kesilen ağaç çapının artış göstermesi yönünde doğrusal ilişki bulunmuştur.

9. Geniş yapraklı ağaçlarda kuru vasıflı olan ağaçların daha az olduğu, dip engelini daha fazla olduğu, çatallı gövde formunun daha fazla olduğu ve daha fazla sayıda bölümlere ayırmanın söz konusu olduğu tespit edilmiştir.

10. GYA ve İYA türleri farklılığının kesme zamanı üzerinde ve dal alma zamanı üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuş, tomruklama zamanı üzerindeki etkisi ise önemli bulunmuştur. GYA'ların tomruklanması daha fazla zaman harcanımına neden olmaktadır.

11. Ağaç vasfı ile; ağaç çapı, ağaç hacmi, ağaç dibi engeli, dallanma oranı, dal yoğunluğu, tomruk sayısı ters yönde ilişkili bulunmuştur.

Ağaç vasfının kesme zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Kuru vasıflı ağaçların kesilmesinde daha fazla zaman harcanımı söz konusudur.

12. Ağaç çapı büyüdükçe hacmin artması ve boyun da artması gayet doğaldır ve böyle bir ilişki zaten vardır. Böylesi ağaçlarda daha fazla endüstriyel gövde ve daha fazla tomruklanma söz konusudur.

Çap sınıflarının bütün iş dilimlerinde harcanan zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Çap sınıflarının büyüklüğü, yani ağaç çapının artması kesme zamanı, dal alma zamanı ve tomruklama zamanı artışına neden olmakta, birim zamanların ise azalışına neden olmaktadır.

13. Ağaç pozisyonundaki farklılığın kesme zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuş, aksi yöne eğimli ağaçlarda kesme-devirme zamanı daha fazla bulunmuştur.

14. Motorlu testere sınıflarının kesme zamanı üzerindeki etkisi çok çok önemli bulunmuştur. Aslında böyle bir etki mutlaka büyük bir motorlu testere kullanım gerekliliğini haklı çıkarmaz. Ekonomik yönüyle tartışılması gerekir. Bu şekilde testere levhasının ağaç çapından büyük olmaması önerilmektedir.

15. Ağaç boyu ile; tomruk sayısı, faydalı gövde uzunluğu aynı yönde ilişkili bulunmuş, ağaç boyunun artması dal alma zamanı artışına neden olmaktadır. Ağaç boyu artışının tomruklama zamanı üzerindeki etkisi de önemli bulunmuştur.

16. Dallanma oranının dal alma zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Dallanma oranı arttıkça doğal olarak dal alma zamanı da önemli derecede artmaktadır.

17. Ağaç formu ile; tomruk sayısı, faydalı gövde uzunluğu aynı yönde ilişkili bulunmuştur. Burada, tepe formunun çatallı olması dallı kısım miktarının da artmasına neden olmakta, dolayısıyla dal alma zamanı ve tomruklama zamanı da önemli derecede artmaktadır.

18. Dal yoğunluğu ile tomruk sayısı, faydalı gövde uzunluğu aynı yönde ilişkili bulunmuştur. Dal yoğunluğu arttıkça dal alma zamanı da önemli derecede artmaktadır.

19. Tomruk sayısı ile faydalı gövde uzunluğu aynı yönde ilişkili bulunmuştur. Tomruk sayısının artması ve faydalı gövde uzunluğunun artması ile tomruklama zamanının da arttığı bulunmuştur.

20. Motorlu testere çalıştırılması zamanı (ymt) ile; ağaç çapı, ağaç hacmi, ağaç boyu aynı yönde ilişkili bulunmuştur.

21. Kesim sürecinde gerçek çalışma zamanı (yge) ile; ağaç çapı, hacim, dip engeli, yürüme mesafesi, zemin koşulları, boy, diri örtü, ölü örtü değişkenleri aynı yönde ilişkili bulunmuştur (kabuk soyma hariç). GYA kesim işlemlerinin İYA'lara göre daha fazla zaman harcanımına neden olduğu da ortaya çıkmıştır.

## 5.2. Kesim Sürecinde Değişkenlere Bağlı Olarak Zaman Hesaplama Modelleri

Kesim sürecinde belirlenen iş dilimleri için, değişkenlere bağlı olarak zaman hesaplama modelleri aşağıda verilmiştir. Regresyon modelleri "Regr", yapay sinir ağı modelleri ANN kısaltmalarıyla ifade edilmiştir. ANN modelleri için parametre dosyasının adı ve kullanılan değişkenler verilmiştir. Her iş dilimi için ayrı bir parametre dosyaları P... şeklinde ifade edilmektedir.

- Ağaçlar arasında yürüme işlemi:

$$\text{Regr} : y_{11} = (-2,7 a + 0,66x_{11} + 1,1x_{13} + 0,76x_{14} + 1,4x_{15} + 1,4x_{17} + 0,14x_{19})^{**2}$$

$$\text{ANN} : \text{PYR} (x_{11}/10, x_{12}/100, x_{13}/10, x_{14}/10, x_{15}/10, x_{17}/10, x_{18}/10, x_{19}/1000, x_{20}/10), \quad \text{çıkan sonuç } 1000 \text{ ile çarpılarak } y_{11} \text{ elde edilir.}$$

$$\text{Regr} : my_{11} = (0,44 + 0,17x_{11} + 0,26x_{13} + 0,1x_{14} + 0,19x_{15} + 0,24x_{17})^{**2}$$

$$\text{ANN} : \text{PMYR} (x_{11}/10, a_{12}/10, x_{13}/10, x_{14}/10, x_{15}/10, x_{17}/10, x_{18}/10, a_{19}/10, x_{20}/10) \quad \text{çıkan sonuç } 100 \text{ ile çarpılarak } my_{11} \text{ elde edilir.}$$

Değişkenlere bağlı olarak yürüme zamanını ve 1 m. mesafeyi yürüme zamanını hesaplamaya yönelik geliştirilen yapay sinir ağı (ANN) modelleri en iyi hesaplama modeli olarak seçilmiştir. Bazı durumlarda kesilecek ağacın hemen bulunamaması gecikmelere neden olmaktadır. Bu duruma kesilecek ağaçlar arasındaki mesafenin fazla olmasının neden olduğu da gözlenmiştir.

- Kesim hazırlığı:

Kesim sürecinde iki kişilik işçi ekibinin birlikte çalışması esas alınmıştır. Çalışanlar o günkü yapacakları iş ile ilgili gerekli hazırlığı yapmış olarak çalışma yerine gelmektedirler. Ağaç dibine ulaşıldığında kısa bir duraklama söz konusudur. Burada kesim için aletler uygun yere bırakılmakta, devirme yönüne karar verilmektedir. Bu işler için harcanan zaman



hazırlık zamanı olarak değerlendirilmiştir. Ortalaması 0,58 dakika bulunmuş olup, yürüme zamanının % 29,4'ü, 1.tip çalışma şekli zamanının % 12,3'ü şeklinde hesaplanmıştır.

- Kesim engelinin giderilmesi işlemi:

Kesme işlemine başlamadan önce ağaç dibindeki çalışmayı engelleyicilerin yok edilmesi ve uygun bir çalışma ortamının hazırlanması iş güvenliği açısından gereklidir. Engel giderme zamanı ile, ağaç dibindeki engelin miktarı aynı yönde ilişkili bulunmuştur. Ancak engelin miktarının önceden tespit edilememe güçlüğü mevcuttur. Ortalaması 0,70 dakika bulunmuştur. Bu değer, yürüme zamanının % 35,5'i, 1.tip çalışma şekli zamanının % 14,9'u şeklinde hesaplanmıştır.

Hazırlık zamanı ve engel giderme zamanı toplam olarak, yürüme zamanının 3'de 2'si şeklinde alınabilir.

- Motorlu testere ile ağaç kesme ve devirme işlemi:

Kesme işlemi, devirme oyuğunun açılması ve devirme kesişinin tamamlanması şeklinde yapılmaktadır. Devirme oyuğu açılmadan devirme kesişinin yapıldığı durumlar da söz konusudur. Bazı durumlarda devirme için ilave işlem gerekmektedir. Bu işlem ikinci işçi tarafından yerine getirilmektedir.

$$\text{Regr} : y_{14} = (-1,84 - 0,32x_{20} + 0,67x_{22} + 0,18x_{24} + 0,52x_{26} + 1,76x_{27})^{**2}$$

$$\text{ANN} : \text{PKD} (x_{21}/100, x_{22}/10, x_{24}/100, x_{26}/10, x_{27}/10)$$

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $y_{14}$  elde edilir.

$$\text{Regr} : by_{14} = 194 - 20,4x_{20} + 10,7x_{22} - 47,5x_{24} + 28,4x_{27}$$

$$\text{ANN} : \text{PBKD} (x_{20}/10, x_{22}/10, x_{24}/10, x_{26}/10, x_{27}/10)$$

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $by_{14}$  elde edilir.

Değişkenlere bağlı olarak kesme zamanını ve 1 m<sup>3</sup> için kesme zamanını hesaplamaya yönelik geliştirilen ANN modelleri en iyi hesaplama modeli olarak seçilmiştir.

Devirme sırasında diğer ağaçlara takılma söz konusu ise her iki çalışanın ortak faaliyeti ile takılan ağaç düşürülmektedir. İYA türlerinin kesim işlemi sırasında civar ağaçlara takılma oranının daha sık olduğu, dolayısıyla düşürme zamanı değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Devirme işlemi zamanı kesme zamanının % 17'si olarak hesaplanmıştır. Ayrıca takılan ağaçların düşürülmesi zamanı, GYA türleri için kesme zamanının % 3'ü, İYA türleri için kesme zamanının % 30'u olarak hesaplanmıştır. Kesme zamanına bu ilaveler yapılarak gerçek kesme ve devirme zamanı elde edilir.

$$\text{Regr} : y_{kd} = -175 + 5,6x_{24} + 69,4x_{16} + 56,8x_{27}$$

- Dal alma işlemi:

Devirme işlemi tamamlanan gövde üzerinden dalların temizlenmesi işleminde, kalın çaplı dallar motorlu testere ile kesilmekte, diğerleri ise balta ile kesilmektedir.

$$\text{Regr} : y_{18} = -869 + 110x_{20} + 13,4x_{28} + 742x_{30} + 96x_{31} + 98x_{32}$$

$$\text{ANN} : \text{PDB} (x_{21}/100, x_{22}/10, x_{24}/100, x_{27}/10, x_{28}/100, x_{30}, x_{31}/10, x_{32}/10)$$

çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak  $y_{18}$  elde edilir.

$$\text{Regr} : by_{18} = -126a_{24} + 61x_{27} + 120a_{30} + 51x_{32}$$

$$\text{ANN} : \text{PDB} (x_{20}/10, x_{22}/10, a_{24}/10, x_{27}/10, a_{30}/10, x_{31}/10, x_{32}/10)$$

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $by_{18}$  elde edilir.

Değişkenlere bağlı olarak dal alma zamanı ve  $1 \text{ m}^3$  için dal alma zamanını hesaplamaya yönelik geliştirilen yapay sinir ağı (ANN) modelleri en iyi hesaplama modeli olarak seçilmiştir.

- Ölçme, işaretleme ve bölümlere ayırma işlemi:

Dalları temizlenen gövdeler, standartlara uygun olarak ölçülüp işaretlenmekte ve işaretli yerlerden motorlu testere ile kesilerek tomruklara ayrılmaktadır.

$$\text{Regr} : y_{19} = -273 + 43,4x_{22} + 4,9x_{24} + 659,2x_{27} - 93,8x_{31} + 57,9x_{33}$$

$$\text{Regr} : by_{19} = 58,6x_{22} + 68,6x_{27}$$

$$\text{Regr} : y_{pr} = -685 + 97x_{20} + 7,8x_{24} + 66x_{27} + 35x_{29} + 97,6x_{32} + 44,8x_{33}$$

- Kesim sürecinde zorunlu bekleme için harcanan zaman değerlerinin ortalaması, 0,73 dakika (toplam çalışma zamanının % 5,3'ü) şeklinde hesaplanmıştır.

- Kesim sürecinde motorlu testere çalıştırma zamanı:

$$\text{Regr} : y_{mt} = -1295 + 194,4x_{20} + 16,5x_{24} + 120,8x_{26} + 62,3x_{27} + 474x_{30} + 135x_{32} + 51,7x_{33}$$

$$\text{Regr} : by_{mt} = 612 - 100a_{25} + 61,1a_{30}$$

$$\text{ANN} : \text{PMT} (x_{20}/10, x_{22}/10, x_{24}/100, x_{25}/10, x_{26}/10, x_{27}/10, x_{30}, x_{32}/10, x_{33}/100, x_{34}/100) \quad \text{çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak } y_{mt} \text{ elde edilir.}$$

$$\text{ANN} : \text{PBMT} (x_{20}/10, x_{22}/10, a_{24}/10, a_{25}/10, x_{26}/10, x_{27}/10, a_{30}/10, x_{32}/10, a_{33}/10, a_{34}/10) \quad \text{çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak } by_{mt} \text{ elde edilir.}$$

- Kesim sürecinde toplam çalışma zamanı:

$$\text{Regr} : y_{ge} = -1502 + 39,4x_{17} + 8,1x_{19} + 10x_{24} + 143,2x_{16} + 203x_{27} + 1282x_{30} + 31x_{34}$$

$$\text{Regr} : b_{kg1} = 96 x_{11} + 51 a_{12} + 134 a_{19} - 184 a_{24} + 143 x_{26}$$

$$\text{ANN} : \text{PBKG1} (1/10 (x_{11}, a_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, a_{19}, x_{20}, x_{22}, a_{24}, x_{26}, x_{27}), \text{çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak } b_{kg1} \text{ elde edilir.}$$

Regr :  $bkg2 = 139 x_{11} + 133 x_{17} + 125 a_{19} + 219 x_{20} - 284 a_{24} + 153 x_{26}$

ANN : PBKG2 (1/10 ( $x_{11}, a_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, a_{19}, x_{20}, x_{22}, a_{24}, x_{26}, x_{27}, a_{28}, a_{29}, x_{31}, x_{32}$ )), çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak bkg2 elde edilir

Regr :  $bkg3 = 1350 + 73 x_{17} + 58 a_{19} - 306 a_{24} + 184 x_{27} - 78 a_{28}$

ANN : PBKG3 (1/10 ( $x_{11}, a_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, a_{19}, x_{20}, x_{22}, a_{24}, x_{26}, x_{27}, a_{28}, a_{29}, x_{31}, x_{32}, a_{33}, a_{34}$ )), çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak bkg3 elde edilir.

- İğne yapraklı ağaç türlerinde balta ile kabuk soyma işlemi:

Regr :  $y_{21} = -2824 + 191x_{41} + 46x_{42} + 490x_{43} - 2533x_{44} + 232x_{48} + 658x_{49}$

ANN : PKSA ( $x_{41}/10, x_{42}/100, x_{43}/100, x_{44}/10$  veya  $x_{45}/10, x_{47}/10, x_{48}/10, x_{49}/10$ ) çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak  $y_{21}$  elde edilir.

Regr :  $ky_{21} = 120 + 73,4x_{41} - 57a_{42} - 46a_{44} + 105x_{48} + 238x_{49}$

ANN : PBKSA (1/10 ( $x_{41}, a_{42}, a_{43}, a_{44}, a_{47}, x_{48}, x_{49}$ )), çıkan sonuç 100000 ile çarpılarak  $by_{21}$  elde edilir.

ANN : PBKSB (1/10 ( $x_{41}, a_{42}, a_{43}, a_{45}, a_{47}, x_{48}, x_{49}$ ))

çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak  $ky_{21}$  elde edilir.

- Kabuk soyma sırasında çevirme, ayarlama işlemleri için harcanan zamanın ortalaması 1,18 dakika (soyma zamanının % 8'i) şeklinde hesaplanmıştır.

Yukarıda verilen ve kesim sürecindeki işlemler için birim zaman hesaplaması yapan ANN modelleri kullanılarak farklı değişken grupları için hesaplanan birim zamanlar Tablo 50'de verilmiştir. Tablo 50'de verilen ilgili iş dilimi zaman değerleri, modelde işleme giren değişkenlerden ele alınan değişken grubu dışındaki değişkenlerin grup değerlerinin "2" alınması durumunda hesaplanmış birim zaman değerleridir.

Örneğin; 1 m. mesafe yürüme zamanının değişkenlere bağlı olarak hesaplanmasında PMYR isimli parametre dosyası kullanılmakta olup, işleme giren değişkenler yukarıda verilmiştir. Değişkenlerin grup değerlerinin "2" alınması durumunda hesaplanan zaman değeri ilk satırda ortalama değer olarak verilmiştir. Yürüme zamanının en kolay olduğu koşulların grup değerleri modele sokularak hesaplama yapıldığında elde edilen zaman değeri ikinci satırda verilmiştir. Yürüme için en güç koşulları yansıtan değişken değerleri dikkate alındığında hesaplanan değerler ise üçüncü satırda verilmiştir. Bundan sonraki satırlarda ise ilgili değişken gruplarına göre hesaplama yapılmıştır.  $x_{11}$  değişkeninin grup değeri 1, 2, 3 alınırken yürüme zamanı hesaplama modelindeki diğer değişken değerleri "2" alınmıştır. Grup değeri "2" olan değişken değerleri için tekrar hesaplama yapılmamıştır.

Tablo 50. Kesim Sürecinde Yapay Sinir Ağı Modeline Göre Hesaplanan Birim Zaman Değerleri (İlgili değişken grubu dışında kalan grup değerleri "2" alınmıştır.)

<i>Değişken adı</i>	<i>Değ. gr.</i>	<i>1 m. mes. yürüme z. (myr)</i>	<i>1 m<sup>3</sup> için kesme işl. (bkg1)</i>	<i>1 m<sup>3</sup> için kes.-dal al. (bkg2)</i>	<i>1 m<sup>3</sup> için kesim işl. (bkg3)</i>	<i>Değişken adı</i>	<i>Değ. gr.</i>	<i>1 m<sup>3</sup> için kabuk so. (bkso)</i>	<i>1 m<sup>3</sup> ka. al. soym. (bkso)</i>
ort	2	4,862	497,0	775,8	1362,2		2	11802,	779,2
kolay		2,07	51	170	52			950	99
güç		20,07	2121	9421				87040	1699
x11	1	4,554	448,3	903,7	1396,8	x41	1	11167,	715,8
	3	5,192	551,7	750,0	1324,3		3	12554,	846,1
a12	1	4,517	482,4	809,6	1386,9	a42	1	19967,	898,5
	3	5,235	512,0	948,2	1319,7		3	8247,	668,6
	4	5,638	527,3	1528,5	1261,8		4	6514,	567,9
x13	1	3,641	474,1	756,8	1395,0		5	5522,	477,8
	3	6,506	521,0	828,7	1271,3		6	4841,	398,9
	4	8,655	546,1	919,2	1133,9	a43	1	11902,	881,9
x14	1	4,381	471,3	770,7	1308,9		3	15721,	685,1
	3	5,397	524,1	818,4	1422,7		4	27546,	599,6
x15	1	4,008	482,1	782,2	1343,0	a44	1	16806,	805,5
	3	5,901	508,2	792,0	1363,4		3	8431,	752,2
	4	7,148	515,7	833,1	1345,4		4	6118,	724,5
	5	8,624	519,6	903,4	1308,1		5	4487,	696,3
x17	1	4,170	493,6	617,2	1333,3	a47	1	11381,	806,1
	3	5,673	500,6	1032,2	1361,9		3	12188,	753,1
x18	1	4,875	470,1	784,2	1106,8		4	12526,	727,8
	3	4,849	524,6	806,9	1648,9	x48	1	9577,	621,2
x19	1	4,891	381,2	800,8	1301,8		3	15736,	949,6
	3	4,833	635,5	829,8	1447,0	x49	1	8335,	507,2
	4	4,805	795,4	997,0	1543,5		3	20012,	1102,3
<i>Değ. gr</i>	<i>gr</i>	<i>bkd</i>	<i>bkg1</i>	<i>bkg2</i>	<i>bkg3</i>	<i>Değ. gr</i>	<i>gr</i>	<i>bdb</i>	<i>bmt</i>
ort	2	124,86	497,0	775,8	1362,2		2	352,58	487,9
kolay		22,3	51	170	52			15,6	210
güç		446,3	2121	9421				581,8	1472
x20	1	156,17	571,3	845,6	1544,0	x20	1	308,70	494,9
x21	1	107,56	436,1	753,8	1264,8	x22	1	335,03	490,5
	3	146,33	560,1	852,8	1432,7		3	368,23	485,2
	4	173,35	624,5	1001,8	1473,4		4	381,93	482,6
x24	1	188,95	816,6	1753,5	1936,5	x24	1	452,95	506,6
	3	83,95	285,3	416,2	932,9		3	223,63	470,4
	4	54,56	159,1	265,6	625,0		4	101,54	454,2
x26	1	113,82	404,5	718,1	1339,8	x26	1		424,5
	3	136,25	604,7	855,0	1383,9		3		565,9
x27	1	94,11	423,5	567,7	1167,0	x27	1	336,29	443,3
	3	148,82	577,8	1098,4	1571,3		3	366,50	539,4

Tablo 50. (Devam) Kesim Sürecinde Yapay Sinir Ağı Modeline Göre Hesaplanan Birim Zaman Değerleri

Değiş. adı	Değ. gr	bkd	bkg1	bkg2	bkg3	Değiş. adı	Değ. gr	bdb	bmt
				bkg2	bkg3	x25	1		709,6
x28	1			994,6	1856,0		3		418,2
	3			639,8	985,1		4		338,5
	4			558,1	707,5	x30	1	295,38	430,1
x29	1			680,4	1100,2		3	406,69	556,5
	3			881,8	1644,0		4	456,27	637,8
		bdb	bmt	bkg2	bkg3			bmt	bkg3
x31	1	354,10		748,0	1547,3	x33	1	476,9	1468,1
	3	350,43		813,7	1207,8		3	499,1	1267,3
	4	347,66		863,2	1082,3	x34	1	458,5	1176,0
x32	1	305,72	473,4	830,5	1315,3		3	519,3	1517,4
	3	389,26	502,8	730,3	1395,5		4	552,9	1632,0
							5	498,4	1701,8

### 5.3. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Zaman Hesaplama Modelleri

MB trak 800 ve 900 model orman traktörleri ile bölmeden çıkarma sürecinde belirlenen iş dilimleri ve bu iş dilimlerinde değişkenlere bağlı olarak zaman hesaplama modelleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- Kablonun yükleme yerine götürülmesi işlemi:

$$\text{Regr} : y_{52} = -56,6 + 18,1x_{53} + 18,9x_{54} + 16,5x_{55} + 10x_{57} + 2,85x_{59}$$

$$\text{Regr} : my_{52} = 0,37x_{53} + 0,74x_{54} + 0,66x_{55} + 0,3x_{56} + 0,67x_{57} - 0,02a_{59}$$

$$\text{ANN} : \text{PTY} (x_{51}/10, x_{52}/100, x_{53}/10, x_{54}/10, x_{55}/10, x_{56}/10, x_{57}/10, x_{59}/100)$$

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $y_{52}$  elde edilir.

$$\text{ANN} : \text{PMTY} (x_{51}/10, a_{52}/10, x_{53}/10, x_{54}/10, x_{55}/10, x_{56}/10, x_{57}/10, a_{59}/10)$$

çıkan sonuç 10 ile çarpılarak  $my_{52}$  elde edilir

- Kablonun çekilecek ürün ya da ürünlere bağlanması (yükleme) işlemi:

$$\text{Regr} : y_{53} = -27,1x_{63} + 20,5x_{65} + 16,9x_{66} + 0,99x_{68}$$

$$\text{ANN} : \text{PTB} (x_{60}/10, x_{63}/10, x_{64}/10, x_{65}/10, x_{66}/100, x_{67}/10, x_{68}/100)$$

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $y_{53}$  elde edilir

$$\text{ANN} : \text{PBTB} (x_{60}/10, x_{63}/10, x_{64}/10, x_{65}/10, a_{66}/10, x_{67}/10, a_{68}/10)$$

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $by_{53}$  elde edilir

- Kabloya bağlanan ürünlerin yol kenarına çekilmesi (sürütme) işlemi:

Regr :  $y_{54} = (1,87x_{53}+1,14x_{54}+0,94x_{55}+1,39x_{56}+0,88x_{57}+0,71x_{63}+1,11x_{70})^{**2}$

Regr :  $my_{54} = 0,009x_{52}+0,7x_{53}+0,45x_{56}+0,82x_{57}-0,02x_{59}+1,24x_{63}$

ANN : PTH ( $x_{51}/10, x_{52}/100, x_{53}/10, x_{54}/10, x_{55}/10, x_{56}/10, x_{57}/10, x_{63}/10, x_{64}/10, x_{65}/10, x_{66}/100, x_{67}/10, x_{69}/100, x_{70}/10$ )

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $y_{54}$  elde edilir.

ANN : PBTH ( $1/10(x_{51}, a_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}, x_{63}, x_{64}, x_{65}, a_{66}, x_{67}, a_{69}, a_{70})$ )

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $by_{54}$  elde edilir.

- Ürünlerin yol üzerinde sürütülmesi işlemi:

Regr :  $sy_{59} = 23,3+2,3x_{72}$

ANN : PTS ( $x_{65}/10, x_{66}/100, x_{68}/100, x_{69}/100, x_{70}/10, x_{71}/10, x_{72}/100$ )

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $sy_{59}$  elde edilir.

ANN : PMTS ( $x_{65}/10, a_{66}/10, a_{68}/10, a_{69}/10, a_{70}/10, x_{71}/10, a_{72}/10$ )

çıkan sonuç 10 ile çarpılarak  $msy_{59}$  elde edilir

- Kablonun çözülmesi, yükün boşaltılması ve yol kenarına yerleştirilmesi işlemi:

Regr :  $ycy = 19,4x_{64}+9,5x_{65}+7,2x_{66}+24,9x_{70}+21,2x_{71}$

ANN : PTC ( $x_{63}/10, x_{65}/10, x_{66}/100, x_{68}/100, x_{70}/10$ )

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $ycy$  elde edilir.

ANN : PBTC ( $x_{63}/10, x_{65}/10, a_{66}/100, a_{68}/100, a_{70}/10$ )

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $bycy$  elde edilir.

- 1 m. mesafe için 1 m<sup>3</sup>. ürünün çekilmesinde minimum çalışma zamanı:

Regr :  $bmyge = 0,35x_{52}+3,8x_{57}-0,33x_{5}+7,1x_{67}-9,9x_{70}$

ANN : PBTG ( $1/10 (a_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}, a_{59}, x_{60}, x_{63}, x_{64}, x_{65}, a_{66}, x_{67}, a_{68}, a_{69})$ )

çıkan sonuç 10 ile çarpılarak  $bmyge$  elde edilir.

- Traktörle bölmeden çıkarmada toplam faaliyet zamanı:

Regr :  $yfa = 79x_{53}+68,7x_{57}+8,02x_{59}+30,3x_{66}+10x_{69}+96,3x_{70}+5,3x_{72}$

Regr :  $byfa = 171x_{51}+147x_{56}+238x_{57}+4,6x_{59}+151x_{60}+136x_{63}$   
 $-7,3x_{68}-33x_{69}-517x_{70}+531x_{71}$

ANN : PTFA ( $x_{52}/100, x_{53}/10, x_{54}/10, x_{55}/10, x_{56}/10, x_{57}/10, x_{59}/100, x_{60}/10, x_{63}/10, x_{64}/10, x_{65}/10, x_{66}/100, x_{67}/10, x_{68}/100, x_{69}/100, x_{70}/10, x_{71}/10, x_{72}/100$ )

çıkan sonuç 1000 ile çarpılarak  $yfa$  elde edilir

ANN : PBTF (1/10 (a52, x53, x54, x55, x56, x57, a59, x60, x63, x64, x65, a66, x67, a68, a69, x71, a72)

çıkan sonuç 100 ile çarpılarak byfa elde edilir.

- İnsan gücü ile kaydırma işlemi (100 m. mesafeye kadar)

ANN : PNELS (x81/10, x82/100, x83/10, x84/10, x85/10, x86/10, x87/10, x88/100, x89/100, x90/100, x91/10, x92/100)

çıkan sonuç 100000 ile çarpılarak yza elde edilir.

Çalışanın 1 kişi olması durumunda (100 m. mesafeye kadar)

ANN : P1ELS (x82/100, x83/10, x84/10, x85/10, x86/10, x87/10, x88/100, x89/100, x90/100, x91/10, x92/100)

çıkan sonuç 100000 ile çarpılarak yz1 elde edilir.

1 m<sup>3</sup> için 1 kişinin harcadığı zamanın hesaplanmasında (100 m. mesafeye kadar)

ANN : PBELS (x82/100, x83/10, x84/10, x85/10, x86/10, x87/10, x88/100, x89/100, x90/100, x91/10)

çıkan sonuç 10000 ile çarpılarak byz1 elde edilir.

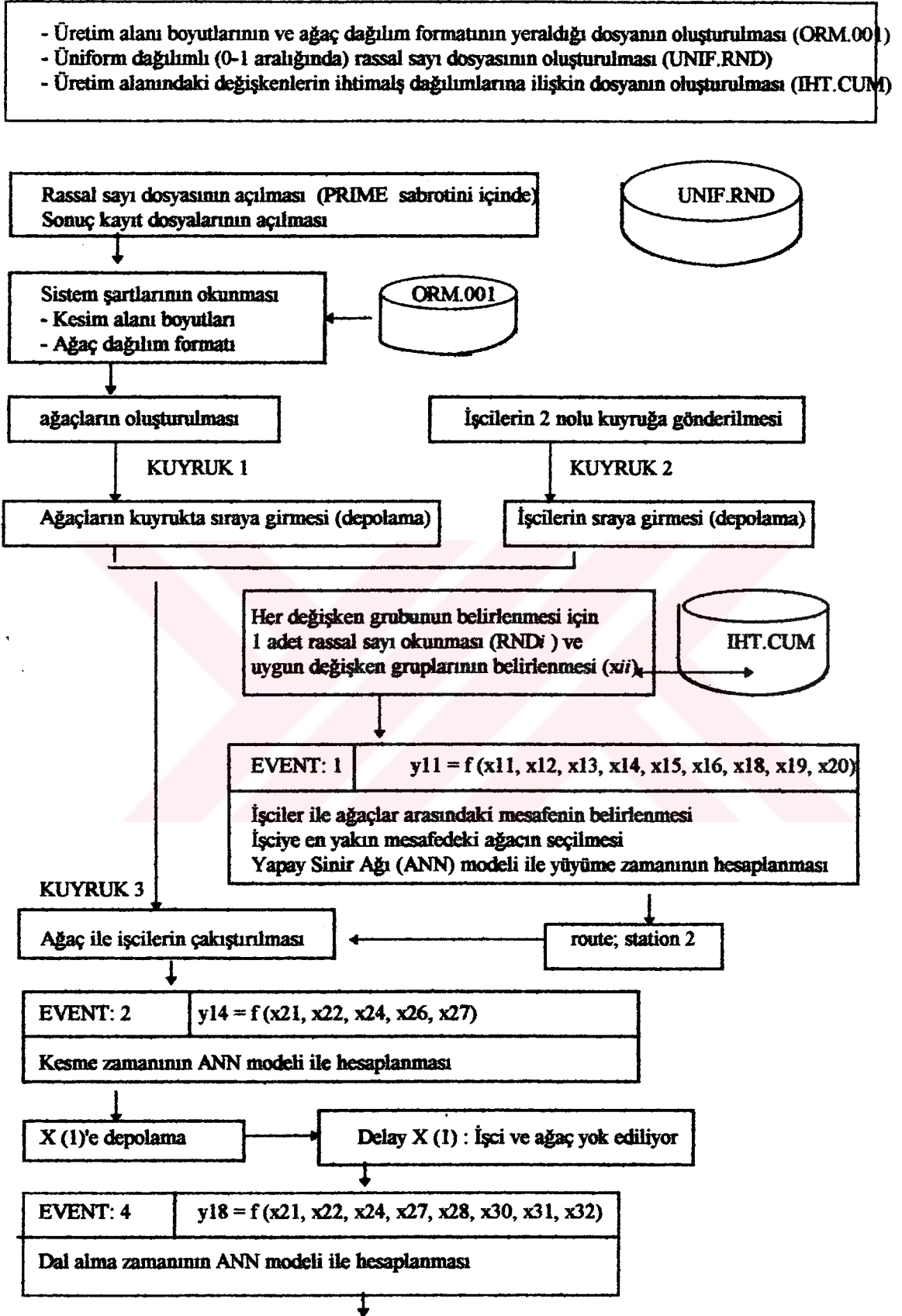
Yukarıda verilen ve orman traktörleri ile bölmeden çıkarma sürecindeki işlemler için birim zaman hesaplaması yapan ANN modelleri kullanılarak farklı değişken grupları için hesaplanan birim zamanlar Tablo 51'de verilmiştir. Tablo 51'de verilen ilgili iş dilimi zaman değerleri, ANN modelinde işleme giren değişkenlerden, ele alınan değişken grubu dışındaki değişkenlerin grup değerlerinin "2" alınması durumunda hesaplanmış birim zaman değerleridir. Benzer örnek kesim süreci için Tablo 50 ile ilgili yukarıda verilmiştir.

Üretim yapılacak herhangi bir alanda değişken değerlerinin belirlenmesi ve alan boyutlarının verilmesi durumunda kesim sürecinin benzetim modeli SIMAN IV dilinde yazılarak hazırlanmış ve modelin akış şeması Şekil 49'da verilmiştir. Benzetim programı Şekil 23'de verilen örneğe uygun olarak hazırlanmıştır. Benzetim modeli, Fortran programlama dilinde yazılmış alt programları da içermektedir. Uygulamada benzetim modelinin kullanılmasına ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir (Tablo 52). Tablo 52'de, üretim alanı, alanda belirlenecek değişkenler ve bu değişkenlere ilişkin grup değerlerinin ne şekilde belirleneceği ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

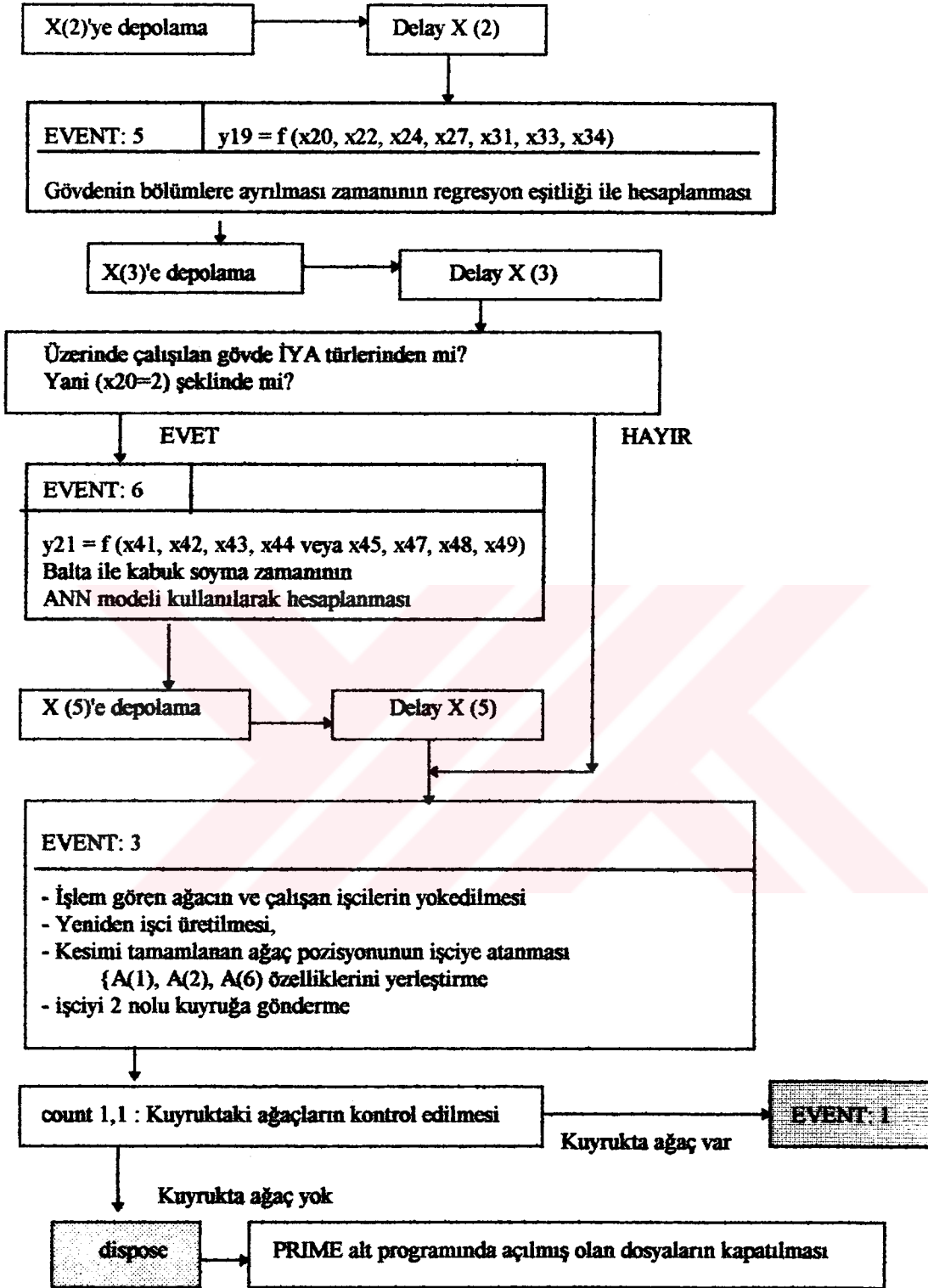
Tablo 51. Bölmeden Çıkarma Sürecinde Yapay Sınır Ağı Modeline Göre Hesaplanan Birim Zaman Değerleri (İlgili değişken grubu dışındaki grup değeri "2" alınmıştır)

Değiş. adı	Değ. gr	1 m <sup>3</sup> ürünün b.ç. için toplam zaman (mbyf)	1 m <sup>3</sup> 'ün 1 m. mesaf. çekilmesi za. (mbyg)	1 m <sup>3</sup> ürünün yola çekil. za. (bthm)	1 m. mes. için boş kabl çek. za. (mty)		
a52=4, x51=1, diğerleri 2		3730,8	68,89	309,84	4,896		
en kolay koşullarda çalışma		21	3,22	12,94	3,63		
en güç koşullarda çalışma		4900	95,33	653,54	6,04		
x51	2				4,866		
	3				4,834		
	4				4,800		
a52	1	3355,4	63,04	265,19	4,765		
	6	3659,9	70,70	319,54	4,959		
	7	3567,6	71,08	317,08	4,983		
x53	1	3229,0	58,72	234,89	4,485		
	3	4012,8	73,22	356,80	5,264		
	4	4127,9	73,69	375,74	5,591		
x54	1	3779,9	66,23	250,45	4,829		
	3	3315,9	69,18	338,31	4,957		
x55	1	3667,5	69,05	270,60	4,213		
	3	3743,7	67,38	317,71	5,468		
x56	1	3354,8	64,16	284,43	4,648		
	3	3932,1	67,48	322,16	5,126		
x57	1	3386,2	64,97	252,31	4,598		
	3	3643,6	71,02	351,75	5,17		
x59	1	3405,8	77,23	224,74	5,441		
	3	3846,7	53,30	364,56	4,231		
Değiş. adı	Değ. gr	mbyf	mbyg	bthm	1 m <sup>3</sup> için kablo başl. (btb)	1 m. mes. için yolda sür. (mts)	1 m <sup>3</sup> için k.çöz. ve yük yerl. (btc)
a52=4, x51=1, diğerleri 2		3730,8	68,89	309,84	153,28	3,3061	134,63
en kolay koşul.		21	3,22	12,94	20,7	2,26	30,1
en güç koşul.		4900	95,33	653,54	211,7	4,80	540,0
x60	1	3720,6	66,09		175,28		
	3	3640,2	68,65		124,88		
	4	3444,2	64,51		91,65		
x63	1	3491,8	62,50	307,36	175,29		165,75
	3	3723,7	72,74	301,94	129,67		117,52
x64	1	3693,3	67,63	300,92	156,64		
	3	3485,4	69,08	285,60	145,76		
x65	1	3617,7	66,24	262,99	154,89	2,7948	135,07
	3	3746,4	69,77	340,33	151,58	3,7926	137,26
	4	3670,5	68,95	353,22	149,81	4,2409	143,11
x66	1	3236,5	55,71	295,82	96,36	3,0681	113,73
	3	3718,	60,55	315,81	204,23	3,5390	167,33
x67	1	3320,8	62,14	286,32	135,59		
	3	3949,3	68,82	295,61	162,82		
x68	1	4144,0	76,59		154,58	3,4378	175,82
	3	3168,2	54,35		145,83	3,1710	111,32
	4	2482,8	32,41		132,37	3,0327	97,28
x69	1	3905,9	71,90	322,25		3,5273	
	3	3440,2	62,02	289,58		3,0793	
x70	1			475,04		3,3677	201,23
	3			396,28		3,2440	89,27
	4			220,62		3,1813	58,32
	5			138,89		3,1181	38,17
x71	1	2957,1				3,7473	
x72	1	3401,2				3,2465	
	3	3925,8				3,3636	





Şekil 49. Kesim Sürecinin AKSİM İsimli Benzetim Modelinin Akış Şeması



Şekil 49 (Devam). Kesim Sürecinin AKSIM İsimli Benzetim Modelinin Akış Şeması

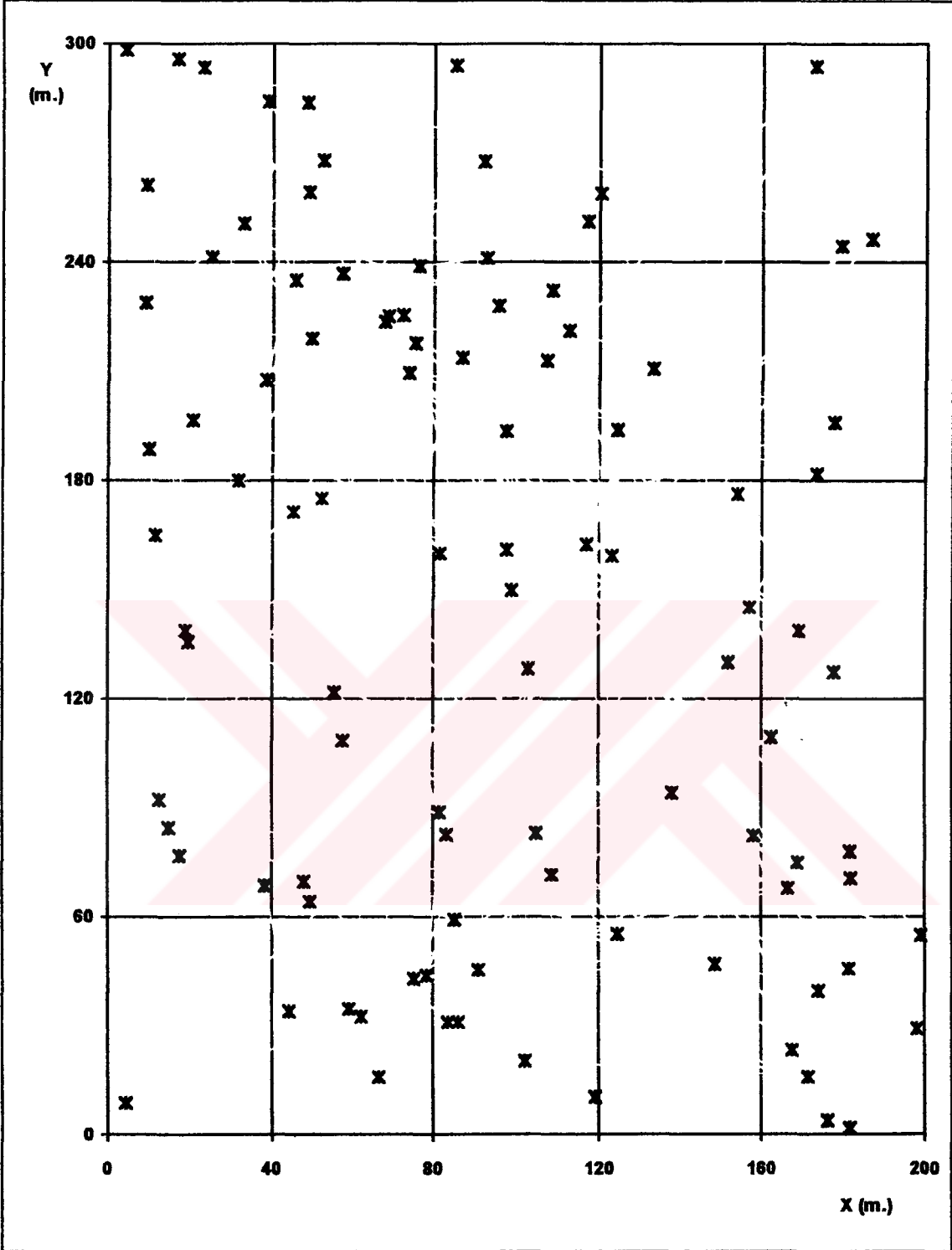
Tablo 52. Doğu Karadeniz Yöresinde Herhangi Bir Üretim Alanında Kesim Sürecine İlişkin Zaman Değerlerinin AKSİM İsimli Benzetim Modeli İle Hesaplanmasında Bağımsız Değişken Değerlerinin Modele Girilmesi

Açıklama: Kayın+Ladin+Göknaş karışık meşçeresi, 60-70 yaşlarında, aralama ve gençleştirmeye hazırlık için üretim yapılacak. Üretim alanının boyutları yaklaşık: 200 m. x 300 m. = 60000 m <sup>2</sup> . (6 hektar), kesilecek ağaç sayısı 100 adet olup alana üniform dağılmıştır. 8 kişilik işçi ekibine teslim edilmiş, 2'şer kişiden oluşan 4 grup oluşturularak yukarıdan aşağı yönde çalışılacak. Alan üzerinde diğer gözlemler ve ölçümler yapılmış ve bu ölçüm sonuçları ile KES.CUM isimli dosya oluşturulacaktır. Bu dosyada 4 sütun mevcuttur. Sütunlar arasında 2 karakter boşluk bırakılarak oluşturulur. İlk sütun değerleri xii şeklinde verilen değişkenlerin sadece ii olarak verilen tamsayı değerleridir. 2. sütunda ilgili değişken grubunun ihtimal alt sınırı, 3. sütunda değişken grubunun ihtimal üst sınırı, 4. sütunda değişken grubunun grup değeri yer almaktadır					KES.CUM dosyası					Değişkenlere ilişkin yapılan gözlemler ve ölçümler				
1.	2.	3.	4.	Değişkenler	Üretim alanı boyutları ve ağaç sayısı KES.001 dosyasına; 200 300 100 1 formatı şeklinde girilmektedir.									
11	0.00	0.50	0.10	x11	Yukarıdan aşağı yönde çalışılacağı için hem aşağı hem de yana doğru yürünülecek, % 50 ihtimalle grup değeri 1, % 50 ihtimalle 2 olacaktır									
11	0.51	1.00	0.20	x12	Arazi eğimi farklılık göstermektedir. % 40 eğimli alanlar tüm alanın % 30'u, % 55 eğimli alanlar % 35 oranında, %65 eğimli alanlar % 20 oranında, geri kalan % 15'lik alanda eğim % 90 olarak ölçülmüştür. Farklı eğim grubu kadar grup oluşturulmaktadır.									
12	0.00	0.30	0.40											
12	0.31	0.65	0.55											
12	0.66	0.85	0.65											
12	0.86	1.00	0.90											
13	0.00	0.45	0.10	x13	Diri örtü yoğunluğu alanın her yerinde aynı olmayıp, % 45'lik alanda hiç yoktur, yani grup değeri 1'dir. % 30'luk alanda grup değeri 2, % 15'lik alanda 3, % 10'luk alanda çok yoğun yani grup değeri 4'tür.									
13	0.46	0.75	0.20											
13	0.76	0.90	0.30											
13	0.91	1.00	0.40											
14	0.00	0.75	0.10	x14	Ölü örtü ve taşlık durumu açısından % 25'lik alanda yol yapımından kalan taşlık ve kayalık kısım söz konusudur.									
14	0.76	1.00	0.30											
15	0.00	0.50	0.10	x15	Arazi engeli yönünden, alanın % 10'luk kısmı sarptır (grup değeri 4). % 30'luk alanda girinti, çıkıntı ve kuru dere ile oyulmuş alan söz konusudur. Diğer kısımlar için problem yok.									
15	0.51	0.80	0.20											
15	0.81	0.90	0.40											
16	0.00	1.00	0.10	x16	Ağaçların kesim engeli tespiti yapılamamıştır.									
17	0.00	0.75	0.20	x17	Zemin kayganlığı, alan kuzeybatı bakıda olup, toprak kısmen balçıklı ve sürekli rutubetlidir, % 25' ihtimalle kaygandır.									
17	0.76	1.00	0.30											
18	0.00	0.33	0.10	x18	Hava hali açısından net tahmin yapılamamıştır. Ancak her üç grup değeri de eşit olacağı düşünülmektedir.									
18	0.34	0.66	0.20											
18	0.67	1.00	0.30											
19	0.00	1.00	0.10	x19	Yürüme mesafesi, program koşumu esnasında hesaplanmaktadır.									
20	0.00	0.33	0.10	x20	Kesilecek ağaç cinslerinin oranı (dikili ağaç zabıtnamesinden) İYA: % 67, GYA: % 33									
20	0.34	1.00	0.20											
21	0.00	1.00	0.10	x21	GYA türleri sadece Kn olduğundan % 100, (İYA türleri x41'de).									
22	0.00	0.10	0.10	x22	Ağaçların % 10 ihtimalle kovuk olduğu önceden tahmin edilmekte, karışık meşçere olduğundan başka tahribat ve kuruma yok.									
22	0.11	1.00	0.20											
23	0.00	1.00	0.10	x23	Kesim yeri çapı ölçülmemiş, d1,30 çapları ölçülmüştür.									
24	0.00	0.30	0.25	x24	d1,30 çapları 10 cm.lik gruplara ayrılmış, bunlardan 20-29 cm grubu oranı % 30, 30-39 cm. % 35, 40-49 cm. %16, 50-59 cm. % 10, 60-69 cm. % 7, kalan % 2'lik kısım ise 80-90 cm. çap kademesine denk gelmiştir.									
24	0.31	0.65	0.35											
24	0.66	0.81	0.45											
24	0.82	0.91	0.55											
24	0.92	0.98	0.65											
24	0.99	1.00	0.85											

Tablo 52'nin devamı

25	0.00	1.00	0.10	x25	DKGH d1,30 çapı ile ilişkiye getirilerek hesaplanmaktadır.
26	0.00	0.15	0.10	x26	Ağaçların devirme yönüne pek fazla dikkat edilmemekte, ancak ağaç sayısının % 5' inde gençlik nedeniyle aksi istikamete devirme yapılacaktır. % 15'I ise devirme yönüne eğiktir.
26	0.16	0.95	0.20		
26	0.96	1.00	0.30		
27	0.00	1.00	0.10	x27	Motorlu testerelerin 2'si yeni, diğer ikisi orta vasıflıdır.
28	0.00	0.20	0.15	x28	Ağaç boyları kısmen belirlenmiş, 13-30 m. arasında değişmekte, Dağılım ise şu şekilde: % 20 si 15 m., % 35 18 m., % 25 21 m., % 15 24 m., % 5 kadari 25 m.den uzun.
28	0.21	0.55	0.18		
28	0.56	0.80	0.21		
28	0.82	0.95	0.24		
28	0.96	1.00	0.27		
29	0.00	1.00	0.10	x29	Dallı kısım uzunluğu he ağaç için ölçülememiştir.
30	0.00	0.32	0.25	x30	Dallanma oranı genel olarak belirlenmiş, % 32 oranında 0,25, % 45 oranında 0,50, % 18 oranında 0,72, diğerleri çok dallı yani 0,85
30	0.33	0.77	0.50		
30	0.78	0.93	0.72		
30	0.94	1.00	0.85		
31	0.00	0.73	0.10	x31	Gövdelerin % 73'ü tek gövde şeklinde olup diğerleri çatalı (% 22 si iki çatal, % 5 I de daha çok çatalı)
31	0.74	0.95	0.20		
31	0.96	1.00	0.30		
32	0.00	0.33	0.10	x32	Dal yoğunluğu 3 grup altında toplanmıştı, her gruptan eşit oranda dal yoğunluğu söz konusudur.
32	0.34	0.66	0.20		
32	0.67	1.00	0.30		
33	0.00	0.25	0.04	x33	Tomruklama yapılacak, gövdelerin toplam boyu dikkate alındığında % 25 oranında 5 ve daha az tomruk, % 25 oranında 6-8 tomruk, % 25 oranında 9-11 tomruk, kalan % 25 oranında % 12 ve daha çok tomruk çıkarılacaktır.
33	0.26	0.50	0.07		
33	0.51	0.75	0.10		
33	0.76	1.00	0.13		
34	0.00	0.12	0.10	x34	Faydalı gövde uzunluğu, geçmiş yıllardaki uygulamalardan böyle bir meşçere için belirlenebilir. Toplam boy ile ilişkiye getirilerek de belirlenebilir.
34	0.13	0.37	0.14		
34	0.38	0.77	0.18		
34	0.78	0.90	0.22		
34	0.91	1.00	0.26		
41	0.00	0.56	0.10	x41	İYA türlerinin oranı, Ladin: % 56, Gökmar ise % 44 oranındadır.
41	0.57	1.00	0.30		
42	0.00	1.00	0.10	x42	Orta çap değeri d1,30 dan ilişkiye getirilerek hesaplanmaktadır.
43	0.00	1.00	0.10	x43	Faydalı gövde uzunluğu alınmaktadır.
44	0.00	1.00	0.10	x44	Orta yüzey formülünden hesaplanan hacimdir.
45	0.00	1.00	0.10	x45	Hesaplanan kabuk alanıdır.
47	0.00	1.00	0.10	x47	Budaklı kısım oranı, dallanma oranı olarak alınmıştır.
48	0.00	1.00	0.10	x48	Budak yoğunluğu, dal yoğunluğu olarak alınmıştır.
49	0.00	0.68	0.10	x49	Kabuk soyma açısından kabuk vasfı çoğunlukla yaş olduğu için % 68 oranında 1, % 16 oranında soluk, % 16 oranında kuru
49	0.69	0.84	0.20		
49	0.85	1.00	0.30		

Tablo 52'de verildiği şekilde belirlenen değişkenlere göre söz konusu üretim alanında akış şeması Şekil 49'da verilen benzetim modelinine uygun olarak hazırlanan AKSIM isimli benzetim programı koşturulduğunda elde edilen sonuçlar Tablo 53'de verilmiştir. Program koşturulduğunda ilk önce kesilecek ağaçların X ve Y koordinatları belirlenmekte ve numara verilmektedir. Buna göre 100 adet ağacın üretim alanına dağılımı Şekil 50'de verilmiştir.



Şekil 50. Kesim Sürecindeki İşlemlerin AKSİM Benzetim Modeli İle Benzetiminde Kesilecek Ağaçların Kesim Alanı Üzerindeki Dağılımı

(Not: Koordinatlar ve ağaç numaraları, benzetim programı sonucunda oluşan KES.007 isimli dosyaya kaydedilmektedir.)

Tablo 53. Çalışma Zamanını Hesaplamada Yapay Sınır Ağı Modelleri Kullanılarak AKSİM Modeli İle Kesim Sürecindeki İşlemlerin Benzetimi Sonuçları

(Not: Bu sonuçlar, başlangıçtan ve sondan 40 işlem için verilmiştir. Tamamı 460 işlem uygulanarak sonuçlandırılmış ve KES.005 isimli dosyaya kaydedilmiştir.)

İşlemin Başlang. dakikası	Ekip No	Ağaç NO	Uygulanan işlem	İşlem Zamanı (dak)	Bitiş zamanı	İşlemin Başlang. dakikası	Ekip No	Ağaç NO	Uygulanan işlem	İşlem Zamanı (dak)	İşlemin Bitiş dakikası	
1,00	4	92	yürüme	,59	1,59	988,60	1	34	tomruklama	4,05	992,65	
1,00	3	72	yürüme	2,81	3,81	989,94	3	95	kesme	,39	990,33	
1,00	2	55	yürüme	3,83	4,83	990,47	3	95	dalalma	5,61	996,08	
1,00	1	16	yürüme	2,62	3,62	993,38	1	34	soyma	35,98	1029,36	
1,98	4	92	kesme	,65	2,63	996,08	3	95	tomruklama	4,25	1000,34	
2,86	4	92	dalalma	2,95	5,80	1001,07	3	95	soyma	49,96	1051,03	
5,35	1	16	kesme	,63	5,98	1004,11	2	37	yürüme	1,11	1005,22	
5,67	3	72	kesme	,44	6,11	1005,96	2	37	kesme	1,85	1007,80	
5,80	4	92	tomruklama	6,58	12,39	1008,45	2	37	dalalma	1,60	1010,05	
6,21	1	16	dalalma	3,01	9,21	1010,05	2	37	tomruklama	5,13	1015,18	
6,26	3	72	dalalma	1,75	8,02	1016,91	2	48	yürüme	1,21	1018,12	
7,36	2	55	kesme	1,71	9,07	1018,92	2	48	kesme	,50	1019,42	
8,02	3	72	tomruklama	4,25	12,27	1019,60	2	48	dalalma	2,83	1022,43	
9,21	1	16	tomruklama	3,56	12,77	1021,57	4	50	yürüme	,61	1022,18	
9,67	2	55	dalalma	3,08	12,75	1022,43	2	48	tomruklama	7,14	1029,57	
12,75	2	55	tomruklama	6,73	19,48	1022,58	4	50	kesme	,59	1023,17	
13,12	3	93	yürüme	1,78	14,90	1023,37	4	50	dalalma	1,55	1024,92	
13,50	1	16	soyma	49,92	63,42	1024,92	4	50	tomruklama	6,15	1031,07	
14,00	4	71	yürüme	2,70	16,70	1030,30	2	48	soyma	49,60	1079,91	
16,07	3	93	kesme	,96	17,03	1032,24	4	23	yürüme	,69	1032,93	
17,37	3	93	dalalma	3,18	20,55	1032,80	1	59	yürüme	2,29	1035,10	
18,48	4	71	kesme	,99	19,48	1033,39	4	23	kesme	,99	1034,38	
19,82	4	71	dalalma	3,59	23,41	1034,73	4	23	dalalma	1,72	1036,45	
20,21	2	55	soyma	41,31	61,52	1036,45	4	23	tomruklama	5,34	1041,78	
20,55	3	93	tomruklama	3,50	24,04	1036,61	1	59	kesme	,44	1037,05	
23,41	4	71	tomruklama	8,81	32,22	1037,21	1	59	dalalma	1,75	1038,96	
24,77	3	93	soyma	46,16	70,94	1038,96	1	59	tomruklama	5,39	1044,35	
33,95	4	76	yürüme	,61	34,56	1043,51	4	70	yürüme	,65	1044,16	
34,97	4	76	kesme	1,28	36,24	1044,59	4	70	kesme	1,41	1046,00	
36,69	4	76	dalalma	4,54	41,23	1046,08	1	41	yürüme	5,86	1051,94	
41,23	4	76	tomruklama	4,09	45,32	1046,49	4	70	dalalma	1,87	1048,36	
46,05	4	76	soyma	48,17	94,21	1048,36	4	70	tomruklama	4,89	1053,25	
65,83	2	77	yürüme	,82	66,65	1054,98	4	26	yürüme	9,86	1064,84	
67,20	2	77	kesme	,88	68,08	1055,80	1	41	kesme	,44	1056,24	
68,39	2	77	dalalma	3,06	71,45	1056,40	1	41	dalalma	2,72	1059,12	
68,42	1	98	yürüme	1,69	70,10	1059,12	1	41	tomruklama	4,81	1063,92	
71,22	1	98	kesme	,96	72,18	1071,34	4	26	kesme	,58	1071,93	
71,45	2	77	tomruklama	5,89	77,34	1072,13	4	26	dalalma	7,23	1079,37	
72,52	1	98	dalalma	1,46	73,98	1079,37	4	26	tomruklama	4,85	1084,21	
73,98	1	98	tomruklama	4,05	78,03	1084,94	4	26	soyma	49,59	1134,53	
...	...	...	...	...	...	Toplam işlem zamanı= 1064+1080+1051+1135						
İşlemler bu şekilde devam etmektedir. GYA için 4,						= 4330 dak. (% 25 ilave edilince 5412 dak./ekip)*						
İYA için ise 5 farklı işlem uygulanmaktadır.						1 kişi için topl. zaman= 10825 dak. (180,4 saat/kişi)						
Son 40 işlem ise yan tarafta verilmiştir						4 ekip 8 saat/gün çalışması ile 2,8 günde işi bitirebilir.						

Çalışanlar 2'şer kişilik 3 ekip olunca, topl. zaman= 4586 x 1,25= 5732 dak./ekip, 191 saat/kişi

Çalışanlar 2'şer kişilik 2 ekip olunca, topl. zaman= 4613 x 1,25= 5766 dak./ekip, 192 saat/kişi

Çalışanlar 2'şer kişilik 5 ekip olunca, topl. zaman= 4704 x 1,25= 5880 dak./ekip, 196 saat/kişi

## 6. ÖNERİLER

Doğu Karadeniz yöresi ormanlarında, doğu ladini, sarıçam, doğu karadeniz göknarı, doğu kayını ve diğer bazı geniş yapraklı ağaç türlerinin kesim süreci ve bölmeden çıkarma süreci üzerinde yapılan bu çalışmadan şu önerileri çıkarmak mümkündür:

- Çalışma sonuçları, sınırlandırılan alanda ve bu alan koşullarına benzerlik gösteren diğer alanlar için geçerlidir.
- Yaz aylarındaki üretim için geçerli olan bu sonuçlar kış üretiminde uygulanamaz.
- Bu çalışma üretim sırasındaki zararlar konusunu kapsamamaktadır. Farklı silvikültürel uygulamalar sonucunda oluşacak meşcere zararları öncelikle dikkate alınarak üretime karar verilmeli, ekolojik dengeyi koruyan metot seçilerek dikkatle uygulanmalıdır.
- Etken faktörlere bağlı olarak çok alternatifli olarak oluşturulan regresyon eşitlikleri, farklı çalışma koşulları için çalışma zamanı hesaplamalarında (verilen sapma sınırları içinde) kullanılabilir.
- Yine etken faktörlere bağlı olarak oluşturulan Yapay Sinir Ağı modelleri, çok farklı arazi koşulları ve çalışma koşulları için çalışma zamanının hesaplanmasında son derece güvenli olarak kullanılabilir. Bu modeller ile, bütün faktörlerin sistemdeki etkileşimi dikkate alınarak hem işlem zamanları hem de birim zamanlar hesaplanabilmektedir. Ancak hesaplama işlemi bilgisayar kullanımını gerektirmektedir. Bunun için satın alınması hiç de güç olmayan PC-386 modeller bile yeterlidir.
- Hesaplanan zaman değerlerine % 25'lik zaman ilave edilerek günlük çalışma verimleri yine farklı koşullar için belirlenebilir.
- Belirlenen verim değerlerinden hareketle, farklı çalışma koşullarında sürdürülen kesim ve sürütme işlemleri için en adil ücretlendirme yapılabilir.
- Çalışma sonuçlarından yararlanılarak yıllık üretim planları mutlaka hazırlanmalı ve uygulamaya geçirilmelidir. İş gücü ve makine çalışma programlarının hazırlanması ve denetlenmesinde bu çalışma sonuçlarından yararlanılabilir. Ayrıca, orta ve uzun vadeli olarak hazırlanan diğer planlarda üretim maliyetinin hesaplanmasında ve planların zaman açısından denetlenmesinde bu çalışma sonuçlarından yararlanılabilir.
- Coğrafi bilgi sisteminde veri tabanı oluşturulmasında bu çalışmada belirlenen değişkenlere de yer verilmelidir. Bu durumda planlama ve kontrol çalışmaları daha da etkinlik kazanacaktır.
- Kesim ve sürütme işlerinin özel şirketlere yaptırılması durumunda maliyet hesaplamaları için kullanılabilir.
- Özel şirketlerce yapılacak üretim işlerinde çalıştırılacak işçi ve kullanılacak makine ihtiyacının zamana bağlı olarak belirlenmesinde, bunlarla ilgili maliyet hesaplamasında, minimum maliyetle işin yapılması alternatiflerinin ortaya konmasında bu çalışma sonuçlarından faydalanılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Erdaş, O., Aralama ve Boşaltma Kesimlerinde Bölmeden Çıkarma Problemleri, Orman Mühendisliği Dergisi, 25, 4 ve 5 (1988) 35-37 ve 2-7.
2. Erdaş, O., Orman Hava Hatları ve Özellikle Koller K 300 Kısa Mesafeli Orman Hava Hatları ile Orman Ürünlerinin Bölmeden Çıkarılması Üzerine Araştırmalar, TÜBİTAK Doğa Dergisi, 13, 2 (1989), 216-217.
3. Bayoğlu, S., Dağlık Arazi Ormanlarında Aralama Kesimleri İçin Yeni İmkan Olarak Mini Urus Mobil Vinçli Hava Hatları, İÜ Orm.Fak.Dergisi, Seri:B, 33, 2 (1983) 42-70.
4. Bayoğlu, S., Türkiye'de Orman Nakliyatı ve Geliştirilmesi İmkânları Üzerine Bir Etüt, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, No:1745/185., İstanbul, 1972
5. Bayoğlu, S., Orman Nakliyatının Planlanması, İÜ Yayınları No.3941, İstanbul., 1996
6. Aykut, T., Bolu Mıntıkasında Orman Nakliyatının Nakliyat Tekniği Bakımından Araştırılması, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, No:1752/190, İstanbul, 1972.
7. Aykut, T., Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, No:3246/370. 1984
8. Aykut, T., Orman Ürünlerinin Taşınmasında Mekanizasyon ve Verimler, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği 1.Ulusal Sempozyumu, MPM Yayınları No:339, 8-12 Temmuz 1985, Bolu, 130-158.
9. Seçkin, Ö.B., Demirköy Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmaktepe Yol Şebekesinin Planlama Tekniği Bakımından Araştırılması, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları No.622/132, Ankara, 1978.
10. Yıldırım, M., Ormanda Hasat İşlerinde Birim Zaman Tespitleri Üzerine Bir Araştırma, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 33 2 (1983) 210-231.
11. Gürtan, H., Değişik Tipli Balta ve Kabuk Yontma Demirlerinin İş Verimleri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, TR-38, 1969
12. İlter, E., Tabii ve Suni Olarak Yetiştirilmiş ve Sıklık Çağındaki Kızılçam ve Karaçam Meşcerelerinde Yapılacak Sıklık Bakım İşlerine Ait İş-Zaman Analizleri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, TB-207, 1989.
13. Çoban, C., Göknar ve Çam Tomruklarının Uzun Boylu ve Kabuklu Olarak Hasadıyla Uygulanmakta Olan Yöntemin Ekonomik Yönden İrdelenmesi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, TB-73, 1975.
14. Dingil, S. Çeşitli Alan Koşullarında ve Çeşitli Boyutlarda Kızılçam Yapacak Yuvarlak Oduklarının Sürütülmesinin Birim Sürelerinin Saptanması, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, TB-97, 1979.



15. Dingil, S., Kızılçam ve Sedir Türlerinde Yapacak ve Yakacak Odun Elde Edilmesinde İş ve Zaman Analizleri, Ormanlık Araştırma Enstitüsü, TB-213, 1991.
16. OGM, Orman Emvali Üretim-Sürütme-Nakliyat Birim Fiyat Analizleri ve Birim Fiyat Tespiti Esasları, Ankara, 1975
17. OGM, Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 161-A Sayılı Tebliğ, Ankara, 1982.
18. OGM, Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ, 1996, Ankara,
19. ÖBF - Buchenstammtarif, Österreichische Bundesforste (Bust), Lg-Nr. 227/85, 1985
20. ÖBF-Sortimentstabelle, Österreichische Bundesforste (Nadelholz), Lg-Nr.229/87, 1987
21. Richtwerttabellen zum Holzerntetarif, Mitteilungen des KWF Band XV, 6079 Buchschlag, 1972,
22. Forestry Comission, Pole Length Working, Reference Cable Crane, 19p, 1982.
23. Forestry Comission Work Study Branch, Team Report - 85, 1983
24. Forestry Comission Work Study Team Report - 110, 1977
25. Forestry Comission, Borders Region Work Study Team Report No.99, Whole Tree Logging By Cable Crane to Processor at Roadside, 7p., Edinburgh, 1984.
26. Forestry Comission, Work Study Branch, Standart Time Table, Clear Felling Norway Spruce, Edinburgh, 1987
27. Forestry Comission Work Study Branch, Felling Sitka Spruca for Bruunett 678P, 1989.
28. Forestry Comission Work Study, Standart Time Table, Clear Felling Sitka Spruce, Edinburgh, 1989.
29. Aytimur, Y., Doğu Karadeniz Mintikasında Vahidi Fiat Tespitinde Nazarı İtibara Alınacak Tedbirler, Orman Mühendisliği Dergisi, Ağustos 1974.
30. IUFRO, (Çeviren: Tavşanoğlu, F.), Ormanlık Çalışmaları ve Ormanlık Tekniği Seksiyonu (Section 32), Arazi Sınıflaması Grubunun Milletlerarası Bir Arazi Sınıflaması İçin Yaptığı Teklif, İÜ Orm.Fak.Dergisi, Seri:B, 18, 2 (1968) 149-200.
31. Loffler, H., The Philosophy of Opening-up Forests in Central Europa, Pakistan Forest Institute, Peshawar, (1989) 1-18.
32. Loffler, H., Opening-up Mountain Forests, Pakistan Forest Institute, Peshawar, (1989) 19-39.
33. Samset, I., (Çeviren. Bayoğlu, S.) Orman Nakliyatı Yönünden Dağlık Mintika Ormanlarında Arazi Sınıflaması ile İlgili Bir Pilot Çalışma, İÜOrman Fakültesi Yayınları No: 161, İstanbul, 1971.

34. Samset, I., Winch and Cable Systems in Norwegian Forestry, Norwage, 1981.
35. Canadian Pulp and Paper Association, Terrain Classification for Canadian Forestry, 20p., Ottawa, 1980.
36. Harvesting and Forest Roads, Forestry Comission Bulletin, No 14, 68-80, London.
37. Kato, S., Standart Density of The Forest Road System in The Mountain Forests of Japan, XIV.IUFRO Congress, (1967) 567-581
38. Egger, W., Work Organization and Wood Harvesting Methods, of The Austrian Federal Forest Entreprise, FAO Forest Paper, 14 Rev. 1 (1985), 129-175.
39. Heinrich, R., Appropriate Wood Harvesting Techniques in Mountain Forestry in Developing Countries, Proceedings of IUFRO, Peshawar, (1987) 178-193.
40. Kamiizaka, M., Opening Up Mountain Forests of Japan, 17.IUFRO World Congress, (1981), Japan.
41. Davis, C.J., Reisinger, T.W., Evaluating Terrain for Harvesting Equipment Selection, Journal of Forest Engineering, Vol.2, 1 (1990) 9-16.
42. Peterson, J.T., Harvesting Economics: Handfalling Old-Growth Timber Conventional Versus Selective-Bucking Techniques, FERIC, TN-106, 1987
43. Peterson, J.T., Harvesting Economics: Handfalling Coastal Old-Growth Timber, FERIC, TN-111, 1987.
44. Finne, B., Operational Planning of Forest Work, FAO Forestry Paper 78, 1987, 31-36.
45. Powell, L.H., Planning Guide for Steep Slope Logging, Symposium on Mountain Logging, IUFRO Proceedings, Washington, 1978, 222 p.
46. Frauenholz, O., Work Systems and Costs in Wood Harvesting and Their Influence on The Forest Worker and The Forest, FAO Forestry Paper 33, 147-152p., 1982, Rome.
47. Howard, A.F., Production Equations for Timber Harvesting in Southern New England, ASAE Vol.31, 2 (1988), 337-342.
48. Peters, P.A., Spacing of Roads and Landings to Minimize Timber Harvest Cost, Forest Science Vol.24, 2 (1978) , 209-217.
49. Goulet, D.V, R.H.Iff, D.L.Sirois., Tree-to-Mill Forest Harvesting Simulation Models: Where Are We? Forest Products Journal, Vol:29, 10 (1979), 50-55.
50. Goulet, D.V, R.H.Iff, D.L.Sirois., Five Forest Harvesting Simulation Models Part I: Modeling Characteristics. Forest Products Journal Vol:30, 7 (1980), 17-20.
51. Goulet, D.V, R.H.Iff, D.L.Sirois, Analysis of Five Forest Harvesting Simulation Models, Forest Products Journal, Vol. 30, 8 (1980) 18-22.

52. Meng, C.H., A Model for Predicting Logging Machine Productivity, Canadian Journal Forestry, Vol.14, (1984) 191-194.
53. Blinn, C.R., S.A.Sinclair, C.C.Hassler, J.A.Mattson. Comparison of productivity, capital and labor efficiency of five timber harvesting systems for northernhardwoods. Forest Products Journal, 36, 10 (1986) 63-69.
54. Cooney, T.M., Haley, D., Determining Logging Costs for Long-Term Timber-Supply Projections: Estimation of Input Requirementsy Phase of Logging, Canadian Journal of Forest Research, Vol.12, (1982) 772-779.
55. Howard, A.F., A Sequential Approach to Sampling Design for Time Studies of Cable Yarding Operations, Canadian Journal of Forestry Research , Vol:19, (1989) 973-980.
56. Howard, A.F., Tanz, J.S., Establishing Equitable Contract Rases for Timber Harvesting Operations Using Deterministic Simulation, University of B.C., Vancouver, 1990.
57. Fricker, J.D., Thieme, R.H., Expert Systems in The Design of Forest Transportation Systems, IMACS, 1988, Holland.
58. Cabbage, F.W., Greene, W.D., Lyon, J.P., Tree Size and Species Stand Volume and Tract Size: Effect on Southern Harvesting Costs, SJAF Vol.13, (1989) 145-152.
59. Gardner, R.B., Estimating Production Rates and Operating Costs of Timber Harvesting Equipment in The Northern Rockies, USDA Forest Service, GTR INT-118, 23p., 1982.
60. LeDoux, C.B., Butler, D.A., Simulation Cable Thinning in Young-Growth Stands, Forest Science, Vol.27, 4 (1981), 745-757.
61. Baumgras, J.E., Hassler, C.C., LeDoux, C.B., Estimating and Validating Harvesting System Production Through Computer Simulation, Forest Products Journal, 43, 11/12 (1993), 65-71
62. LeDoux, C.B., Impact of Timber Production and Transport Costs on Stand Management, USDA Research Paper NE-612, 1988.
63. LeDoux, C.B., Cable Yarding Residue After Thinning Young Stands: a Break-even Simulation, Forest Products Journal, Vol:34, 9 (1984) 35-40.
64. Köse, S., Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon, 1986
65. Yıldırım, M., Hasat İşlerinde Sınırlayıcı Faktörler, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, 39 4 (1989) 100-116.
66. Kapucu, F., Ormançılık Bilgisi, Ders Notları, KTÜ Orm. Fak. Yayınları, No.79, 1987.
67. Yıldırım, M., Ormançılık İş Bilgisi, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, No.404, Taş Matbaası, İstanbul, 1989.

68. Özçamur, M., İş Etüdü ve Ergonomi, Ders Notları, KTÜ Orm. Fak. Yayınları, 1988.
69. Seçkin, Ö.B., Bölmeden Çıkarma, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 23, 1 (1978) 157-178.
70. Erdaş, O., Odun Hammaddesi Üretimi, Bölmeden Çıkarma ve Taşıma Safhalarında Sistem Seçimi, KÜ Orman Fakültesi Dergisi Cilt:9, 1/2, (1986) 91-113.
71. Bayoğlu, S., Ormancılıkta Mekanizasyon ve Gelişmesi, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği 1.Ulusal Sempozyumu, MPM Yayınları No:339, 8-12 Temmuz 1985, Bolu, 38-67.
72. Erdaş, O., Acar, H.H., Tunay, M., Karaman, A., Türkiye'de Orman İşçiliği ve Üretim, Orman Yolları, Orman Ürünleri Transportu, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Mülkiyet-Kadastro İle İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Türkiye Ormancılık Raporu, KTÜ, Orman Fakültesi, Yayın No: 48, 1995, 44-79.
73. Erdaş, O., Uygulama Açısından Türkiye'de Odun Hammaddesi Üretimi ve Orman Yollarında Transport İlişkileri, KTÜ Orman Fak. Dergisi, Cilt.10, 1/2 (1987) 51-63.
74. Erdaş, O., Orman Transport Tesis ve Taşıtları I-II, Ders Notları, K.T.Ü. Yayınları No:380, Trabzon, 1988
75. Gürtan, H., Dağlık ve Sarp Arazili Ormanlarda Kesim ve Bölmeden Çıkarma İşlerinde Uçranılan Kayıpların Saptanılması ve Bu İşlemin Rasyonalizasyonu Üzerine Araştırmalar, TÜBİTAK Yayınları No.250, Ankara, 1975
76. Karaman, A., Doğu Karadeniz Bölgesinde Odun Hammaddesi Üretimi İşçiliği, Problemler ve Ergonomik Yaklaşımlar, 5.Ergonomi Kongresi, 4-6 Kasım 1995, İstanbul, Bildireler Kitabı, 293-304.
77. MPM, Verimlilik Yönetimi (Çeviri), ILO, MPM Yayın no:476, 1992, Ankara
78. Altuğ, O., Maliyet Muhasebesi, M.Ü. Yayınları, No: 434-667, İstanbul, 1989
79. Seçkin, Ö.B., Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği Sempozyumunun Değerlendirilmesi, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Cilt35, Seri B, 1 (1985)
80. Yıldırım, M., Engür, O., Ormanda Bölmeden Çıkarma, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, 39, 4 (1989) 84-99.
81. OGM, DOI Döner Sermaye Yönetmeliği, 1984.
82. Kantarcı, M.D., Doğu Karadeniz Bölümünde Bölgesel Ekolojik Birimler, 1.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 11-13 Ekim 1995, Trabzon, Bildiriler Kitabı, Cilt:3, 111-138.
83. Köse, S., Doğu Karadeniz Bölgesi Ormanlarında Eta Azalması Nedenlerinin Araştırılması, Doç. tezi. Basılmamıştır, Trabzon, 1990.
84. Unimog MB Tractors Kataloğu

85. MPM-REFA, İş Etüdü Yöntem Bilgisi (5 Kitap) MPM yayın No: 544, Ankara, 1984
86. Kalıpsız, A., İstatistik Yöntemler, İÜOrman Fakültesi Yayınları No: 3522/394, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1988.
87. Günel, A., Ormancılıkta Deneme Desenleri Lisansüstü ders notları (basılmamış) Trabzon
88. Cooley, W.W., Lohnes, P.R., Multivariate Data Analysis, New York, 1971,
89. Manly, B.F.J., Multivariate Statistical Methods, Chapman and Hall, London, 1990
90. Dağlı, C.H., Artificial Neural Networks For Intelligent Manufacturing, Yöneylem Araştırması Dergisi, Cilt:6, Sayı:1, 1994, 1-26.
91. Wu, J.K., Neural Networks and Simulation Methods, Marcel Dekker Inc. New York, 1994
92. Halaç, O., İşletmelerde Simülasyon Teknikleri. İÜ İşletme Fak. Yayını No: 130, 1982
93. Pegden, C.D., Shannan, R.E., Sadowski, R.P., Introduction to Simulation Using SIMAN, McGraw-Hill, Inc., Singapore, 1990
94. Hocaoğlu, M.F., Akış Tipi Atölyede Simülasyon Dili Kullanarak Hat Düzenleme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, 1994.
95. Conway, S., Logging Practices, Oregon, U.S.A., 1982.
96. McKillop, W., B.Krumland., 1989: A Simulation/Linear Programming Approach to Timber Supply Modeling. Western Journal, Vol:4, 3 (1989) 80-84.
97. Koger, J., Analysing Timber Harvesting Systems Using STALS-3, Forest Products Journal, Vol:42, 4 (1992) 25-30.
98. Reisinger, B.T.W, W.D.Greene, J.F. McNeel, T.M.Cooney, Microcomputer Programs to Analyze Timber Harvesting, Journal of Forestry, Vol: 84, 10 (1986), 17-20.
99. Olsen, E.D., Logging Incentive Systems, OSU Forest Research Laboratory, Research Bulletin 62, 19p., Corvallis, 1988.
100. Dennis, D.F. An economic Analysis of Harvest Behavior: Integrating Forest and Ownership Characteristics, Forest Science, 35, 4 (1988) 1088-1104
101. Forbrig, A., Wheeled Tractor System, ECE/FAO/ILO Semminar, 1989, Antalya
102. Hartman, R., Gibson, H.G., Techniques for The Wheeled-Skidder Operator, USDA Forest Service Research Paper NE-170, 20p., 1970.

## 8. EKLER

Tez kapsamında yer alan bazı tablolar bir sayfadan daha fazla sayfayı işgal etmektedir. Ayrıca bazı tablolardaki bilgilere sık sık müracaat edilme gereği ortaya çıkmıştır. Böylesi tablolar ilgili oldukları konunun tamamıyla ilgilidirler. Bu tür özellik arz eden tablolar ek tablolar şeklinde verilmiştir. Söz konusu tabloların tez kapsamında verilmesi hem konu akışının kesilmesine neden olacak hem de daha çok yer işgal edecektir. Tablo sütunlarında yer alan xii ve yii şeklinde verilen değişken değerlerinin geniş açıklanması 2.4.2 bölümünde verilmiştir. İlgili yerlerde diğer açıklamalarda da bulunulmuştur.

Kesim sürecinde arazide yapılan gözlem ve ölçüm değerlerinin tamamı Ek Tablo 1 olarak verilmiştir. Kesim süreci ile ilgili yapılan bütün işlemlerde Ek Tablo 1’de yer alan veriler kullanılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi oluşturulmuş ve Ek Tablo 2 olarak verilmiştir. Varyans analizi ile ilgili toplu sonuçlar ise Ek Tablo 3 olarak verilmiştir.

Kabuk soyma işlemi, kesim sürecindeki işlemlerden biri olarak değerlendirilmekle birlikte bu işlem sadece iğne yapraklı ağaç türlerinde uygulandığından, kabuk soyma ile ilgili yapılan gözlem ve ölçüm değerlerinin tamamı Ek Tablo 4 olarak verilmiştir. Balta ile kabuk soyma işlemi ile ilgili yapılan bütün işlemlerde Ek Tablo 4’de yer alan veriler kullanılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi Ek Tablo 5 olarak, varyans analizi ile ilgili toplu sonuçlar ise Ek Tablo 6 olarak verilmiştir.

MB trak 800 ve MB trak 900 model orman traktörleri ile bölmeden çıkarma sürecinde arazide yapılan gözlem ve ölçüm değerlerinin tamamı Ek Tablo 7 olarak verilmiştir. Traktörlerle bölmeden çıkarma süreci ile ilgili yapılan bütün işlemlerde Ek Tablo 7’de yer alan veriler kullanılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi Ek Tablo 8 olarak, varyans analizi ile ilgili toplu sonuçlar ise Ek Tablo 9 olarak verilmiştir.

Ek tabloların kullanımı ve bu tablolardaki bilgilerden yararlanılması ile ilgili gerekli açıklamalar konu ile ilgili bölümlerde verilmiştir.

Ek Tablo 1: Kesim Sürecinde Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları Tablosu

Açıklama: 11-35 numaralı sütunlar *x<sub>i</sub>* şeklindedir (x11, x12, ..., x35), y11-y19 numaralı sütunlar iş dilimindeki zaman değerleridir. geniş açıklama 2.4.2. bölümünde verilmiştir. x11:yönü, x14:ö.örtü, x17:zemin koş., x20:ağaç cinsi, x23:dip çap, x26:a. pozisyon, x29:taç uz., x33:tomr. say., y11:yürütme z., y14:kesme z., y17:bekleme z., ymt.m.t. çalışt. z., x12:egim, x15:a.engeli, x18:hava h., x21:a. türü, x24:d1,30 çapı, x27:m.t. sınıfı, x31:taç formu, x34:end.göv.uz., y12:hazırlık z., y15:devirme z., y18:dal alma z., yge:ger. ç.z. x13:d.örtü, x16:kesim eng., x19:yür. mes., x22:a. vassı, x25:DKGH, x28:ağaç boyu, x32: dal yoğunlu., x35:EH, y13: engel gid. z., y16:dişirme z., y19:tomruklama z.,

No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35
1	3	70	2	2	3	1	1	1	70	2	21	2	36	32	0,957	2	1	21	12	1	2			
2	3	85	3	2	3	2	1	1	20	2	21	2	40	34	1,022	2	1	21	13	1	2			
3	2	70	2	2	1	1	1	1	70	2	23	2	38	34	1,022	1	1	23	12	1	1	6	20	0,915
4	1	70	1	1	1	1	1	1	130	2	23	4	48	44	2,127	2	1	23	10	1	1	5	19	1,884
5	1	70	1	1	1	1	1	1	15	2	21	2	53	46	2,127	2	1	25	15	1	2			
6	2	65	1	2	1	1	1	1	90	2	23	4	42	40	1,570	2	1	20	4	1	1			
7	1	70	1	3	4	1	1	1	35	2	21	2	65	52	2,680	1	1							
8	1	50	3	3	4	3	1	1	25	2	21	2	34	32	0,957	2	1	13	7	1	1	4	10	0,493
9	1	50	3	1	2	3	1	1	7	2	21	2	28	26	0,512	2	1	15						
10	3	75	2	2	3	3	2	2	40	1	11	1	92	85	10,111	1	3	3	3					
11	2	70	2	2	1	2	2	2	190	1	11	1	45	38	1,204	2	3	2	3					
12	2	70	3	1	1	3	2	2	15	1	11	2	38	36	1,204	2	3	1	2					
13	3	50	2	1	2	3	2	2	30	1	11	2	60	54	3,002	1	3	1	2					
14	1	50	2	1	2	1	2	2	70	1	11	1	48	48	2,466	2	3	1	3					
15	1	85	1	1	3	1	2	2	100	1	11	1	80	60	4,267	2	2	24	7	1	2	9	17	3,054
16	3	80	1	1	1	2	2	2	10	1	11	1	90	82	9,072	2	2	24	10	1	2	10	14	5,525
17	2	80	1	1	4	1	1	1	35	1	11	2	40	38	1,204	2	2	2						
18	1	80	1	1	1	1	1	1	5	1	11	2	72	60	4,267	1	2	2						
19	2	80	1	1	1	1	1	1	10	1	11	1	70	64	4,994	3	2	2						
20	2	80	1	1	1	2	1	1	12	1	11	2	55	50	2,466	2	2	3						
21	1	80	1	1	1	2	1	1	4	1	11	1	80	70	5,790	2	2	3						
22	1	25	2	2	1	2	1	1	20	2	21	2	48	40	1,556	2	2	23	16	1	3	6	22	1,233
23	1	40	2	1	1	1	1	1	10	2	21	4	40	38	1,234	2	2	20	10	1	2	5	17	0,916
24	2	50	2	1	2	2	1	1	5	2	21	2	44	40	1,556	2	2	25	12	1	2	7	23	1,187
25	2	40	2	2	3	1	1	1	30	2	21	4	34	30	0,732	2	2	18	2	1	1	4	18	0,696
26	2	35	3	2	3	1	1	1	25	2	21	4	32	30	0,732	2	2	19	7	1	1	4	16	0,505

y11	y12	y13	y14	y15	y16	y17	y18	y19	ymt	yge	No
320	15	0	50	0	0	15	260				1
100	0	35	55	0	0	200	320				2
210	40	0	50	15	0	10	230	410	690	955	3
205	130	0	95	0	0	340	200	465	760	1095	4
20	0	55	85	0	0	20	480				5
275	85	0	95	0	0	40	120				6
180	15	0	100	35	0	25					7
205	0	210	50	0	0	20	115	190		770	8
100	35	0	0	0	0	15					9
245	90	250	400	0	0	100					10
605	45	85	120	40	0	10					11
80	0	180	110	0	0	160					12
155	75	210	280	0	0	10					13
180	120	0	250	80	0	10					14
310	280	0	240	0	0	510	290	670	1200	1790	15
40	20	85	365	55	0	200	205	880	1450	1650	16
150	0	0	110	0	0	15					17
5	60	0	185	90	0	120					18
15	320	0	280	210	0	20					19
15	0	30	225	0	0	90					20
5	90	45	255	170	0	150					21
60	220	20	140	40	0	70	580	410	1130	1470	22
20	20	0	135	15	0	290	645	300	1080	1135	23
15	150	5	115	0	0	25	510	390	1015	1185	24
100	50	0	115	0	0	420	100	340		705	25
115	0	0	100	0	0	30	300	130	530	645	26





Ek Tablo 1: Devam

No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35
65	3	80	1	2	1	1	2	2	2	2	21	2	49	46	1,818	2	2	20	14	1	2		17	1,927
66	2	80	1	1	1	1	2	2	4	2	21	2	40	40	1,486	2	2	22	12	1	2		19	1,245
67	3	80	1	2	1	2	2	2	7	2	21	2	61	57	3,016	3	2	21	17	1	3		18	2,662
68	1	70	2	2	1	1	3	1	45	2	21	2	50	40	1,170	2	2	17	12	1	2	5	15	0,835
69	3	85	2	2	2	1	3	1	50	1	11	2	66	60	3,150	2	2	18	15	3	3	21	28	2,980
70	2	85	2	2	1	1	3	1	22	1	11	1	44	40	1,510	2	2	17	13	2	2	13	15	1,114
71	3	80	4	1	4	2	2	1	35	2	21	2	48	42	1,170	2	2	17	11	1	3	3	14	0,989
72	3	80	4	1	1	3	2	1	10	1	11	1	52	49	2,284	2	2	20	12	1	3	12	20	1,465
73	3	80	4	1	2	3	2	1	8	1	11	2	48	46	1,874	2	2	21	14	2	3	11	12	1,589
74	2	85	1	1	1	1	1	1	15	2	21	2	26	24	0,480	2	2	13	6	1	2	3	10	0,321
75	1	85	1	1	1	1	1	1	25	2	21	2	35	30	0,680	2	2	15	6	1	2	4	12	0,545
76	1	75	1	1	1	1	1	1	25	1	11	2	46	42	1,510	2	2	20	8	1	1	6	16	1,001
77	3	60	1	1	3	1	1	1	70	2	23	2	22	20	0,332	2	1	10	5	1	1		8	
78	3	80	1	1	1	1	1	1	20	2	23	2	14	14	0,112	2	1	8	5	1	1		6	
79	2	80	1	1	1	1	1	1	15	2	23	2	16	14	0,112	2	1							
80	2	80	1	1	1	1	1	1	8	1	12	2	24	22	0,220	2	1							
81	2	80	1	1	1	1	1	1	7	1	12	2	28	24	0,332	2	1							
82	2	80	1	1	1	1	1	1	19	1	12	2	22	22	0,220	2	1							
83	2	80	1	1	1	2	1	1	18	1	12	2	16	16	0,140	2	1							
84	2	85	1	1	1	1	1	1	12	2	23	2	14	14	0,112	2	1							
85	3	85	1	1	1	1	1	1	24	2	23	2	18	14	0,112	2	1							
86	2	85	1	1	1	2	1	1	15	1	12	2	22	19	0,140	2	1							
87	2	85	1	1	1	1	1	1	9	2	23	2	24	20	0,341	2	1							
88	2	75	1	1	1	1	1	1	12	1	12	2	15	14	0,080	2	1							
89	3	75	2	3	4	1	1	1	38	1	12	2	34	30	0,400	2	1							
90	2	75	1	1	1	1	1	1	10	1	12	2	14	12	0,080	2	1							
91	2	75	1	1	1	1	1	1	6	2	23	2	12	12	0,112	2	1							
92	3	70	1	1	1	1	1	1	10	2	23	2	14	13	0,112	2	1							
93	2	70	1	1	1	1	1	1	8	2	23	2	10	10	0,050	2	1							
94	2	70	1	1	1	1	1	1	9	2	23	2	12	10	0,050	2	1							
95	2	70	1	1	1	2	1	1	6	2	23	2	32	26	0,503	2	1							
96	2	70	2	1	1	1	1	1	20	1	12	2	24	21	0,210	2	1							
97	2	70	2	1	1	1	1	1	5	1	12	2	26	22	0,210	2	1							
98	1	70	2	1	1	1	1	1	7	1	12	2	22	20	0,210	2	1							
99	2	70	2	1	1	1	1	1	18	1	12	2	44	39	0,750	2	1							
100	2	70	2	1	1	1	1	1	6	1	12	2	18	16	0,140	2	1							

	y11	y12	y13	y14	y15	y16	y17	y18	y19	yml	yge	No
	10	0	0	105	50	0	15	370				65
	10	40	0	80	55	0	80	280				66
	20	0	35	165	215	0	30	495				67
	170	55	0	110	0	500	150	300	390	800	1525	68
	200	70	0	190	0	0	40	540	1130	1860	2130	69
	85	20	0	105	0	0	50	400	480	985	1090	70
	410	140	60	100	0	0	65	490	100	690	1300	71
	95	0	130	130	0	0	45	440	960	1530	1755	72
	80	40	240	120	0	0	200	550	520	1190	1550	73
	50	20	0	40	0	0	25	100	105	245	315	74
	100	0	0	55				140	130	325		75
	110	190	0	130	0	0	10	90	220	440	740	76
	260	0	0	50	0		190	40	80			77
	40	225	0	25	0		0	10	80			78
	40	0	0	15	0	45	35					79
	25	0	0	25	0	0	10					80
	20	0	0	30	0	0	20					81
	40	50	0	20	0	40	70					82
	40	0	60	20	0	0	10					83
	30	0	0	20	0	0	10					84
	70	65	0	25	0	35	10					85
	45	0	40	25	0	50	25					86
	30	0	0	30	0	35	30					87
	30	0	0	20	0	0	10					88
	140	110	0	70	0	0	10					89
	20	20	0	15	0	25	20					90
	25	35	0	15	0	0	10					91
	35	0	0	20	0	45	30					92
	20	0	0	15	0	30	30					93
	20	0	0	10	0	0	10					94
	15	35	55	50	0	0	10					95
	70	0	0	35	0	25	45					96
	15	0	0	40	0	30	20					97
	20	20	0	25	0	40	50					98
	45	0	0	80	0	0	10					99
	15	0	0	25	0	35	20					100

Ek Tablo 1: Devam

No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35
101	1	50	1	1	4	2	1	1	75	2	21	2	42	36	1,196	2	1	19	13	1	2	6	16	0,865
102	1	25	1	1	1	1	1	1	20	2	21	2	23	21	0,336	2	1	13	7	1	1	3	10	0,265
103	2	25	3	1	1	1	1	1	10	2	21	2	24	21	0,336	2	1	13	7	1	1	3	10	0,290
104	2	25	1	1	1	2	1	1	5	2	22	2	46	40	1,167	3	1	21	9	1	1	6	19	1,050
105	2	25	1	1	1	1	1	1	13	2	22	2	34	30	0,535	2	1	15	7	1	1	4	12	0,488
106	1	35	2	1	2	1	1	1	22	2	21	2	20	17	0,206	2	1	11	5	1	1	3	10	0,250
107	2	35	2	1	1	2	1	1	5	2	22	2	32	30	0,535	2	1	16	4	1	1	4	14	0,420
108	2	35	1	1	1	1	1	1	14	2	22	2	34	30	0,535	2	1	16	7	1	1	4	13	0,387
109	2	35	1	1	1	1	1	1	8	2	22	2	24	24	0,397	2	1	13	7	1	1	3	10	0,310
110	2	35	2	1	4	1	1	1	32	2	21	2	34	28	0,723	2	1	12	8	1	1	3	10	0,717
111	3	35	2	1	1	1	1	1	3	2	21	2	25	22	0,336	2	1	12	6	1	1	3	10	0,310
112	2	35	2	1	4	2	1	1	6	2	21	2	28	26	0,502	2	1	14	8	1	1	4	13	0,450
113	1	50	3	1	2	2	1	1	5	2	21	2	28	26	0,502	2	1	13	8	1	1	3	10	0,418
114	1	50	1	1	2	1	3	1	75	1	11	1	88	76	7,588	2	1	29	18	2	3	13	28	5,976
115	1	50	3	1	3	2	3	1	14	1	11	2	56	47	1,986	2	1							
116	2	50	3	3	1	4	3	1	48	1	11	1	90	75	7,588	1	1	28	20	4	3	19	37	9,313
117	2	50	3	1	1	1	3	1	35	1	11	2	68	62	4,267	1	1	30	12	1	3	6	22	2,956
118	2	50	4	1	1	4	3	1	20	1	11	2	70	62	4,267	2	1	25	20	3	3	18	32	4,333
119	1	50	4	1	2	3	3	1	30	1	11	1	70	58	3,603	2	1	25	21	1	3	7	17	1,879
120	1	55	4	1	2	3	3	1	11	1	11	2	52	48	2,467	2	1	23	14	1	3	6	18	1,998
121	3	55	4	2	3	4	3	1	25	1	11	2	54	50	2,467	1	1	23	14	1	3	7	17	2,101
122	2	55	3	1	3	4	3	1	43	1	11	2	42	40	1,566	2	1	25	10	1	2	6	21	1,285
123	2	55	3	1	1	1	3	1	85	1	11	1	78	64	4,994	2	1	19	17	2	3	11	23	4,525
124	1	55	3	1	1	3	3	1	9	1	11	1	62	52	3,002	2	1	20	13	1	3	6	16	2,123
125	1	50	2	1	1	2	2	1	33	1	11	2	58	52	3,002	1	1	30	10	1	3	7	27	2,360
126	2	50	2	2	1	1	2	1	67	1	11	2	54	50	3,002	1	1	30	18	1	3	10	25	2,288
127	1	50	2	1	1	1	2	1	22	1	11	2	65	56	3,603	2	1	26	7	3	3	17	35	4,321
128	3	50	2	1	4	3	2	1	76	1	11	2	42	38	1,204	2	1							
129	3	45	2	3	2	4	2	1	15	1	11	1	60	50	2,466	2	1							
130	2	45	3	1	3	3	2	1	40	1	11	2	40	38	1,204	1	1							
131	2	70	3	2	1	2	1	2	80	2	21	4	70	64	3,559	2	3	26	9	1	1	6	23	3,133
132	1	70	4	2	1	2	1	2	16	2	21	2	36	34	0,931	3	3	20	9	1	1	4	18	0,723
133	1	70	2	3	1	1	1	2	9	2	21	2	40	34	0,931	2	3	20	9	1	1	4	18	0,785
134	2	70	2	2	1	1	1	2	27	2	22	2	52	44	1,286	1	3	24	8	1	1	5	22	1,040
135	1	70	2	1	4	2	1	2	125	2	21	1	66	58	2,839	2	3	21	17	1	3	5	18	2,430
136	1	60	2	1	3	2	1	2	19	2	22	2	50	46	1,286	2	3	23	11	1	2	6	19	1,122

y11	y12	y13	y14	y15	y16	y17	y18	y19	yml	yge	No
440	90	35	80	0	0	10	660	280	1020	1585	101
35	15	0	45	0	0	10	140	115	300	350	102
45	0	0	40	0	70	25	150	170	360	475	103
15	0	40	100	60	0	10	530	210	840	955	104
35	70	0	65	0	35	35	205	180	450	590	105
70	0	0	20	0	50	60	100	100	220	340	106
25	0	95	60	0	0	10	120	125	305	425	107
40	0	0	55	0	45	40	95	150	300	385	108
20	0	0	40	0	0	10	110	105	255	275	109
150	130	0	50	0	0	10	110	95	255	535	110
10	0	0	25	0	85	20	135	70	230	325	111
30	20	40	35	0	25	20	170	80	285	400	112
20	20	70	25	10	10	40	180	105	310	440	113
360	100	0	180	25	0	90	710	640	1530	2015	114
105	0	75	145	0	0	320					115
390	140	280	210	0	0	100	1050	995	2255	3065	116
220	40	0	150	0	0	20	540	400	1090	1350	117
180	20	300	150	0	0	75	900	860	1910	2410	118
270	0	180	130	100	0	40	1010	285	1425	1975	119
100	0	140	125	0	0	35	500	270	895	1135	120
340	55	295	120	0	0	10	350	380	850	1540	121
375	70	340	90	0	0	10	180	400	670	1455	122
680	220	0	220	70	0	60	1030	705	1955	2925	123
55	0	105	135	140	0	20	570	400	1105	1405	124
120	0	110	110	0	0	75	190	350	650	880	125
300	80	0	100	40	0	35	410	670	1180	1600	126
90	70	0	120	0	0	45	330	930	1380	1540	127
850	110	250	70	0	0	90					128
120	170	290	105	0	0	25					129
270	200	200	70	35	0	30					130
605	150	45	370	100	0	200	250	750	1370	2270	131
130	230	85	145	310	0	140	260	340	745	1500	132
40	0	0	130	0	0	10	190	290	610	650	133
120	0	0	170	0	0	10	200	430	800	920	134
900	170	30	260	0	0	35	890	520	1670	2770	135
130	20	100	200	0	270	45	500	460	1160	1680	136



Ek Tablo 2. Kesim Sürecinde Belirlenen Değişkenlerin Birbirleriyle İlişkilerini Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları

	x24	x25	x16	x26	x27	x28	x29	x31	x32	x33	x34	← ↓
x11		,907	,283	-,210	,411	,771	,616	,367	,468	,599	,696	x24
x12	,159		,198	-,173	,257	,682	,578	,458	,426	,627	,665	x25
x13	,060	-,151		-,042	,125	,037	,244	,116	,199	,136	,030	x16
x14	,169	,004	,130		,044	-,228	-,137	-,005	-,180	-,060	-,068	x26
x15	,118	,089	,110	,211		,122	-,024	-,032	,033	-,110	,062	x27
x17	,068	-,030	,586	,142	-,072		,579	,165	,323	,477	,827	x28
x18	-,016	,069	,218	,122	,072	,330		,394-1	,581	,550	,526	x29
x19	-,035	,054	,050	,248	,340	,108	,177		,380	,836	,525	x31
x20	-,075	-,164	-,160	,062	,114	-,361	,102	,033		,482	,296	x32
x21	-,051	-,148	-,206	,037	,086	-,397	,079	,020	,991		,704	x33
x22	-,091	-,050	-,056	,107	,027	-,192	-,002	-,022	,378	,369		x34
↑ →	X11	x12	x13	x14	x15	x17	x18	x19	x20	x21	x22	

↓ →	x11	x12	x13	x14	x15	x17	x18	x19	x20	x21	x22
x23	-,104	,071	,210	,118	,192	,390	,279	,305	-,096	-,141	-,167
x24	-,079	,055	,201	,122	,179	,383	,277	,284	-,104	-,148	-,157
x25	-,055	,089	,088	,106	,094	,334	,157	,227	-,144	-,179	-,211
x16	,060	-,163	,571		,201	,379	,201	,045	-,218	-,233	-,163
x26	-,029	-,104	-,086	-,087	-,176	-,070	-,087	-,144	,093	,098	,085
x27	,069	,016	,197	,224	,081	,167	,521	,191	,082	,046	,042
x28	-,125	,158	-,076	,055	,093	,072	-,050	,219	-,055	-,056	-,013
x29	-,005	,277	,129	,078	,219	,227	-,038	,247	-,101	-,118	-,264
x31	,116	,160	,110	,090	-,065	,239	-,053	,173	-,300	-,312	-,164
x32	,008	,418	,191	-,000	,035	,462	,113	,124	-,483	-,505	-,257
x33	,094	,211	,071	,053	-,115	,377	-,098	,132	-,440	-,444	-,214
x34	-,168	-,033	-,041	,130	-,117	,134	-,062	,174	-,053	-,060	,056

↓ →	x11	x12	x13	x14	x15	x17	x18	x19	↓ →	x13	x14	x15	x17	x18	x19
y11	,15		,28	,32	,52	,26	,23	,79	yx12	,26	,39	,46	,32	,22	,92
my11	,34		,68	,28	,47	,58	,19	,18	y11a	,31	,27	,46	,31	,25	,87
by11	,21			,17	,29			,39	y11y	,40	,37	,49	,35	,28	,81
yx11		,41			,40	,51		,86	yx13	,31	,42	,45	,23	,23	,86
y13			,56		,18	,41	,21		yx15		,38	,41	,24		,91
yge		,24	,34	,20		,48		,56	yx17			,63		,31	,76
kg1			,23	,23	,42	,26	,31	,71	yx21	,27	,49	,46	,40	,22	,89
									zx11			,43			,89

↓ →	x21	x23	x24	x25	x16	x27	x35	x28	x29	x30	x31	x32	x33	x34
y14		,87	,87	,81	,23	,63								
y15		,28	,28	,26		,26								
y17		,29	,27	,21		,23								
y18			,54	,53				,42	,80	,64	,47	,62	,49	,45
y19			,75	,73				,60	,50		,57	,43	,82	,76
ymt		,82	,79	,76	,28		,77	,61	,74	,38	,59	,56	,74	
yge	-,20	,80	,72	,66	,43	,23	,65	,48	,68	,43	,46	,54	,55	,54
kg1		,63	,61	,51	,23	,44								
kg2			,63	,56		,27	,51	,40	,60	,43	,30	,49	,35	
kg3			,76	,70		,27	,68	,54	,65	,35	,44	,51	,56	

Not: xii-xii ilişkilerinde bütün katsayılar, xii-yii ilişkilerinde ise % 95 ve daha yüksek ilişkili olan katsayılar verilmiştir. Katsayıların anlamlılık düzeyi; 0,222 - 0,278 arası % 95 ile % 98,7 arasında, 0,279 - 0,350 arası % 98,7 ile % 99, 9 arasında, 0,351'den büyük katsayılar % 99,9'dan daha yüksek, şeklindedir.

Ek Tablo 3. Kesim Sürecinde İş Dilimlerine İlişkin Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffe Testine Göre Farklı Grupların Belirlenmesi

Değişken adı	değ. gr.	yürüme zamanı yıl			1 m. mesafe yürüme z.		toplam faaliyet zamanı			GYA'larda 1 m. mesafe yürüme			IYA'larda 1 m. mesafe yürüme		
		gö.sa	ort.	f.l. gr.	ort.	f.l. gr.	gö.sa	ortal.	f.l. g	gö.s	ort.	f.l. g	gö.s	ort.	f.l. g
x11	1	47	166	X	4,6	X	31	1510	NS	16	4,7	1-3	30	4,6	1-3
	2	78	172	X	5,3	X	38	1308		34	5,5		44	5,0	
	3	43	274	X	7,8	X	19	1421		18	8,7		24	6,5	
		168	197	2,8	5,7	13	88	1404	0,68			7,4			
x12	1	12	78	X	3,8	X	7	913	NS	1	7,7	2-4	11	3,5	1-3
	4	47	183	X	5,4	X X	35	1324		20	7,0	3-4	30	4,4	1-4
	2	50	199	X	5,4	X X	36	1567		25	7,5		31	5,6	2-4
	3	59	230	X	6,7	X	10	1437		22	3,8		26	6,7	
	168	197	1,3	5,7	3,3	88	1404	1,97			5,8				4,9
x13	1	55	130	X	3,7	X	18	1114	1-4	19	2,7		36	4,2	1-2
	2	50	160	XX	4,7	X	29	1282	2-4	19	4,6		31	4,7	ha
	3	39	260	XX	7,0	X	24	1518		16	8,3		23	6,2	riç
	4	24	325	X	10,5	X	17	1756		14	10,5		8	9,7	
	168	197	4,8	5,7	49,5			3,1			46				11,5
x14	1	116	147	X	5,1	X	58	1294	NS	51	56	1-2	65	48	1-2
	2	36	272	X	6,9	X	23	1611		11	85		25	63	
	3	16	389	X	7,6	X	7	1634		6	71		8	64	
		168	197	9,3	5,7	7,3	88		2,1			3,4			
x15	1	100	113	X	4,6	X	52	1398	NS	44	51	1-3	55	4,2	1-2
	2	24	171	XX	6,2	X X	15	1538		10	74	1-5	14	4,7	2-3
	3	22	327	XX	7,0	X X	11	1798		9	88		13	5,7	4-5
	4	15	437	XX	8,2	X X	7	1277		3	63		11	8,3	ha
	7	566	X	10,7	X	3	1413		2	10,7		5	10,7	ric	
	168	197	15,3	5,7	11,9			1,3			3,6				13,7
x17	1	88	146	X	4,3	X	39	1028	1-2	21	30	1-2	67	47	1-3
	2	41	199	X	5,9	X	20	1604	1-3	23	61	1-3	18	56	2-3
	3	39	309	X	8,9	X	29	1771		24	90	2-3	13	79	
		168	197	6,	5,7	36,7			12,9			28			
Değişken adı	değ. gr. no	kesme zamanı yıl (YD)			birim çapın kesilmesi z.		kesme, devirme ve düşürme z.		kesme, devirme, dudama ve tomruklama zamanı						
		gö.sa	ort.	f.l. gr.	ort.	f.l. gr.	ort.	f.l. gr.	gr.no	gö.sa	ort.	f.l. gr.			
x16	1	82	104	NS	000	hepsi farklı	225	X	1	41	958	X			
	2	41	136		59		281	X	2	23	1105	X X			
	3	25	142		180		410	X	3	10	1388	X X			
	4	14	160		316		571	X	4	11	1588	X			
	162	123	3,3	y15	736			17,8				5,2			
x21	11	47	154	11-12	2,7	11-12	357	11-12	22	8		X			
	12	21	65	11-23	1,8	11-23	194		12	6		X			
	21	65	131	12-21	2,6	12-21	322		21	34		X			
	22	9	119		2,6	21-23	243		23	6		X			
	20	83		1,9		216		11	31		X				
			6,5		6,4		3,5					1,4			
x22	1	24	193	1-2	2,9	1-2	434	1-2	2	60	1041	X			
	2	124	102	2-4	2,2	1-4	267		4	8	1235	X X			
	4	14	190		3,6	2-4	331		1	17	1395	X			
				22,8		22,5		7,				2,9			
a24	1	14	19	X	1,3	X	74	X	1	1	270	X			
	2	37	58	X	1,9	X	168	X	2	17	490	XX			
	3	68	120	X	2,6	X	315	X	3	39	1111	X X			
	4	43	217	X	3,1	X	452	X	4	28	1575	X			
			93,6	y13	29,6	298	25,9					27,8			
x26	1	27	162	1-2	2,6	1-3	349	1-3	2	65	1093	X			
	2	125	109	2-3	2,3	2-3	265	2-3	1	14	1093	X X			
	3	9	201		3,5		598		3	6	1616	X			
				9,9		8,8		13,1				2,5			
x27	1	63	66	X	1,6	X	183	X	1	28	986	X			
	2	79	144	X	2,7	X	350	X	2	43	1163	X			
	3	20	219	X	3,8	X	455	X	3	14	1316	X			
				50,9		118		21,9				1,8			

Ek Tablo 3 (Devam). Kesim Sürecinde İş Dilimlerine İlişkin Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffe Testine Göre Farklı Grupların Belirlenmesi

Değişken adı	gr. no	dal alma zamanı			tomruklama zamanı			dal alma + tomruklama		toplam faaliyet zamanı		
		gö.sa	ort.	f.lı gr.	gö.sa	ort.	f.lı gr.	ort.	f.lı gr	gö.sa	ort.	f.lı gr
x20	1	37	406	NS	37	482	1-2	888	1-2	37	1569	NS
	2	71	345		56	328		685		51	1284	
		108	366	1,5	93	389	11,0	766	5,7	88	1404	3,5
a24	1	2	90	1-3	1	100	1-4	200	1-3-4	1	400	1-4
	2	24	167	1-4	21	172	2-3	346	1-4	19	681	2-3
	3	52	383	2-3	42	359	2-4	749	2-3	40	1367	2-4
	4	30	514	2-4	29	598	3-4	1112	2-4	28	1982	3-4
		108	366	13,	93		27,8	766	28,3	88		24,3
x27	1	35	353	NS	29	355	NS	745	X	29	1189	1-3
	2	58	380		49	382		775	X	44	1439	
	3	15	338		15	503		857	X	15	1715	
			366	0,2	93	389	1,9		,3			2,9
x28	1	25	197	1-2	21			393	1-2-4	20	838	1-2
	2	25	387	1-3	22			757	1-3-4	21	1430	1-3
	3	33	409	1-4	26			825	1-4	23	1520	1-4
	4	25	455		24			1035		24	1741	
		108	366	6,2	93			766	12,6	88		7,2
x29	1	37	177	X	31			464	1-2	28	886	1-2
	2	42	345	X	38			730	1-3	36	1422	1-3
	3	29	636	X	24			1212	2-3	24	1980	2-3
		108	366	60,0	93			766	44,5			23,2
x30	1	8	190	1-3-4	8			682	1-4	7	1342	1-4
	2	38	265	1-4	34			639	2-4	30	1193	2-4
	3	47	356	2-3	39			718	3-4	38	1291	3-4
	4	15	748	2-4	13			1311		13	2295	
		108	366	26,5	93			766	12,2			10,7
x31	1	93	319	1-2	78	342	1-2-4	676	X	74	1278	1-2
	2	11	634	1-3	11	509	1-3	1143	X	10	1956	1-3
	3	3	590	1-4	3	973	1-4	1563	X	3	2080	1-4
	4	1	1050		1	995	2-3	2045	X	1	3165	
		108		11,8			16,		17,7			6,9
x32	1	39	199	1-2	33	276	1-2	496	X	31	898	1-2
	2	42	373	1-3	35	394	1-3	779	X	32	1582	1-3
	3	27	596	2-3	25	530	2-3	1115	X	25	1803	
		108	366	33,2	93	389	10,3		25,4			17,8
a33	1				30	178	1-2	394	X	28	899	1-2
	2				35	414	1-3	806	X	33	1506	1-3
	3				28	584	2-3	1114	X	27	1802	
				93	389	43,3		40				15,6
a34	1				18	180	1-2-4	403	1-3	18	972	1-3
	2				19	322	1-3-5	622	1-4	17	1154	1-4-2
	3				27	345	1-4-3	800	1-5	25	1473	1-5-2
	4				19	540	1-5-4	952	2-5	19	1621	3-5
	5				10	723	2-5	1312	3-5	9	2088	
				93		22,8		12,3	88			5,8

Ek Tablo 4. İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Kabukların Balta İle Soyulması Sırasında Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları Tablosu

Tablo sütunlarındaki değişkenlerin geniş açıklaması 2.4.2. bölümünde verilmiştir. Bunların kısaca açıklanması ise şu şekildedir:

x41: ağaç türü, x42: orta çap (cm), x43: boy (m.), x44: kabuksuz hacim (m<sup>3</sup>), x45: kabuk alanı (m<sup>2</sup>), x46: budaklı kısım uzunluğu (m.),

x48: budak yoğunluğu, x49: kabuk vasfı, y21: aktif olarak soyma zamanı (YD), y22: çevirme:ayarlama zamanı (YD), y23: dinlenme zamanı (YD)

No	x41	x42	x43	x44	x45	x46	x48	x49	y21	y22	y23	No	x41	x42	x43	x44	x45	x46	x48	x49	y21	y22	y23
1	1	28	4	0,246	3,5168	0	1	1	1270	270	0	30	1	35	17	1,633	18,6830	14	3	1	3110	345	690
2	1	23	4	0,166	2,8888	1	2	3	1930	140	0	31	1	25	3	0,147	2,3550	3	3	1	1300	35	0
3	3	42	5	0,693	6,5940	0	1	1	1540	40	0	32	1	45	18	2,862	25,4340	16	3	1	3130	20	850
4	3	34	4	0,363	4,2704	2	2	1	1675	85	2160	33	1	32	4	0,322	4,0192	4	2	1	1300	0	0
5	1	13	4	0,045	1,6328	3	3	1	900	100	0	34	1	40	5	0,628	6,2800	2	3	1	1940	0	0
6	1	33	18	1,188	18,6516	14	2	1	4570	220	1250	35	1	43	4	0,581	5,4008	1	1	2	1080	0	330
7	1	26	17	0,916	13,8788	15	3	3	10020	630	2400	36	1	36	5	0,509	5,6520	4	2	2	1430	50	0
8	1	26	23	1,187	18,7772	21	3	1	7870	480	1500	37	1	28	5	0,308	4,3960	5	3	2	1550	70	1240
9	1	30	8	0,516	7,5360	0	1	1	2760	180	900	38	1	18	5	0,127	2,8260	4	1	1	580	350	0
10	1	27	6	0,285	5,0868	3	2	2	2180	380	6800	39	1	29	4	0,264	3,6424	2	1	1	730	20	0
11	1	60	1	0,283	1,8840	0	1	2	510	0	0	40	1	36	14	1,398	15,8256	10	2	2	4080	0	250
12	1	25	15	0,887	11,7750	15	2	1	6120	320	900	41	3	17	8	0,182	4,2704	6	3	1	4500	0	510
13	1	26	15	0,903	12,2460	15	2	1	6570	120	1200	42	3	16	6	0,121	3,0144	6	3	1	3850	150	375
14	1	15	8	0,147	3,7680	6	2	1	2490	0	0	43	3	20	2	0,063	1,2560	0	1	2	920	100	0
15	1	24	3	0,136	2,2608	3	2	3	3190	80	480	44	3	18	4	0,102	2,2608	3	2	2	2110	0	1135
16	1	32	3	0,241	3,0144	2	2	3	3450	60	0	45	1	15	3	0,053	1,4130	2	1	1	390	45	270
17	1	34	2	0,182	2,1352	0	1	3	3710	70	670	46	1	17	3	0,068	1,6014	2	1	1	370	30	0
18	1	32	4	0,322	4,0192	3	2	3	3280	120	0	47	2	13	4	0,053	1,6328	4	1	1	430	120	0
19	1	18	4	0,102	2,2608	2	2	1	1230	0	0	48	1	14	3	0,046	1,3188	3	1	1	320	40	0
20	1	13	4	0,053	1,6328	4	2	1	1260	0	1300	49	1	11	3	0,028	1,0362	3	1	1	310	40	0
21	3	40	3	0,126	3,7680	0	1	2	740	0	0	50	1	12	3	0,034	1,1304	3	1	1	310	40	600
22	3	36	2	0,204	2,2608	0	1	2	1325	205	0	51	2	19	3	0,085	1,7898	2	2	1	530	100	0
23	3	25	2	0,098	1,5700	0	1	1	660	0	0	52	1	12	3	0,034	1,1304	3	1	1	270	30	0
24	3	21	3	0,104	1,9782	3	3	1	1230	250	240	53	2	15	3	0,053	1,4130	1	3	1	580	40	0
25	3	19	4	0,113	2,3864	4	3	1	1350	20	0	54	1	11	3	0,028	1,0362	3	1	1	310	260	0
26	3	68	5	1,816	10,6760	0	1	1	1280	655	0	55	1	8	4	0,020	1,0048	4	2	1	510	60	0
27	3	30	4	0,283	3,7680	0	1	1	885	310	630	56	1	10	3	0,024	0,9420	3	2	1	560	60	480
28	1	41	18	2,376	23,1732	0	1	1	1600	0	0	57	2	18	3	0,076	1,6956	2	2	1	890	70	0
29	1	38	14	1,588	16,7048	8	2	1	1610	0	0	58	1	10	4	0,031	1,2560	4	2	1	790	450	0

Ek Tablo 4 (Devam). İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Kabukların Balta İle Soyulması Sırasında Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları

No	x41	x42	x43	x44	x45	x46	x48	x49	y21	y22	y23
59	1	11	4	0,038	1,3816	4	3	1	1240	130	0
60	1	12	3	0,034	1,1304	3	1	1	470	220	0
61	1	10	4	0,031	1,2560	3	1	1	470	30	290
62	2	10	3	0,024	0,9420	2	1	1	570	120	0
63	1	15	3	0,053	1,4130	1	1	1	480	70	0
64	1	21	3	0,104	1,9782	1	1	1	400	40	0
65	1	20	3	0,094	1,8840	1	2	1	450	0	860
66	1	13	3	0,040	1,2246	3	3	1	720	100	0
67	1	22	3	0,114	2,0724	1	3	1	740	40	0
68	1	10	5	0,039	1,5700	3	2	1	1090	0	0
69	1	9	3	0,019	0,8478	3	1	1	430	50	0
70	1	9	4	0,025	1,1304	3	2	1	550	80	715
71	2	9	4	0,025	1,1304	2	2	1	460	40	0
72	1	9	4	0,025	1,1304	4	1	1	340	150	0
73	1	18	3	0,076	1,6956	0	1	1	350	310	0
74	2	30	3	0,212	2,8260	1	3	1	1310	40	340
75	1	17	3	0,068	1,6014	1	2	1	610	140	0
76	2	29	3	0,198	2,7318	0	1	1	790	120	0
77	2	40	3	0,377	3,7680	1	2	1	1290	15	400
78	2	34	3	0,272	3,2028	2	2	1	1020	20	0
79	2	28	3	0,185	2,6376	3	1	1	850	350	0
80	2	30	3	0,212	2,8260	2	2	1	1170	100	520
81	1	19	3	0,085	1,7898	0	1	1	320	80	0
82	2	16	3	0,060	1,5072	0	1	1	560	50	0
83	1	21	3	0,104	1,9782	2	2	1	670	50	0
84	1	13	3	0,040	1,2246	3	2	1	470	20	545
85	2	36	4	0,407	4,5216	0	1	2	1310	0	0
86	3	48	3	0,543	4,5216	0	1	1	775	420	580
87	3	27	12	0,688	10,1736	12	2	1	2370	255	0
88	2	29	5	0,330	4,5530	2	3	1	1515	40	750
89	2	21	7	0,242	4,6158	5	3	1	2750	120	440
90	1	31	4	0,302	3,8936	0	1	3	2220	145	690
91	1	20	3	0,094	1,8840	3	3	3	1920	20	0



EK Tablo 5. Kabuk Soyma İşleminde Belirlenen Değişkenlerin Birbirleriyle İlişkilerini Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları

↓ →	x42	x43	x44	x45	x46	x48	x49
x41	,151	-,073	,007	-,027	-,128	-,016	-,203
x42	1,00	,132	,563	,432	-,085	-,139	,171
x43		1,00	,787	,924	,850	,276	-,131
x44			1,00	,953	,518	,108	-,070
x45				1,00	,684	,187	-,071
x46					1,00	,440	-,093
x48						1,00	,094
x49							1,00

Not: xii-yii ilişkilerinde bütün katsayılar, xii-yii ilişkilerinde ise % 95 ve daha yüksek ilişkili olan katsayılar verilmiştir.

% 95 güven düzeyindeki katsayı değeri 0,178'dir.

Ek Tablo 6. Kabuk Soyma İşinde İş Kısımlarına İlişkin Gözlenen Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffe Testine Göre Değişken Gruplarının Durumu

Değişken adı	gr no	gözl say.	y21		ky21		by21	
			YD	f.gr.	YD/m2	f.gr.	YD/m3.	f.gr.
x41 ağaç türü	1	92	1579	NS	495	NS	10797	NS
	2	16	1001	F=	390	F=	8445	F=0,6
	3	15	1681	1,1	518	1	10017	
	1	19	594	1-3-2	487	2-5	19025	1-3-5
	2	30	1154	1-4-2	549	3-5	14089	1-4-2
x42 orta çap	3	34	2155	F=	541	F=	9222	1-5-2
	4	25	1980	F=	480	F=	5887	1-2-3
	5	15	1166	4,3	231	3,2	2185	F=18
	1	13	1098	1-3-4	538	3-4	6752	1-3
	2	93	1104	1-4-2	482		11252	2-4
x43 boy	3	6	3088	2-3	730	F=	16307	3-4
	4	11	4641	F=44	308	3,2	4239	F=5
	1	46	727	1-2-4	504	1-5	15438	1-3
	2	30	1660	1-4-3	651	2-3	12007	1-4-2
x44 hacim	3	27	1442	1-5-3	415	2-4	5124	1-5-2
	4	12	3090	2-5	349	2-5	4266	2-3
	5	8	3406	F=14	187	F=7	2348	F=18
	1	25	599	1-3-4	495	1-5-3	16822	1-2-4
	2	53	1136	1-4-2	545	5-2-4	11002	1-3-5
x45 kabuk alanı	3	23	1814	1-5	508	F=	8004	5-1-4
	4	15	3495	F=	375	F=	5278	F=11
	5	7	2454	16,4	152	3,9	1679	F=11
	1	28	1212	NS	414	NS	6007	1-3-2
	2	12	965		369		6388	1-4-2
x47 budak oranı	3	31	1521	F=	476	F=	10480	F=7,8
	4	52	1805	1,6	554	2,3	13634	F=7,8
	1	48	924	1-2-3	373	1-2	7554	1-2
	2	51	1641	1-3	527	1-3	11716	1-3
x48 budak yoğunluğu	3	24	2434	F=10	615	F=7,4	13274	F=5,7
	1	84	1299	1-3	401	1-3-2	10008	1-3
	2	19	1439	2-3	448	F=	6601	2-3
x49 kabuk vasfı	3	20	2502	F=5,8	871	34	15630	F=7,2

Ek Tablo 7: Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sırasında Yapılan Gözlemler ve Zaman Ölçümü Sonuçları Tablosu

x51-ç.yönü, x55-a. engeli, x59-çekme mesaf, x63-a. türü, x67-bağlama yeri, x71-yol durumu, y51-hazırlık z., y55-takılma bekl., y59-sürütme z., x52-eğim, x56-küt. ve gövde s., x60-çalışan say., x64-ür.vasfı, x68-bağl.çapı, x72-yolda sürütme mes., y52-boş kablo ç.z., y56-çözülme bekl., y60-çözme.z. x53-d.örtü, x57-zemin koş., x61-takılma say., x65-ürün şekli, x69-max boy, y53-yük bağlama z., y57-yola alma z., y61-verleş. z., ytr-traktör çalışma z. x54-ö.örtü, x58-hava h., x62-çözülme say., x66-parça say., x70-hacim, y54-yüklü çekme z., y58-bekleme, yge: gerçek çalışma zamanı, yfa: toplam faaliyet zamanı

No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
1	1	45	1	3	1	3	2	1	20	2	2	0	2	2	3	1	3	38	14	1,234	1	17	
2	1	60	1	2	2	1	2	1	35	1	1	0	2	2	3	1	1	52	19	2,493	1	50	
3	1	60	1	1	2	1	2	1	40	1	0	0	2	2	2	1	2	54	2	0,458	1	50	
4	1	60	1	1	2	1	2	1	25	1	0	0	2	1	2	1	1	34	4	0,454	1	0	
5	1	60	1	1	2	1	2	1	25	2	0	0	2	1	2	1	2	70	1	1,703	1	0	
6	1	60	1	1	1	1	1	1	5	2	0	0	2	2	2	2	2	104	4	0,385	2	40	
7	1	60	1	1	1	1	1	1	30	2	0	1	2	1	2	1	2	54	1	0,229	2	10	
8	1	60	1	1	1	1	1	1	20	2	0	0	2	1	2	1	1	32	3	0,241	2	25	
9	1	60	2	2	1	3	1	1	30	2	1	0	2	1	4	1	1	38	13	0,371	1	15	
10	1	80	2	1	1	2	1	1	30	2	0	0	2	1	2	1	1	36	3	0,305	1	0	
11	1	85	2	1	3	1	1	1	15	1	0	0	2	1	2	1	1	32	3	0,241	1	0	
12	1	60	1	1	3	1	1	1	25	2	0	0	2	1	4	2	1	66	10	0,493	2	0	
13	4	85	1	1	3	1	1	1	40	4	0	0	3	1	1	6	2	30	5	0,298	2	0	
14	1	99	1	1	3	1	2	1	20	2	0	1	1	1	1	2	2	30	4	0,147	2	10	
15	1	99	3	1	3	1	2	1	20	2	0	0	1	1	1	4	2	42	4	0,434	2	10	
16	3	99	1	1	1	1	1	1	10	2	0	0	3	1	2	2	1	22	4	0,304	2	10	
17	1	90	1	1	3	1	1	1	20	2	3	0	2	1	1	4	2	34	12	0,791	2	8	
18	1	90	1	1	2	1	1	1	20	3	0	0	3	1	1	6	2	35	5	0,341	2	8	
19	1	90	1	1	2	1	1	1	20	3	0	0	2	1	2	3	2	67	1	0,201	2	0	
20	1	90	1	1	2	1	1	1	10	3	0	0	2	1	1	6	2	45	1	0,160	2	0	
21	1	90	1	1	2	1	1	1	10	3	0	0	2	1	1	4	2	28	2	0,097	2	0	
22	4	80	2	1	3	1	1	1	38	3	0	1	3	1	1	6	2	38	6	0,422	2	0	
23	1	80	2	1	3	1	1	1	30	2	0	0	1	1	1	3	1	30	6	0,282	2	10	
24	4	80	2	1	3	1	1	1	2	40	3	0	0	1	1	3	1	21	6	0,208	2	10	
25	1	80	2	1	3	1	1	1	2	30	2	1	0	1	1	2	6	1	59	6	1,289	2	10
26	1	70	3	1	3	1	1	1	2	30	3	0	0	1	1	10	2	54	6	0,974	2	15	
27	1	70	4	1	3	1	1	1	2	30	3	1	0	3	1	2	4	1	39	5	0,626	2	15
28	1	70	3	1	3	1	1	1	2	30	3	0	0	1	1	1	5	2	45	8	0,584	2	15
29	1	70	3	1	3	1	1	1	2	22	3	2	1	3	1	1	3	2	35	8	0,543	2	10
30	1	70	3	1	3	1	1	1	2	30	3	0	1	1	1	7	2	42	8	0,592	2	20	
31	4	80	3	1	3	1	1	1	2	50	3	0	0	1	1	1	8	2	46	10	1,255	2	10

No	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	y58	y59	y60	y61	yr	yge	yfa
1	55	80	180	380	0	100	0	120	60	100	50	265	840	1005
2	160	100	70	115	0	115	65	130	80	40	170	590	440	915
3	45	75	10	0	0	150	0	0	170	60	0	365	295	510
4	80	110	30	0	0	110	0	0	0	10	0	190	260	340
5	0	105	30	0	0	105	0	0	0	10	0	105	250	250
6	0	20	90	0	0	40	0	0	85	45	0	125	195	280
7	70	80	80	0	40	90	0	0	20	30	0	180	320	410
8	0	80	10	0	0	70	15	0	85	30	0	170	190	290
9	50	110	10	45	0	180	85	50	40	25	0	335	370	545
10	0	80	10	0	0	170	0	0	0	20	0	170	280	280
11	195	60	10	0	0	75	0	40	0	25	0	270	170	365
12	170	200	40	0	0	120	70	190	0	35	0	360	395	635
13	230	125	10	0	0	180	0	0	0	50	0	410	365	595
14	0	40	160	0	85	135	0	20	90	65	0	225	485	575
15	45	240	120	0	0	80	120	20	40	30	0	285	470	675
16	130	40	40	0	0	60	0	0	60	40	0	250	180	370
17	40	100	20	570	0	160	200	15	60	100	110	570	950	1360
18	30	120	80	0	0	110	0	20	30	190	0	170	500	560
19	60	50	50	0	0	80	0	0	0	20	0	140	200	260
20	60	65	290	0	0	40	0	75	0	110	0	100	505	565
21	50	55	110	0	0	35	0	170	0	85	0	85	285	335
22	80	195	730	0	210	170	0	145	0	100	0	250	1405	1485
23	30	140	80	0	0	185	0	0	20	125	0	235	530	580
24	110	190	20	0	0	130	0	0	25	110	0	265	450	585
25	60	110	50	80	0	130	0	0	20	70	130	340	440	650
26	60	190	80	0	0	130	0	0	40	90	100	330	490	690
27	80	220	100	170	0	200	0	0	50	160	0	330	850	980
28	80	290	180	0	0	160	80	0	30	80	160	510	710	1060
29	90	110	30	210	320	110	0	210	25	170	100	325	950	1165
30	110	140	10	0	130	160	0	0	30	200	0	300	640	780
31	10	280	920	0	0	195	30	0	25	175	0	260	1570	1635

Ek Tablo 7'nin Devamı

No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
32	4	80	3	1	3	1	1	2	40	3	2	0	1	1	2	13	2	77	8	2,484	2	40
33	4	80	3	1	3	1	1	2	50	3	0	0	1	1	3	3	1	45	12	1,002	2	40
34	1	80	3	1	1	1	1	2	25	3	0	0	2	1	1	6	2	50	5	0,509	2	10
35	4	80	3	1	3	1	1	2	60	3	0	0	1	1	2	2	1	90	2	0,538	2	10
36	4	80	3	1	3	1	1	2	70	3	3	0	3	1	4	3	1	50	10	1,503	2	50
37	1	75	2	1	2	1	1	2	30	3	0	0	3	1	3	11	1	70	12	3,742	2	50
38	1	75	2	1	2	1	1	2	30	3	0	0	3	1	1	7	2	41	7	0,698	2	10
39	1	75	2	1	2	1	1	2	30	3	1	0	3	1	1	9	2	48	12	0,737	2	0
40	1	75	2	1	1	1	1	2	30	3	0	1	2	1	3	1	1	17	8	0,182	2	0
41	4	95	1	1	3	1	2	2	38	3	0	0	3	1	1	25	2	95	5	1,560	1	0
42	4	95	1	1	3	1	2	2	40	3	0	0	3	1	1	26	2	90	8	1,442	1	0
43	4	95	1	1	3	1	2	2	40	3	1	0	3	1	2	7	2	60	8	0,960	1	0
44	1	95	1	1	1	1	2	2	15	3	1	0	3	1	1	15	2	42	7	0,963	1	0
45	1	95	1	1	1	1	2	2	10	3	0	0	2	1	1	6	1	50	1	0,090	1	0
46	1	55	1	1	1	1	2	1	45	3	0	0	2	2	4	3	1	79	8	1,768	1	10
47	1	55	1	1	1	1	2	1	45	3	0	0	2	2	4	2	1	66	8	1,639	1	10
48	1	55	1	1	1	1	2	1	20	3	0	0	2	2	2	6	1	88	5	1,538	1	10
49	1	55	1	1	1	2	2	1	11	3	0	0	2	2	4	2	1	44	13	0,934	1	20
50	1	60	1	1	1	2	2	1	45	3	0	0	2	1	2	2	1	57	4	0,523	1	5
51	1	60	1	2	1	2	2	1	50	3	0	0	2	1	2	3	1	66	4	0,770	1	5
52	1	60	1	3	1	3	2	1	60	3	3	0	2	2	2	7	2	62	5	0,845	1	5
53	1	60	1	3	1	3	2	1	50	3	2	0	2	1	2	6	2	60	5	0,733	1	0
54	1	60	2	3	1	3	1	1	80	3	1	0	2	2	2	3	1	50	4	0,445	1	0
55	1	60	4	3	1	3	1	1	90	3	1	0	2	1	2	4	1	48	4	0,816	1	0
56	1	30	1	1	1	1	1	1	19	2	0	0	2	2	2	6	1	90	4	1,502	1	5
57	1	30	1	1	1	1	1	1	19	2	0	0	2	2	2	5	1	70	6	1,207	1	5
58	1	30	1	1	1	1	1	1	19	2	0	0	2	1	2	11	1	100	5	2,538	1	5
59	1	30	1	1	1	1	1	1	17	2	0	0	2	1	2	4	1	80	5	2,208	1	5
60	1	30	1	1	1	1	1	1	17	2	0	0	2	1	2	8	1	78	4	2,084	1	5
61	1	30	1	1	1	1	1	1	20	2	0	0	2	1	2	8	1	102	4	1,479	1	5
62	1	70	1	1	3	1	1	1	20	2	0	0	2	2	2	3	1	90	4	1,415	1	0
63	1	70	1	1	3	1	1	1	20	2	0	0	2	2	2	6	1	70	5	1,087	1	0
64	1	90	1	1	3	1	1	1	15	2	0	0	2	2	2	7	1	75	5	1,232	1	0
65	1	90	1	1	2	1	1	1	15	2	0	0	2	1	1	7	2	42	5	0,429	1	0
66	1	90	1	1	2	1	1	1	15	2	0	0	2	2	2	8	1	66	5	1,246	1	0
67	1	99	1	1	1	1	1	1	18	3	0	0	2	2	2	7	1	62	4	1,278	1	5
68	1	99	1	1	1	1	1	1	16	3	0	0	2	1	2	8	1	75	4	1,600	1	5

No	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	y58	y59	y60	y61	ytr	yge	yfa
32	50	220	700	405	0	260	70	140	190	170	0	570	1755	2065
33	130	290	300	0	0	310	0	0	110	90	0	550	990	1230
34	80	100	80	0	0	120	0	0	80	50	0	280	350	510
35	50	250	150	0	0	200	0	20	20	110	0	270	710	780
36	165	290	10	450	0	300	0	730	110	110	0	575	1160	1435
37	140	120	70	0	0	130	230	0	120	110	0	620	430	920
38	100	130	100	0	0	145	0	0	80	70	170	495	445	795
39	80	115	130	300	0	190	0	340	0	120	140	410	855	1075
40	130	90	10	0	210	140	0	0	0	20	0	270	470	600
41	140	245	980	0	0	180	0	235	0	110	0	320	1515	1655
42	80	235	620	0	0	200	0	115	0	90	350	630	1145	1575
43	70	210	600	260	0	230	0	0	0	60	140	440	1360	1570
44	40	80	710	260	0	130	0	0	0	90	0	170	1270	1310
45	40	80	220	0	0	75	0	0	0	15	0	115	390	430
46	60	180	150	0	0	270	0	0	120	90	0	450	690	870
47	40	150	10	0	0	270	0	0	110	50	0	420	480	630
48	60	105	180	0	0	175	0	280	90	150	0	325	610	760
49	70	60	100	0	0	90	145	220	120	90	0	425	340	675
50	100	240	160	0	0	220	0	0	80	0	0	400	620	800
51	90	190	10	0	0	230	0	0	20	0	0	340	430	540
52	90	270	10	285	0	275	0	0	20	80	100	485	920	1130
53	100	200	10	260	0	310	0	0	0	100	0	410	880	980
54	120	320	10	20	0	350	0	0	0	130	0	470	830	950
55	170	330	90	180	0	470	0	6340	0	90	90	730	1160	1420
56	120	100	150	0	0	110	0	0	40	200	0	270	360	720
57	70	80	60	0	0	110	0	0	20	190	300	500	440	830
58	60	70	80	0	0	120	0	0	20	160	0	200	430	510
59	90	50	100	0	0	130	0	0	50	120	240	510	400	780
60	60	70	140	0	0	100	0	0	35	100	220	415	410	725
61	40	80	200	0	0	150	0	0	30	70	0	220	500	570
62	0	110	360	0	0	140	0	0	0	80	0	140	690	690
63	90	120	540	0	0	110	0	2100	0	100	0	200	870	960
64	0	100	50	0	0	90	0	0	0	70	0	90	310	310
65	40	80	10	0	0	90	0	0	0	110	0	130	290	330
66	30	90	130	0	0	80	0	3290	0	150	0	110	450	480
67	30	50	200	0	0	120	0	0	40	140	0	190	510	580
68	90	70	150	0	0	110	0	0	40	120	0	240	450	580

Ek Tablo 7'nin Devamı

No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
69	1	99	1	1	1	1	1	1	16	3	0	0	2	1	2	6	1	75	4	1,458	1	0
70	1	99	1	1	1	1	1	1	16	3	0	0	2	1	2	3	1	86	2	0,544	1	30
71	1	85	1	1	1	1	1	1	11	3	0	0	2	1	2	7	1	64	4	0,894	1	10
72	1	85	1	1	1	1	1	1	9	3	0	0	2	1	2	6	1	86	4	0,996	1	5
73	1	70	1	3	1	3	2	2	23	2	5	0	2	3	4	4	1	32	14	2,711	1	0
74	1	60	1	1	1	1	2	2	10	2	0	1	2	2	4	1	3	50	24	3,165	1	20
75	1	60	1	1	1	1	2	2	23	2	0	0	2	1	4	1	1	65	9	2,804	1	20
76	1	60	1	1	1	1	3	2	23	2	0	0	2	1	4	1	1	37	8	0,860	1	5
77	1	60	1	1	1	1	3	2	24	2	2	0	2	1	2	1	1	28	2	0,250	1	5
78	1	60	1	1	1	1	3	2	6	2	1	0	2	1	4	1	1	28	10	0,591	1	5
79	1	70	4	1	1	1	3	2	33	2	2	0	2	1	4	1	1	43	8	1,162	1	15
80	1	70	4	1	1	1	3	2	32	2	0	0	2	1	4	1	1	29	10	0,661	1	10
81	1	60	1	1	1	1	3	2	26	2	1	0	2	1	4	1	3	58	13	2,934	1	0
82	1	50	1	1	1	1	3	2	10	2	0	0	2	1	3	1	1	30	13	0,918	1	0
83	1	50	1	1	1	1	3	2	6	2	0	0	2	2	4	1	1	35	12	1,155	1	5
84	1	25	3	2	1	3	3	2	20	2	0	0	2	1	4	1	3	47	13	1,385	1	7
85	1	30	4	2	1	3	3	2	30	2	1	0	2	1	2	1	3	60	2	0,565	1	0
86	1	30	4	2	1	3	3	2	30	2	2	0	2	1	4	1	3	52	4	0,849	1	0
87	1	30	4	2	1	3	3	2	30	2	1	0	2	1	4	1	3	43	4	0,581	1	0
88	1	30	4	2	1	3	3	2	30	2	0	0	2	1	3	1	1	31	6	0,453	1	0
89	1	30	4	2	1	3	3	2	30	2	0	0	2	2	4	1	1	26	9	0,477	1	0
90	1	75	4	1	1	1	3	3	25	2	0	0	2	2	4	1	1	65	6	1,991	1	5
91	1	75	1	1	1	1	3	3	25	2	1	0	2	2	4	1	3	49	4	0,754	1	10
92	1	60	3	3	1	3	3	3	20	2	1	0	2	3	4	1	3	41	4	0,528	1	5
93	1	60	3	3	1	3	3	3	20	2	2	0	2	3	4	1	3	22	10	0,380	1	7
94	1	70	4	1	1	1	3	3	35	2	0	0	2	1	4	1	3	55	4	0,950	1	15
95	1	70	4	1	1	1	3	3	35	2	0	0	2	2	4	1	3	70	4	1,539	1	15
96	1	75	4	1	1	2	3	3	50	2	0	0	2	2	4	1	1	50	4	0,785	1	15
97	1	75	4	1	1	2	3	3	50	2	0	0	2	1	4	1	1	45	12	0,787	1	10
98	1	80	1	1	1	2	3	3	12	2	0	0	2	2	4	1	1	40	18	0,748	1	20
99	1	70	1	1	1	2	3	3	7	2	0	0	2	1	4	1	1	18	8	0,196	1	10
100	1	80	1	1	1	2	3	3	8	2	1	0	2	2	2	1	1	55	3	0,713	1	10
101	1	80	1	1	1	2	3	3	9	2	1	0	2	2	4	1	1	40	6	1,136	1	15
102	1	80	1	1	1	2	3	3	9	2	0	0	2	2	4	1	1	19	12	0,645	1	18
103	1	80	1	1	1	2	3	3	2	2	0	0	2	1	4	1	1	17	12	0,272	1	0
104	1	85	3	3	1	1	2	2	20	1	0	0	1	2	3	1	1	28	10	0,284	2	35
105	1	85	3	3	1	1	2	2	30	1	1	0	1	2	3	1	1	44	8	0,814	2	0
106	1	85	3	3	1	1	2	2	40	1	1	0	1	2	3	2	1	70	10	1,070	2	10

No	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	y58	y59	y60	y61	ytr	yge	yfa
69	80	100	440	0	0	110	0	0	0	50	0	190	700	780
70	60	90	200	0	0	120	0	0	70	45	155	405	455	740
71	120	80	140	0	0	70	0	0	50	160	0	240	450	620
72	40	60	100	0	0	80	0	0	20	105	75	215	345	480
73	10	200	240	660	0	135	205	940	0	110	0	340	1345	1550
74	10	30	80	0	150	70	120	150	90	110	0	290	440	660
75	90	80	60	0	0	100	100	0	90	100	0	380	340	620
76	60	160	170	390	0	110	130	250	20	110	80	400	940	1230
77	60	100	60	340	0	160	80	0	25	80	70	395	740	975
78	50	40	10	240	0	30	0	170	30	120	130	240	440	650
79	140	200	100	210	0	230	120	0	80	60	80	650	800	1220
80	90	190	10	0	0	240	0	0	40	90	70	440	530	730
81	50	140	10	140	0	60	290	410	0	130	60	460	480	880
82	120	40	50	0	0	80	70	0	0	90	0	270	260	450
83	90	30	90	0	0	40	170	0	20	70	0	320	230	510
84	60	150	10	0	0	190	0	0	80	140	0	330	490	630
85	60	280	10	180	0	270	0	0	0	80	0	330	820	880
86	30	200	10	380	0	240	0	140	0	120	0	270	950	980
87	30	220	70	60	0	240	0	0	0	150	0	270	740	770
88	30	200	10	0	0	270	0	0	0	140	0	300	620	650
89	30	160	10	0	0	250	0	0	0	50	0	280	470	500
90	100	100	180	0	0	240	100	460	20	70	50	510	590	860
91	60	110	280	40	0	200	0	0	65	230	0	325	860	985
92	50	150	290	90	0	200	0	0	20	120	80	350	850	1000
93	35	175	180	370	0	170	90	0	50	60	130	475	955	1260
94	80	280	500	0	0	280	40	0	50	100	0	450	1160	1330
95	60	300	270	0	0	230	60	0	40	170	30	420	970	1160
96	70	280	420	0	0	220	0	225	80	140	0	370	1060	1210
97	40	300	280	0	0	280	120	1080	60	130	70	570	990	1280
98	30	100	130	0	0	90	0	190	130	110	0	250	430	870
99	30	20	140	0	0	50	0	100	20	70	40	140	280	620
100	20	30	70	170	0	50	0	0	30	130	220	320	450	720
101	110	80	190	230	0	70	300	1030	40	80	0	520	650	1100
102	20	60	130	0	0	60	150	0	50	100	50	330	350	820
103	100	10	20	0	0	20	90	0	0	80	0	210	130	320
104	40	180	120	0	0	160	30	0	210	70	0	440	530	810
105	110	190	30	230	0	200	0	0	0	80	60	370	730	900
106	80	250	80	70	0	190	85	150	30	70	110	495	660	965



Ek Tablo 7nin Devamı

No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
145	1	90	1	3	1	3	1	1	35	2	1	0	2	1	4	1	1	50	20	1,924	2	0
146	1	80	1	2	1	2	1	1	45	2	1	0	2	1	3	1	1	34	11	0,630	2	0
147	1	90	1	2	1	2	1	1	87	2	1	0	2	1	4	3	1	34	8	0,528	2	15
148	1	80	1	2	1	2	1	1	40	2	0	0	2	1	4	1	1	30	12	0,456	1	0
149	1	80	1	2	1	2	1	1	15	2	0	0	2	1	3	1	1	30	15	0,471	1	0
150	1	80	1	2	1	2	1	1	20	2	0	0	2	1	4	2	1	30	10	0,452	1	0
151	2	15	1	2	3	3	1	1	43	2	1	1	2	2	2	1	1	56	10	1,886	1	20
152	2	15	1	2	3	3	1	1	49	2	1	1	2	2	2	1	1	85	10	4,185	1	10
153	1	55	1	2	2	1	1	1	18	2	0	0	2	1	3	1	1	76	18	1,819	1	0
154	1	55	1	3	1	3	1	1	30	2	1	1	2	1	3	3	2	76	3	0,556	1	15
155	1	65	1	2	1	1	1	1	15	2	0	0	2	1	4	2	3	25	10	0,804	1	35
156	1	50	1	3	1	3	1	1	20	2	0	0	2	2	3	1	1	30	12	0,543	1	0
157	1	35	1	1	1	1	1	1	27	2	0	0	2	1	4	1	1	36	13	0,783	2	80
158	1	40	1	1	1	1	1	1	24	2	0	0	2	1	2	1	2	74	1	0,430	2	0
159	1	25	1	1	1	1	1	1	12	2	0	0	2	1	3	1	1	42	11	0,677	2	0
160	1	30	2	1	1	1	1	1	36	2	1	0	2	1	3	1	1	70	14	2,226	2	5
161	1	30	2	1	1	1	1	1	23	2	0	0	2	1	2	1	1	50	1	0,196	2	10
162	1	25	3	1	1	1	1	1	29	2	0	0	2	1	2	1	1	31	10	0,775	2	7
163	1	20	3	1	1	1	1	1	65	2	0	0	2	1	4	1	1	46	9	0,720	2	35
164	1	15	3	1	1	1	1	1	40	2	0	0	2	1	4	1	1	36	6	0,344	2	35
165	1	90	1	3	1	3	1	1	5	2	0	1	2	1	3	1	1	40	16	1,132	2	0
166	1	80	1	2	1	2	1	1	45	2	0	1	2	1	3	1	1	22	10	0,201	2	0
167	1	80	1	2	1	2	1	1	40	2	0	0	2	1	4	2	1	48	10	0,504	2	15
168	1	80	1	2	1	2	1	1	10	2	0	0	2	1	3	1	1	26	10	0,346	1	0
169	1	80	1	2	1	2	1	1	20	2	0	0	2	1	4	1	1	22	10	0,201	1	0
170	1	55	1	3	1	3	1	1	30	2	1	0	2	1	3	1	1	70	6	1,475	1	15
171	1	65	1	2	1	1	1	1	15	2	0	0	2	1	2	1	2	36	3	0,272	1	5
172	1	40	2	1	1	1	1	2	58	3	0	0	1	2	2	1	1	110	2	1,906	1	0
173	1	40	2	1	1	1	1	2	57	3	2	0	1	2	2	1	1	105	2	1,710	1	0
174	1	40	2	1	1	1	1	2	58	3	1	0	1	2	2	1	1	100	2	1,571	1	0
175	1	40	2	1	1	1	1	2	63	3	0	0	1	2	2	1	1	100	2	1,571	1	0
176	1	40	2	1	1	1	1	2	63	3	0	0	1	2	2	1	1	96	2	1,450	1	0
177	1	40	2	1	1	1	1	2	65	3	0	1	1	2	2	1	1	92	2	1,330	1	0
178	1	40	2	1	1	1	1	2	67	3	0	0	1	2	2	1	1	90	2	1,272	1	85
179	1	40	2	1	1	1	1	2	69	3	0	0	1	2	2	1	1	82	2	1,056	1	45
180	1	40	2	1	1	1	1	2	69	3	0	0	1	2	2	1	1	55	3	0,713	1	0
181	1	40	2	1	1	1	1	2	70	3	2	0	1	2	2	1	1	48	5	0,543	1	28
182	1	25	3	1	1	3	1	1	55	3	1	0	1	2	2	1	1	100	2	1,571	1	0

No	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	y58	y59	y60	y61	ytr	yge	yfa
145	50	200	60	70	0	140	570	270	0	50	0	760	520	1140
146	170	220	180	250	0	250	80	0	0	110	0	500	1010	1260
147	110	220	70	120	0	410	100	0	80	220	0	700	1040	1330
148	190	100	10	0	0	180	220	0	0	130	0	590	420	830
149	0	140	10	0	0	80	0	0	0	50	0	80	280	280
150	0	80	150	0	0	70	0	0	0	180	0	70	480	480
151	0	280	370	160	100	200	0	450	130	50	0	330	1160	1290
152	90	220	300	760	150	200	100	1080	50	120	0	440	1750	1990
153	0	100	120	0	0	70	350	0	0	130	0	420	420	770
154	120	130	100	150	230	80	300	0	110	160	0	610	850	1380
155	90	70	70	0	0	70	190	0	90	110	0	440	320	690
156	70	100	10	0	0	70	80	0	0	90	0	220	270	420
157	170	130	40	0	0	160	0	0	180	50	0	510	380	730
158	100	50	70	0	0	160	0	0	0	90	0	260	370	470
159	120	40	110	0	0	65	75	0	0	90	0	260	305	500
160	210	140	120	200	0	230	270	0	20	170	0	730	860	1360
161	300	110	10	0	0	120	0	0	20	100	0	440	340	660
162	70	105	125	0	0	140	0	0	20	80	0	230	450	540
163	20	240	10	0	0	320	0	0	170	80	0	510	650	840
164	140	150	100	0	0	240	0	0	170	80	0	550	570	880
165	110	20	165	0	120	40	0	0	0	70	0	150	415	525
166	170	220	180	0	250	260	0	0	0	110	0	430	1020	1190
167	110	230	40	0	0	140	150	0	180	45	180	760	455	1075
168	0	40	105	0	0	70	0	0	0	50	0	70	265	265
169	0	80	150	0	0	80	0	0	0	180	0	80	490	490
170	120	100	160	150	0	100	170	0	110	160	0	500	670	1070
171	90	40	100	0	0	80	0	0	20	150	0	190	370	480
172	430	170	180	0	0	290	0	0	0	70	0	720	710	1140
173	0	290	270	270	0	330	0	180	0	230	0	330	1390	1390
174	0	180	130	390	0	320	0	140	0	30	220	540	1050	1270
175	0	190	100	0	0	290	0	0	0	90	0	290	670	670
176	0	180	120	0	0	300	0	30	0	110	0	300	710	710
177	0	190	80	0	90	330	0	0	0	90	0	330	780	780
178	0	230	80	0	0	350	0	90	180	90	0	530	750	930
179	0	180	140	0	0	330	0	0	110	90	0	440	740	850
180	0	205	90	0	0	350	0	100	0	10	0	350	655	655
181	0	190	30	880	0	330	0	1240	200	0	650	1630	1950	1950
182	40	160	140	190	0	240	0	0	0	140	0	280	870	910

Ek Tablo 7'nin Devamı

No	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	y58	y59	y60	y61	ytr	yge	yfa
183	0	180	40	0	180	310	0	0	180	40	0	490	750	930
184	210	135	150	0	0	340	0	0	140	20	0	690	645	995
185	0	200	100	0	0	370	0	0	240	100	0	610	770	1010
186	100	170	70	190	0	220	180	0	0	190	0	500	840	1120
187	0	160	80	0	0	300	0	0	180	200	0	480	740	920
188	110	200	120	0	0	380	0	0	130	100	0	620	800	1040
189	20	40	430	0	0	40	260	450	500	95	400	1220		1785
190	200	30	90	0	0	50	140	0	330	140	250	970	310	1230
191	540	40	60	0	0	80	120	0	60	530	1960		240	2120
192	25	280	60	225	0	250	0	0	60	20	0	335	835	920
193	60	220	20	85	0	200	65	0	80	10	0	405	535	740
194	45	225	10	0	0	195	0	0	170	40	0	410	470	685
195	0	280	50	0	0	300	0	0	0	15	0	300	645	645
196	0	235	35	0	0	315	0	0	0	20	30	345	605	635
197	0	220	50	0	0	180	0	0	0	65	0	180	515	515
198	0	200	80	440	145	190	0	250	50	30	50	290	1085	1185
199	30	195	15	180	0	170	15	0	85	10	0	300	570	700
200	40	210	90	45	0	180	85	0	40	55	0	345	580	745
201	0	190	10	0	0	170	0	0	0	20	0	170	390	390
202	35	260	10	0	0	275	0	0	0	25	0	310	570	605
203	20	210	45	0	0	240	70	0	0	15	130	460	510	730
204	30	185	110	0	0	280	0	0	0	60	0	310	635	665
205	0	240	60	0	85	205	0	0	90	35	0	295	625	715
206	45	140	25	355	0	180	0	0	40	30	0	265	730	815
207	10	100	40	0	0	60	0	0	60	40	0	130	240	310
208	40	40	20	0	50	50	50	0	90	10	110	340	170	460
209	22	40	80	0	0	35	0	0	75	10	180	312	165	442
210	60	105	350	0	0	90	0	0	50	20	0	200	565	675
211	30	90	190	0	0	140	0	100	55	40	0	225	460	545
212	50	170	65	0	0	165	0	0	80	85	0	295	485	615
213	0	150	80	0	0	170	0	65	20	20	0	190	420	440
214	25	155	20	0	0	185	165	0	25	125	0	400	485	700
215	50	95	20	0	0	130	280	0	35	30	0	495	275	640
216	30	200	50	480	0	280	60	0	100	70	130	600	1080	1400
217	70	240	30	375	0	330	0	190	100	90	100	600	1065	1335
218	80	405	330	0	230	405	0	310	120	60	0	605	1430	1630
219	80	190	180	0	0	370	135	0	65	80	260	910	820	1360
220	25	220	130	210	190	310	0	50	50	100	0	385	1160	1235

No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
183	1	25	3	1	1	3	1	2	55	3	0	1	1	2	2	1	1	110	2	1,906	1	50
184	1	25	3	1	1	3	1	2	55	3	0	0	1	2	2	1	1	96	2	1,450	1	50
185	1	25	3	1	1	3	1	2	55	3	0	0	1	2	2	1	1	100	2	1,571	1	50
186	1	25	2	1	1	1	1	2	55	3	1	0	1	2	2	1	1	92	2	1,330	1	0
187	1	25	2	1	1	1	1	2	55	3	0	0	1	2	2	1	1	90	2	1,272	1	38
188	1	25	2	1	1	1	1	2	63	3	0	0	1	2	2	1	1	82	2	1,056	1	58
189	2	20	1	1	1	2	1	2	7	3	0	0	1	1	3	1	1	53	8	1,684	1	130
190	2	20	1	1	1	2	1	2	7	3	0	0	1	1	3	1	1	57	9	2,297	1	130
191	2	20	1	1	1	2	1	2	12	3	0	0	1	1	3	1	1	65	14	4,646	1	55
192	1	45	1	2	1	3	1	1	70	3	2	0	2	1	2	1	1	42	4	0,554	1	17
193	1	45	1	2	2	2	1	1	75	3	1	0	2	1	2	1	1	51	5	1,021	1	50
194	1	45	1	2	2	3	1	1	60	3	0	0	2	1	2	1	1	54	4	0,916	1	50
195	1	50	1	3	2	2	1	1	73	3	0	0	2	3	2	2	1	84	4	1,226	1	0
196	1	50	1	3	2	2	1	1	72	3	0	0	2	3	2	2	1	96	3	1,108	1	0
197	1	50	1	3	1	2	1	1	65	3	0	0	2	3	2	2	1	78	5	1,421	1	0
198	1	50	1	2	1	3	1	1	68	3	5	1	2	3	2	3	2	116	3	1,696	1	20
199	1	50	1	2	1	3	1	1	68	3	2	0	2	1	2	1	1	60	6	1,697	1	15
200	1	50	2	1	1	2	1	1	70	3	1	0	2	1	2	3	2	98	3	0,748	1	15
201	1	40	2	1	1	2	1	1	70	3	0	0	2	1	2	1	1	56	5	1,232	1	0
202	1	45	2	1	2	3	1	1	75	3	0	0	2	1	2	2	1	92	5	1,344	1	0
203	1	40	1	1	2	3	1	1	75	3	0	0	2	1	2	2	1	106	7	1,913	1	0
204	1	45	1	2	2	2	2	1	70	3	0	0	2	1	2	3	2	102	3	0,954	1	0
205	1	60	1	2	2	2	2	1	70	3	0	1	2	1	2	2	2	76	3	0,908	1	10
206	1	60	3	2	3	2	1	1	50	3	2	0	2	1	2	1	1	42	4	0,554	1	10
207	1	60	1	1	3	1	1	1	32	3	0	0	2	1	2	2	1	82	5	1,299	1	10
208	1	70	1	2	1	1	1	1	20	2	0	1	2	1	3	1	3	20	12	0,791	2	28
209	1	70	1	1	2	1	1	1	20	2	0	0	2	1	3	1	3	22	11	0,843	2	28
210	1	90	1	3	2	1	1	1	42	2	0	0	2	1	2	3	1	87	6	0,811	2	30
211	1	90	1	3	2	2	1	1	42	2	0	0	2	1	2	1	1	72	1	0,402	2	30
212	1	90	1	1	3	2	1	1	42	2	0	0	2	1	2	2	1	65	4	0,397	2	30
213	1	80	2	3	2	2	1	1	38	2	0	0	2	1	2	2	1	68	6	0,722	2	10
214	1	80	2	3	2	1	1	1	35	2	0	0	2	1	4	1	1	50	18	2,180	2	10
215	1	80	2	3	1	1	1	2	40	2	0	0	2	1	3	1	1	44	14	0,687	2	10
216	1	80	2	1	3	2	1	2	53	2	2	0	2	1	4	1	3	29	11	0,889	2	40
217	1	70	3	3	3	2	1	2	53	2	4	0	2	1	4	1	3	34	9	0,474	2	45
218	1	70	4	3	3	1	1	2	55	2	0	1	2	1	2	4	2	89	5	0,826	2	45
219	1	70	3	2	3	1	1	2	60	2	0	0	2	1	3	2	1	45	10	0,514	2	45
220	1	70	3	2	3	3	1	2	62	2	2	1	2	1	3	3	1	65	8	0,984	2	20

Ek Tablo 7'nin Devamı

No	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	y58	y59	y60	y61	ytr	yge	yfa
221	110	215	10	99	0	420	0	130	45	70	0	575	815	970
222	10	225	20	0	0	395	0	85	40	75	0	445	715	765
223	50	105	200	105	0	220	99	0	90	70	0	460	700	940
224	20	90	55	0	0	200	60	0	50	90	60	390	435	625
225	15	125	40	0	0	180	0	0	80	50	0	275	395	490
226	50	230	140	950	0	200	175	180	120	40	230	775	1560	2135
227	65	170	180	990	0	560	440	1600	110	99	200	1375	2000	2815
228	140	50	270	70	240	130	0	0	120	165	0	390	925	1185
229	200	40	250	0	0	145	0	0	30	70	170	545	505	905
230	10	140	430	0	250	190	0	0	130	120	200	530	1130	1470
231	130	60	185	0	0	170	0	0	265	20	0	565	435	830
232	175	125	305	610	185	180	0	5	250	99	0	605	1505	1930
233	120	145	320	90	0	200	0	5	190	90	50	560	845	1205
234	295	180	99	335	0	260	190	0	200	60	140	1085	935	1760
235	240	75	210	0	420	120	0	0	250	90	310	920	915	1715
236	190	120	115	0	0	95	0	0	150	35	0	435	365	705
237	460	80	250	0	0	170	0	0	0	40	0	630	540	990
238	240	99	110	0	0	90	0	0	0	10	0	330	310	550
239	75	35	180	0	0	75	0	0	0	50	0	150	340	415
240	90	50	300	0	0	50	0	70	0	190	0	140	590	680
241	99	125	160	325	0	120	0	0	0	60	0	220	790	890
242	190	90	40	0	0	130	0	0	0	60	0	320	320	510
243	135	55	210	85	0	45	0	230	0	80	0	180	475	610
244	220	130	210	0	0	110	0	0	0	105	0	330	555	775
245	20	130	265	0	0	150	0	0	0	30	0	170	575	595
246	70	25	90	0	0	70	0	0	0	80	0	140	265	335
247	405	40	50	0	0	40	0	150	0	50	0	445	180	585
248	170	99	360	0	0	110	0	0	0	200	0	280	770	940
249	360	99	80	0	0	120	0	0	0	120	0	480	420	780
250	90	15	10	0	0	30	0	0	60	20	70	250	75	295
251	60	15	110	0	0	20	0	0	50	10	99	230	155	365
252	20	45	80	0	165	50	0	30	120	70	90	280	410	640
253	40	40	60	0	0	70	350	90	20	50	90	570	220	720
254	10	60	40	0	0	75	0	0	35	99	0	120	275	320
255	35	115	20	0	0	110	0	0	70	70	0	215	315	420
256	30	140	10	0	0	140	0	150	65	10	70	305	300	465
257	30	170	30	135	0	195	125	0	35	150	0	385	680	870
258	130	240	200	0	0	220	0	0	20	40	110	480	700	960

No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
221	1	70	3	2	3	3	1	2	60	2	1	0	2	1	3	1	1	34	9	0,292	2	20	
222	1	60	3	2	1	3	1	2	60	2	0	0	2	1	2	1	1	66	4	1,368	2	20	
223	1	60	3	3	1	1	1	2	40	2	1	0	2	1	2	3	2	89	3	0,680	2	12	
224	1	60	3	2	1	1	1	2	40	2	0	0	2	1	3	1	1	47	12	1,089	2	12	
225	1	60	3	3	1	1	1	2	45	2	0	0	2	1	2	1	1	36	5	0,509	2	10	
226	1	80	4	1	2	3	2	2	63	4	4	0	1	3	3	1	1	66	2	0,684	2	50	
227	1	80	4	1	2	3	2	2	66	4	5	0	1	3	3	1	1	58	6	1,585	2	50	
228	1	75	4	1	1	1	2	2	25	4	1	1	1	3	1	6	2	60	4	0,616	2	10	
229	1	75	4	1	1	1	2	2	25	4	0	0	1	3	1	7	2	81	4	0,698	2	10	
230	4	85	4	1	3	1	2	2	40	4	0	0	2	1	3	1	9	2	80	5	0,737	2	70
231	1	75	4	1	1	1	2	2	30	4	0	0	1	1	2	2	1	58	5	0,353	2	70	
232	4	85	4	1	3	1	2	2	38	4	2	1	1	3	1	5	2	75	3	0,450	2	70	
233	4	85	4	1	3	1	2	2	40	4	2	0	1	3	1	11	2	90	8	0,711	2	75	
234	4	85	4	1	3	1	3	3	45	4	3	0	1	1	4	1	3	23	18	1,767	2	75	
235	1	75	4	1	1	1	3	3	25	4	0	1	1	3	1	8	2	92	4	0,963	2	75	
236	1	75	4	1	1	1	3	3	25	3	0	0	1	3	1	3	2	50	1	0,290	2	70	
237	3	35	1	1	2	2	1	45	2	0	0	0	1	1	4	3	1	77	11	1,494	1	0	
238	3	35	1	1	2	2	1	45	2	0	0	0	1	1	4	2	1	75	15	0,639	1	0	
239	2	50	1	1	2	2	1	20	2	0	0	0	1	1	4	2	1	88	13	1,238	1	0	
240	2	50	1	1	2	2	1	18	2	0	0	0	1	1	4	2	1	84	16	1,094	1	0	
241	2	50	1	1	3	3	2	1	50	2	1	0	1	1	4	1	1	54	14	0,990	1	0	
242	3	35	1	1	2	2	1	28	2	0	0	0	1	1	4	1	1	66	18	1,770	1	0	
243	2	50	1	1	2	3	2	1	20	2	1	0	1	1	4	3	1	82	13	1,148	1	0	
244	3	35	1	1	2	2	1	42	2	0	0	0	1	1	4	2	1	78	15	1,733	1	0	
245	3	35	1	1	2	2	1	48	2	0	0	0	1	1	4	3	1	87	18	2,425	1	0	
246	2	50	1	1	2	2	1	13	2	0	0	0	1	1	4	1	1	48	15	0,816	1	0	
247	2	50	1	1	2	2	1	19	2	0	0	0	1	1	4	1	1	70	14	2,502	1	0	
248	3	30	1	1	2	2	1	53	2	0	0	0	1	1	4	3	1	105	16	1,707	1	0	
249	3	30	1	1	2	2	1	50	2	0	0	0	1	1	4	1	1	50	15	1,208	1	0	
250	1	70	1	1	1	1	2	7	3	0	0	0	2	1	3	1	1	30	9	1,188	2	15	
251	1	70	1	1	1	1	2	7	3	0	0	0	2	1	3	2	1	58	12	1,994	2	15	
252	1	70	2	1	1	1	2	19	3	0	1	2	1	3	3	1	102	14	1,860	2	15		
253	1	70	2	1	1	1	2	20	3	0	0	2	1	3	3	1	90	14	1,915	2	10		
254	1	80	2	1	2	1	2	20	3	0	0	2	1	3	1	1	70	11	1,517	2	20		
255	1	80	3	1	2	1	2	35	3	0	0	2	2	3	1	1	55	15	1,060	2	20		
256	1	80	3	3	1	2	1	2	35	3	0	0	2	1	3	1	3	22	12	0,829	2	15	
257	1	80	3	3	1	3	1	2	35	3	2	0	2	2	3	1	1	46	12	1,156	2	17	
258	1	50	4	2	3	3	1	2	38	3	0	0	2	2	3	2	1	72	12	1,378	2	5	





Ek Tablo 8: Traktörlerle Bölmeden Çıkarma Sürecinde Belirlenen Değişkenlerin Birbirleriyle İlişkilerini Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları

	x63	x64	x65	x66	x67	x68	x69	x70	x71	x72	← ↓
x51		-,271	-,023	,254	,164	-,111	,060	-,010			x63
x52	,079		-,176	-,072	,041	,238	-,271	,059			x64
x53	-,022	,100		-,412	-,114	-,285	,659	,214			x65
x54	-,229	,184	,202		,127	,206	-,083	,065	-,009	-,027	x66
x55	,393	,335	,087	-,077		-,057	-,073	-,080	,087	,028	x67
x56	-,092	-,182	,043	,257	-,072		-,312	,441	-,264	-,008	x68
x57	,006	,144	,264	-,015	-,160	,080		,363	,134	,007	x69
x58	,009	,191	,514	-,067	-,036	-,001	,594		-,183	,074	x70
x59	,041	-,150	,268	,262	,036	,287	,004	,082		,224	x71
x60	,174	-,007	,160	-,234	,133	,027	-,153	-,011	,195		x72
↑ →	x51	x52	x53	x54	x55	x56	x57	x58	x59	x60	
↓ →	x51	x52	x53	x54	x55	x56	x57	x58	x59	x60	
x63	-,076	,150	-,290	,028	,089	-,043	-,265	-,230	-,268	-,123	
x64	-,094	-,148	,210	,108	-,146	-,040	,106	,197	,089	,158	
x65	-,024	-,080	-,026	,101	-,259	,286	,289	,170	,023	-,329	
x66	,380	,283	-,113	-,213	,318	-,218	-,096	-,031	-,143	,222	
x67	,047	,078	,119	,053	,134	-,010	,099	,091	-,131	,078	
x68	,067	-,307	-,041	-,174	-,029	-,052	-,204	-,172	,120	,284	
x69	,183	,057	-,142	,078	,010	,209	,047	,051	-,079	-,249	
x70	,096	-,309	-,116	-,083	-,067	,067	-,100	-,031	,056	,089	

↓ →	y51	y52	y53	y55	y56	y54	y57	ytr	yge	yfa
x51	,299		,469							
x52			,174							
x53		,485		,181	,124	,493		,303	,404	,366
x54		,375	-,122	,233		,274	,156	,122	,249	,200
x55		,157	,237		,116				,199	,160
x56		,250	-,134	,212		,298	,124	,181	,202	,189
x57		,139		,115		,184		,154	,172	,189
x58		,207				,275		,295	,253	,307
x59		,764		,283		,801		,375	,556	,447
	y51	y53	y56	y54	y57	y59	y60	ytr	yge	yfa
x60			,167	,158		,176		,131	,202	,193
x63				-,248		-,212		-,242	-,141	-,175
x64							,119		,165	,123
x65		*	*		*			,220		,115
x66		*		*	*				,142	,127
x67			*				,115		,120	
x69	*				*			,211		,119
x70					*			,288	,115	,232
x71					*	,189	,005	,244	,203	,235
x72	*				*	,888	-,067	,523	,125	,336

Not: xii-xii ilişkilerinde bütün katsayılar, xii-yii ilişkilerinde ise % 95 ve daha yüksek ilişkili olan katsayılar verilmiştir. Katsayıların anlamlılık düzeyi; 0,114 - 0,149 arası % 95 ile % 98,7 arasında, 0,150 - 0,190 arası % 98,7 ile % 99, 9 arasında, 0,191'den büyük katsayılar % 99,9'dan daha yüksek, şeklindedir.

Ek Tablo 9: MB Trac Orman Traktörleri İle Bölmeden Çıkarma Sırasında, İş Kısımlarına İlişkin Gözlenen Zaman Değerlerinin Değişken Gruplarına Göre Ortalaması, Tek Girişli Varyans Analizi Sonuçları ve Scheffé Testine Göre Değişken Gruplarının Durumu (Zaman değerleri 1/100 dakika (YD) biriminden verilmiştir)

Değ. adı	y11		my11		y54		my54		y456		yfa		byfa					
	gr	YD	gr	farklı grupl	YD	gr	farklı grupl	YD/m	gr	YD	gr	farklı grupl	gr	YD/m3	farklı grupl			
x51	3	96	3	X	2	98	X	1	5,1	3	118	X	3	690	X	2	560	X
	2	108	2	X X	3	118	X X	2	4,4	2	242	X	1	868	X	3	615	X
	1	161	1	X X X	1	203	X	3	3,3	1	313	X	2	1096	XX	1	1195	X X
	4	208	4	X	4	212	X X	4	4,8	4	399	X	4	1398	X	4	1790	X
		4,		3,5		4,5		6,8		2,4				8,75				5,1
x52	1	147	2	X			X	2	4,8					785	X	2	689	X
	4	156	1	X X			X	3	5,2					891	X	1	860	X X
	7	158	4	X			X	1	5,7					903	X	3	1203	X X
	6	171	3	X			X	4	5,9					963	X	4	1532	X
		7,		6,1		23		5,0		3,5				2,06				13,7
x53	1	121	2	X	1	140	X	1	5,1	1	226	X	2	771	X	1	1030	X
	2	150	1	X X	2	207	X	2	5,1	2	282	X X	1	791	X	2	1042	X
	3	184	3	X X	3	226	X	3	5,5	3	359	X X	3	950	X	3	1300	X X
	4	241	4	X	4	295	X	4	6,7	4	493	X	4	1248	X	4	1596	X
		30,		9,6		31,6		12,2		16,97				18,45				5,66
x54	1	133	1	X	1	168	X	1	5,4	1	250	X	1	837	X	1	1071	X
	2	200	2	X	3	237	X	3	5,4	2	390	X	2	943	X X	3	1253	X X
	3	212	3	X	2	254	X	2	5,8	3	426	X	3	1058	X	2	1525	X
		25,6		3,2		15,9		1,0		14,23				5,95				4,8
x55	1	152	2	X			X	2	5,0	1	292	X	2	827	X	2	1102	X
	2	161	1	X X			X	3	5,4	2	301	X	1	868	X	1	1109	X X
	3	192	3	X			X	1	5,6	3	386	X	3	1091	X	3	1558	X X
		3,86		5,1		2,9		1,6		2,6				5,8				4,8
x56	2	138	2	X	2	159	X	2	5,7	2	206	X	2	788	X	2		X
	1	148	1	X	1	178	X	1	5,5	1	272	X	1	860	X	1		X
	3	212	3	X	3	278	X	3	5,9	3	498	X	3	1104	X	3		X
		14,5		3,1		22,9		7,1		26,8				9,55				
x57	2	139	2	X	1	184	X	2	4,9	1	278	X	1	839	X	1	1077	X
	1	155	1	X	2	186	X	1	5,2	2	334	X X	2	931	X X	2	1156	X X
	3	200	3	X	3	248	X	3	7,0	3	381	X	3	1059	X	3	1563	X
		6,96				6,7		27		3,6				5,3				5,65



## 9. ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Trabzon ili, Şalpazarı ilçesi Dorukkiriş köyünde doğdu. 1974 yılında Dorukkiriş köyü ilkokulunu bitirdi. Devlet parasız yatılı sınavlarını kazanarak lise öğrenimini 1980 yılında Trabzon Lisesi' nde tamamladı. Aynı yıl ÖSYM sınavları ile kazandığı İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde 1 yıl okuduktan sonra 1981 yılı ÖSYS sonucunda KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümüne kayıt yaptırdı. 1985 yılında Orman Mühendisi ünvanı ile mezun olduğu bu bölümün Orman İnşaatı-Geodezi ve Fotogrametri Anabilim dalına 1986 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1987-1988 öğretim yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği programına yüksek lisans öğrencisi olarak kayıt yaptırdı. Bir yıl İngilizce hazırlık okuduktan sonra başladığı yüksek lisansını 1991 yılında tamamlayarak Orman Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. 1992 yılında KTÜ FBE Orman Mühendisliği programından Doktora öğrenimine başladı.

Halen KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı-Geodezi ve Fotogrametri Anabilim dalında Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ