

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORMAN YOLU STANDARTLARININ YÜKSELTİLMESİNİN ORMAN
ÜRÜNLERİNİN TOPLAM EKONOMİK DEĞERİ VE UZAK NAKLİYAT
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Samed Tarık KARABENLİ

Orman Ürünleri Anabilim Dalı

Şubat 2018

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORMAN YOLU STANDARTLARININ YÜKSELTİLMESİNİN ORMAN
ÜRÜNLERİNİN TOPLAM EKONOMİK DEĞERİ VE UZAK NAKLİYAT
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAMED TARIK KARABENLİ
(151081102)**

Orman Ürünleri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY

Şubat 2018

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 151081102 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Samed Tarık KARABENLİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "ORMAN YOLU STANDARTLARININ YÜKSELTİLMESİNİN ORMAN ÜRÜNLERİNİN TOPLAM EKONOMİK DEĞERİ VE UZAK NAKLİYAT ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Murat DEMİR**
İstanbul Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Salih PARLAK
Bursa Teknik Üniversitesi

Savunma Tarihi : **13/02/2018**

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Samed Tarık KARABENLİ

İmzası :

X X X X

ÖNSÖZ

“Orman Yolu Standartlarının Yükseltimesinin Orman Ürünlerinin Toplam Ekonomik Değeri ve Uzak Nakliyat Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Ürünleri Programı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarımın her aşamasında katkılarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY’a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez jürimde bulunan ve tezimle ilgili görüşlerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. Murat DEMİR ve Yrd. Doç. Dr. Salih PARLAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim süresince desteklerini benden esirgemeyen değerli aileme, tez çalışmalarımındaki katkılarından dolayı Dr. Ebru BİLİCİ’ye çok teşekkür ederim.

Şubat 2018

Samed Tarık KARABENLİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Bölmeden Çıkarma.....	2
1.2 Uzak Nakliyat.....	4
1.2.1 Kamyon ve Kamyon-Treyler ile Taşıma	4
1.2.2 Yollar Üzerinde Taşıma ve Kamyon Çeşitleri	5
1.2.3 Kamyonlarda Teknik Özellikler Hakkında Genel Bilgiler	8
1.3 Orman Yolları	9
1.3.1 Orman Yol Tipleri.....	11
1.3.1.1 Ana Orman Yolları.....	12
1.3.1.2 Tali Orman Yolları.....	12
1.3.1.3 Traktör Yolları	14
1.3.2 Üst Yapı Malzemesi Yönünden Orman Yol Tipleri	14
1.4 Ağ Analizi ve NETWORK 2001	16
1.4.1 Ağ Analizi	16
1.4.2 Network 2001 Programı.....	17
1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	22
2. LİTERATÜR ÖZETİ	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1 Materyal	29
3.1.1 Çalışma Alanı.....	29
3.1.2 Orman Depoları ve Rampalar	30
3.1.3 Kullanılan Ölçüm Aletleri ve Cihazlar	35
3.2 Yöntem	36
3.2.1 Veri Tabanı	36
3.2.2 Ağ Analizi	42
3.2.3 Network 2001 Programı Kullanımı.....	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1 Sayısal Haritalar	45
4.1.1 Yol Ağı.....	45
4.1.2 Orman Depoları ve Rampalar	46
4.2 Ağ Analizi	48
4.2.1 Minimum Maliyet	48

4.2.2 Maksimum Net Kâr.....	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ.....	61



KISALTMALAR

ACO	: Karınca Kolonisi Optimizasyonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
FTPP	: Orman Transportu Planlama Problemleri
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
MIP	: Karma Tamsayı Programlama
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
ORS	: Optimal Yol Aralığı

SEMBOLLER

km	: Kilometre
kg	: Kilogram
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
hp	: Beygir Gücü
m³	: Metreküp
cm²	: Santimetrekaire
cm³	: Santimetreküp
dk	: Dakika
sa	: Saat
bg	: Beygir Gücü

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Orman yolları geometrik standartları	11
Çizelge 3.1 : Bursa OBM sınırlarındaki işletme müdürlükleri orman varlığı bilgileri	30
Çizelge 3.2 : Mustafakemalpaşa orman işletme müdürlüğü sınırlarındaki işletme şefliklerinin orman varlığı bilgileri	30
Çizelge 3.3 : İşletme Şefliklerinde yer alan Orman Depoları.....	31
Çizelge 3.4 : Paşalar Orman İşletme şefliğindeki rampalarda orman ürünlerinin hacimleri.....	33
Çizelge 3.5 : Turfal Orman İşletme şefliğindeki rampalarda orman ürünlerinin hacimleri.....	34
Çizelge 3.6 : Sarnıç Orman İşletme şefliğindeki rampalarda orman ürünlerinin hacimleri.....	34
Çizelge 3.7 : Çalışma alanındaki orman ürünlerinin orman depolarına göre ortalama satış fiyatları	35
Çizelge 3.8 : Yol durum değerlendirme tablosu ve karar matrisi.....	39
Çizelge 3.9 : Yol durumuna göre ortalama ulaşım hızı	40
Çizelge 4.1 : Çalışma alanında bulunun yolların uzunluk bilgileri	46
Çizelge 4.2 : Paşalar OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (15 ton kamyon)	50
Çizelge 4.3 : Sarnıç OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (15 ton kamyon)	50
Çizelge 4.4 : Turfal OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (15 ton kamyon)	51
Çizelge 4.5 : Paşalar OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (22 ton kamyon)	52
Çizelge 4.6 : Sarnıç OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (22 ton kamyon)	53
Çizelge 4.7 : Turfal OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (22 ton kamyon)	53

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Odun hammaddesi üretim şekline göre kullanılan kamyon çeşitleri	6
Şekil 1.2 : BMC 200-26 Turbo Intercooler kamyonun ve teknik özellikleri.....	9
Şekil 1.3 : “B” tipi tali orman yolu (Buğday ve Menemencioglu, 2014)	10
Şekil 1.4 : Yol Kapasitesine göre yapım ve bakım giderlerinin değişimi	10
Şekil 1.5 : Ana orman yolu enine kesiti (Acar, 2004)	12
Şekil 1.6 : A Tipi tali orman yolu enine kesiti (Acar, 2004)	12
Şekil 1.7 : B Tipi tali orman yolu	13
Şekil 1.8 : Toprak yol görüntüsü (Biberici, 2011)	15
Şekil 1.9 : Stabilize yol görüntüsü	15
Şekil 1.10 : Asfalt kaplama yol görüntüsü.....	16
Şekil 1.11 : İki ayrı orman deposu ve son durak düğüm noktası içeren ağ modeli ...	17
Şekil 1.12 : “Link” ve “Sale” veri tablosu butonları	18
Şekil 1.13 : “Link Editor” veri tablosu penceresi	19
Şekil 1.14 : “Sale Editor” veri tablosu penceresi.....	20
Şekil 1.15 : Metin formatındaki sonuç raporunda sunulan optimum güzergah bilgileri	21
Şekil 1.16 : Ağda yer alan güzergahlar ve optimum çözümün grafiksel gösterimi...	21
Şekil 1.17 : Ağda yer alan düğüm noktaları ve optimum çözümün grafiksel gösterimi.....	22
Şekil 3.1 : Çalışma alanı	29
Şekil 3.2 : İşletme şeflikleri içerisinde yer alan orman depoları	31
Şekil 3.3 : Çalışma alanında yer alan orman depolarında görüntüler	32
Şekil 3.4 : Çalışma alanında ölçüm aletleri ve yazılımlar	36
Şekil 3.5 : Türkiye pafta (1/25000) indeksi haritası ve çalışma alanı	37
Şekil 3.6 : Çalışma alanı içinde yer alan paftalar (1/25000).....	37
Şekil 3.7 : Çalışma alanına ait yol ağı veri katmanı	38
Şekil 3.8 : Çalışmada değerlendirilen kamyonların teknik özellikleri	40
Şekil 3.9 : Yol ağı veri katmanına ait örnek öznetelik tablosu.....	42
Şekil 3.10 : Örnek bir yol ağı sisteminde parametreler	42
Şekil 4.1 : Çalışma alanına ait yol ağı haritası	45
Şekil 4.2 : Düğüm noktalarını gösteren yol veri tabanından bir bölüm	47
Şekil 4.3 : Bölme numaraları	47
Şekil 4.4 : Çalışma alanı sınırlarında yer alan orman depolarının ve rampaların lokasyonları	48
Şekil 4.5 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam maliyet raporu	49
Şekil 4.6 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 optimum nakliyat güzergahları.....	49
Şekil 4.7 : NETWORK 2001’de örnek optimum nakliyat güzergahı (15 ton kamyon)	49
Şekil 4.8 : Yüksek tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam maliyet raporu ...	51
Şekil 4.9 : Yüksek tonajlı kamyon için NETWORK 2001 optimum nakliyat güzergahları.....	51
Şekil 4.10 : NETWORK 2001’de örnek optimum nakliyat güzergahı (22 ton kamyon)	52
Şekil 4.11 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam net kâr raporu	54

Şekil 4.12 : Orta tonajlı kamyon için maksimum net kârı veren optimum nakliyat güzergahları.....	54
Şekil 4.13 : NETWORK 2001’de net kârı maksimize eden optimum nakliyat güzergahı örneği (15 ton kamyon).....	54
Şekil 4.14 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam net kâr raporu	55
Şekil 4.15 : Orta tonajlı kamyon için maksimum net kârı veren optimum nakliyat güzergahları.....	55
Şekil 4.16 : NETWORK 2001’de net kârı maksimize eden optimum nakliyat güzergahı örneği (22 ton kamyon).....	55



ORMAN YOLU STANDARTLARININ YÜKSELTİLMESİNİN ORMAN ÜRÜNLERİNİN TOPLAM EKONOMİK DEĞERİ VE UZAK NAKLİYAT ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Ülkemizde orman ürünlerinin üretiminde tercih edilen ürün boyları, dünya standartlarına kıyasla oldukça kısa tutulmaktadır. Bunun nedenlerinin başında, büyük boyutlardaki orman ürünlerinin nakliyatında gerekli olan yüksek taşıma kapasiteli kamyonların, mevcut orman yollarının önemli bir bölümünü oluşturan ve standartları yetersiz B-tipi tali orman yollarında kullanılması mümkün değildir. Bu yollarda kullanılan teknik standartların (platform genişliği, kurp yarıçapı, kurp genişliği, vb.) yetersizliği, sanat yapıları ve üst yapı eksikliği yüksek tonajlı kamyonların hareketini ve manevra kabiliyetini sınırlamaktadır. Orman yolu standartlarının yükseltilmesi bir maliyet gerektirse de, yüksek standartlardaki yolların yol bakım ve onarım maliyetlerinin orta ve uzun vadede önemli oranda düşeceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Network 2001 yazılımı kullanılarak orman yolu standartlarının yükseltilmesinin, orman ürünlerinin ekonomik değeri ve uzak nakliyat üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygulamada, çalışma alanı olarak Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Mustafakemalpaşa İşletme Müdürlüğüne bağlı Orman İşletme Şeflikleri seçilmiştir. Çalışma alanı kapsamında yer alan orman yolları ağı verileri (uzunluk, durum, ortalama araç hızı, vb.), asli orman ürünleri (ürün tipi, miktarı, depolarda birim satış fiyatı), orman ürünlerinin kamyonlara yüklenmek üzere istiflendikleri rampalar ve orman depolarına ilişkin bilgiler Network 2001 programına girilerek değerlendirilecektir. Bu amaçla ilk olarak ArcGIS 10.4.1 yazılımı ile uygulama alanı kapsamında yer alan orman yolları, rampalar ve orman depoları sayısallaştırılacaktır. Uygulama sırasında özellikle farklı kamyon tiplerinin uzunlukları ve yük taşıma kapasiteleri için orman ürünlerinin toplam ekonomik değeri incelenmiştir.

Yenilenebilir doğal kaynaklardan olan ormanlarımızın gelecek kuşakların ve günümüz ihtiyaçların karşılayabilmesi için modern yöntemlerle yönetilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda ormanlarımızın optimum verimliliği sağlayacak etkin bir şekilde korunabilmesi için sürdürülebilir ve modern yöntemlerle yönetilmesi gerekmektedir. Sayısal veri tabanlarının geliştirilmesi ve özellikle mevcut yol ağlarının tamamının sayısallaştırma yapılarak bilgisayar ortamına aktarılması durumunda orman alanlarımızın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada sunulan karar destek sistemi modern yöntemlere örnek teşkil edecek ve Türkiye genelinde uygulanabilecektir. Böylece orman ürünlerinin nakliyatı daha hızlı ve etkin bir şekilde planlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Ağ Analizi, En Kısa Yol, Orman ürünleri nakliyatı, Network 2001

DETERMINING EFFECTS OF IMPROVING FOREST ROAD STANDARDS ON TOTAL ECONOMIC VALUE OF FOREST PRODUCTS AND TIMBER HAULING ACTIVITIES

SUMMARY

In Turkey, the lengths of forest products preferred in forest harvesting are quite short comparing with international standards. The main reason is that large scale logging trucks, which are necessary for hauling large size forest products, cannot operate on Type-B secondary forest roads. Insufficient technical standards (width, curve radius, curve widening, etc) and lack of road structures and surface materials limits the movement and maneuverability of large size logging trucks. Even though improving road standards may cost some amount, maintenance and repair costs of high standard roads will considerably decrease in long term.

In this study, it is aimed to determine the effects of improving forest road standards on total economic value of forest products and timber hauling activities by using Network 2001. In project application, Forest Enterprise Chiefs of Mustafakemalpaşa Forest Enterprise Directorate in Bursa Forest Regional Directorate is selected as the study area. Forest road network data (length, condition, average design speed) within the study area, truck properties (load capacity, hourly cost), forest products data (product type, amount, sale price at depots, etc.), landing areas where forest products are bunched, and forest depots information will be entered into Network 2001 program for evaluation. Firstly, the forest roads, the landing locations, and forest depots will be digitized by using ArcGIS 10.4.1 software. During application, total economic value of forest products will be investigated using profit/cost analysis in a case of improving forest road standards for especially different truck types of various lengths and load capacities.

As essential renewable natural resources, in order forests to meet the demands of today's and future's generations and to be effectively preserved, they have to be managed by modern methods which ensures sustainability and optimum productivity. When the digital database of all the forested areas in Turkey are generated and especially all of the current road network is stored into the computers after digitized, the decision support system that will be produced in this project as an example of modern methods will be able to be implemented in national wide scale, and therefore, forest products transportation will be planned in a faster and more effective way.

Keywords: Forest roads, Forest products, Timber hauling, Network 2001

1. GİRİŞ

Orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması orman işletmeciliğinde giderlerin önemli bir kısmını oluşturur. Orman ürünlerinin nakliyatı ise toplam üretim maliyetlerinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Ormancılıkta üretim çalışmalarında uzak nakliyat bölmeden çıkarma aşamasını tamamlayan bir aşamadır. Orman işletmeciliği içerisindeki giderlerin % 40'ına yakın kısmını uzak nakliyat masrafları teşkil eder (Acar, 1998). Bölmeden çıkarılan odun hammaddeleri önce geçici istif yerlerine ve buradan da orman depolarına taşınmaktadır. Genellikle taşıma işleri için ağır tonajlı kamyonlar ve tırlar kullanılmaktadır (Acar ve Eroğlu, 2001). Uzak nakliyatın maliyetini etkileyen en önemli faktörler; aracın birim saatlik maliyeti, ürün kapasitesi, yol eğimi ve uzunluğu, yol tipi ve yolun durumudur.

Orman yollarının planlanması ve yapımı çok sayıda fiziksel ve ekolojik faktörlerin dikkate alınmasını gerektiren bir problemdir. Ormancılık çalışmalarının etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesinde orman yolları büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı orman yolları ulaşım sorunu olmayan, bakım ve yapım ihtiyacı en az olan ve maliyetleri en düşük olacak şekilde inşa edilmelidir. Özellikle bölmeden çıkarma çalışmalarında orman yollarının uygun standartlarda olması büyük önem arz etmektedir. Arazi şartlarının uygun olmadığı ve iyi bir yol şebekesinin bulunmadığı ve yol standartlarının yeterli olmadığı alanlarda bölmeden çıkarma masrafları daha da artmaktadır. Orman yollarında yüksek yük kapasitesine sahip yüksek tonajlı araçların kullanılması, yüklenen odun hammaddesi ile birlikte toplam taşıt ağırlığı doğrudan arttırdığından orman yolu üst yapı ihtiyacını daha da önemli hale gelmektedir (Hasdemir ve Demir, 2000).

Uzak nakliyatta özellikle büyük kamyonlar tercih eden alıcılar, orman yolu standartlarımızın birçok bölgede düşük olması nedeniyle kesim alanına ulaşmakta zorluk çekmekte, bu nedenle de çoğu zaman ihalelere katılamamaktadır. Katılım sağlaması durumunda ise yüksek teklifler vermektedir (Bayoğlu, 1997). Ayrıca kamyonun saatlik maliyeti, yol standartlarının düşük olması ve yük miktarının fazla olmasına bağlı olarak taşıma masraflarını da arttırmaktadır. Bu nedenle, en az

maliyetli ve en yüksek net kârı sağlayan standartta yol planlarının geliştirilmesi ülke ekonomisi açısından büyük bir öneme sahiptir. Mevcut orman yollarının büyük bir bölümü düşük yol standartları, yetersiz sanat yapısı miktarı ve üst yapı eksikliğinden kaynaklanan sorunlar nedeniyle mevcut ihtiyacı karşılayamadığı düşünülmektedir. Mevcut yollardaki sorunların en büyük kaynaklarından biri olan sanat yapısı yetersizliği, yollarda bozulmalara ve ulaşım sorunlarına neden olmaktadır. Sorunun çözümü için mevcut orman yolu standartlarının yükseltilerek günümüz taşıma araçlarının manevra ve dönüşüne uygun kurplar kullanılarak gerekli yerlerde sanat yapılarının inşa edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yeni yapılacak yollarda ise mümkün olduğu ölçüde standardı yüksek yolların yapılması, yol drenajının sağlanması ve gerekli yerlerde sanat yapılarının kullanılması çözüm olabilecektir (Bayoğlu, 1997).

Bilgisayar destekli modellerin geliştirilmesi ile orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ekonomiklik ve zaman tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Modern matematiksel algoritmalarında yaşanan gelişmeler ile en düşük maliyetli mesafenin bulunmasında büyük kolaylıklar sağlanmış ve nakliyat problemlerinin çözümüne yardımcı olmuştur (Akay ve Kılıç, 2015). Bu kapsamda ağ modelleri olarak bilinen algoritmalar ile en kısa yolun bulunması, maliyeti en düşük yolun bulunması, değer akışının maksimum olduğu noktanın bulunması ve en ekonomik transport planının yapılması gibi problemlerin çözümünde kullanılırlar (Başkent, 2004).

1.1 Bölmeden Çıkarma

Bölmeden çıkarma, ormanda planlara uygun olarak kesilen ağaçların devrilmesi sonucu elde edilen odun hammaddesinin insan, hayvan ve makina gücünden yararlanarak uzak transportun başlangıcı olan orman yolu kenarındaki istif yerlerine ya da depo yerlerine taşınması işlemidir (Yıldırım ve Engür, 1989). Ormancılıkta üretim faaliyetleri, idari müddeti dolan ağaçların kesimi ve hazırlanması (istihsal), kesilerek hazırlanan ağaçların kesim alanından çıkarılması (tali nakliyat) ve alandan çıkarılan ağaçların kamyonlara yüklenecek orman yolları üzerinde taşınması (ana nakliyat) aşamalarından oluşmaktadır (Karaman, 2001). Transportun ilk safhasını bölmeden çıkarma oluşturmaktadır. Bu safhada odun, kesim yapılan alandan yükleme noktalarına getirilmektedir. Bölmeden çıkarma, üretim çalışmalarının en zor kısımlarından olan odunun taşınması ve istiflenmesi çalışmalarını oluşturduğundan,

üretim çalışmalarında en fazla zamanı alan masraflı safhayı teşkil etmektedir. Özellikle ulaşımın kolay sağlandığı uygun bir yol şebekesinin bulunmadığı ormanlık alanlarda bölmeden çıkarma masrafları daha da yüksek olmaktadır. Ekonomikliğin sağlanarak verimin yükseltilmesi için planlı bir çalışma yapılması ve üretim işlerine entegre edilmiş uygun bir bölmeden çıkarma yönteminin seçilmesi gerekmektedir (Yıldırım ve Engür, 1989).

Bölmeden çıkarma genellikle iki aşamada gerçekleşmektedir (Yıldırım ve Engür, 1989) :

- Ön bölmeden çıkarma; kesim olgunluğuna gelmiş ağaçların kesilerek devrilmesi sonucu orman ürünlerinin bir araya getirilerek sürütme ve orman yoluna kadar taşınmasıdır. Bu aşamada ürün tiplerine göre ayrı ayrı istiflenen orman ürünleri istiflenirken kabaca sınıflandırılmış olur.
- Asıl bölmeden çıkarma; odunun sürütme yolundan, yol kenarında düzenlenen uzak transportun başlayacağı rampa, depo veya istif yerleri gibi toplama yerlerine taşınması aşamasıdır.

Bölmeden çıkarma sürecinde bazı ön bilgilerin bilinmesi gereklidir (Berkel, 1976):

- Satış işlemi gerçekleştirildiğinde, en azından üretim masraflarını karşılayabilen odun hammaddeleri bölmeden çıkarılmalıdır.
- Bölmeden çıkarma işlemleri gerçekleştirilirken dikili ağaçlara, mevcut gençliğe ve orman toprağına zarar vermeyen bir yöntem seçilerek en uygun zaman belirlenmelidir.
- Bölmeden çıkarma çalışmalarında uygulanacak yöntemler, kullanılacak yollar ve istif yerleri önceden planlanmış bir transport planı dahilinde gerçekleştirilmelidir.
- Ormanda dağınık halde bulunan odun hammaddesi belirli bir sıra ve düzen dahilinde bölmeden çıkarılmalıdır.
- Depo ve istif yerlerinde odun çeşitleri sınıflandırılarak ayrı ayrı istiflenmelidir.

Üretim işlerinin planlanmasında, bölmeden çıkarma yöntemleri genelde arazi eğim sınıflarına göre belirlenmektedir. Üretim tipinin belirlenmesinde baz alınan eğim gurupları şu şekildedir (Erdaş vd. 2007):

- Eğimin %0-33 arasında olduğu alanlar
- Eğimin %34-50 arasında olduğu alanlar
- Eğimin %50< olduğu alanlar

Eğimin %0-33 arasında olduğu alanlarda Tarım traktörü ile sürütme ve hayvan gücü ile taşıma, eğimin %34-50 arasında olduğu alanlarda orman traktörü ile kablo çekimi suretiyle bölmeden çıkarma ve eğimin %50< olduğu alanlarda hava hattıyla kablo çekim suretiyle bölmeden çıkarma yapılmaktadır (Erdaş vd., 2007).

1.2 Uzak Nakliyat

Uzak nakliyat aşamasında orman ürünleri rampalardan orman depolarına veya fabrikalara genelde kamyonlar vasıtasıyla taşınmaktadır. Bu aşamada kamyonların daha çok tercih edilmesinin nedenleri arasında yüksek yük kapasitesi, ulaşım hızı ve yüksek verimleri gelmektedir. Diğer taraftan, çok değişik ebat ve taşıma kapasitelerine sahip kamyon tipleri olmasına karşın pek az tipi, ülkemizde mevcut orman yollarında kullanılabilecek ölçülerdedir. Bu kısıtlamanın ana nedeni orman yollarının düşük standartlarda olmalarıdır.

Odun hammaddesi kamyonlara yüklenirken Karayolları Genel Müdürlüğünün (KGM) belirlediği boyut ve ağırlıklar dikkate alınır. Ayrıca, KGM'den özel yük taşıma izin belgesi alınarak, belirlenen boyutları ve ağırlık değerlerini geçen bölünmesi veya parçalanması mümkün olmayan ürünler de karayolunda taşınabilir.

1.2.1 Kamyon ve Kamyon-Treyler ile Taşıma

Ülkemizde orman ürünlerinin nakliyatında tercih edilen kamyonlar, yaygın olarak kısa tomruk taşımacılığında veya sanayi odunu, kağıtlık odun ve yakacak odun gibi ürünlerin transportunda kullanılırlar. Genel olarak orman ürünü taşıyan kamyonlar iki veya üç akstan oluşmaktadır. Orman ürünlerinin kamyonlara manuel olarak (insan gücüyle) veya şoför mahallinin arka bölümüne monte edilen 7-10 ton kapasiteli hidrolik vinçle yüklenmektedir. Nakliyat sırasında kamyon kasası kapalı olabileceği

gibi özel dikmeler kullanıldığında açık da kalabilir. Üç akslı kamyonlarda, gerideki iki akstan arkada olanı özel bir sistemle yerden kaldırılarak boş geri dönüşlerde tekerleklerin yıpranması engellenmektedir.

Uzak nakliyatı taşıma verimi, kamyonla taşıma mesafesine, taşıma süresine ve yükleme süresine bağlıdır. Taşıma mesafesinin sabit kalması koşuluyla taşıma süresinin düşürülmesi ana ve yan yollarının belli bir hızla seyredebilecek durumda olmalarına bağlıdır. Ayrıca, kamyon yük kapasitesini aks ilave ederek arttırmak yoluyla da verimlilik arttırılabilmektedir. Günümüzde ana orman yollarında taşıma yapan kamyonlara iğne yapraklı ağaçlar için 15-20 m³, yapraklı ağaçlar için ise 10-14 m³ tomruk yüklenebilmektedir. Taşıma kapasitelerinin arttığı oranda uzak nakliyat verimi de artmış gösterecektir.

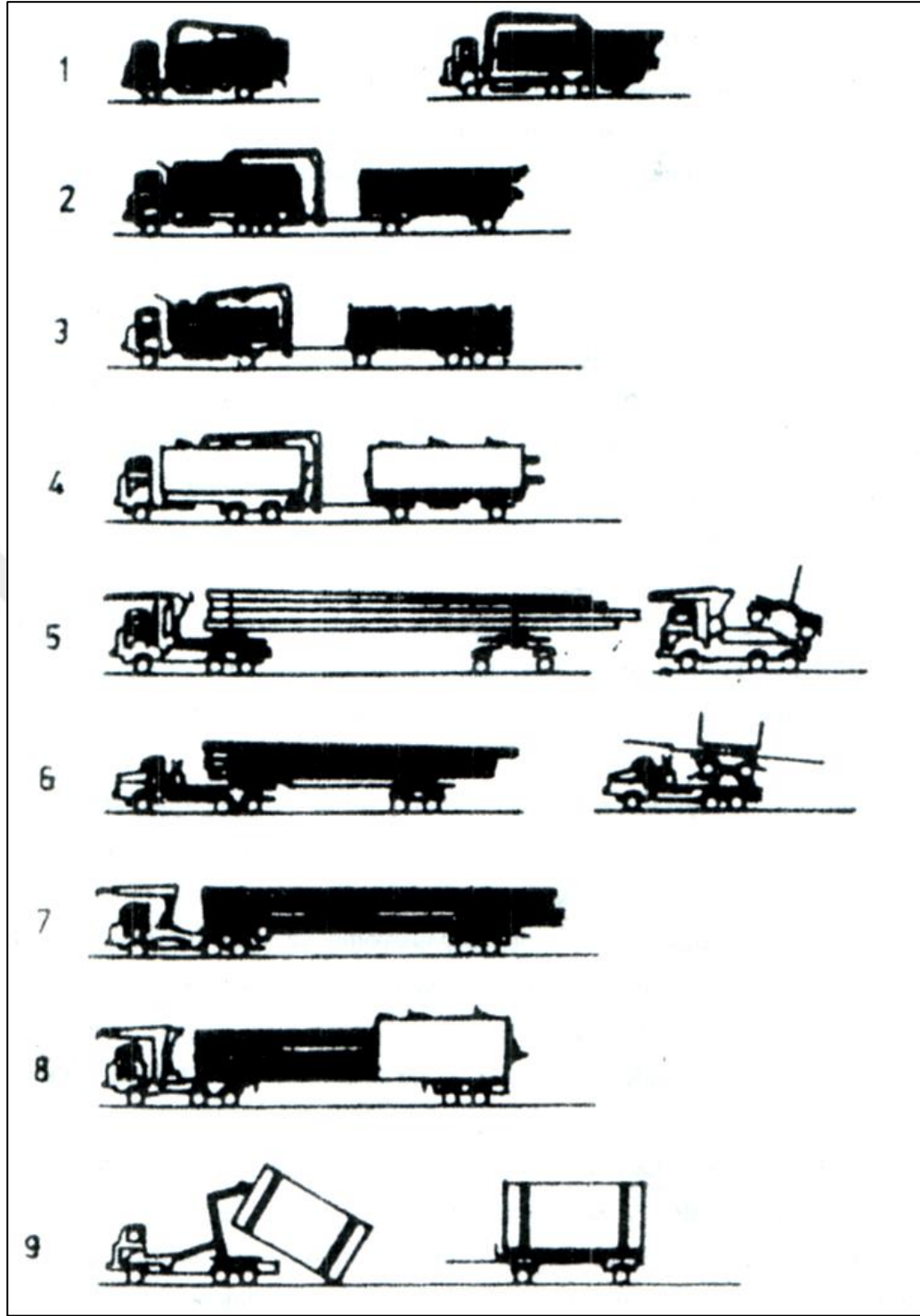
Kamyon ve kamyon-treyler ile yapılan uzak nakliyat operasyonlarında Karayolları tarafından belirlenen yük sınırlarına dikkat edilmelidir. Bazı kamyonlarda bulunan yük-ağırlık göstergeleri sayesinde, yükleme sonrası aracın ağırlık kontrolü sürücü tarafından yapılabilmektedir. Yine kamyon ve kamyon-treylerde teknik özellikler yasal sınırlar içinde olmalıdır. Bazı batı ülkelerinde uzun mesafelerde kamyon ve kamyon-treyler ile karayolu taşımacılığı tercih edilirken, ülkemizde ise uzun mesafeli transport sınırlı sayıda yapılmaktadır.

Taşıma anında yüklerin sabit kalması için kısa kağıtlık ve yakacak odun nakliyatında ön ve arka dikmelerden, tomruk taşımacılığında ise kenar dikmelerden yararlanılmaktadır. Yükün sabit tutulması amacıyla sağlam ve sert yapıda olan ön ve arka kenar dikmelere ilave olarak bağlayıcı demirler ve sargı zincirleri de kullanılmaktadır.

1.2.2 Yollar Üzerinde Taşıma ve Kamyon Çeşitleri

Nakliyatı kullanılan iki ve üç akslı kamyonlara çeşitli tip ve büyüklükte treyler de bağlanmaktadır. Bunlarda aks sayısı bir, iki, üç veya dört olabilmektedir. Taşıma sırasında tomruklar kamyonun kendisine ve treylere ayrı yükler halinde yüklenmekte veya uzun boy tomruklar kamyon ve treylere birlikte yüklenmektedir.

Taşınacak odun hammaddelerine göre farklı tip kamyonlar ve taşıma usulleri bulunmaktadır (Şekil 1.1):



Şekil 1.1 : Odun hammaddesi üretim şekline göre kullanılan kamyon çeşitleri

1. Kısa tomrukların taşınmasında iki veya üç akslı kamyonlar tercih edilmektedir. Bu kamyonlara ürünlerin yüklenmesi işçi ücretlerinin düşük olduğu ülkelerde genellikle manuel olarak yapılırken, diğer ülkelerde sürücü kabininin arkasına monte edilen 7-10 ton'luk hidrolik vinçlerle yapılmaktadır. Kamyon kasaları açık olup, özel dikmelerle güçlendirilmiştir. Bu kamyonlar, kenarlık eklenerek veya konteyner

kullanarak yonga nakliyatında da kullanılmaktadır. Bu kamyonlar 4 veya 6 tekerlekli olup, bunların ikisi veya dördü tahriklidir.

2. Üç akslı, 6x6 tipinde bütün tekerlekleri tahrikli ve ahşap kasalı çift akslı römorku olan kamyonlardır. Avrupa'da dağlık bölge ormanlarında kullanılan bu kamyonlar özellikle güç yol şartlarında çok faydalı olmaktadır. Bu kamyonlarda yükleme, kamyon arkasına yerleştirilen hidrolik vinç vasıtasıyla yapılmaktadır.

3. Bu sistemde, çift akslı kamyon ile üç akslı römork düzeni uygulanmaktadır. Yükleme vinci ve tomruk kasası yukarıdaki ikinci grup kamyonlarla aynıdır. İki kamyonun aksları arasında görülen farklar, her ülkedeki yönetmeliklere göre değişiklik gösteren toplam ağırlıklardan kaynaklanmaktadır.

4. Bu tip sistemlerde, dikme yerine yüksek kenarlı kasaya sahip kamyon ve römork kullanılmaktadır. Kamyon 6x6 olup, bütün tekerlekleri tahriklidir. Yüklemede kullanılmak üzere arkaya yerleştirilen hidrolik vincin yükleme kapasitesi 7 ton civarındadır.

5. Bu sistemde, 3 akslı, 6x4 tekerleklere sahip çekici kamyon uygulanmaktadır. Sürücü kabini arkasında hidrolik vincin kapasitesi yaklaşık 10 ton'dur. Taşıma çekici yarı treyler üzerine yerleştirilen 2 akslı bir treyler tablası marifetiyle yapılmaktadır. Treylerin boş olduğu hallerde treyler tablası çekici üzerinde taşınmaktadır.

6. Üç akslı, 6x4 tekerlekli çekici kamyonunda, treyler tablası sökülebilmektedir. Bu tip kamyonlar çok yağmur alan tropikal bölgelerde önemli katkılar sağlamaktadır.

7. Üç akslı, 6x6 tekerleklere sahip bu çekici kamyonunda bütün tekerlekler tahrikli olup, yükleme sürücü kabini arkasındaki 10 ton'luk hidrolik vinç yardımıyla yapılmaktadır. Tomruk nakliyatı çift akslı yarı treyler üzerinde gerçekleştirilmektedir.

8. Üç akslı ve 6x6 tekerleklere sahip bu çekici kamyonunda bütün tekerlekler tahriklidir. Çekici kamyonun sürücü kabini arkasına monte edilmiş 10 ton kapasiteli hidrolik vinç bulunmaktadır. Yüksek kenarlı ve çift akslı yarı treyler, genellikle tepeli ve dallı bütün ağaçların taşınması için tercih edilmektedir.

9. Üç akslı, 6x6 tekerleklerinin tamamı tahrikli olup, konteyner taşımaya uygun hidrolik silindirler ile donatılmış özel bir kamyonudur. Kamyon arkasında konteyner nakline özel çift akslı treyleri ile birlikte kullanılmaktadır. Bu tip kamyonlar tüm artıkların taşınması için kullanılabilir.

1.2.3 Kamyonlarda Teknik Özellikler Hakkında Genel Bilgiler

Kamyonlar ağır yük taşımak amacıyla kullanılan motorlu taşıtlar olarak tanımlanabilir. Uzak mesafelere ağır yük taşımak amacıyla kullanıldıklarından, güçlü motorlarla donatılmaktadırlar. Büyük kamyonlarda motor gücü genellikle 400 BG'nün üzerindedir. 1930'lara kadar kamyonlarda benzinli motorlar kullanılırken, II. Dünya savaşından sonra dizel motorlar yaygınlaşmıştır. Dizel motorlar, benzinli motorlara oranla büyük güç üretmekle birlikte, daha yavaştır ve daha çok sayıda ileri vitesli bir transmisyon sistemi gerektirmektedir. Modern uzun mesafe kamyonlarda, bulunan vites sayısı takviyeleri ile birlikte 16'dır. Bu vitesler kamyonun arazide yol alırken veya dik tırmanışlarda önemli miktarda güç sağlar ve ayrıca taşıtın düz otoyollarda da hız yapabilmesini mümkün hale getirir.

Başlıca iki kamyon türü vardır: iki veya daha fazla şasisi uygun bağlantılarla birbirine monte edilmiş yarım römorklu kamyonlar ve bütün dingilleri şasiye bağlı bükülmez dingilli kamyonlar. Yarım römorklu kamyonlar bir çekici ile bir veya daha fazla arka dingille donatılmış ve ön ucundan doğrudan çekiciye bağlanmış bir yarım römorktan oluşur. Bu sistemde, yarım römorkun arka dingilleri yükün dengede kalmasını sağlarken çekici de yükün ve yarım römorkun ağırlığının bir kısmını taşır. Yarım römorkun çekiciye bağlanmasında beşinci tekerlek olarak bilinen bir sistem kullanılır.

Kamyonlarda gövde ve sürücü bölümü genellikle ayrı olup, çelik alaşımli 'H' profilinden yapılmaktadır. Günümüzde, farklı tiplerde yarım römorklu kamyon üretilmektedir. 1960'tan beri birçok kamyon ve çekici şasisi, yalnızca ön süspansiyonlu veya duruma göre değişen arka süspansiyonlu olarak üretilmektedir. Bir kamyonun, yaprak yaylarla (makas) şasiye bağlanan arka dingillerinin biri veya ikisi tahrikli olabilir. Direksiyon milinin bağlı olduğu ön dingile yük binmemesi için ağırlık arka dingil gövdesi üzerinde taşınır.

Kamyonlar ağır taşıtlardır ve lastikli otomobillere kıyasla çok daha geniştirler. Bu durumda direksiyonun daha sert olmasına yol açmaktadır. Bu problem 1980'lerin başlarında geliştirilen servodireksiyon sistemiyle ortadan kaldırılmıştır. Bu sistemde ön tekerleklerin her birinde ayrı bir dingil saplaması bulunmaktadır. Servodireksiyon sistemi sayesinde çift direksiyon dingilli büyük kamyonlar üretilmiştir. İlk

dönemlerde kamyonlarda fren düzeneği dört tekerleğe ayrı ayrı uygulanırken, günümüzde birçok kamyonun bütün tekerlekleri havalı frenlerle donatılmıştır.

Taşıma sırasında toplam yük, lastik tekerlek ve zemin arasında oluşan temas yüzeyi aracılığıyla zemine iletilmektedir. Zeminin taşıma yeteneğine ve zemine gelen yüklenmenin büyüklüğüne bağlı olarak, zeminde elastik ve plastik deformasyonlar oluşabilmektedir. Deformasyonları önlemek veya sınırlı tutmak amacıyla zemin ve motorlu taşıt mekaniği açısından bazı önlemler alınabilir. Taşıma yeteneği yeterli olmayan alanlarda, taşıtlar alçak lastik iç basıncı ve yüklenme ile ulaşımaya sokulmalıdır. Orman yollarındaki transport araçlarından BMC Morris'in ülkemizde en çok kullanılan TM 140 modeli ve teknik özellikleri Şekil 1.2'de verilmiştir.

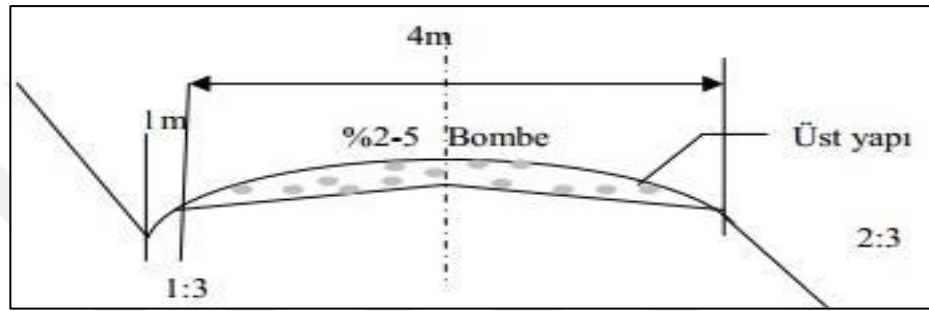
	Motor gücü : 120 hp
	Yüksüz maksimum devir : 2860 dev/dk
	Yük altında azami devir : 2600 dev/dk
	Ön dingil kapasitesi : 3556 kg
	Arka dingil kapasitesi : 9398 kg
	Net ağırlığı : 3770 kg
	İstiab haddi : 7230 kg
	Azami yüklü ağırlığı : 11000 kg
	Dingil mesafesi : 4597 mm
	İz genişliği ön : 1715 mm
	arka : 1740 mm
	Azami uzunluğu : 7609 mm
	Azami genişliği : 2490 mm
	Azami yüksekliği : 2250 mm
	Dönüş yarıçapı : 9000 mm
	Silindir adedi : 6
	Silindir çapı : 98 - 98.026
	Toplam silindir hacmi : 5.66 lt

Şekil 1.2 : BMC 200-26 Turbo Intercooler kamyonun ve teknik özellikleri

1.3 Orman Yolları

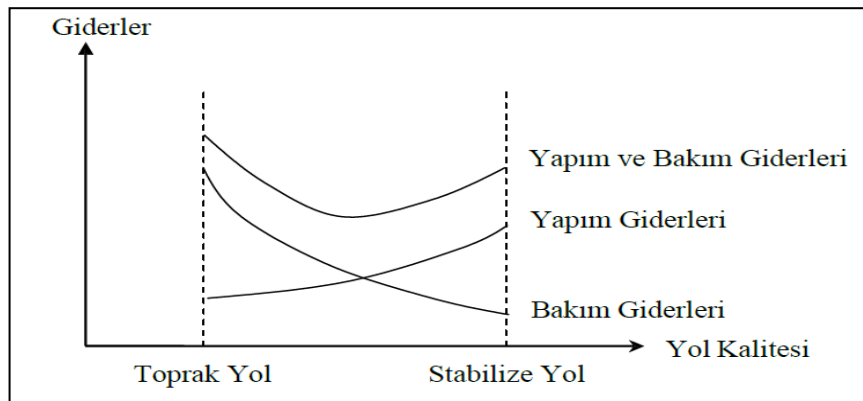
Orman yolları; kesim, taşıma, koruma, ağaçlandırma, yaban hayatı gibi çeşitli ormancılık faaliyetlerinin yerine getirilmesi amacı ile tüm yıl boyunca orman içine güvenli ve etkin şekilde ulaşımı mümkün kılan temel tesisler olarak ifade edilmiştir (Akay ve Sessions, 2005). Bir başka tanımda ise orman yolları; çeşitli araçların orman içi ve dışına ulaşımını sağlayan, tek şeritli yollar olarak tanımlanmıştır (Erdaş, 1986). Türkiye’de orman içi alanlarda 166.000 km “B tipi” tali orman yolu, 66.000 km köy ve karayolu ve 15.000 km standart dışı yol (8.000 km’si traktör yolu) mevcuttur (OGM, 2012). “B tipi” tali orman yolluna ait platform bilgileri Şekil 1.3’de görülmektedir. Planlanacak yolların tespitinde temel ilkeler:

- Ormanların fonksiyonel faydalarının maksimum düzeyde hizmete açılmasını sağlayacak,
- Orman içi ve yakınında yaşayan insanların kalkınmasına fayda sunacak,
- Orman alanı kaybını minimize edecek, sürekli ve güvenli ulaşım imkanı sağlayacak,
- Bakım ve yapım maliyeti en düşük ve yapımı esnasında çevreye minimum zarar verecek yolun planlanmasıdır (OGM, 2008).



Şekil 1.3 : "B tipi" tali orman yolu (Buğday ve Menemenciöğlu, 2014)

Düşük standarttaki yollarda düşük yapım giderleri ve yüksek bakım giderleri olmaktadır. Buna karşılık, yüksek standarttaki yollarda ise yüksek yapım giderleri ve düşük bakım giderleri olmaktadır. Ekonomik koşullar ve orman yollarının fonksiyonları dikkate alındığında, yol ağının düşük ve yüksek standartlı yolların bir karışımı olmasına dikkat edilmelidir (Erdaş, 1997) (Şekil 1.4). Özellikle mevcut "B tipi" orman yolları yüksek tonajlı kamyonların manevra kabiliyetini ve kurp geçişlerini sınırlamaktadır (Buğday ve Menemenciöğlu, 2014).



Şekil 1.4 : Yol Kapasitesine göre yapım ve bakım giderlerinin değişimi

Uzun boylu emvalin taşınabilmesi için, küçük kamyonların yerine daha uzun araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan araçlara uygun standartta yolların düzenlenmesi önem arz etmektedir. Kamyonlara ait maksimum araç uzunlukları 10-22 m arasında değişmektedir. Araç tipi ve dingil sayılarına göre maksimum uzunluklar; iki dingilli kamyonlar için 10 m, üç veya daha fazla dingilli kamyonlar için 12 m, yarı römorklu taşıt araçları için 15 m, bir römorklu katarlarda 18 m ve iki römorklu katarlarda 22 m olarak belirtilmiştir. Kurp yarıçapının belirlenmesi açısından araçların maksimum uzunlukları önem taşımaktadır. Orman yollarında nakliyat yapan kamyonların sürekli hareket ile dönebileceği en küçük kurp yarıçapı kamyonlar için 15 m, yarı römorklu taşıtlar için ise 22 m olarak kabul edilmiştir (Hasdemir ve Demir, 2000).

Orman içerisine giren araçların uzunluklarının artması ile birlikte en küçük kurp yarıçapı ve üst yapı durumu da büyük önem kazanmaktadır. Ayrıca üst yapı kalınlığının hesaplanırken taşıt ağırlığı göz önünde bulundurulması gerekmektedir. (Bayoğlu, 1997) müsaade edilen maksimum toplam ağırlığı; tek dingilli kamyonlar için 10 ton, iki dingilli aks grubu için 14,5 ton, araç veya katar için ise dingiller arası mesafeye bağlı olarak 14,5 ila 38 ton arası olduğunu belirtmiştir (Hasdemir ve Demir, 2000).

1.3.1 Orman Yol Tipleri

Orman yolları, bir yılda üzerinden taşınacak ürün hacmi, inşaa amaçları, trafik yoğunluğu, araçların boyutları ve yük kapasiteleri dikkate alınarak üç ana gruba ayrılmıştır. Bu yollar sırasıyla; ana orman yolları, tali orman yolları (A tipi tali ve B tipi) ve traktör yollarıdır. Yollara ait geometrik standartlar Çizelge 1.1’de verilmiştir (Hasdemir ve Demir, 2000).

Çizelge 1.1 : Orman yolları geometrik standartları

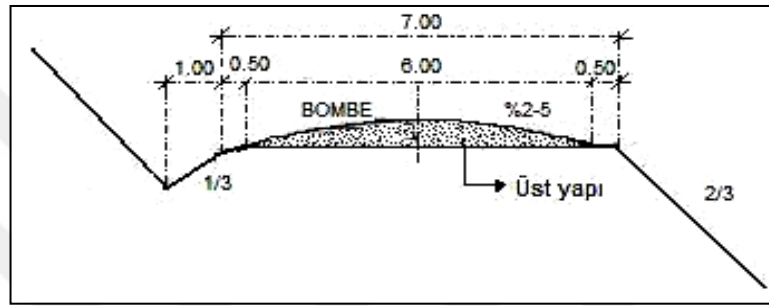
Yolun Tipi	Birimi	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu			Traktör Yolu	
			A-Tipi	B-Tipi			
			SBT*	NBT*	EBT*		
Platform genişliği	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit sayısı	Adet	2	1	1	1	1	1
Azami eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari kurp yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Hendek genişliği	m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	
Üst yapı genişliği	m	6	5	4	3	3	

Köprü genişliği m $7+(2 \times 0,6)$ $6+(2 \times 0,6)$ $5+(2 \times 0,6)$ $4+(2 \times 0,6)$

SBT:Standartları yükseltmiş B-Tipi, **NBT:**Normal B-Tipi, **EBT:**Ekstrem B-Tipi

1.3.1.1 Ana Orman Yolları

Bu yollarda platform genişliği 7 m ve hendek genişliği 1 m olmak üzere toplam genişlik 8 m'dir (Şekil 1.5). Bu genişlikte yol yapılabilmesi için yol üzerinde bir yılda 50.000 m³'ten fazla odun hammaddesinin taşınması gereklidir. Ayrıca, yapımı için Orman Genel Müdürlüğünden özel izin alınması zorunludur. Bu tip yollarda 6 m genişliğinde üst yapı malzemesi için genişlik 6 m, minimum kurp yarıçapı 50 m ve eğim % 8 olmalıdır (Acar, 2004).

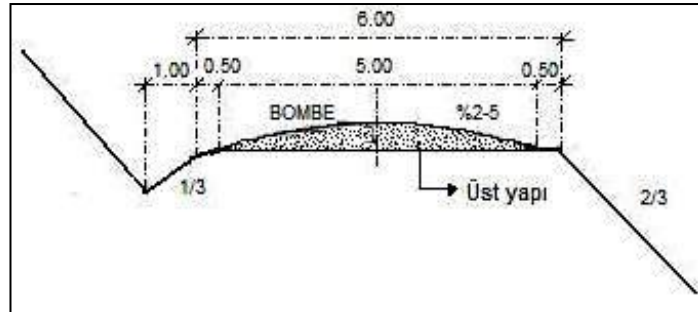


Şekil 1.5 : Ana orman yolu enine kesiti (Acar, 2004)

1.3.1.2 Tali Orman Yolları

A Tipi Tali Orman Yolu

Bu tip yollar, trafiğe uygun platform genişliği 6 m, hendek genişliği 1 m ve toplam genişliği 7 m olan ana dere yollarıdır (Şekil 1.6). Bu tip yol üzerinde bir yılda taşınacak ürün hacminin 25000–50000 m³ arasında olması ve OGM'den özel izin alınması gerekmektedir. Bu yollarda, 5 m genişliğinde üst yapı malzemesi, 35 m minimum kurp yarıçapı ve %10 azami eğim olmaktadır (Acar, 2004).



Şekil 1.6 : A Tipi tali orman yolu enine kesiti (Acar, 2004)

B Tipi Tali Orman Yolu

Bu tip yollar, trafiğe uygun platform genişliği 4 m, hendek genişliği 1 m ve toplam genişliği 5 m olan ana dere ve yamaç yollarıdır. Bu yollar üzerinde bir yılda taşınacak

ürün hacmi 25000 m³'ten azdır. Bu tip yolların tamamı veya bir kısmı 3-4 m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplıdır. Bu kapsamda üretim ve nakliyat mevsimi, nakledilecek emvalin cinsi ve arazi yapısı gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Uygulanması gereken minimum kurp yarıçapı ve eğim sırasıyla 12 m ve %9 olmalıdır. Ancak kısa mesafelerde uygulanmak şartıyla azami eğim %12 olabilmektedir. Ters taşımada eğim 500 m'ye kadar %7, 500 m'den daha uzun mesafelerde ise %6 olmaktadır. Yamaç eğimi %75'in üzerinde olan yerlerde uzun mesafede som ve sert kaya olması halinde, yol platformu 3 m ve hendek genişliği 0,50 m olmak üzere toplam yol genişliği 3,5 m olabilmektedir (Acar, 2004). Ülkemizdeki orman yollarının büyük bir bölümünü B tipi tali orman yolları oluşturmaktadır (Şekil 1.7). B tipi tali orman yolları; topografik arazi yapısı, önceliği olan ormancılık faaliyetleri ve bu faaliyetlerin yoğunluğu, yolların kullanım yoğunluğu gibi etkenler dikkate alınarak üç alt gruba ayrılmıştır (Türk, 2011).



Şekil 1.7 : B Tipi tali orman yolu

Standartları Yükseltmiş B Tipi Tali Orman Yolu

Bu yollar, üretim yapılan işletme şefliklerinin ormana ulaşımını kolaylaştıran şefliklerin çevresinde yer alan köylerin ulaşımını sağlayan, treylerlerin ağır iş makinelerini manevra yapmasına gerek kalmadan dönebildiği yollardır. Platform genişliği 5 m, hendek genişliği 1 m, azami eğimi %9, asgari kurp yarıçapı 20 m, laseleri asgari 20-30 m, görüş mesafesi olan, sanat yapısı ve üst yapı yapılması öncelik tanınan yollardır (Türk, 2011).

Normal B Tipi Tali Orman Yolu

Platform genişliği 4 m, hendek genişliği 1 m, azami eğimi genelde %9 nadiren %12, karp ve lase asgari yarıçapı 12 m olan ormanların geneline ulaşımı sağlayan yol ağlarıdır. Topografik yapısı düzgün olan arazi şartlarında uygulanır (Türk, 2011).

Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolu

Arazi şartlarının zor olduğu veya orman alanından dağlık alanlara yaklaşıldığı çok dik yamaçlar ve som kayalıkların bulunduğu alanlarda kısa mesafelerde uygulanabilen yollardır. Platform genişliği 3 m, hendek genişliği 0,50 m, azami eğim kısa mesafelerde %12 olmakta, karşılaşma yerleri ve yolun sonunda dönüş yeri yapılmakta, uygun yerlere trafik işaretleri konulmaktadır (Türk, 2011).

1.3.1.3 Traktör Yolları

Üretim yapılan bir alanda sadece sürütülerek istif edilen ürünleri bölmeden çıkarmak amacıyla yapılan geçici yollara traktör yolu denir. Traktör yollarında iniş aşağı azami eğim %16, çözüm bulunamayan hallerde %20 ve yokuş yukarı eğimi ise %12 olmaktadır. Traktör yollarının karp yarıçapı en az 8 m, uzunluğu en fazla 1+000 m ve genişliği ise 3,5 m olmaktadır. Traktör yollarında uygulanan eğimler yüksek olduğundan muhtemel şiddetli erozyon tehlikesine karşı zorunlu olmadıkça sanat yapısı yapılmamaktadır. Ayrıca traktör yollarında üst yapı bulunmamaktadır (Türk, 2011).

1.3.2 Üst Yapı Malzemesi Yönünden Orman Yol Tipleri

Üst yapı malzemesi yönünden orman yolları; toprak yollar, stabilize yollar, asfalt kaplamalı yollar ve beton yollar olmak üzere dört grupta incelenmektedir. Bunlar arasında ülkemizde beton yolların ormancılıkta kullanım alanı oldukça sınırlıdır (Erdaş, 1997).

Toprak yollar sadece tesviyesi yapılmış, üst yapı malzemesi yönünden en düşük tipte olan herhangi bir kaplama malzemesi barındırmayan bir yol yapısına sahiptir. Üst yapı malzemesi bulundurmadığından, taşımacılıkta önemli rolü olmayan ve tesviye yüzeyi platform olarak kullanılan bu tip yollar ham yol olarak da tanımlanmaktadır (Şekil 1.8).

Yolların alt ve üst yapısı, iklim koşulları (yağış, donma vb.) nedeni ile yol zemininde meydana gelen değişikliklerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu sorunların ortadan kaldırılabilmesi amacıyla mekanik, kireçle, çimento ile veya bitümlü

maddelerle zemin stabil hale getirilmektedir (Erdaş, 1997). Bu kapsamda kum, çakıl veya mıcır ve bağlayıcı olarak kil karışımıyla yapılan yolun, mekanik, kireçle, çimento ile veya bitümlü maddelerle zemin stabilizasyonunun sağlanması şeklinde oluşan yollara stabilize orman yolları denir (Şekil 1.9).



Şekil 1.8 : Toprak yol görüntüsü (Biberçi, 2011)



Şekil 1.9 : Stabilize yol görüntüsü

Çok yoğun trafiğe sahip yollarda yol temel tabakasının sulara ve kesme kuvvetlerine karşı korunması ile direncin artırılması için hidrokarbonlu karışımlardan oluşan bir kaplama tabakası konulur. Şekil 1.10'da asfalt kaplama yol görülmektedir.



Şekil 1.10 : Asfalt kaplama yol görüntüsü

1.4 Ağ Analizi ve NETWORK 2001

Nakliyat maliyetini minimize etmek ve net kârı en yüksek olan güzergahı belirlemek için çeşitli matematiksel optimizasyon metotları geliştirilmiştir. En yaygın olanı ağ analizidir. Bu bölümde, ağ analizi ve ağ verilerini işleme özelliğine sahip NETWORK 2001 programı hakkında genel bilgiler sunulmaktadır.

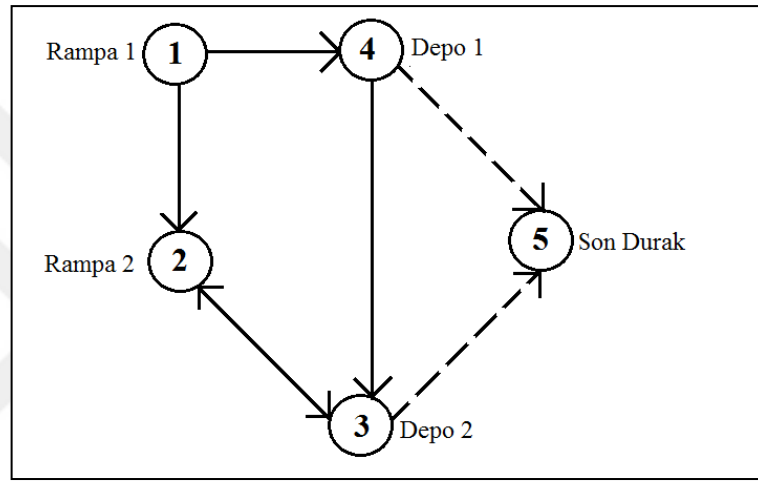
1.4.1 Ağ Analizi

Ağ analizi metodu, en kısa yolun bulunması, en düşük maliyetli mesafenin bulunması ve maksimum değer akışının bulunması gibi problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Başkent, 2004). Ağ analizi bir doğrusal programlama şekli olmakla birlikte farklı olarak bazı ekstra özellikleri bulunmaktadır (Mckeown, 1981).

Ağ analizi yönteminde yol seksiyonları linkleri (arc) temsil ederken yol seksiyonlarının kesiştiği yerler ise düğüm noktalarını (node) oluşturmaktadır. Analizin grafiksel gösteriminde düğüm noktaları daire şeklinde gösterilmekte ve birbirlerine yol güzergahlarını temsil eden linkler ile bağlanmaktadır. Her bir düğüm noktası farklı numaralarla temsil edilirken, güzergahlar başlangıç ve bitiş düğüm noktaları ile tanımlanmaktadır (Yenilmez, 2010).

Ağ analizi metodundaki her bir link belirli bir yol seksiyonunu temsil ederken ilgili yol seksiyonunun değer akışı ile nakliyat maliyeti veya yol yapım maliyeti

belirtilmektedir. Yol ağına eklenecek yeni linkler başlangıç düğüm noktasına, bitiş düğüm noktalarına, nakliyat maliyetine ve yol yapım maliyetine göre tanımlanmaktadır. Nakliyat maliyeti kamyonun yüklü gidiş ve boş dönüş maliyetini ifade etmektedir. Buna göre, boş kamyon ile yüklü kamyonun takip ettiği güzergahların aynı olacağı varsayılır. Şekil 1.11, iki rampa ve iki deponun yer aldığı örnek bir yol ağını göstermektedir. Şekilde yer alan ok işaretlerinin yönü orman ürünlerinin nakliyat yönünü göstermektedir. Buna göre, 3 ve 2 numaralı noktalar arasında çift yönlü taşıma yapılmaktadır. Sistem yer alan son durak satışın gerçekleştiği depolar olarak işlev görmektedir.



Şekil 1.11 : İki ayrı orman deposu ve son durak düğüm noktası içeren ağ modeli

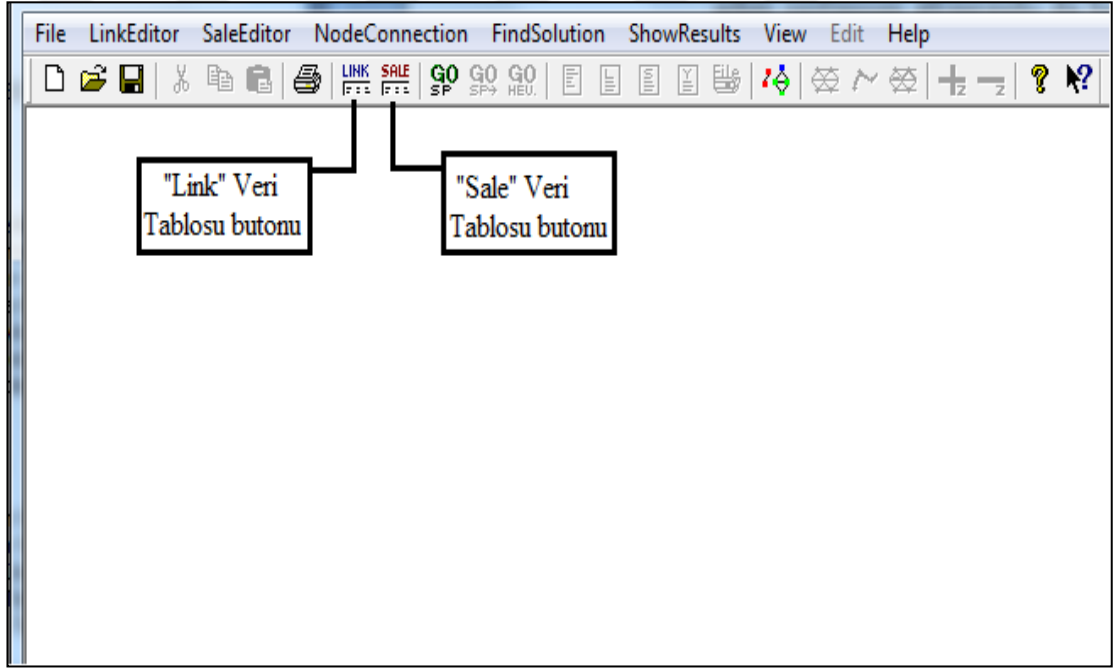
1.4.2 Network 2001 Programı

NETWORK 2001 programı, Sessions ve ark. (2001) tarafından ilk olarak bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan algoritma Chung ve Sessions (2001) tarafından temel alınarak NETWORK 2001 programı yazılmıştır (Sessions, 2001). Bu program, üretim planlama ve transport problemlerindeki sabit ve değişken maliyetleri dikkate alarak ağ sistemindeki değer akışlarının toplam maliyetini minimize etmekte ve net kârı maksimum olan optimum güzergahın seçilmesini sağlamaktadır.

NETWORK 2001 programının başlangıç arayüz şekli Şekil 1.12’de görülmektedir. Programda “Link (güzergah)” veri tablosu ve “Sale (satış)” veri tablosu olmak üzere iki veri giriş tablosu bulunmaktadır. Ağda yer alan güzergahların başlangıç (From node) ve bitiş düğüm noktalarının (To node) numaraları ve güzergah üzerindeki değer akışının sabit maliyetleri (Fixed cost) ve değişken maliyetleri (Variable cost)

“Link Editor” veri tablosuna girilmektedir. Sistemde yer alan her bir düğüm noktası ağ sistemine bağlantılı olacak şekilde girilmektedir. Sisteme hatalı bağlanan düğüm noktası bulunması halinde program algoritması işlem sonucunu vermemektedir. Ayrıca, metin dosyası formatında yazılarak kaydedilen güzergah bilgilerinin tamamı, “Link” veri tablosu penceresinden “Import Text File” butonuna tıklanarak veriler otomatik olarak yüklenebilmektedir (Şekil 1.13, Şekil 1.14) (Yenilmez, 2010).

NETWORK 2001 programı kullanılırken net kârın maksimizasyonu için “Link” veri tablosuna maliyetler pozitif, depo satış fiyatları ise negatif değerler olarak sisteme girilmektedir. Böylece program, pozitif değerlerin toplamı olan toplam maliyeti minimize ederek, net kârı maksimize eden optimum güzergahı belirlemektedir (Yenilmez, 2010).



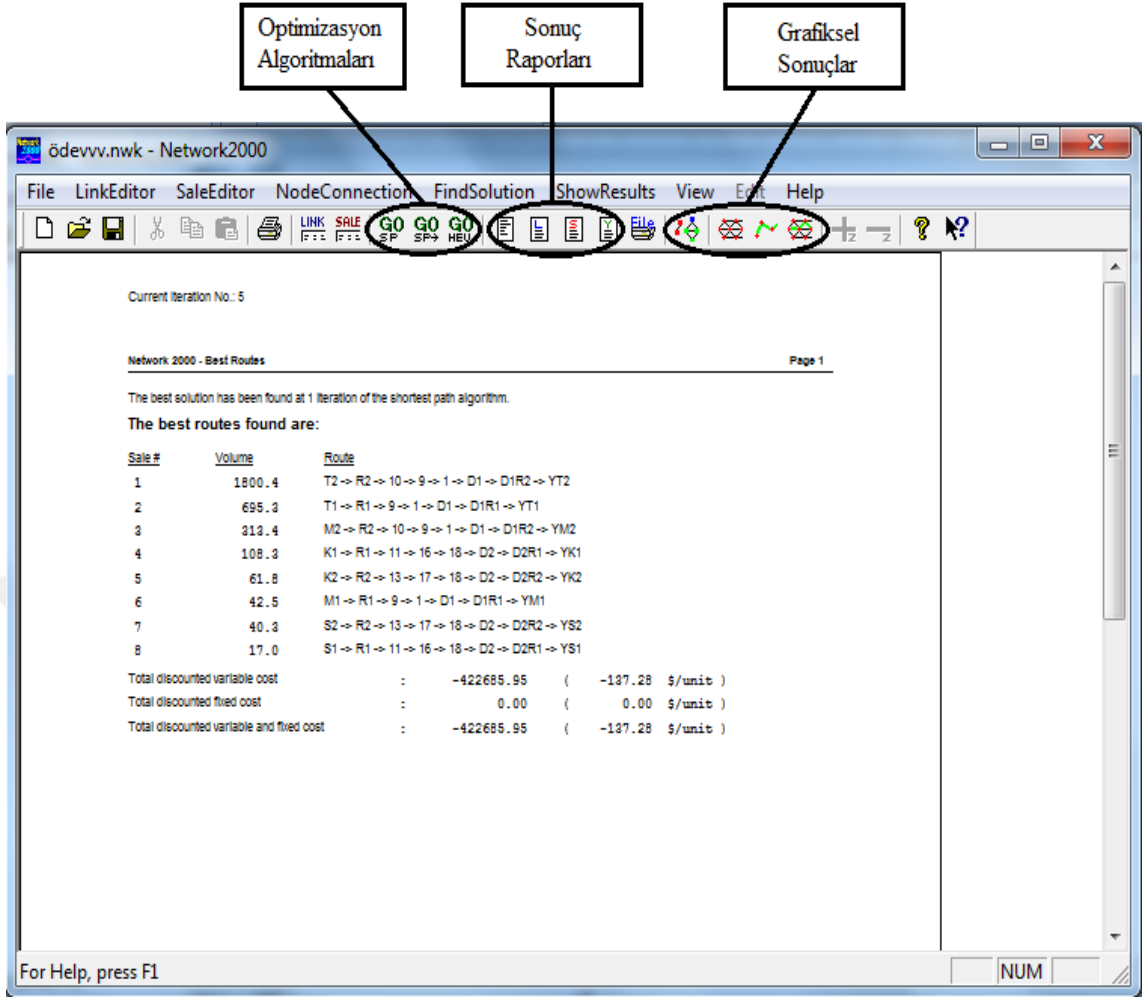
Şekil 1.12 : “Link” ve “Sale” veri tablosu butonları

Line	From node label	To node label	Variable cost (\$/unit/link)	Fixed cost (\$/link)
42	11	14	0.03	0.00
43	11	R1	0.03	0.00
44	R1	11	0.03	0.00
45	14	15	0.04	0.00
46	13	17	0.05	0.00
47	11	16	0.09	0.00
48	15	16	0.11	0.00
49	15	17	0.05	0.00
50	16	17	0.05	0.00
51	17	16	0.05	0.00
52	16	18	0.05	0.00
53	17	18	0.04	0.00
54	17	19	0.07	0.00
55	16	20	0.05	0.00
56	20	18	0.05	0.00
57	19	18	0.05	0.00
58	18	D2	0.03	0.00
59	D1R1	YT1	-143.00	0.00
60	D1R1	YS1	-111.00	0.00
61	D1R1	YM1	-122.00	0.00
62	D1R1	YK1	-85.00	0.00
63	D2R2	YT2	-135.00	0.00
64	D2R2	YS2	-120.00	0.00
65	D2R2	YM2	-109.00	0.00
66	D2R2	YK2	-95.00	0.00
67	D1R2	YT2	-143.00	0.00
68	D1R2	YS2	-111.00	0.00
69	D1R2	YM2	-122.00	0.00
70	D1R2	YK2	-85.00	0.00

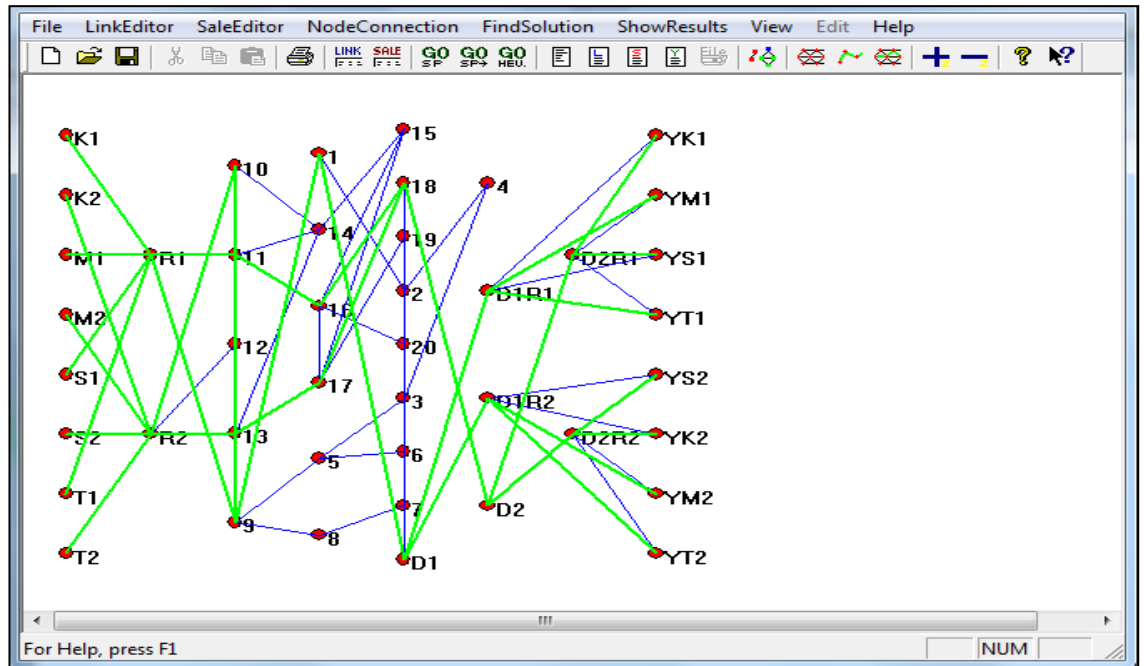
Şekil 1.13 : “Link Editor” veri tablosu penceresi

“Sale Editor” veri tablosuna, tüm ağın başlangıç (Entry node) ve bitiş düğüm noktaları (Destination node) ile ağ üzerindeki değer akışının miktarı (Timber volume) girilmektedir. “Timber volume” bölümüne değer akışı miktarı olarak üretilen veya nakliyatı gerçekleştirilen ürünlerin hacimsel olarak toplam miktarı yazılmaktadır (Yenilmez, 2010). Üretim alanlarında üretilen her bir farklı ürün (tomruk, maden direği, sanayi, kağıtlık vb.) için ayrı ayrı giriş düğüm noktaları oluşturularak (Entry node), ilgili rampaya bağlanmakta ve ağ modelinde, üretimi yapılan orman ürünü adedi kadar yapay satış deposu oluşturulmaktadır (destination node). Network 2001 yazılımında, her bir orman ürününün giriş düğüm noktası, satış deposu ve nakledilen ürün miktarları “Sale Editor” tablosuna işlenmektedir. Metin dosyası formatında kaydedilmiş olan veriler, “Sale Editor” veri tablosuna yüklenebilmektedir (Şekil 1.30).

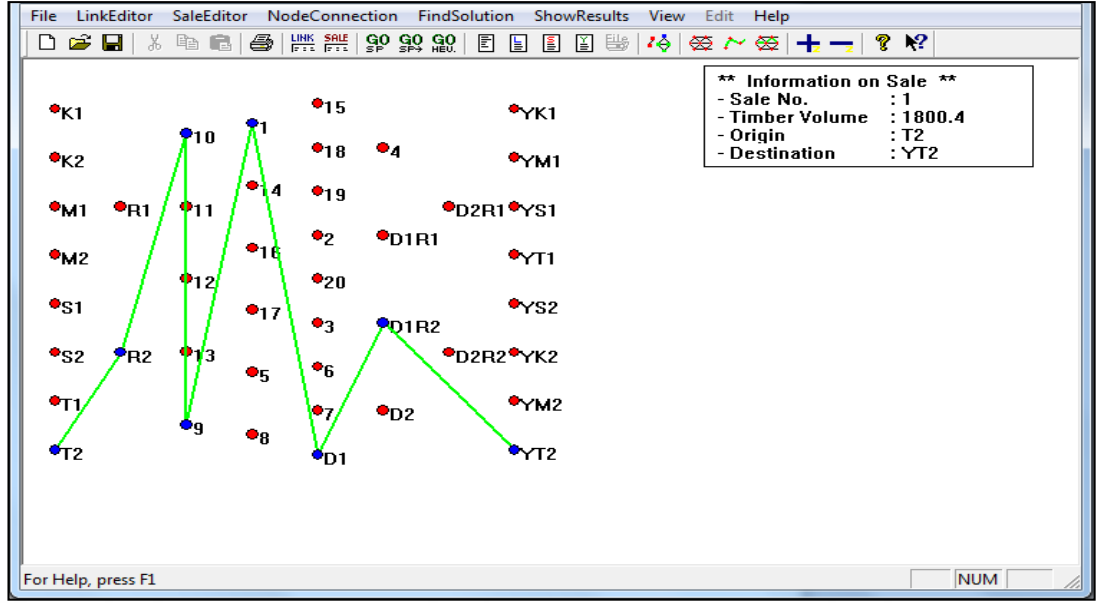
NETWORK 2001 programının “Sale” veri tablosuna faiz oranı (Interest rate) ve üretim yılı (Harvest year) verileri girilerek farklı zaman periyotları içinde elde edilebilecek güncel maliyet değerleri hesaplanabilmektedir. Böylece farklı zaman periyotları için de optimum güzergah belirlenebilmektedir (Yenilmez, 2010).



Şekil 1.15 : Metin formatındaki sonuç raporunda sunulan optimum güzergah bilgileri



Şekil 1.16 : Ağda yer alan güzergahlar ve optimum çözümün grafiksel gösterimi



Şekil 1.17 : Ağda yer alan düğüm noktaları ve optimum çözümün grafiksel gösterimi

1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, Network 2001 yazılımı kullanılarak orman yolu standartlarının yükseltilmesinin orman ürünlerinin ekonomik değeri ve uzak nakliyat üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Orman yollarının standartlarının yükseltilmesi durumunda orman ürünlerinden elde edilen toplam ekonomik değer artacağı ve uzak nakliyatta yüksek tonajlı kamyonların çalışmalarına imkan sağlanarak transport maliyetinin minimize edileceği, yol bakım ve onarım maliyetlerinin de düşeceği öngörülmektedir. Çalışma alanında bulunan B-tipi orman yollarının daha yüksek tonajlı kamyonların kullanabileceği standartlara dönüştürülmesi değerlendirilmiştir. Bu amaçla, iki farklı tonajda tomruk kamyonu için nakliyat maliyeti ve orman ürünlerinden elde edilecek toplam net kâr dikkate alınmıştır.

Çözüm aşamasında, arazi ölçümleri ve gözlemleri ile tayin edilecek orman yol ağı verileri (uzunluk, durum, ortalama araç hızı, vb.), asli orman ürünleri (ürün tipi, miktarı, depolarda birim satış fiyatı), orman ürünlerinin istiflendikleri rampalar ve orman depolarına ilişkin bilgiler yardımıyla Network 2001 programı ortamında alternatif uzak nakliyat güzergahları değerlendirilmiştir. Daha sonra, orman ürünlerinin nakliyatında birim maliyeti ve ürünlerin orman depolarında birim satış fiyatları dikkate alınarak nakliyat maliyetini minimize eden ve ayrıca orman ürünlerinden elde edilecek toplam net kârı maksimize eden en uygun güzergahlar sorgulanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Her bir yol standardı, yol yapımı ve kullanımı ile ilişkili olarak birim uzunluğa göre belirli bir maliyete sahiptir. Belli bir standarda göre inşa edilen yolun herhangi bir bölümü için ortaya çıkan toplam maliyet, bölme üzerinde kullanılan transport metoduna ve taşınan orman ürünlerinin hacmine bağlıdır. Greulich (1997) yaptığı çalışmada Donald Matthews'in 1942'deki yayınında yol ağı tasarımı için geçerli olan araştırma modelinde önemli analitik hatalar ile karşılaşmıştır. Bu özel analitik modeli doğru bir şekilde geliştirerek tüm yol uzunluğu boyunca yol standartlarını seçmek için gerekli olan ekonomik karar ilkelerini belirleyen bir model geliştirmiştir. Yapılan çalışma sonucunda örnek olarak belirlenen 2. ve 5. Sınıf yollar için Matthews'in modeli ile oluşturulan yeni model karşılaştırdığında %17'lik bir maliyet farkı meydana geldiği tespit edilmiş ve yolun kullanımı ve inşası için belirlenen yeni karar ilkeleri doğrultusunda daha düşük bir toplam maliyet elde edilmiştir. Yol standardının seçimine öncelikli olanın, iyi bir orman yolu network tasarımı yapılması ve uygun ekonomik temellerin belirlenmesi olduğunu kesin bir şekilde ortaya koymuştur.

Birçok amacı içinde barındıran transport problemlerindeki yüksek sabit ve değişken maliyetleri optimize etmek için Chung ve ark. (2001) tarafından Network 2000 programına yeni bir algoritma uygulanarak problem çözme kapasitesi artırılmış ve NETWORK 2001 programı ortaya konmuştur. NETWORK 2001 programı yol uzunluğu veya diğer link özelliklerini minimize etmek için ağırlıklı hedef fonksiyon bileşenlerini kullanabilmektedir. NETWORK 2001 açık yol toplam uzunluğunu kısıtlayarak iki yaklaşım sunmuştur. Birinci yaklaşım olarak amaç fonksiyonu hedefinin bir parçası olarak yol uzunluğu kısıtlamalarını dikkate almış, ikinci yaklaşımda ise kısıtlamaya bağlı olarak yol uzunluğunu dikkate almıştır. Aynı zamanda benzetilmiş "Tavlama Simülasyonu" ve "Great Deluge" gibi sezgisel çözüm tekniklerini de kullanıcıya sunmuştur. Yapılan çalışma sonucunda NETWORK 2001'in çevresel faktörlerden ve gereksinimlerden kaynaklanan alan kısıtlamaları ve birden fazla olan yol sisteminde meydana gelen sorunların

çözümünde yönetim amaçlarını formüle edebilme yeteneği ile kullanıcıların tatmin edici çözümler bulabileceğini saptamıştır.

Üretim planlama problemlerinin birçoğunu güzergah araştırması ve tomruk istif yerlerinin belirlenmesi oluşturur. Üretim planlama problemlerinde altyapı yatırımları dahil olmak üzere üretim ve taşıma maliyetleri de dikkate alınarak yol iyileştirme ve üretim ekipmanları kurulum maliyetlerinin en düşük maliyetli kombinasyonun bulunması amaçlanmaktadır. Sessions ve ark. (2001) transport problemlerinin çözümü için önceki algoritmalar üzerine kurulu olan yeni bir sezgisel algoritma sunmaktadır. Bu kapsamda MINCOST, NETCOST ve NETWORK algoritmalarının orantılı olarak bölme seçeneğinin temelini oluşturan eşdeğer değişken maliyetlerin kullanımı ile Orman Ürünleri Transport Modeli'nin yol yaklaşımını dört aşamalı bir süreçle birleştirerek yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bazı denemelerde de büyük bir problem için Ağırlık faktörleri ve tomruk boyutları ile NETWORK kullanılarak yüksek kalitede çözümler üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda algoritmanın, objektif fonksiyonunun esnek olduğu ve çevresel sorunları içeren alan kısıtlamalarının dahil edilebilmesi gibi iki önemli avantajı olduğu ortaya konmuştur.

Seyahat yollarının genellikle geçirimsiz prizma toprak üzerinde zemin ile aynı eğimde inşa edilmesi, yolun etrafını çevreleyen yüzey ve yer altı sularının doğal akış yönlerinin kısıtlanması ile yol platformunun bozulması ve sulak alan ve nehir kıyısı habitatlarının kaybedilmesi gibi olaylar zinciri ile zamanla yol ve peyzaj ekosistemimde bozulmalar meydana gelmektedir. Jemison (2003) yaptığı çalışmada eski ve yeni teknikleri çeşitli şekillerde birleştirmiş ve orman yollarının hidrolojik sorunları için bir restorasyon projesi yapmıştır. Bu kapsamda New Mexico Zuni dağlarındaki Cibola ulusal orman yollarının iyileştirilmesi ve seyahat güvenliğini sağlanması amacıyla yolun 19,6 km'lik bölümü tekrar inşa edilerek yolun belirli yerlerine geniş çaplı sıkıştırılmış büzler konmuştur. Projenin sonraki aşamasında Capulin mera alanında ise geçirimsiz yol elemanları yerine geçirimli kaya dolgululu Fransız kapalı dren sistemi kullanılarak restore edilmiştir. Son olarak Agua Fria çayır alanında mera ıslahı projesi yapılarak hidrolojik açıdan yüzey akıntısı olan yerlerde yeni bir kanal açılmış ve kanalın yola denk geldiği yerlerde çapı 61-91 cm olan 5 m'lik menfezler yerleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda sanat yapılarının, orman yollarındaki hidrolojik sorunların çözümü için gerekliliği ve seyahat güvenliği açısından önemi ortaya konmuştur.

Üretimde transport ağlarını tasarlanması için yüzyıllık bir süreçte sağlam bir teorik temel gelişim göstermiştir. Bu teorik gelişimin ortaya çıkışı Avrupalı akademisyenlerin eski araştırmalarında bulunabilmektedir. On dokuzuncu yüzyılın sonlarında Avrupa üniversitelerinden mezun olanlar bu kavramları Amerika'ya taşımışlardır. Bununla birlikte, son elli yılda teorinin gelişimi Asya'dan gelen katkıların artmasıyla Avrupa'da ve Amerika'da hızlı bir ilerleme kaydetmiştir. Greulich (2002) yaptığı çalışmada transport ağı kuramının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasında, önemli kilometre taşları olarak tespit edilen ormancılıkla ilgili araştırma yazılarında yer alan olayları birbirine bağlamak için bir girişimde bulunmuş ve az bilinen yayınları uygun bir bağlamda sıralamıştır. Yapılan çalışma sonucunda da eski çalışmalara atıfta bulunularak transport maliyeti, transport planlama, transport araçlarının çeşitleri, transport araçlarının seçiminin maliyete etkisi ve transport planlamada maliyet kontrolü gibi konulara değinilerek üretimde transport ağları teorisinin ilk gelişimi ve konunun önemine dikkat çekilmiştir.

İsveç ormancılık sektörü ilkbahar mevsiminde zemindeki buzların çözülmeye başlaması ile birlikte yol kalitesini önemli bir sorun olarak tespit etmiştir. Olsson ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada İsveç'in kuzeyinde küçük bir alanda uygulanmak üzere yuvarlak odunların transportunu ve yol yapım ve bakım yatırımlarını aynı anda optimize eden, farklı mevsimlerde üretimin hangi alanda yapılacağını seçebilen karma tamsayı bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Model, karma tamsayı programlama problemlerini çözmek için yararlı olan Lingo 6.0 yazılımına uygulanmıştır. Problem karmaşık olduğundan sadece stabilize yollar dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında buzların çözülmeye başladığı dönemde sırasıyla 1000 m³, 2000 m³ ve 3000 m³ ürün talebi olması varsayılarak model, Lingo 6.0 yazılımında 3 senaryo ile test edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ilk senaryoda sezgisel yöntem gerekli olmadan optimale yakın çözümler elde edilmiştir. İkinci ve üçüncü senaryoda ise sezgisel yöntem kullanılarak sırasıyla 3 ve 4 tekrardan sonra optimale yakın çözümler elde edilmiştir.

Ghaffarian ve ark. (2007) yaptığı çalışmada Step-wise regresyon modeli ile geliştirilen sürütme modelini bölge haritasında planlanan 39 node'da metre küp başına sürütme maliyetini tahmin etmek için kullanmıştır. Bu kapsamda kuzey İran'daki bir araştırma ormanında mevcut bir orman yol ağı, network analizi kullanılarak değerlendirilmiş ve her bir node için üretim hacmi ve yol maliyeti

hesaplanmıştır. Veriler NETWORK 2000 ve en kısa yol algoritmasına girilerek; “Benzetilmiş Tavlama” ve “Great Deluge” algoritmaları ile bölgenin bölmeden çıkarma maliyetinin optimizasyonunda en iyi çözümün bulunması için uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, en kısa yol algoritmasından daha iyi bir çözüm bulamamıştır. Network 2000 ve en kısa yol algoritması 45 tekrarlamada sonucunda kablolu sürütücü tarafından üretilen ürünlere ve mevcut orman yol ağına dayalı olarak en iyi çözümün 27.19 £/m³’lük toplam maliyetle bulunabileceğini göstermiştir. Çözüm, sürütme ve yol yapım hazırlığında en düşük maliyeti elde etmek için hangi link’in kullanılabilirliğini de göstermiş ve önerilen linkler kullanılarak hangi yol bölümlerinin elenebileceği belirlenmiştir.

Orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ve en uygun güzergahın sistematik olarak araştırılmasında bilgisayar destekli modeller kullanılabilir. Akay ve Erdaş (2007) yaptıkları çalışmada, orman ürünlerinin nakliyatının planlamasında yaygın olarak kullanılan ağ modeli yaklaşımını tanıtmış ve ağ modeli tabanlı Network 2001 yazılımının kullanıldığı basit bir uygulama ile bu modelin çözüm kapasitesini sunmuştur. Bu kapsamda, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Başkonuş Orman İşletme Şefliğinde yer alan 5 bölmede 2005 yılında üretilen 4 değişik orman ürününün (tomruk, sanayi odunu, maden direği ve kabuksuz kağıtlık), orman içindeki 4 rampadan 2 ayrı depoya (Kahramanmaraş’ta Tekerek deposu ve Andırın’da Kurucaova deposu) taşınması dikkate alınarak nakliyat maliyetini en aza indiren güzergah araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ağ modeli kullanılarak nakliyat maliyetleri, yol yapım maliyetleri ve yol bakım maliyetleri değerlendirilerek en uygun güzergahlar ve yol standartları seçilmiştir. Ayrıca nakliyat giderleri ve orman ürünlerinin tahmini depo satış fiyatları dikkate alınarak net kâr en yüksek olan güzergah belirlenmiştir. Çalışmada farklı tonajlardaki kamyonların transport maliyeti ve net kâr üzerindeki etkisi incelenmemiştir.

Contreras ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada alan kısıtlamalı olarak yol ağındaki toplam sediment miktarlarını dikkate alarak sabit ve değişken maliyetli Orman transportu planlama problemlerinin (FTPP) çözümü için özel bir “Karınca Kolonisi” optimizasyon (ACO) algoritması tasarlamıştır. Varsayılan 100, 300 ve 500 adet link’in FTTP üzerindeki etkisini, ACO-FTTP algoritmasının performansı ile test etmiş ve benzer problemleri karma tam sayılı matematiksel programlama (MIP) formülasyonunda çözülmesi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. Yapılan

çalışma sonucunda ACO-FTPP ve MIP tarafından üretilen amaç fonksiyon değerleri arasındaki fark, problem büyüklüğü arttıkça artmış ancak test edilen en büyük network problemi için yine de MIP çözümünün % 6'sı kadar bir süreyi kapsamıştır. ACO-FTPP'nin çözüm süreleri, test edilen en büyük network problemleri için yalnızca birkaç dakika artmış, küçük network problemleri için ise birkaç saniye artmıştır. Buna karşılık, MIP çözüm süreleri, küçük ağlar için saniyeler sürerken büyük ağlar için saatler sürmüştür ve MIP dört büyük ağ olayının ikisinde optimal çözümü bulamamıştır. ACO-FTPP'nin büyük ve karmaşık FTTP'yi etkili bir şekilde çözmek için geliştirilmiş bir algoritma olarak iyi bir potansiyele sahip olduğunun izlenimini vermiştir.

Ghaffariyan ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada sezgisel ve doğrusal programlama ile yol ağı optimizasyonu yapmıştır. Bu kapsamda Kuzey Avusturya'daki örnek alınan dağlık bir alanda yapılan bölmeden çıkarma çalışmasında farklı yol aralıkları için m^3 başına sürütme maliyeti, node başına ürün hacmi, hava hattı kurulum maliyeti ve yol yapım maliyeti hesaplanarak optimal yol aralığı (ORS) belirlenmeye çalışılmıştır. Yol ağının optimize edilmesi için ise karma tamsayılı programlama ve network analizi kullanılmıştır. Yapılan çalışmada optimal yol aralığının çift yönlü hava hattı için 474 m, tek yönlü hava hattı için 329 m olacağı ve çift yönlü hava hattı için yol yoğunluğunun 21,1 m/ha olacağı ortaya çıkmıştır. Ayrıca hava hattı kulesinin üretim oranı $10,4 m^3 / PSHo$ (Saatlik sistem verimliliği) ve maliyeti 19,71 €/m³ olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda Maliyet optimizasyonu yaklaşımının yol aralığı için bazı konularda rehberlik sağlarken, planlama alanındaki dağlık alanlarda yapılan yol planlaması için uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, optimal yol aralığı tahmin modellerinin kablolu hava hattı sistemleri ile üretim yapılan dağlık arazilerde uygulanabilirliğinin sınırlı olduğu görülmüştür.

Buğday ve ark. (2014) yaptığı çalışmada örnek bir alan için mevcut orman yolu standartlarının, yaygın şekilde kullanılan taşıma araçlarının teknik özelliklerine uygunluğunu irdelemiş ve orman yollarında karşılaşılan sorunları ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışmanın ana materyalini, alana ait mevcut orman yol ağı planı ile geçmiş yıllarda dikili ağaç satışı ile üretim yapmış alıcılara yapılan görüşmeler oluşturmuştur. Çalışma kapsamında Planlama sonrasında günümüze kadar geçen sürede yapılan işlemler ilgili işletme şefliği verilerinden yararlanılarak tespit edilmiş ve tablo haline getirilmiştir. Oluşturulan tabloya göre planlamanın yapıldığı 1998 yılı

itibariyle mevcut yol uzunluğu 115+8 km olup, bunun 64+7 km'si B-Tipi tali orman yolu standartlarındadır, 51+1 km'si de büyük onarım gerektirdiği belirlenmiştir. Sanat yapısı yapılmış yol uzunluğu ise 18+5 km'dir. İşletme şefliğinden alınan verilere göre Planlama sonrasında günümüze kadar geçen sürede yapılan işlemler; 21+9 km yeni yol, 21+2 km de büyük onarım gerçekleştirilmiş olup, sanat yapısı yapılan yol uzunluğu 13+5 km'dir. Çalışma sonucunda mevcut yolların ihtiyacı karşılayamadığı düşünülmektedir. Bu açıdan bakıldığında, mevcut yollarda birçok sorunun kaynağı olan sanat yapısı ihtiyacının bir an önce giderilmesi, kurp yarıçapı düşük olduğu yerlerde kurpların genişletilmesi ve kamyon vb. daha uzun araçların geçişine uygun hale getirilmesinin gerekliliği ortaya konmuştur. Orman yolu standartlarının yükseltildiği ve sanat yapısı ihtiyacı giderildiği yollarda üst yapı çalışmaları da bir an önce tamamlanmalı, böylece yol bakım ve onarım maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmalıdır.

Akay ve Süslü, orman ürünleri nakliyat maliyetini en aza indiren ve aynı zamanda güvenli ulaşımı sağlayacak optimum güzergahın belirlenmesi için CBS tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Çözüm aşamasında, çalışma alanından seçilen örnek üretim sahalarından farklı orman ürünlerinin mevcut orman depolarına ulaşımı sağlayacak alternatif güzergahlar belirlenerek aralarından orman ürünlerinin nakliyatında birim maliyeti en aza indiren en uygun güzergah sorgulanmıştır. Sistemin uygulamasında, bazı nedenlerle nakliyatın riskli olduğu alanlarda bulunan yol seksiyonları ağ veri tabanında işaretlenerek (barrier) değerlendirme dışı bırakılmış ve böylece sadece en ekonomik ulaşımı sağlayan değil aynı zamanda güvenli güzergah araştırılmıştır.

Çizelge 3.1 : Bursa OBM sınırlarındaki işletme müdürlükleri orman varlığı (ha) bilgileri (Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, 2017).

İşletme Müdürlüğü	Normal Orman	Bozuk Orman	Toplam Orman Alanı	Ormansız Alan	Genel Alan
Bilecik	135.396	93.252,5	228.648,5	190.879	419.527,5
Bursa	98.430,9	51.957,5	150.398,4	218.200,8	368.599,2
İnegöl	47.616,1	20.113,5	67.729,6	110.898,5	178.628,1
Keleş	21.312	15.354	36.666	27.761,5	64.427,5
Mustafakemalpaşa	80.976,1	31.939,5	112.915,6	160.074,8	272.990,4
Orhaneli	65.684,3	41.569,2	107.253,5	71.575,6	178.829,1
Uludağ Milli Parkı	6.139	2.965	9.104	3.658	12.762
Yalova	35.958,2	10.654,8	46.613	32.572,5	79.185,5

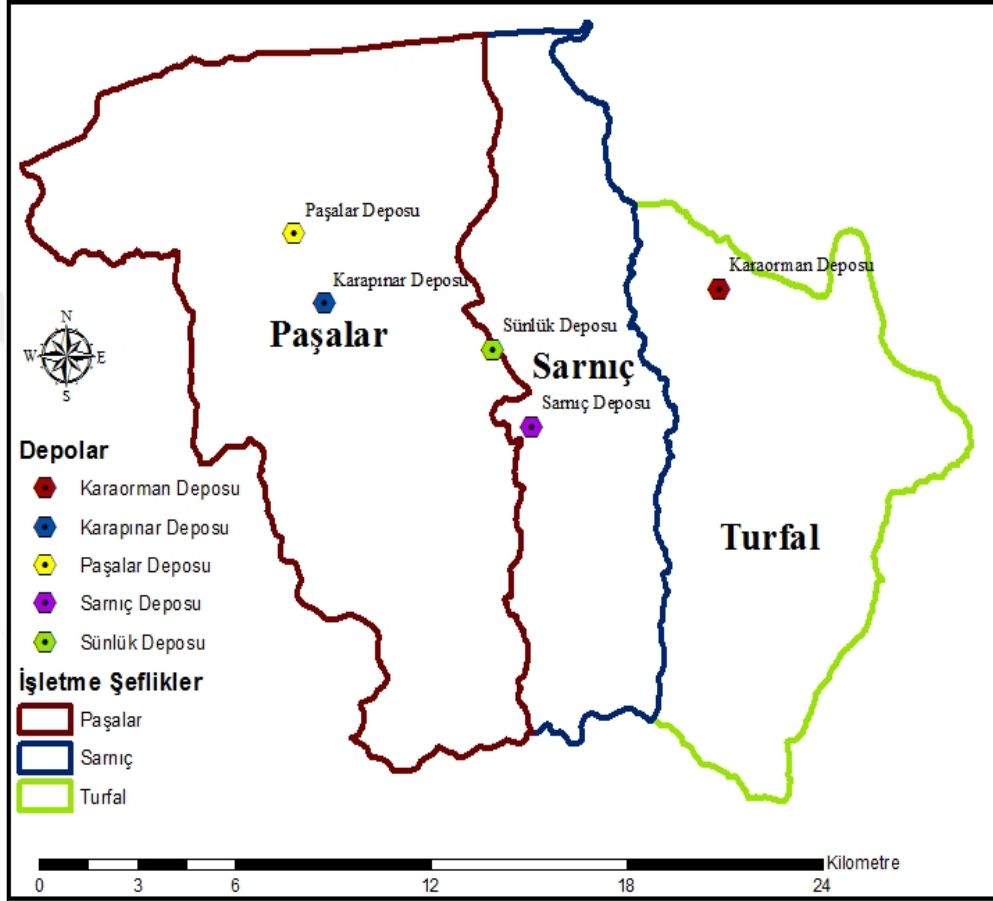
Çizelge 3.2 : Mustafakemalpaşa orman işletme müdürlüğü sınırlarındaki işletme şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, 2017).

İşletme Şefliği	Normal Orman	Bozuk Orman	Toplam Orman	Ormansız Alan	Genel Alan
Burhandag	6.794,10	3.518,40	10.312,50	3.756,20	14.068,70
Çaltılıbük	9.900,50	3.553,90	13.454,40	6.027,70	19.482,10
Devecikonak	8.337,40	4.290,20	12.627,60	7.762,00	20.389,60
Gürgendağ	6.106,00	1.050,20	7.156,20	1.562,90	8.719,10
Karacabey	5.256,30	7.751,80	13.008,10	48.864,20	61.872,30
Mustafakemalpaşa	10.525,60	5.829,80	16.355,40	41.603,20	57.958,60
Paşalar	8.423,50	1.596,80	10.020,30	7.519,40	17.539,70
Sarınc	4.094,60	808,60	4.903,20	3.314,10	8.217,30
Turfal	5.624,50	818,00	6.442,50	3.575,90	10.018,40
Yeniköy	7.922,60	1.092,80	9.015,40	2.138,30	11.153,70
Karadağ	7.708,70	1.897,40	9.606,10	33.849,00	43.455,10
TOPLAM	80.693,80	32.207,90	112.901,70	159.972,90	272.874,60

3.1.2 Orman Depoları ve Rampalar

Çalışma alanında yer alan Paşalar orman işletme şefliğinde 3 adet, Turfal işletme şefliğinde 1 adet ve Sarınc işletme şefliğinde 1 adet olmak üzere toplam 5 adet

orman deposu bulunmaktadır (Şekil 3.2). İşletme Şefliklerine bağlı depolar isimleri ile birlikte Çizelge 3.3'de gösterilmektedir. İşletme şefliği bünyesinde üretimi gerçekleştirilen orman ürünleri orman yolu kenarına ya da geçici istif yerlerine getirilmekte daha sonra ilgili orman deposuna taşınarak istif edilmektedir. İşletmeler arasında anlaşma sağlanması halinde üretilen orman ürünleri başka bir işletmenin deposunda istif edilerek ihaleye çıkarılabilmektedir.



Şekil 3.2 : İşletme şeflikleri içerisinde yer alan orman depoları

Çizelge 3.3 : İşletme Şefliklerinde yer alan Orman Depoları.

İşletme Şeflikleri	Depolar
Paşalar Orman İşletme Şefliği	Paşalar
Paşalar Orman İşletme Şefliği	Sönlük
Paşalar Orman İşletme Şefliği	Karapınar
Turfal Orman İşletme Şefliği	Karaorman
Sarnıç Orman İşletme Şefliği	Sarnıç

Çalışma kapsamında alanda yer alan orman depolarındaki orman ürünlerinin ürün tipi ve ağaç türüne göre ortalama satış fiyatları, 2017 yılında üretim faaliyeti gerçekleştirilen rampalara ait lokasyon ve orman ürünü bilgileri Mustafakemalpaşa İşletme Müdürlüğünden temin edilmiş ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Çalışma alanında, orman depoları ziyaret edilerek UTM (Universal Transverse Mercator) koordinatları el GPS'i yardımı ile kaydedilmiştir. Orman depolarının ziyareti sırasında elde edilen fotoğraf görselleri Şekil 3.3'de yer almaktadır. Çalışma alanındaki rampalardan orman depolarına taşınan ürünlerin hacim değerleri Çizelge 3.4, Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da verilmiştir. Çalışmada 5 m³'den az olan emvaller değerlendirmeye alınmamıştır. Çizelge 3.7'de orman ürünlerinin depolara göre birim satış fiyatları görülmektedir.



Şekil 3.3 : Çalışma alanında yer alan orman depolarında görüntüler

Çizelge 3.4 : Paşalar Orman İşletme şefliğindeki rampalarda orman ürünlerinin hacimleri (m³).

Bölme No	Tomruk				Maden Direği	Yuvarlak Sanayi			Kağıtlık	
	Kayın	Meşe	Gökmar	Gürgen	Kayın	Kayın	Meşe	Karaçam	Kayın	Gürgen
22	140,07	-	-	-	17,318	60,87	-	-	21,618	-
115	217,493	26,36	-	-	16,857	80,852	19,004	-	34,13	-
120	125,554	15,89	-	-	0,646	35,532	4,529	-	19,524	-
121	190,211	-	-	-	11,952	89,783	-	-	57,91	-
122	35,635	31,79	-	-	1,263	20,203	5,774	-	20,478	-
123	47,252	1,788	-	-	2,563	14,28	2,2	-	13,689	-
124	887,054	-	-	-	40,127	231,836	2,35	-	140,92	-
171	382,619	-	-	-	5	62,833	-	-	5,526	-
183	4,643	-	-	-	0,811	2,392	-	-	-	-
184	239,9	-	-	38,343	3,424	43,621	-	-	-	-
189	-	-	45,819	-	-	-	-	-	-	-
201	2.394,53	13,31	13,804	-	377,502	637,12	3,465	-	-	-
224	1.206,51	-	-	-	47,042	291,186	2,35	-	106,14	-
225	231,485	-	2,69	-	19,346	101,603	-	-	35,731	-
227	412,227	-	-	-	8,936	221,096	-	-	27,829	-
228	499,181	-	-	-	14,677	186,131	-	-	36,224	-
229	414,974	-	-	-	14,914	139,741	-	-	47,61	-
1381	265,804	12,6	-	-	13,177	32,982	13,673	-	29,364	-
1681	18,591	-	-	-	1,182	4,715	1,534	-	-	-
2082	601,136	-	-	-	39,847	94,338	-	-	-	-
2092	752,532	-	-	-	25,044	103,515	-	-	-	-
2182	356,053	-	22,322	-	40,138	80,734	-	-	-	17,963
2282	359,278	-	-	-	22,889	86,761	-	23,975	-	6,531
Toplam	9.782,74	101,7	84,635	38,343	724,655	2.622,12	54,879	23,975	596,7	24,494

Çizelge 3.5 : Turfâl Orman İşletme şefliğindeki rampalarda orman ürünlerinin hacimleri (m³).

Bölme No	Tomruk		Yuvarlak Sanayi		Kağıtlık
	Kayın	Meşe	Kayın	Meşe	Kayın
15	-	3,85	-	0,406	-
80	165,574	48,537	60,042	86,804	52,742
93	554,387	13,871	118,948	29,253	137,741
103	652,713	-	110,605	-	95,612
107	702,788	-	180,467	-	95,751
108	769,16	-	175,921	-	190,652
109	202,788	-	42,39	-	68,544
110	141,29	78,992	47,814	63,378	34,809
115	764,701	-	159,047	-	40,692
131	2.100,70	-	423,152	-	174,83
1211	206,362	11,837	37,588	13,244	32,658
1311	436,346	-	123,485	-	125,067
5859	-	-	-	8,788	-
Toplam	6.696,809	157,087	1.479,459	201,873	1.049,098

Çizelge 3.6 : Sarnıç Orman İşletme şefliğindeki rampalarda orman ürünlerinin hacimleri (m³).

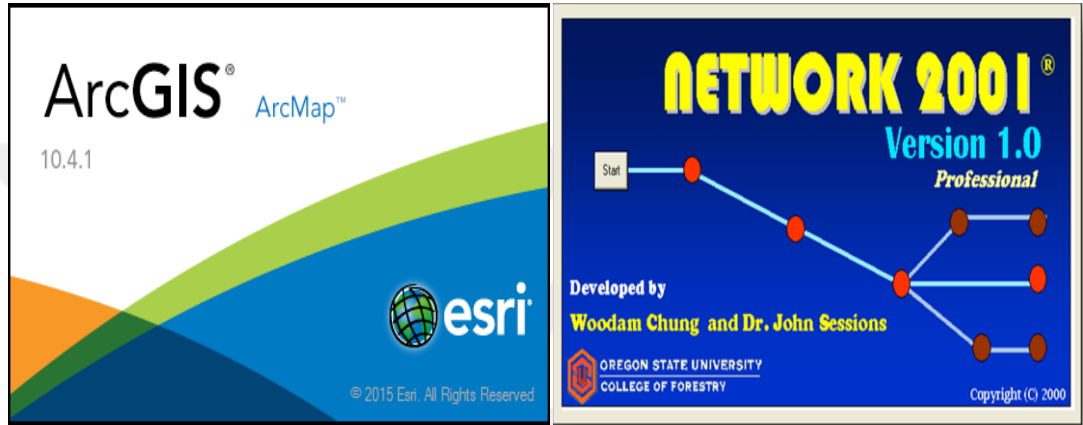
Bölme No	Tomruk		Yuvarlak Sanayi		Kağıtlık
	Kayın	Meşe	Kayın	Meşe	Kayın
69	-		4,205	-	17,144
78	938,99		310,417	-	144,859
79	255,992		48,779	-	32,827
104	1.300,18		293,049	-	192,383
113	2.111,65		465,074	-	352,736
116	1.366,46		401,178	-	157,407
118	3.721,15		572,411	-	302,717
220	343,99		59,96	-	6,759
226	544,687		287,407	-	30,796
1381	17,007		4,73	-	6,579
4749	-		-	92,372	-
Toplam	10.600,11		2.447,21	92,372	1.244,21

Çizelge 3.7 : Çalışma alanındaki orman ürünlerinin orman depolarına göre ortalama satış fiyatları (TL).

Orman Depoları	Türler	Tomruk	Maden Direği	Yuvarlak Sanayi	Kağıtlık
Paşalar	Kayın	271,80	203,03	180,13	183,70
	Meşe	190,97	-	183,03	-
	Gök nar	195,35	-	-	-
	Gür gen	205,45	-	-	-
	Karaçam	-	-	-	131,00
Sünlük	Kayın	262,92	205,85	193,90	180,48
	Meşe	198,31	-	160,47	-
	Gök nar	222,40	-	-	-
	Gür gen	203,50	-	-	-
	Karaçam	-	-	-	150,10
Karapınar	Kayın	264,08	211,42	200,81	198,96
	Meşe	239,58	-	194,12	-
	Gök nar	188,21	-	-	-
	Gür gen	204,10	-	-	-
	Karaçam	-	-	-	135,40
Sarnıç	Kayın	277,99	202,72	197,22	195,27
	Meşe	245,00	-	198,13	-
	Gök nar	200,30	-	-	-
	Gür gen	202,91	-	-	-
	Karaçam	-	-	-	133,28
Karaorman	Kayın	280,27	-	199,56	204,03
	Meşe	228,42	-	182,72	-

3.1.3 Kullanılan Ölçüm Aletleri ve Cihazlar

“Garmin Oregon 650” marka el GPS’i kullanılarak çalışma alanındaki orman depolarının ve rampaların konumları bulunmuş ve UTM koordinatları kaydedilmiştir. Araştırma kapsamında, gerekli CBS veri tabanının geliştirilerek haritaların oluşturulması için ArcGIS 10.4.1 yazılımı, yol ağı analizi için NETWORK 2001 programı kullanılmıştır. Ayrıca programların kurulum ve kullanımının sağlanabilmesi ve veri kaydı için Asus notebook kullanılmıştır (Şekil 3.4).



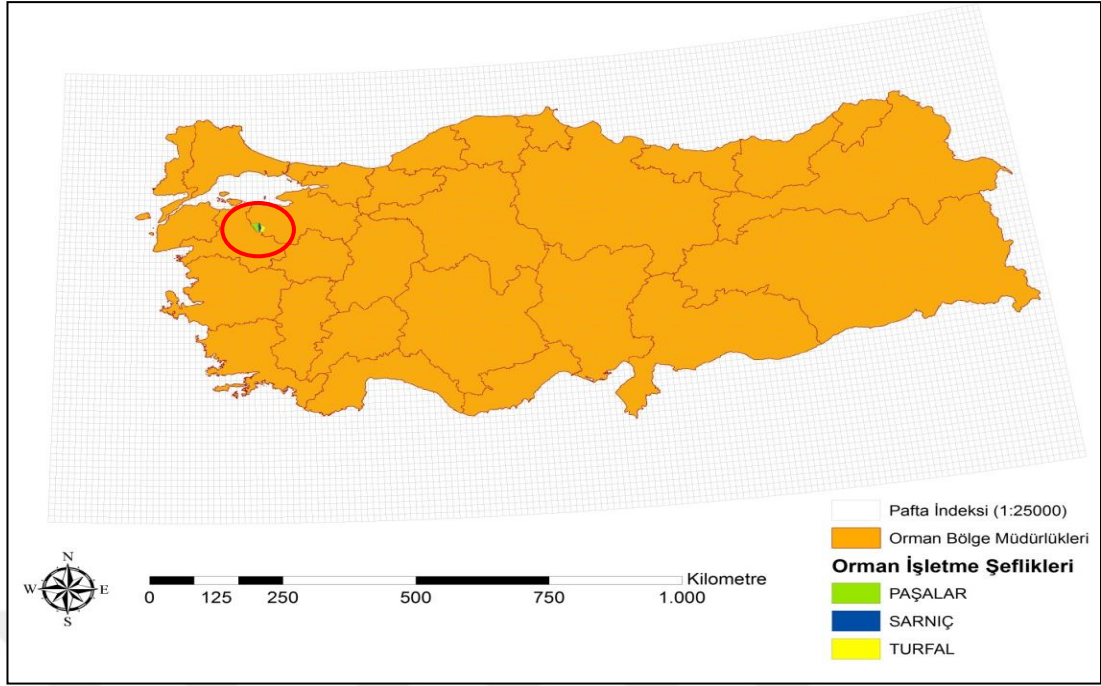
Şekil 3.4 : Çalışma alanında ölçüm aletleri ve yazılımlar

3.2 Yöntem

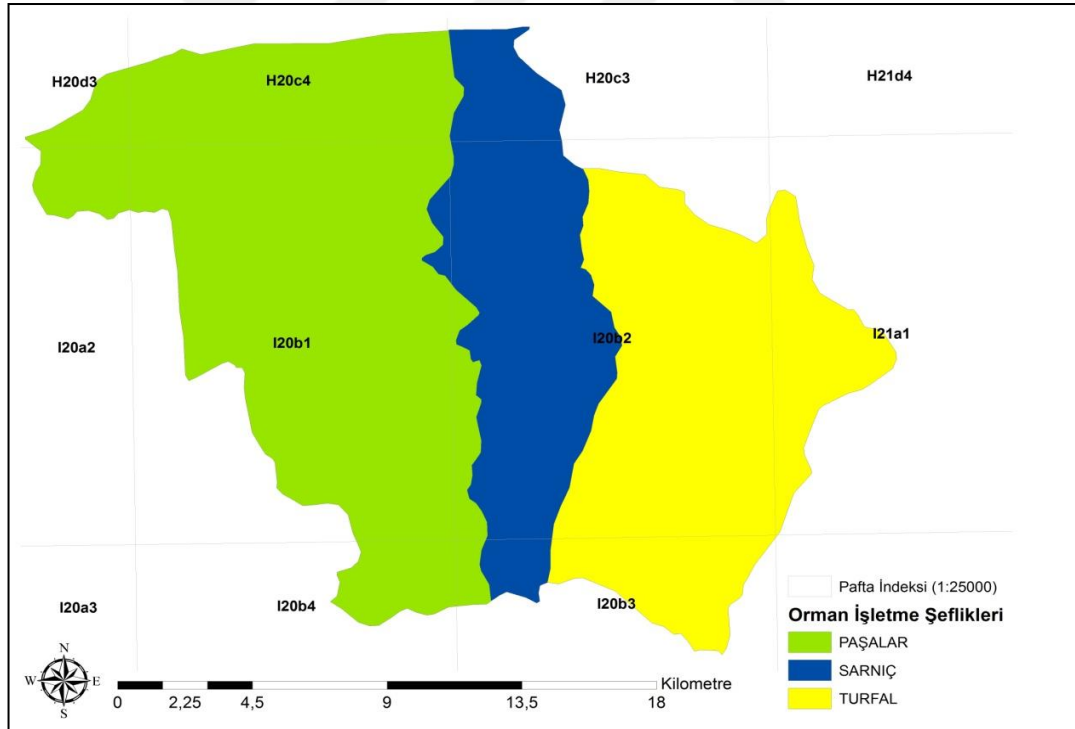
3.2.1 Veri Tabanı

Çalışmada ArcGIS 10.4.1 kullanılarak sayısal veri katmanlarından oluşan CBS veri tabanı geliştirilmiştir. Bu kapsamda, bölgeye ait amenajman haritaları, 1:25000 ölçekli topografik haritalar, orman depolarının ve rampaların koordinatları altlık olarak kullanılarak; alanda yer alan yol ağları, orman depoları ve rampaların lokasyonları sayısallaştırılmış ve ilgili haritalar üretilmiştir.

Türkiye pafta indeksi haritası temel alınarak 1/25000 ölçekli topografik haritalar belirlenmiştir (Şekil 3.5). Çalışma alanı sınırları içinde 1/25000 ölçekli 9 adet pafta bulunmaktadır (Şekil 3.6). Paftalara ait topografik haritalar İşletme Müdürlüklerinden temin edilerek bilgisayar ortamında kaydedilmiştir.



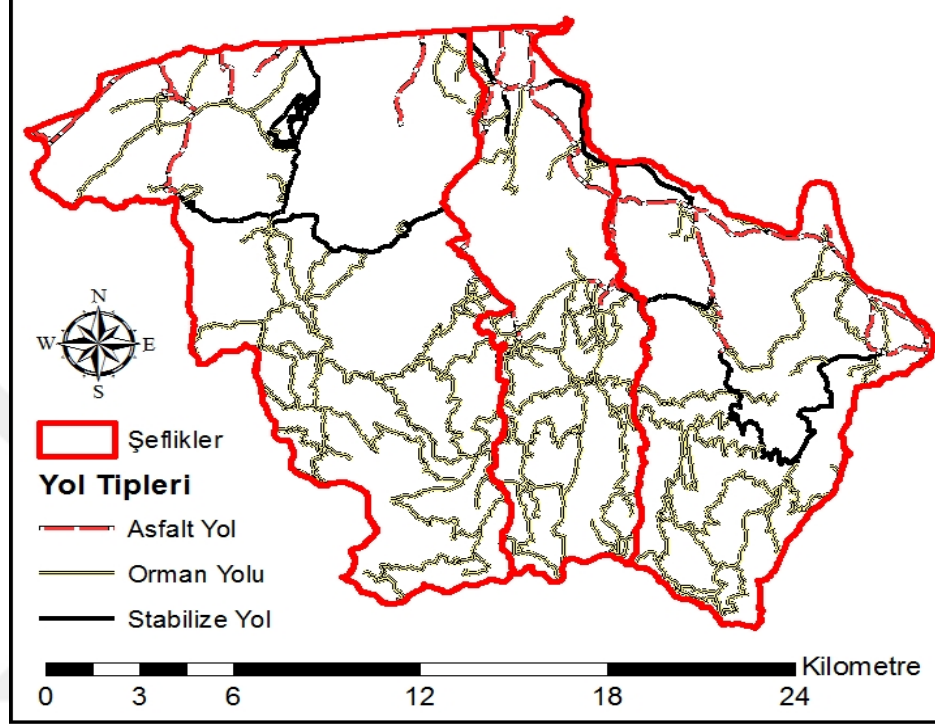
Şekil 3.5 : Türkiye pafta (1/25000) indeksi haritası ve çalışma alanı



Şekil 3.6 : Çalışma alanı içinde yer alan paftalar (1/25000)

Bilgisayar ortamında kaydedilen Topografik haritalar ArcGIS 10.4.1 programında “Georeferencing” aracı kullanılarak koordinatlandırılmıştır. Ardından programının “ArcCatalog” modülünde çoklu çizgi (polyline) veri tipinde yol veri katmanı üretilmiştir. Koordinatlandırılan haritalar üzerindeki yol ağları, “Editör” aracı kullanılarak veri tipi

“Line” olacak şekilde sayısallaştırılmıştır. Öznitelikler Tablosu’nda (Attribute Table) her bir yol seksiyonu için uzunluk (km), Geometri Hesapla (Calculate Geometry) aracı kullanılarak bulunmuştur. Çalışma alanına ait topografik haritalardaki güncel bilgilere bağlı olarak yol tipleri üç grup (asfalt kaplama yol, stabilize yol ve orman yolu) altında sınıflandırılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Çalışma alanına ait yol ağı veri katmanı

Uygulama alanında yaklaşık 400 km orman yolu, 70 km stabilize yol ve 100 km asfalt yol bulunmaktadır. Çalışma alanı sınırlarında kalan yollar için ortalama ulaşım hızı yolların tipine (asfalt, stabilize ve orman yolları), yol durumlarına (iyi, orta ve kötü) ve nakliyatta değerlendirilecek kamyonların teknik özelliklerine bağlı olarak hesaplanmıştır.

Yolların durumlarını tespit etmek için çalışma alanında arazi gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Arazi gözlemlerinde yol ağı örnek yol parçalarına bölünerek, her parça için ortalama yol eğimi, kurp durumu, üst yapı durumu ve platform durumuna göre yol durumu belirlenmiştir. Yol durumunu etkileyen her bir faktör için 1-3 arası değerlendirme puanı verilerek toplam puana göre yol durumu tespit edilmiştir. Çizelge 3.8’de yol tipleri için yol durumu tayininde kullanılan değerlendirme tablosu ve değişkenler için hazırlanan karar matrisi yer almaktadır.

Çizelge 3.8 : Yol durum değerlendirme tablosu ve karar matrisi.

Yol Durumu Değerlendirme Tablosu			
Orman İşletme Müdürlüğü/Şefliği			
Tarih			
Yol Tipi			
Yol Seksiyon No			
Orman Yolu			
Faktörler	Kötü	Orta	İyi
	1	2	3
Yol Eğimi	>%10	%8-10	<%8
Kurp Durumu	>2 Kurp	2 adet Kurp	1 adet
Üst Yapı	Çok Bozuk	Bozuk	Sağlam
Platform Durumu	Çok Bozuk	Bozuk	Sağlam
Stabilize Yol			
Faktörler	Kötü	Orta	İyi
	1	2	3
Yol Eğimi	>%6	%4-6	<%4
Kurp Durumu	>1 Kurp	1 adet Kurp	Yok
Üst Yapı	Çok Bozuk	Bozuk	Sağlam
Platform Durumu	Çok Bozuk	Bozuk	Sağlam
Asfalt Tol			
Faktörler	Kötü	Orta	İyi
	1	2	3
Yol Eğimi	>%4	%3-4	<%3
Kurp Durumu	>1 Kurp	1 adet Kurp	Yok
Üst Yapı	Çok Bozuk	Bozuk	Sağlam
Platform Durumu	Çok Bozuk	Bozuk	Sağlam
Karar Matrisi			
Faktörler	Kötü	Orta	İyi
Yol Eğimi			
Kurp Durumu			
Üst Yapı			
Platform Durumu			
	Toplam:	Toplam:	Toplam:
Ortalama= \sum Toplam/4			
Yol Durumu	Ortalama <1,5	1,5>Ortalama<2,5	Ortalama>2,5
Bilgi Notu:			

Yol durumu belirlendikten sonra nakliyatda kullanılan kamyonlar için ulaşım hızı tespit edilmiştir. Arazi gözlemleri sırasında uzak nakliyatda bölgede yaygın olarak kullanılan iki tip kamyon (yük kapasiteleri 15 ton ve 22 ton) çalışmada değerlendirilmiştir (Şekil 3.8). Kamyon nakliyatı için ortalama hızı yol tipi ve durumlarına göre belirlenirken, bu konuda literatürde yer alan kaynaklardan da yararlanılmıştır (Çizelge 3.9). Ulaşım hızı; yüklü kamyon hızı ile boş kamyon hızının ortalamasını temsil etmektedir.



BMC Pro 522

Motor Gücü:	215 PS (158 kW)
Tork:	1020 Nm
Ağırlık (Çıplak Şasili):	5740 kg
Taşıma sınırı:	15260 kg
Azami yüklü Ön Dingil ağırlığı:	5500 kg
Azami yüklü Arka Dingil ağırlığı:	15500 kg
Azami yüklü ağırlık:	21000 kg



BMC Pro 827

Motor Gücü:	285 PS (210 kW)
Tork:	700 Nm
Ağırlık (Çıplak Şasili):	9050 kg
Taşıma sınırı:	22950 kg
Azami yüklü 1. Dingil ağırlığı:	7000 kg
Azami yüklü 2. Dingil ağırlığı:	7000 kg
Azami yüklü Arka Dingil ağırlığı:	18000 kg
Azami yüklü ağırlık:	32000 kg

Şekil 3.8 : Çalışmada değerlendirilen kamyonların teknik özellikleri

Çizelge 3.9 : Yol durumuna göre ortalama ulaşım hızı (km/saat).

Yol Tipi	Yol Durumu		
	İyi	Orta	Kötü
Asfalt	60	50	40
Stabilize	40	30	20
Orman Yolu	25	20	15

Daha sonraki aşamada, her bir yol seksiyonu için birim nakliyat maliyeti (TL/m³); kamyonun saatlik birim maliyetine (TL/saat), kamyonun yük kapasitesine (m³) ve kamyon çalışma zamanına (saat) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Akay ve Erdaş, 2007):

$$BNM_i = \frac{KBM}{\left(\frac{YK}{KÇZ_i} \right)} \quad (1)$$

BNM_i : i seksiyonu için birim nakliyat maliyeti (TL/m³)

KBM : Kamyonun saatlik birim maliyeti (TL/saat)

YK : Kamyonun yük kapasitesi (m³)

$KÇZ_i$: i seksiyonu için toplam kamyon çalışma zamanı (saat)

Nakliyatta kullanılan kamyonların saatlik birim maliyeti (TL/saat) olarak, Mustafakemalpaşa Orman İşletme Müdürlüğünden temin edilen güncel değerler (sırasıyla 46,86 TL/m³ ve 61,39 TL/m³) kullanılmıştır.

Formül 1’de verilen kamyon çalışma zamanı yol uzunluğu, ortalama ulaşım hızı ve ortalama kayıp zamana bağlı olarak belirlenmiştir. Bu amaçla çalışma zamanı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$KÇZ_i = \frac{2U_i}{OH_i} (1 + KZ_i) \quad (2)$$

U_i : i seksiyonu gidiş-dönüş uzunluğu (km)

OH_i : i seksiyonu için ortalama kamyon ulaşım hızı (km/saat)

KZ_i : i seksiyonu için kayıp zaman (asfalt: %5, stabilize; %10 ve orman yolları; %15) (Akay ve Erdaş, 2007)

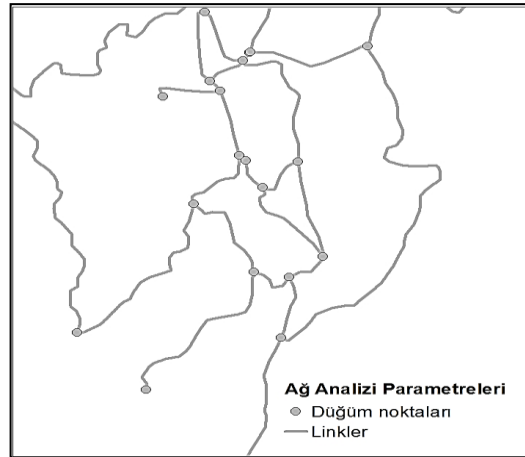
Her bir yol seksiyonu için birim nakliyat maliyeti ve kamyon çalışma zamanı, yol ağı veri katmanının öznitelik tablosundaki seçenekler menüsünde yer alan “Field Calculator” kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.9). Son olarak, üretimin gerçekleştiği bölgelere ait rampanın ve orman depolarının lokasyonlarını gösteren veri katmanları üretilmiştir. Bu amaçla, el GPS’i yardımı ile çalışma alanında yer alan orman depolarının ve rampaların UTM (Universal Transverse Mercator) koordinatları belirlenmiştir. Daha sonra, belirlenen koordinatlar kullanılarak ArcGIS 10.4.1 programı ile lokasyonları gösteren sayısal veri katmanı geliştirilmiştir.

FID	Shape	Uzunluk	TIPI	Yol Tipi	dur	Hız	süre	gecik	Gecikme	toplam sür	verim	maliyet
0	Polyline	2,62372	6	Asfalt	iyi	60	0,0874	5	0,004373	0,09183	163,34493	0,28687
1	Polyline	1,20928	4	Orman	orta	20	0,1209	15	0,018139	0,139068	107,86108	0,43444
2	Polyline	1,39965	4	Orman	orta	20	0,1399	15	0,020995	0,16096	93,190754	0,50284
3	Polyline	1,40443	6	Asfalt	orta	50	0,0561	5	0,002809	0,058986	254,29585	0,18427
4	Polyline	1,98621	4	Orman	orta	20	0,1986	15	0,029793	0,228415	65,669904	0,71356
5	Polyline	2,64797	4	Orman	orta	20	0,2647	15	0,03972	0,304517	49,25841	0,95131
6	Polyline	0,67708	4	Orman	orta	20	0,0677	15	0,010156	0,077865	192,64077	0,24325
7	Polyline	2,78125	4	Orman	orta	20	0,2781	15	0,041719	0,319844	46,897818	0,99919
8	Polyline	2,78575	4	Orman	orta	20	0,2785	15	0,041786	0,320362	46,822103	1,00080
9	Polyline	1,60187	4	Orman	orta	20	0,1601	15	0,024028	0,184215	81,42654	0,57548
10	Polyline	7,25681	4	Orman	orta	20	0,7256	15	0,108852	0,834534	17,974106	2,60708
11	Polyline	0,50140	4	Orman	orta	20	0,0501	15	0,007521	0,057662	260,13649	0,18013
12	Polyline	0,73312	4	Orman	iyi	25	0,0586	15	0,008797	0,067447	222,39649	0,21070
13	Polyline	1,12676	4	Orman	orta	20	0,1126	15	0,016902	0,129578	115,76	0,40480
14	Polyline	1,30918	4	Orman	orta	20	0,1309	15	0,019638	0,150557	99,630213	0,47033
15	Polyline	2,10894	4	Orman	orta	20	0,2108	15	0,031634	0,242528	61,848429	0,75765
16	Polyline	3,44951	4	Orman	orta	20	0,3449	15	0,051743	0,396694	37,81254	1,23927
17	Polyline	3,96070	4	Orman	orta	20	0,3960	15	0,059411	0,455481	32,932231	1,42292
18	Polyline	7,35736	4	Orman	orta	20	0,7357	15	0,11036	0,846006	17,728475	2,64320

Şekil 3.9 : Yol ağı veri katmanına ait örnek öznitelik tablosu

3.2.2 Ağ Analizi

Ağ analizi yöntemi temel alınarak yol ağı sisteminde minimum maliyeti ve maksimum net kârı olan optimum güzergah belirlenmektedir. Sistemi yol seksiyonları (link) ve yol seksiyonlarının kesiştiği düğün noktaları (node) oluşturmaktadır (Şekil 3.10). Bu çalışmada, yol ağında yer alan linkler yol seksiyonlarını ve her bir link değeri ise ilgili yol seksiyonu için nakliyat maliyetini temsil etmektedir.



Şekil 3.10 : Örnek bir yol ağı sisteminde parametreler

3.2.3 Network 2001 Programı Kullanımı

Yapılan çalışmada ağ analizinin geliştirilmesinde NETWORK 2001 programı kullanılmıştır. NETWORK 2001 programının kullanımında üretim yapılan rampalar,

farklı orman ürünleri, alternatif güzergahlar ve yol standartları, alternatif satış depoları, en az maliyet ve en yüksek net kâr gibi kriterler dikkate alınmıştır.

NETWORK 2001 programının “Link Editor” veri tablosunda yer alan “From Node Label” sütununa ağda yer alan yol seksiyonlarının başlangıç düğüm noktası numarası ve “To Node Label” sütununa ise bitiş düğüm noktası numaraları girilmiştir. “Link Editor” veri tablosunun “Variable cost” sütununa problemdeki nakliyat maliyetleri, “Fixed cost” sütununa ise gerekli durumlarda yol yapım ve büyük onarım maliyetleri girilmektedir. Bu kapsamda, ilk olarak ArcGIS 10.4.1 ortamında üretilen ve yol seksiyon numarası (OBJECTID) ile nakliyat maliyeti (maliyet) bilgilerini içeren yol ağı veri katmanı “Export” fonksiyonu kullanılarak Microsoft Excel ortamında açılmış ve metin dosyası (*.txt) formatında kaydedilmiştir (Şekil 3.11). Daha sonra, bu güzergah bilgileri, “Link” veri tablosu penceresinden “Import Text File” özelliği kullanılarak NETWORK 2001 programına otomatik olarak yüklenmiştir.

	A	B	C	D
1	OBJECTID	From	To	maliyet
2	1	413	422	0,28687757580
3		422	413	0,28687757580
4	2	116	118	0,43444770656
5		118	116	0,43444770656
6	3	153	171	0,50283958681
7		171	153	0,50283958681
8	4	173	180	0,18427355162
9		180	173	0,18427355162
10	5	143	155	0,71356887798
11		155	143	0,71356887798
12	6	168	176	0,95130963006
13		176	168	0,95130963006
14	7	192	205	0,24325068849
15		205	192	0,24325068849

Şekil 3.11 : Yol ağı veri katmanı verileri

Nakliyat maliyeti kamyonun yüklü gidiş ve boş dönüş maliyetini ifade etmektedir. Buna göre, boş kamyonun takip edeceği güzergahın yüklü olarak takip ettiği güzergahla aynı olacağı varsayılmıştır. Mevcut linklerde sabit maliyet olarak belirtilen yol ve sanat yapısı yapım maliyeti zorunlu bir değişken değildir. Yol ve sanat yapısı inşası gerekmeyen durumlarda, sabit maliyet “0” değerini almaktadır. Sanat yapıları inşaatı ve üst yapı inşaatı masrafları “Link Editor” tablosunun sabit maliyetler kısmına işlenmektedir.

Yol güzergahı üzerindeki herhangi bir seksiyon bakım gerektiriyorsa, bakım maliyeti değişken veya sabit maliyet olarak belirtilebilmektedir. Yol kaplamasında

gerçekleştirilecek bakım maliyetleri genellikle yol üzerinde nakledilen orman ürünlerinin miktarına bağlı olduğundan değişken maliyetler olarak kabul edilmiştir. Sabit maliyetin dahil edilebilmesi için, sabit maliyet değeri link (orman yolu seksiyonu) üzerinde taşınan orman ürününün hacmine bölünerek eşdeğer değişken maliyete dönüştürülmektedir:

$$EDM_i = DM_i + \frac{SM_i}{\sum H_i} \quad (3)$$

EDM_i: i seksiyonu için eşdeğer değişken maliyet (TL/m³)

DM_i: i seksiyonu için değişken maliyet (TL/m³)

SM_i: i seksiyonu için sabit maliyet (TL)

H_i: i seksiyonu üzerinde taşınan orman ürününün hacmi (m³)

Çalışma kapsamında net kârın maksimizasyonu için maliyetler pozitif değerler, depo satış fiyatları ise negatif değerler olarak NETWORK 2001 programına girilmiştir. Program; ürün miktarı, satış fiyatları ve maliyetleri dikkate alarak ağ sistemindeki pozitif değerlerin toplamı olan toplam maliyeti minimize eden güzergahı tespit ettiğinde, net kârı maksimize eden optimum güzergah da belirlenmiş olacaktır.

“Sale Editor” veri tablosuna, tüm ağın giriş (Entry Node) ve sonuç düğüm noktaları (Destination Node) ile ağ üzerindeki ürün miktarı (Timber Volume) girilmektedir. “Sale Editor” veri tablosunun “Entry Node” sütununa üretilen her bir farklı ürün (tomruk, maden direği, sanayi, kağıtlık vb.) için giriş düğüm noktası oluşturularak ilgili rampaya bağlanmış ve “Destination Node” sütununa üretilen orman ürünü sayısı kadar yapay satış deposu oluşturulmuştur. Ayrıca “Timber Volume” sütununa üretilen veya nakliyatı gerçekleştirilen orman ürünlerinin hacmi girilmiştir.

Alternatif güzergahlar arasında toplam değişken ve sabit maliyetleri en aza indiren güzergahın bulunabilmesi için program menüsünden “heuristic” teknikler altında “Simulated Annealing” yöntemi kullanılmıştır. Algoritmada kullanılan amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$Min \sum_i^j (DC_i \sum H_i + ESM_i X_i) \quad (4)$$

Bu fonksiyondaki X_i değeri 0 veya 1 olan ikili değişkendir. Eğer i seksiyonu kullanılırsa 1, kullanılmazsa 0 değerini almaktadır.

Çalışma alanında yer alan yol ağlarının durumu göz önüne alındığında, yolların %16,95'i iyi, %71,10'ü orta ve %11,95'i ise kötü olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.1). Asfalt kaplama yolların yarısının iyi durumda, %44,57'sinin orta ve geriye kalan yolların kötü durumunda (%5,43) olduğu belirlenmiştir. Stabilize yollar dikkate alındığında, yolların %41,67'sinin iyi durumda olduğu, %38,33'ünün orta ve geriye kalan yolların kötü durumunda (%20,00) olduğu tespit edilmiştir. Orman yollarında ise yolların büyük bir kısmı orta (%83,11), %12,26 kötü ve %4,63'ünün ise durumunun iyi olduğu belirlenmiştir.

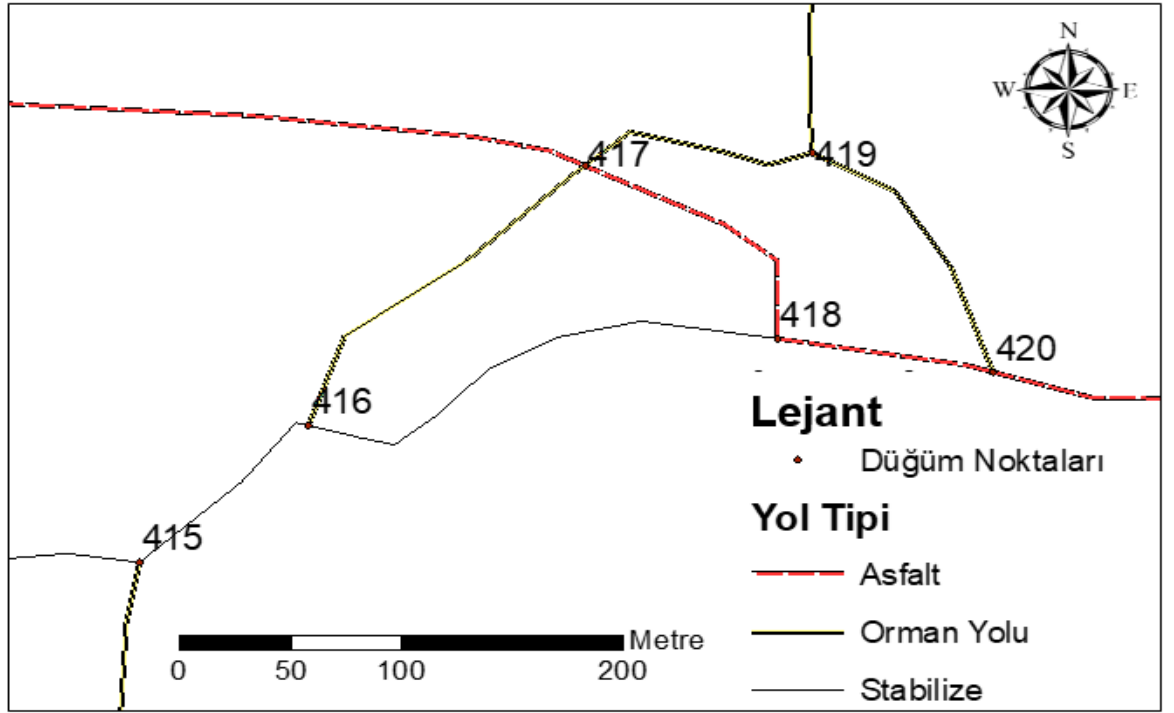
Çizelge 4.1 : Çalışma alanında bulunun yolların uzunluk bilgileri.

Yol Tipi	Seksiyon Sayısı	Toplam Uzunluk (km)	Yol Durumuna Göre Uzunluk (km)		
			İyi	Orta	Kötü
Asfalt	114	92	46	41	5
Stabilize	61	60	25	23	12
Orman Yolu	362	367	17	305	45
Toplam	537	519	88	369	62

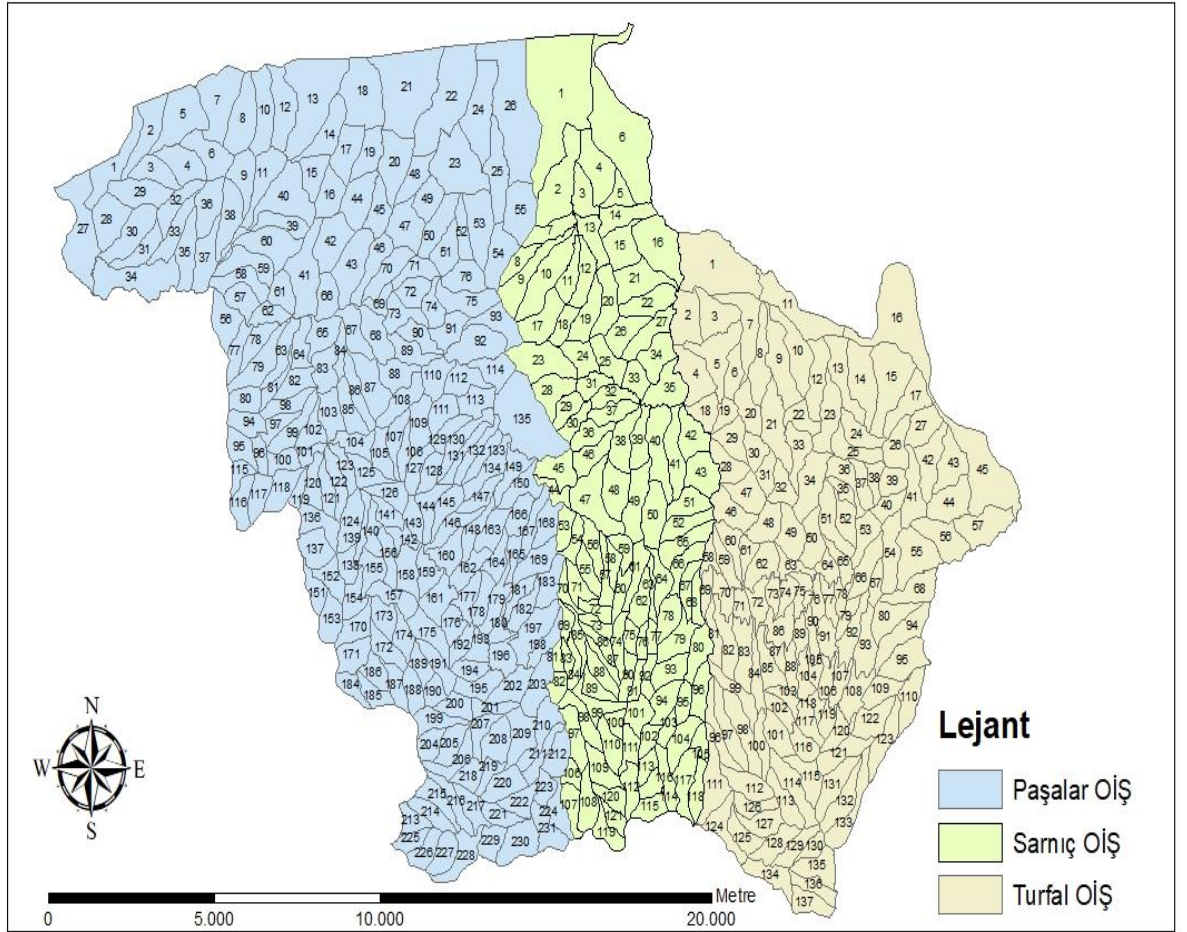
NETWORK 2001 programında her bir yol seksiyonunu başlangıç ve sonuç düğüm noktaları ile tanımlamak için ArcGIS 10.4.1 platformunda Ağ Analist eklentisi kullanılarak yol ağı veri tabanı geliştirilmiştir. Şekil 4.2 yol ağı veri tabanının bir bölümünün yakından görüntüsü yer almaktadır.

4.1.2 Orman Depoları ve Rampalar

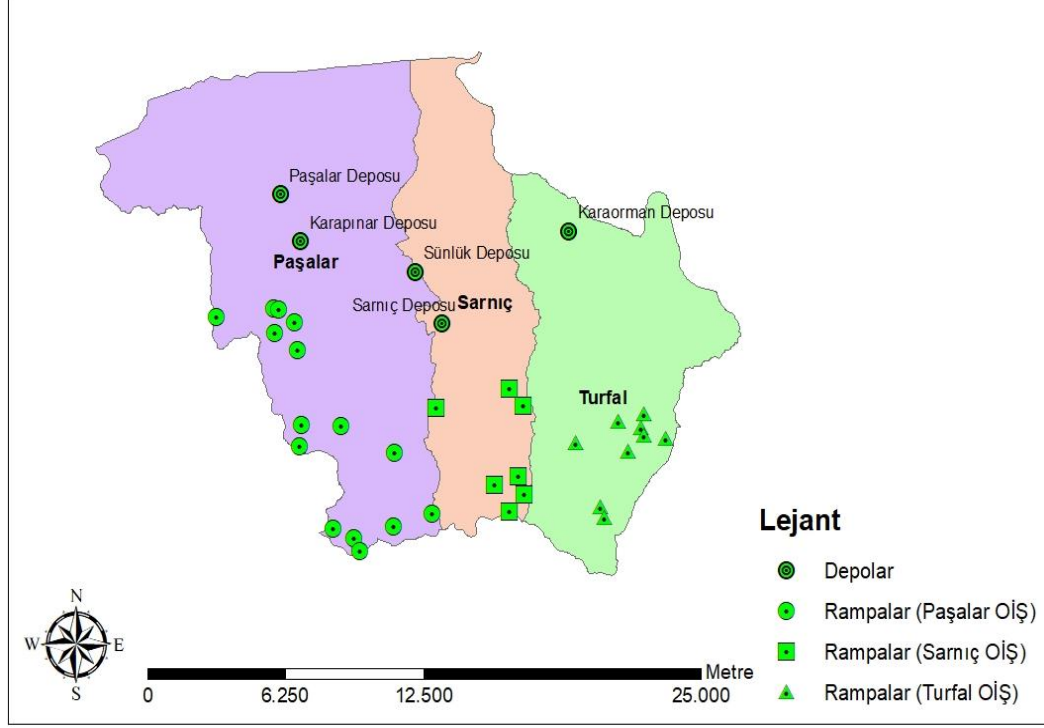
Çalışma alanında beş adet orman deposu yer almaktadır. Depolardan biri Sarnıç, üçü Paşalar ve beşincisi Turfal Orman İşletme Şefliğindedir. Bu depolara, çalışma alanındaki üç orman işletmesinde yer alan farklı sayıda rampalardan orman ürünleri ulaştırılmaktadır. Paşalar Orman İşletme Şefliğinde 15 rampa, Sarnıç Orman İşletme Şefliğinde 7 rampa ve Turfal Orman İşletme Şefliğinde yine 9 rampa dikkate alınmıştır. Sayısal haritaları üretmek için Orman İşletme Müdürlüğünden temin edilen rampalara ait bölme numaraları ve bölme sınırlarını içeren meşcere haritasından yararlanılmıştır (Şekil 4.3). Orman depolarının ve rampaların lokasyonlarını gösteren veri katmanı Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Düğüm noktalarını gösteren yol veri tabanından bir bölüm



Şekil 4.3 : Bölme numaraları



Şekil 4.4 : Çalışma alanı sınırlarında yer alan orman depolarının ve rampaların lokasyonları

4.2 Ağ Analizi

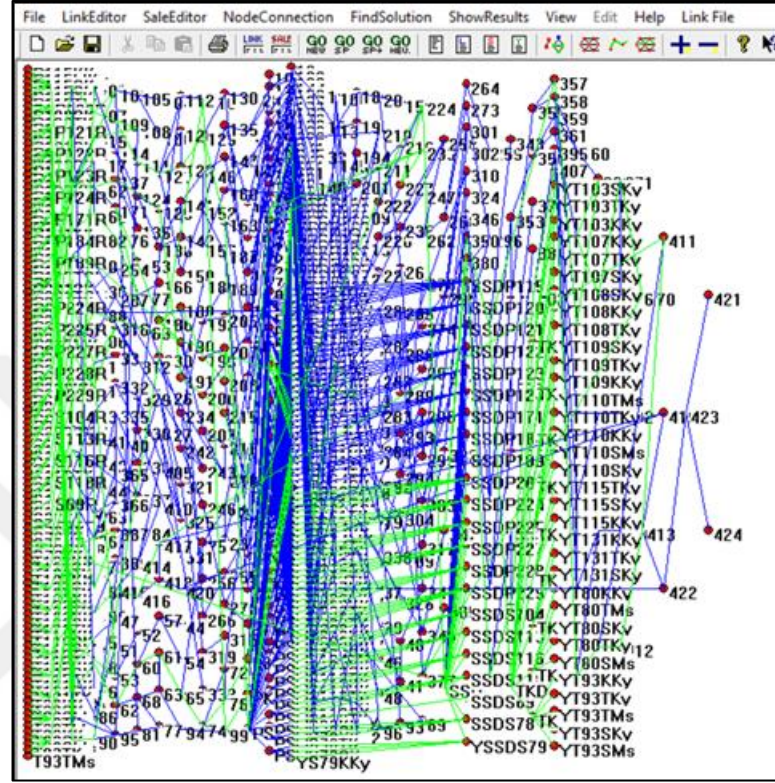
Uygulamada orman ürünlerinin sadece üretimin gerçekleştiği orman işletmesinin deposuna (depolarına) değil, aynı zamanda komşu işletmelerin orman depolarına da nakliyatının gerçekleştirilme durumu incelenmiştir. Bu kapsamda Paşalar OİŞ sınırlarında yer alan rampalarda üretilen orman ürünlerinin Sarnıç OİŞ sınırlarındaki Sarnıç orman deposuna ve Sarnıç OİŞ sınırlarında yer alan rampalarda üretilen ürünlerin de Paşalar OİŞ sınırlarındaki depolara (Paşalar, Karapınar ve Sünlük) nakliyatı değerlendirilmiştir.

4.2.1 Minimum Maliyet

Çalışma alanında bulunan B-tipi orman yollarının daha yüksek tonajlı kamyonların kullanabileceği standartlara dönüştürülmesi durumunda, iki farklı tonajda tomruk kamyonu için nakliyat maliyeti ve orman ürünlerinden elde edilecek toplam net kâr belirlenmiştir. Orta tonajlı kamyon (15 ton) dikkate alındığında NETWORK 2001 programının toplam nakliyat maliyetini 139116,24 TL olarak minimize ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.5). Şekil 4.6 çalışma alanında dikkate alınan rampalardan orman depolarına ulaşan optimum nakliyat güzergahlarını göstermektedir.

Total discounted variable cost	:	139116.24	(	4.11 \$/unit)
Total discounted fixed cost	:	0.00	(	0.00 \$/unit)
Total discounted variable and fixed cost	:	139116.24	(	4.11 \$/unit)

Şekil 4.5 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam maliyet raporu



Şekil 4.6 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 optimum nakliyat güzergahları

Grafik gösterimin yanı sıra her bir rampada üretilen orman ürünleri için minimum nakliyat maliyetini sağlayan güzergah bilgileri rapor olarak da sunulmaktadır. Bu raporda ayrıca her bir orman ürününün toplam nakliyat maliyeti ve birim nakliyat maliyeti yer almaktadır. Şekil 4.7 Sarnıç OİŞ’de 118 nolu rampada üretilen 3721,15 m³’lük kayın tomruklarına ait optimum nakliyat raporunu göstermektedir. Paşalar, Sarnıç ve Turfal OİŞ’deki her bir rampada üretilen orman ürünleri için toplam nakliyat maliyeti sırasıyla Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4’de verilmiştir.

Detailed Sale Report :				
Sale Number : 1				
* Route	:	S118TKy -> S118R -> 320 -> 316 -> 313 -> 307 -> 288 -> 279 -> 260 -> 252 -> 245 -> 241 -> 238 -> 233 -> 227 -> 224 -> SSD -> SSDS118 -> YS118TKy		
* Volume	:	3721.15		
* Year	:	0		
* Variable cost	:	17303.35	(	4.65 \$/unit)
* Fixed cost	:	0.00	(	0.00 \$/unit)
* Total cost	:	17303.35	(	4.65 \$/unit)

Şekil 4.7 : NETWORK 2001’de örnek optimum nakliyat güzergahı (15 ton kamyon)

Çizelge 4.2 : Paşalar OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (TL) (15 ton kamyon).

Bölme No	Tomruk				Maden Direği	Yuvarlak Sanayi		Kağıtlık	
	Kayın	Meşe	Gök nar	Gür gen	Kayın	Kayın	Meşe	Karaçam	Kayın
115	793,84	96,21	-	-	61,54	295,10	69,35	-	124,57
120	268,68	34,00	-	-	-	76,03	-	-	41,77
121	578,24	-	-	-	36,33	272,93	-	-	176,05
122	63,80	56,90	-	-	-	36,16	10,33	-	36,66
123	75,13	-	-	-	-	22,71	-	-	21,77
124	2315,20	-	-	-	104,74	605,10	-	-	367,80
171	845,59	-	-	-	11,05	138,85	-	-	12,22
184	705,31	-	-	112,72	-	128,24	-	-	-
189	-	-	166,78	-	-	-	-	-	-
201	7255,43	13,31	41,81	-	1143,83	1930,47	-	-	-
224	5344,84	-	-	-	208,39	1289,97	-	-	470,20
225	1571,82	-	-	-	131,39	689,86	-	-	242,61
227	2572,32	-	-	-	55,79	1379,66	-	-	173,66
228	3329,53	-	-	-	97,92	1241,49	-	-	241,59
229	2132,95	-	-	-	76,64	718,26	-	365,09	244,72

Çizelge 4.3 : Sarnıç OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (TL) (15 ton kamyon).

Bölme No	Tomruk	Yuvarlak Sanayi	Kağıtlık
	Kayın	Kayın	Kayın
69	-	-	35,31
78	1624,45	537,03	250,61
79	693,73	132,19	88,97
104	5044,70	1137,03	746,43
113	10938,35	2409,06	1827,19
116	6299,38	1849,44	725,66
118	17303,35	2661,71	1407,65

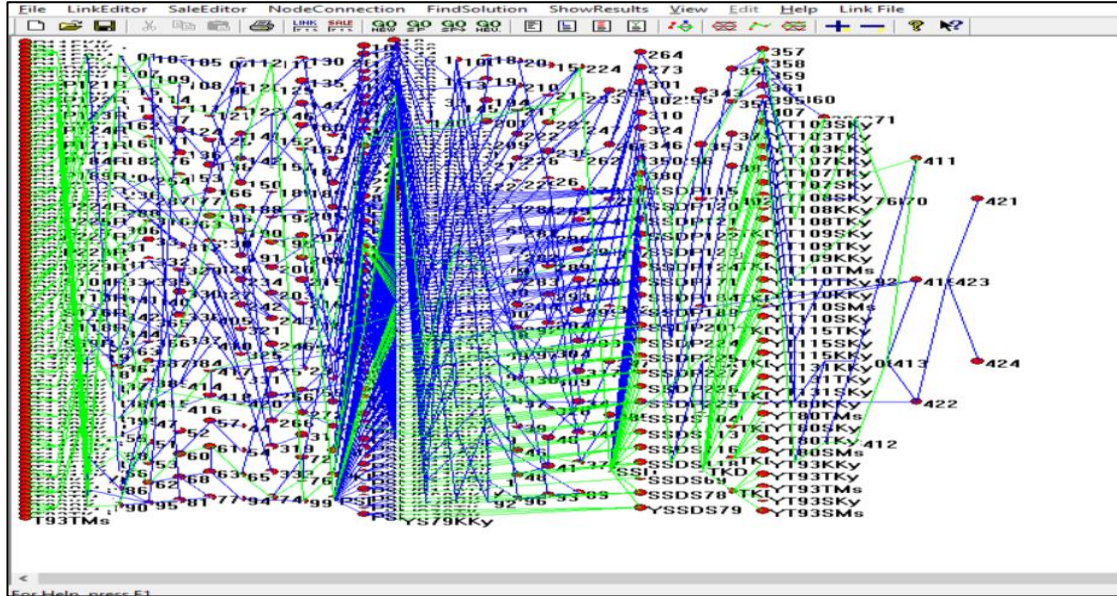
Çizelge 4.4 : Turfal OİŞ’nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (TL) (15 ton kamyon).

Bölme No	Tomruk		Yuvarlak Sanayi		Kağıtlık
	Kayın	Meşe	Kayın	Meşe	Kayın
80	496,71	145,62	180,12	260,40	158,22
93	1663,17	41,61	356,85	87,75	413,22
103	2317,12	-	392,67	-	339,42
107	1932,67	-	496,29	-	263,31
108	2469,00	-	564,70	-	611,99
109	616,48	-	172,76	-	208,36
110	720,58	402,85	170,24	323,24	177,53
115	3930,56	-	817,52	-	209,15
131	15841,94	-	3159,82	-	1709,88

Yüksek tonajlı kamyon (22 ton) dikkate alındığında NETWORK 2001 programının toplam nakliyat maliyetini 124900,97 TL olarak minimize ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.8). Şekil 4.9 çalışma alanında dikkate alınan rampalardan orman depolarına ulaşan optimum nakliyat güzergahlarını göstermektedir.

Total discounted variable cost	:	124900.97	(	3.69	\$/unit)
Total discounted fixed cost	:	0.00	(	0.00	\$/unit)
Total discounted variable and fixed cost	:	124900.97	(	3.69	\$/unit)
Total index value	:	0.00			

Şekil 4.8 : Yüksek tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam maliyet raporu



Şekil 4.9 : Yüksek tonajlı kamyon için NETWORK 2001 optimum nakliyat güzergahları

Her bir rampada üretilen orman ürünleri için minimum nakliyat maliyetini sağlayan güzergah bilgileri rapor olarak da kaydedilmiştir. Şekil 4.10 Sarnıç OİŞ’de 118 nolu rampada üretilen 3721,15 m³’lük kayın tomruklarına ait optimum nakliyat raporunu göstermektedir. Paşalar, Sarnıç ve Turfal OİŞ’deki her bir rampada üretilen orman ürünleri için toplam nakliyat maliyeti sırasıyla Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

Detailed Sale Report :			
Sale Number : 1			
* Route	: S118TKy -> S118R -> 320 -> 316 -> 313 -> 307 -> 288 -> 279 -> 260 -> 252 -> 245 -> 241 -> 238 -> 233 -> 227 -> 224 -> SSD -> SSDS118 -> YS118TKy		
* Volume	: 3721.15		
* Year	: 0		
* Variable cost	: 15368.35	(	4.13 \$/unit)
* Fixed cost	: 0.00	(	0.00 \$/unit)
* Total cost	: 15368.35	(	4.13 \$/unit)

Şekil 4.10 : NETWORK 2001’de örnek optimum nakliyat güzergahı (22 ton kamyon)

Çizelge 4.5 : Paşalar OİŞ’nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (TL) (22 ton kamyon).

Bölme No	Tomruk				Maden Direği	Yuvarlak Sanayi		Kağıtlık	
	Kayın	Meşe	Gök nar	Gürgen	Kayın	Kayın	Meşe	Karaçam	Kayın
115	711,19	86,20	-	-	55,13	264,38	62,13	-	111,61
120	242,31	30,67	-	-	-	68,57	-	-	37,67
121	519,27	-	-	-	32,62	245,10	-	-	158,09
122	57,38	51,18	-	-	-	32,52	9,29	-	32,97
123	67,09	-	-	-	-	20,28	-	-	19,44
124	2075,70	-	-	-	93,90	542,51	-	-	329,75
171	761,41	-	-	-	9,95	125,03	-	-	11,00
184	633,34	-	-	101,22	-	115,16	-	-	-
189	-	-	148,92	-	-	-	-	-	-
201	6920,19	38,47	39,88	-	1090,97	1841,28	-	-	-
224	4789,84	-	-	-	186,75	1156,02	-	-	421,38
225	1407,46	-	-	-	117,65	617,73	-	-	217,24
227	2304,37	-	-	-	49,97	1235,95	-	-	155,57
228	2985,10	-	-	-	87,79	1113,06	-	-	216,60
229	1913,01	-	-	-	68,74	644,20	-	327,45	219,48

Çizelge 4.6 : Sarnıç OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (TL) (22 ton kamyon).

Bölme No	Tomruk	Yuvarlak Sanayi	Kağıtlık
	Kayın	Kayın	Kayın
69	-	-	31,37
78	1436,65	474,94	221,64
79	622,06	118,54	79,78
104	4485,62	1011,02	663,71
113	9734,71	2143,97	1626,13
116	5602,49	1644,84	645,38
118	15368,35	2364,05	1250,23

Çizelge 4.7 : Turfal OİŞ'nde orman ürünlerinin nakliyat maliyeti (TL) (22 ton kamyon).

Bölme No	Tomruk		Yuvarlak Sanayi		Kağıtlık
	Kayın	Meşe	Kayın	Meşe	Kayın
80	165,57	130,57	161,51	233,49	141,87
93	1491,31	37,31	319,98	78,68	370,52
103	652,71	-	352,85	-	305,00
107	1728,86	-	443,96	-	235,54
108	2215,18	-	506,65	-	-
109	551,59	-	154,58	-	186,43
110	644,28	360,19	152,21	289,01	158,73
115	3525,27	-	733,22	-	187,58
131	14206,43	-	2833,61	-	1533,36

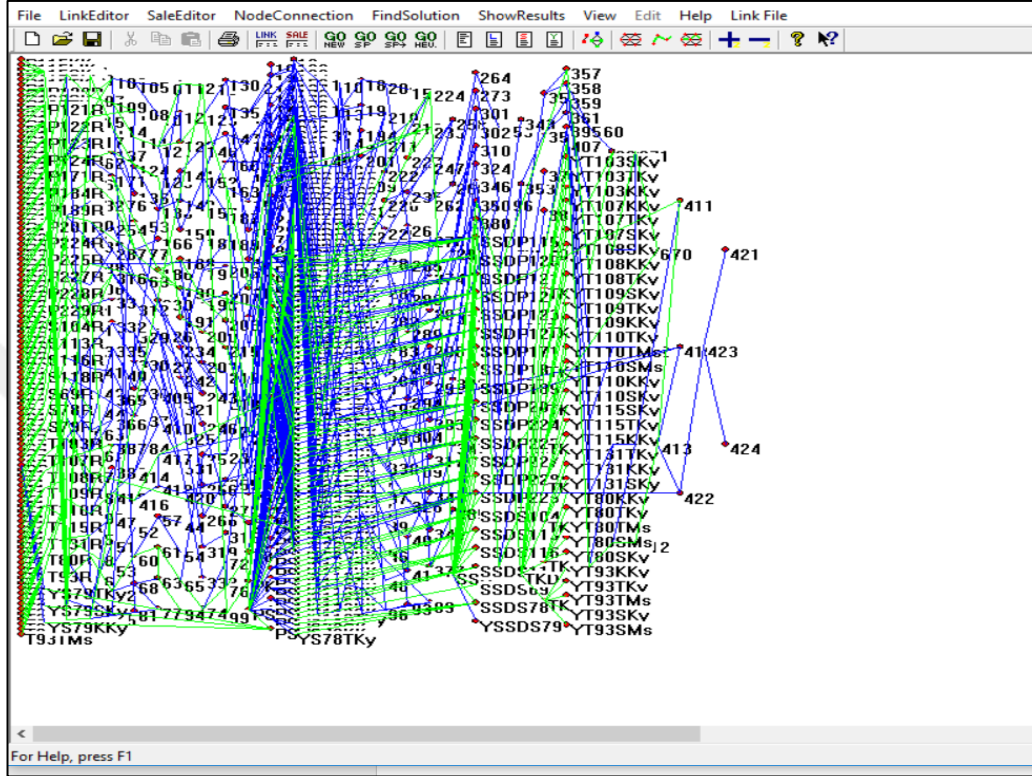
4.2.2 Maksimum Net Kâr

Çalışma kapsamında, iki farklı tonajda tomruk kamyonu için orman ürünlerinden elde edilecek toplam net kâr belirlenmiştir. Orta tonajlı kamyon (15 ton) dikkate alındığında NETWORK 2001 programının toplam net kâr 8387520,38 TL olarak minimize ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.11). Şekil 4.12 çalışma alanında dikkate alınan rampalardan depolara ulaşan optimum nakliyat güzergahlarını göstermektedir.

Grafik gösterimin yanı sıra her bir rampada üretilen orman ürünleri için maksimum net kârı sağlayan güzergah bilgileri rapor olarak da sunulmaktadır. Bu raporda ayrıca her bir orman ürününün toplam net kâr ve birim net kâr yer almaktadır. Şekil 4.13 Sarnıç OİŞ'de 118 nolu rampada üretilen 3721,15 m³'lük kayın tomruklarına için net kârı sağlayan optimum nakliyat raporunu göstermektedir.

Total discounted variable cost	:	-8387520.35	(	-247.51	\$/unit)
Total discounted fixed cost	:	0.00	(	0.00	\$/unit)
Total discounted variable and fixed cost	:	-8387520.35	(	-247.51	\$/unit)

Şekil 4.11 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam net kâr raporu



Şekil 4.12 : Orta tonajlı kamyon için maksimum net kârı veren optimum nakliyat güzergahları

Detailed Sale Report :

Sale Number : 1

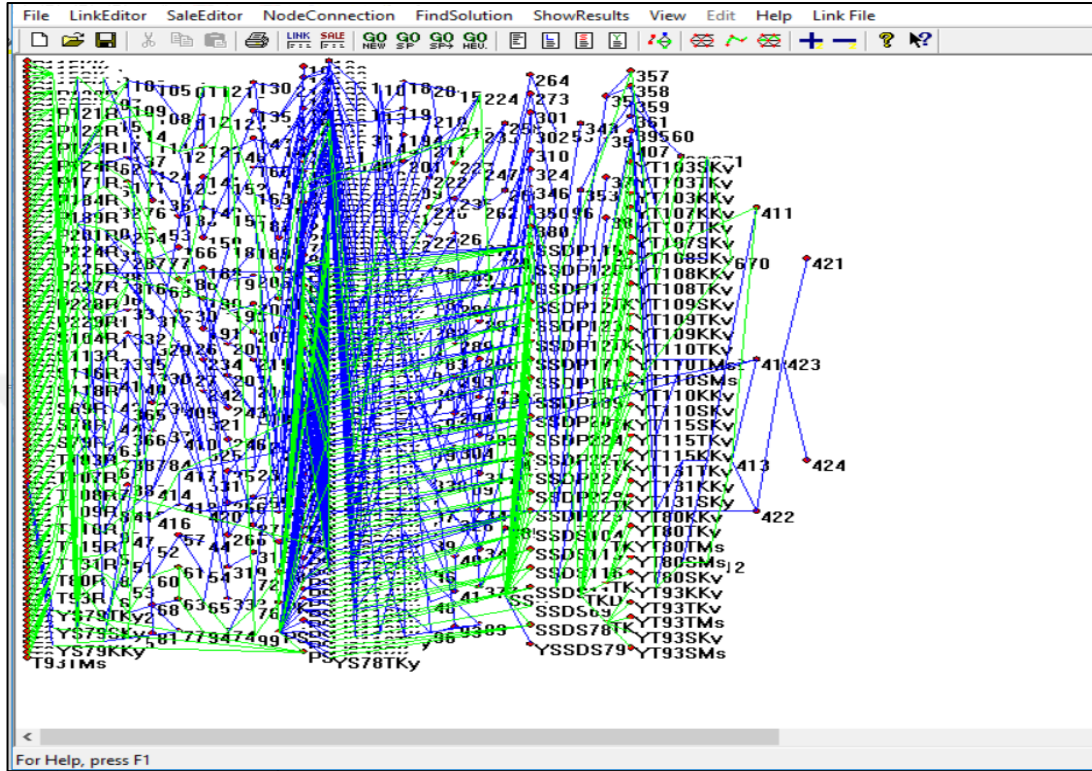
* Route	:	S118TKy -> S118R -> 320 -> 316 -> 313 -> 307 -> 288 -> 279 -> 260 -> 252 -> 245 -> 241 -> 238 -> 233 -> 227 -> 224 -> SSD -> SSDS118 -> YS118TKy
* Volume	:	3721.15
* Year	:	0
* Variable cost	:	-965377.84 (-259.43 \$/unit)
* Fixed cost	:	0.00 (0.00 \$/unit)
* Total cost	:	-965377.84 (-259.43 \$/unit)

Şekil 4.13 : NETWORK 2001'de net kârı maksimize eden optimum nakliyat güzergahı örneği (15 ton kamyon)

Yüksek tonajlı kamyon (22 ton) dikkate alındığında NETWORK 2001 programının toplam net kâr 8402094,87 TL olarak maksimize ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.14). Şekil 4.15 çalışma alanında dikkate alınan rampalardan orman depolarına ulaşan optimum nakliyat güzergahlarını göstermektedir.

Total discounted variable cost	:	-8402094.87	(	-247.94	\$/unit)
Total discounted fixed cost	:	0.00	(	0.00	\$/unit)
Total discounted variable and fixed cost	:	-8402094.87	(	-247.94	\$/unit)

Şekil 4.14 : Orta tonajlı kamyon için NETWORK 2001 toplam net kâr raporu



Şekil 4.15 : Orta tonajlı kamyon için maksimum net kârı veren optimum nakliyat güzergahları

Raporda ayrıca her bir orman ürününü için toplam net kâr ve birim net kâr yer almaktadır. Şekil 4.16 Sarnıç OİŞ’de 118 nolu rampada üretilen 3721,15 m³’lük kayın tomrukları için net kârı sağlayan optimum nakliyat raporunu göstermektedir.

Detailed Sale Report :		
Sale Number : 1		
* Route	:	S118TKy -> S118R -> 320 -> 316 -> 313 -> 307 -> 288 -> 279 -> 260 -> 252 -> 245 -> 241 -> 238 -> 233 -> 227 -> 224 -> SSD -> SSDS118 -> YS118TKy
* Volume	:	3721.15
* Year	:	0
* Variable cost	:	-967312.84 (-259.95 \$/unit)
* Fixed cost	:	0.00 (0.00 \$/unit)
* Total cost	:	-967312.84 (-259.95 \$/unit)

Şekil 4.16 : NETWORK 2001’de net kârı maksimize eden optimum nakliyat güzergahı örneği (22 ton kamyon)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Orman yollarının standartlarının yükseltilmesi durumunda orman ürünlerinden elde edilen toplam ekonomik değerin artacağı ve uzak nakliyatla yüksek tonajlı kamyonların çalışmalarına imkan sağlanarak transport maliyetinin minimize edileceği öngörülmüştür. Çalışma alanında bulunan B-tipi orman yollarında daha yüksek tonajlı kamyonların kullanılma imkanı değerlendirilerek, iki farklı tonajda tomruk kamyonu için nakliyat maliyeti ve orman ürünlerinden elde edilecek toplam net kâr dikkate alınmıştır.

Çözüm aşamasında, arazi ölçümleri ve gözlemleri ile tayin edilecek orman yol ağı verileri (uzunluk, durum, ortalama araç hızı, vb.), asli orman ürünleri (ürün tipi, miktarı, depolarda birim satış fiyatı), orman ürünlerinin istiflendikleri rampalar ve orman depolarına ilişkin bilgiler yardımıyla Network 2001 programı ortamında alternatif uzak nakliyat güzergahları değerlendirilmiştir. Daha sonra, orman ürünlerinin nakliyatında birim maliyeti ve ürünlerin orman depolarında birim satış fiyatları dikkate alınarak nakliyat maliyetini minimize eden ve ayrıca orman ürünlerinden elde edilecek toplam net kârı maksimize eden en uygun güzergahlar belirlenmiştir.

Farklı tonajlardaki kamyonların transport maliyeti üzerine etkileri incelendiğinde, yüksek yük taşıma kapasitesine sahip kamyonların saatlik birim maliyeti yüksek olmasına rağmen, orman ürünlerini çok daha düşük transport maliyeti ile depolara taşıdığı bulunmuştur. Sonuçlara göre, yüksek tonajlı kamyon kullanıldığında toplam transport maliyeti 139116,24 TL'den, 124900,97 TL'ye düşmüştür. Bu durumda NETWORK 2001 programı kullanılarak yürütülen planlama kapsamında transport maliyetinde %10,22 oranında tasarruf sağlanmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca, orman ürünlerinden elde edilen toplam net kârın farklı tonajlardaki kamyonların kullanılması durumunda nasıl değiştiği araştırılmıştır. Sonuçlara göre, yüksek tonajlı kamyon kullanıldığında toplam net kâr 14574,49 TL artmıştır.

En uygun nakliyat planının geliştirilmesinde temelde planlayıcının tecrübelerine dayalı olan geleneksel yöntemler yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden, orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında bilgisayar destekli modeller geliştirilerek, zaman ve ekonomik yönden önemli tasarruflar yapılması mümkündür. Bu çalışma nakliyat maliyetinin en aza indirilmesi ve orman ürünlerinin toplam net kârının maksimize

edildiği nakliyatın planlanması konusunda ülke ormancılığımıza yeni bir açılım getirecektir. Bu yaklaşımın uygulaması, ülke ormancılığının ilerlemesinde önem taşıyan modern planlama tekniklerinin kullanılmasına ve geliştirilmesine iyi bir örnek teşkil edecektir. Bununla birlikte bu çalışmada uygulanan yaklaşımın geliştirilmeye açık yönleri bulunmaktadır. rnek olarak yol standartlarının yükseltilmesi durumunda ortaya çıkacak yol yapım masraflarının, uzun vadede yol bakım ve onarım maliyetleri ile karşılaştırılarak fayda/maliyet yaklaşımıyla değerlendirilmesi yerinde olacaktır.



KAYNAKLAR

- Acar, H.H.** (1998). Artvin Orman İşletme Müdürlüğünde kamyonla nakliyat giderlerinin transport modeli ile minimize edilmesi, *Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 491-497.
- Acar, H.H. & Eroğlu, H.** (2001). Orman yolları üzerinde odun hammaddesi nakliyatının planlanması. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 61-66.
- Acar, H.** (2004). *Ormancılıkta Transport Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, yayın no: 268, Trabzon.
- Acar, H., H., & Ünver S.** (2004). Odun Hammaddesi Üretiminde Teknik ve Çevresel Açından Zararların Tespiti ile Çözüm Önerileri, *ZKÜ Bartın Orman Fak. Dergisi*, 6 (6), 165.
- Acar, H., H., Ünver, S., Özkaya, M., S.** (2009). Controlled Sliding of Logs through Plastic Chutes on the Forest Ground, *Journal of Istanbul University*, 59 (1), 29-36.
- Acar, H., H., & Ünver S.** (2012). Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 97-102.
- Akay, A., E., & Sessions, J.** (2005). Applying the decision support system, TRACER, to forest road design, *Western Journal of Applied Forestry*, 20 (3), 184-191.
- Akay, A., E., & Erdaş, O.** (2007). Orman Ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ağ(network) modeli yaklaşımı, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 57 (2), 1-20.
- Akay, A.E. & Kılıç, H.E.** (2015). *Orman Ürünleri Nakliyatının En Kısa Yol (Shortest Path) Algoritması Tabanlı Network 2000 Programıyla Planlanması, Üretim İşlerinde HassasOrmancılık Sempozyumu*, Ilgaz, 4-6 Haziran.
- Aykut, T.** (1976). *Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler*, İ.Ü. Yayın No: 2246, O.F. yayın no: 370, İstanbul.
- Başkent, E.Z.** (2004). *Yöneylem Araştırması, Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel yayın No: 218, Fakülte yayın No: 36, 480, Trabzon.
- Bayoğlu, S.** (1997). *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 3969, Fakülte Yayın No: 434, ISBN: 975-404-430-9, 446, İstanbul.
- Berkel, A.** (1976). *Ormancılık İş Bilgisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 220, İstanbul.

Buğday, E. & Menemencioğlu, K. (2014). Türkiye’de Mevcut Orman Yolu Standartlarının Dikili Ağaç Satışına Uygunluğunun İrdelenmesi, *II.Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu*, Isparta, 22-24 Ekim.

Bursa Orman Bölge Müdürlüğü. (2017). Bursa Orman Varlığı, Erişim: 17 Haziran 2017, <http://bursaobm.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarımız/OrmanVarligi.aspx>

Bursa Orman Bölge Müdürlüğü. (2017). Mustafakemalpaşa Orman İşletme Müdürlüğü Orman Varlığı, Erişim: 17 Haziran 2017, <http://bursaobm.ogm.gov.tr/MustafakemalpaşaOIM/Lists/Orman%20Varligi/AllItems.aspx>

Chung, W. & Sessions, J. (2001). Network 2001-Transportation Planning Under Multiple Objectives, *The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium*, December.

Contreras, M., A., Chung, W., Jones, G. (2008). Applying Ant Colony Optimization Metaheuristic To Solve Forest Transportation Planning Problems With Side Constraints, *Canadian Journal of Forest Research*, 38 (11), 2896-2910.

Erdaş, O. (1986). Türkiye de Orman Yol Yapım Çalışmalarında Kaydedilen Aşamalar ve Bugünkü Durum, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 1, 18-22.

Erdaş, O. (1997). *Orman Yolları*, Cilt I-II. K.T.Ü. Basımevi, Yayın No:187, 744, Trabzon.

Erdaş, O., Yılmaz, H., Akay, A., E., Gümüş, S. (2007). Ormancılıkta Üretim işlerinin CBS Teknikleri Yardımı ile Planlanması, *orman kaynaklarının işlevleri kapsamında darboğazlar, çözüm önerileri ve öncelikler*, İstanbul, 17-19 Ekim 2007.

Erdaş, O. (2008). *Transport Tekniği*, KSÜ Rektörlüğü, Yayın No: 130/20, 554, Kahramanmaraş.

Ghaffarian, M., R. & Sobhani, H. (2007). Optimization of an existing forest road network using Network 2000, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28 (2), 185-193.

Ghaffariyan, M., R., Stamper, K., Sessions, j., Durston, T., Kuehmaier, M., Kanzian, C., H. (2010). Road network optimization using heuristic and linear programming, *Journal Of Forest Science*, 56 (3), 137-145.

Greulich, F., E. (1997). Notes: Optimal Economic Selection of Road Design Standards for Timber Harvesting Operations--A Corrected Analytical Model, *Forest science*, 43 (4), 589-594.

Greulich, F., E. (2002). Transportation networks in forest harvesting: early development of the theory, *IUFRO International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations*, Tokyo, 2–5 October.

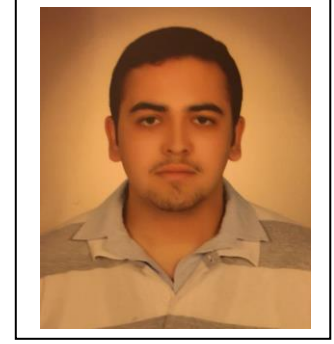
Gülci, N., Akay, A., E., Erdaş, O., Acar, H., H., Wing, M., G. (2016). Controlled sliding of logs downhill by chute system integrated with portable winch and synthetic rope. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66 (1), 256-263.

Hasdemir, M. & Demir, M. (2000). Türkiye’de Orman Yollarını Karayollarından Ayıran Özellikler ve Bu Yolların Sınıflandırılması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50 (2), 85.

- Jemison, R.** (2003). Forest road reengineering to restore riparian meadow conditions in the Zuni Mountains of New Mexico, *Road Ecology Center UC Davis*, Escholarship Universty, California.
- Karaman, A.** (2001). *Odun Hammaddesi Kesim ve Nakliyatı*, Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Ders Notları.
- Mckeown, P., G.** (1981). A Branch-and-Bound Algorithm for Solving Fixed Charge Problems, *Naval Research Logistics Quarterly*, 28 (4), 607-617.
- OGM.** (2008). Orman yolları planlaması, yapımı ve bakımı, 292 Sayılı Tebliğ, Ankara.
- OGM, Stratejik Plan (2013-2017).** (2012). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Bakanlığı, Ankara, 98 s.
- Olsson, L. & Lohmander, P.** (2005). Optimal Forest Transportation With Respect To Road Investments, *Forest Policy and Economics*, 7 (3), 369-379.
- Öztürk, T.** (2006). Türkiye’de Odun Üretiminin İş Aşamaları, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, 46 (2), 109-122.
- Öztürk, T. & Akay, A., E.,** (2007). Tarım Traktörlerinin Orman Ürünlerinin Üretiminde Kullanılmak Üzere Modifiye Edilmesi, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 54 (1).
- Seçkin, Ö., B.,** (1975). Hayvanla bölmeden çıkarma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25 (1), 199-224.
- Sessions, J., Chung, W., Heinimann, H., R.** (2001). New Algorithms for Solving Large Scale Harvesting and Transportation Problems Including Environmental Constraints, in *Proc. of the FAO/ECE/ILO Workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in Mountain Forests*, Ossiach, Austria, June 18-24.
- Sessions, J., Chung, W., Heinimann, H., R.** (2001). New Algorithms For Solving Large-Scale Transportation Planning Problems.
- Türk, Y.** (2011). *Ormancılıkta Endüstriyel Odun Hammaddesinin Tarım Traktörleriyle Bölmeden Çıkarılmasında Sürütme Şeritleri Ağının Optimizasyonu* (Doktora tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yenilmez, N.** (2010). *Tomruk Üretiminde Optimum Boylama Metodunun Tek Ağaç Düzeyinde Uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Yıldırım, M. & Engür, M.O.** (1989). Ormanda bölmeden çıkarma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39 (4), 84-94.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Tarık KARABENLİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.02.1992 SİVAS
E-posta : tarkara2@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 115R048-Orman Yolu Standartlarının Yükseltilmesinin Orman Ürünlerinin Toplam Ekonomik Değeri ve Uzak Nakliyat Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Tubitak Projesi, Proje Bursiyeri, 2015-2017.